

DISERTATIONES GEOLOGICAE UNIVERSITATIS LATVIENSIS  
Nr.

**LĪGA ZARIŅA**

**KRAMA RĪKI KĀ LIECĪBAS PAR PRASMJU  
UN ZINĀŠANU ATTĪSTĪBU PALEOLĪTĀ**

**PROMOCIJAS DARBS**

**RĪGA, 2015**

DISERTATIONES GEOLOGICAE UNIVERSITATIS LATVIENSIS  
Nr.

**LĪGA ZARIŅA**

**KRAMA RĪKI KĀ LIECĪBAS PAR PRASMJU  
UN ZINĀŠANU ATTĪSTĪBU PALEOLĪTĀ**

**PROMOCIJAS DARBS**

doktora grāda iegūšanai ģeoloģijas nozares  
lietišķās ģeoloģijas apakšnozarē

LATVIJAS UNIVERSITĀTE

Promocijas darbs izstrādāts:

Latvijas Universitātes Ģeoloģijas nodaļas Lietišķās ģeoloģijas katedrā no 2012. gada līdz 2015. gadam.



Promocijas darba vadītājs:

**Valdis Segliņš**, profesors, *Dr. geol.* (Latvijas Universitāte)

Recenzenti:

**Laimdota Kalniņa**, asociētā profesore, *Dr. geogr.* (Latvijas Universitāte)

**Valdis Bērziņš**, *Dr. hist.* (Latvijas vēstures institūts)

**Ilze Vircava**, *Dr. geol.* (Tartu Universitāte)

Promocijas padomes sastāvs:

**Vitālijs Zelčs**, profesors, *Dr. geol.* – padomes priekšsēdētājs

**Ervīns Lukševičs**, profesors, *Dr. geol.* – padomes priekšsēdētāja vietnieks

**Ģirts Stinkulis**, asociētais profesors, *Dr. geol.*

**Juris Soms**, *Dr. geol.*

**Laimdota Kalniņa**, asociētā profesore, *Dr. geogr.*

**Valdis Segliņš**, profesors, *Dr. geol.*

Promocijas padomes sekretārs:

**Ģirts Stinkulis**, asociētais profesors, *Dr. geol.*

Promocijas darbs pieņemts aizstāvēšanai ar LU Ģeoloģijas promocijas padomes 2015. gada 26. jūnija sēdes lēmumu nr. 05/2015.

Promocijas darba atklāta aizstāvēšana notiks LU Ģeoloģijas promocijas padomes sēdē 2015. gada 27. novembrī, Rīgā, Jelgavas ielā 1, 320.a auditorijā.

Promocijas darba kopsavilkuma izdošanu ir finansējusi Latvijas Universitāte.

Ar promocijas darbu ir iespējams iepazīties Latvijas Universitātes Zinātniskajā bibliotēkā Rīgā, Kalpaka bulvārī 4 un Latvijas Akadēmiskajā bibliotēkā Rīgā, Lielvārdes ielā 4.

Atsauksmes sūtīt: Dr. Ģirts Stinkulis, Latvijas Universitātes Ģeoloģijas nodaļa, Raiņa bulvāris 19, LV-1586, Rīga. Fakss: +371 6733 2704, e-pasts: [Girts.Stinkulis@lu.lv](mailto:Girts.Stinkulis@lu.lv)

© Līga Zariņa, 2015  
© Latvijas Universitāte, 2015

## Anotācija

Promocijas darbs ir veltīts krama izpētei ar mērķi novērtēt sencilvēku prasmju un zināšanu attīstību paleolītā, balstoties uz autores Latvijā, Lietuvā, Baltkrievijā, Polijā, Dānijā, Apvienotajā Karalistē, Zviedrijā un Krievijā ievākta krama kolekcijas materiāla un muzeju vākumos pieejamo akmens rīku analīzi un novērtējumu.

Pētījums ietver zinātniskās literatūras analīzi un izvērtējumu, lauka un muzeju kolekciju pētījumus, krama fizikālo un ķīmisko īpašību analītisko novērtējumu, kas papildināts ar eksperimentālās arheoloģijas pētījumiem. Iegūtie rezultāti norāda uz krama īpašību un sastāva daudzveidību, kā rezultātā promocijas darbā plašāk apskatīti metodiskie jautājumi.

Iegūtie rezultāti ļauj secināt, ka paleolītā prasmju un zināšanu palielināšanās un uzkrāšana atspoguļojas visos ar krama rīku izveidi saistītajos posmos un ietver piemērotu akmens materiālu meklēšanu un atpazīšanu dabā, kvalitātes novērtēšanu un akmens apstrādes attīstību, piešķirot rīkiem noteiktas formas daudzveidīgu funkciju veikšanai. Plašākā nozīmē pētījums paver diskusiju par sencilvēku attīstības procesa izsekošanu, saistot to ar darbarīku formu noteicošiem iemesliem.

**Raksturvārdi:** krama un kramiežu īpašības, senais akmens laikmets, akmens rīki, formas īpašības, simetrija.

## **Abstract**

The doctoral thesis is devoted to the study of flint in order to assess development of ancient people's skills and knowledge in the Palaeolithic. The investigation is based on author's collected flint material collections from Latvia, Lithuania, Belarus, Poland, Denmark, United Kingdom, Sweden and Russia and a variety of evaluations of stone tools available in the museum collections.

The study includes scientific literature analysis and evaluation, field and museum collections studies, analytical assessments of flint physical and chemical properties, which have been supplemented by experimental archaeology studies. The results obtained indicate diversity of flint properties and composition and as a result more attention is paid to the methodological issues.

The research results suggest that the increase and accumulation of skills and knowledge in the Palaeolithic are reflected in all stages of production of flint tools and include search for suitable raw material and its recognition in nature, quality assessment and development of stone processing technology by giving certain shapes for diverse functions. In the broader sense the study opens a discussion on tracing human development, linking it with the determinative reasons of tools shapes.

**Keywords:** flint and chert characteristics, Old Stone Age, stone tools, shape properties, symmetry

## Saturs

Anotācija.....	3
Abstract.....	4
Saturs .....	5
Ievads.....	7
Pētījuma aktualitāte.....	8
Darba hipotēze .....	9
Aizstāvēšanai izvirzītās tēzes.....	9
Pētījuma mērķis un uzdevumi.....	9
Novitāte.....	9
Praktiskā pielietojamība.....	10
Rezultātu aprobācija .....	11
Pateicības .....	14
Lietoto saīsinājumu saraksts .....	15
1. Pētījuma laiktelpiskais ietvars un agrākie pētījumi .....	16
1.1. Ieskats akmens laikmeta hronoloģijā.....	16
1.2. Paleolīta kultūru izplatības reģioni un tās raksturojošie akmens rīki .....	19
1.2.1. Senais paleolīts .....	19
1.2.2. Vidējais paleolīts .....	21
1.2.3. Vēlais paleolīts .....	22
1.3. Akmens laikmeta pētījumi un ģeoarheoloģija .....	24
1.3.1. Krama un citu akmens materiālu akmens laikmeta artefaktu pētījumos izmantotās pētījumu metožu grupas.....	29
1.3.2. Krama un citu akmens materiālu akmens laikmeta artefaktu pētījumu virzieni .....	33
2. Rīku gatavošanai biežāk izmantotie materiāli, akmens apstrādes tehnoloģijas un izgatavotie akmens rīki paleolītā .....	39
2.1. Rīku gatavošanai biežāk izmantotie materiāli paleolītā .....	39
2.2. Mūsdienu uzskati par krama sastāvu un veidošanos .....	40
2.2.1. Agrākie pētījumi par kramu.....	41
2.2.2. Krams un tā izplatība dabā .....	44
2.2.3. Krama īpašības .....	45
2.2.4. Krama veidošanās.....	47
2.2.5. Latvijā un Baltijas valstīs sastopamais krams .....	49
2.3. Galvenās pielietotās akmens apstrādes tehnoloģijas paleolītā.....	50
2.4. Raksturīgākie akmens rīki paleolītā.....	53

3. Materiāli un metodes .....	55
3.1. Pētījumā vērtētās formas īpašības.....	57
3.1.1. Formas pamatjēdzieni.....	57
3.1.2. Simetrija un simetrijas grupas .....	60
3.2. Lauka pētījumi un faktiskā materiāla avoti.....	65
3.2.1. Krama paraugu ievākšanas vietas.....	65
3.2.2. Oļu paraugu ievākšanas vietas.....	70
3.2.3. Pētītie paleolīta akmens rīki .....	70
3.3. Laboratorijas pētījumu metodes.....	71
3.3.1. Makroskopiski un mikroskopiski krama pētījumi.....	71
3.3.2. Krama ķīmiskā un mineralogiskā sastāva pētījumi .....	75
3.3.3. Oļu formas pētījumi.....	76
3.3.4. Paleolīta akmens rīku formas pētījumi .....	81
4. Pētījuma rezultāti un interpretācija .....	82
4.1. Krama raksturīgākās īpašības .....	82
4.1.1. Krama raksturīgās fizikālās īpašības un to novērtējums .....	82
4.1.2. Krama pētījumi ultravioletajā apgaismojumā .....	87
4.1.3. Krama ķīmiskāsastāva pētījumi.....	96
4.2. Oļu un paleolīta akmens rīku morfoloģijas īpašības.....	106
4.2.1. Oļu formas novērtējums .....	106
4.2.2. Paleolīta akmens rīku formas novērtējums.....	112
5. Diskusija .....	123
5.1. Ģeoloģisko zināšanu pazīmes un to novērtēšana.....	124
5.2. Oļu un paleolīta akmens rīku forma un simetrija .....	126
5.3. Datu pietiekamība un kvalitāte arheoloģiska akmens materiāla pētījumos ....	128
5.4. Pētījumu procedūras .....	130
5.5. Latvijā sastopamā krama piemērotība akmens laikmeta rīku izgatavošanai ..	131
Secinājumi .....	132
Izmantotā literatūra .....	134

## Ievads

Akmens laikmets ir vairāk nekā 2,5 miljonus gadu ilgs aizvēstures periods (Semaw *et al.*, 2003; Edwards *et al.*, 2008; Harmand *et al.*, 2015), ģeogrāfiski aptverot visu pasauli, izņemot Antarktīdu (Rice, Moloney, 2005; Scarre, 2013; Renfrew, Bahn, 2014), un daudzas šī senā laika posma norises ir tikai ieskicētas, tādēļ tā apzināšana tiek veikta joprojām. Akmens izmantošanas aizsākumi, tā īpašību izzināšana un dažādām mērķtiecīgām darbībām piemērotu darbarīku izgatavošana, iespējams, ir pati informatīvākā liecību daļa, kas saglabājusies līdz mūsdienām. It īpaši tas attiecināms uz senāko akmens laikmeta periodu – paleolītu jeb seno akmens laikmetu, kura sākumu iezīmē pirmo akmens rīku liecības un tas noslēdzas ar pēdējā ledus laikmeta beigām aptuveni pirms 12 tūkstošiem gadu.

Aizvēstures pētījumi vienmēr ir daudzpusīgi un starpdisciplināri (piemēram, Jochim, 1998; Boyce, Mascie-Taylor, 2005; Bocquet-Appel, 2008; Bailey, 2009; Mithen, 2009; Barnard, 2012; Sieveking, Newcomer, 2012; Morley, 2013; Goodale, Andrefsky, 2015), kas paredz daudzveidīgu pētniecības metožu pielietošanu un kompleksu iegūto datu un rezultātu analīzi (piemēram, Banning, 2000; Adams, Adams, 2008; Adkins, Adkins, 2009; Neustupny, 2009; Rapp, 2009; Doehne, Price, 2010; Liritzis *et al.*, 2013; Marreiros *et al.*, 2015). Tomēr šo pētījumu realizācijas apstākļi un nosacījumi nereti neļauj veikt visus nepieciešamos analītiskos vērtējumus, un tie ir aizstājami ar loģiskām konstrukcijām un citu pētnieku iegūtajiem zinātnisko pētījumu rezultātiem. Tādējādi šādi pētījumi ne vienmēr ir izteikti eksakti, un ir iespējama iegūto datu papildināšana un vēl pilnīgāka analīze.

Akmens laikmeta rīku un to izgatavošanas pārpalikumu novērtēšana ir gandrīz vienīgā metode, kas ļauj spriest par senāko kultūru attīstību un tiek plaši izmantota jau daudzus gadu desmitus (piemēram, Osborn 1915; Odell, 2006; Andrefsky, 2008; Hovers, Braun, 2009; Lycett, Chauhan, 2010; Desrosiers, 2012). Rīki tradicionāli tiek uzskatīti par indikatīviem seno kultūru attīstībā, un daudzas no aizvēsturiskajām kultūrām ir izdalītas un aprakstītas galvenokārt tikai pēc darbarīku raksturīgas formas un izgatavošanas tehnoloģijas. Akmens rīku salīdzinoši augstā saglabātība attiecībā pret artefaktiem no citiem materiāliem (koka, kaula, ādas u.tml.) zināmā mērā nosaka tieši akmens rīku īpašo vērtību, un atbilstoši pētījumi ir aktuāli visā pasaulē (piemēram, Dani, Masson, 1993; Cook, Martingell, 1994; Whittaker, 2004; Akimova, 2006; Clarkson, 2007; Högberg, Olausson, 2007; Zagorska, 2012; Mester, 2013; Renfrew, Bahn 2014).

Attiecīgi tiek aktīvi un ilgstoši veikti pētījumi par cilvēku ģeoloģisko zināšanu attīstības aizsākumu un to uzkrāšanu dažādos aizvēstures un vēstures posmos (piemēram, Osborn, 1915; Odell, 2006; Andrefsky, 2008; Hovers, Braun, 2009; Stout, 2011; Kukela 2013; Mesoudi, Aoki, 2015). Līdzšinējos pētījumos ģeoloģiskās zināšanas akmens laikmetā tiek raksturotas kā zināšanu kopums, kas iekļauj spēju atšķirt dažādus iežus un pilnveidot paņēmienu to īpašību un kvalitātes salīdzināšanai, atrast noteiktos nogulumos un lokalizācijas vietās piemērotas formas un kvalitātes izejmateriālus rīku gatavošanai un apstrādes iespēju apzināšanu, kā arī apkopotā formā šīs zināšanas izmantot jaunās dzīves vietās un nodot nākamajām paaudzēm. Šādā nozīmē ģeoloģiskās zināšanas interpretētas arī promocijas darbā, novērtējot paleolīta akmens rīkus. Promocijas darba pētījums vērsts uz jaunu ģeoloģisko zināšanu apguves likumsakarību novērtēšanas metožu un indikatoru meklēšanu un virzīts, lai atrastu un izvēlētos pētījuma metodes, ar kurām iespējams novērtēt akmens rīku izejmateriāla īpašības, kas noteica to kā atpazīstamu un piemērotu rīku izgatavošanai un kas, pateicoties zināšanu uzkrāšanai un pārmantošanai, ietekmēja apstrādes tehnoloģiju prasmju attīstību un līdz ar to arī rīku pilnveidošanos no vienkāršiem līdz specializētiem rīkiem noteiktu funkciju veikšanai.



Promocijas darba pētījumā detalizēti pētīts krams, jo tas laika gaitā ticis izvēlēts kā piemērotākais un visplašāk lietotais akmens materiāls rīku gatavošanai paleolītā. Papildus vērtēta cilvēku tieksme uz simetriju, kas visdrīzāk ir vērojama jau laikos, kad radās cilvēks kā saprātīga būtne. Veiktais pētījums apstiprina, ka akmens laikmeta cilvēku radītos rīkus var atšķirt no dabā sastopamām formām pēc vairākām pazīmēm, un ka nozīmīga loma šajā atpazīšanas procesā ir formu simetrijas un proporciju īpašību novērtēšanai. Pētījums iecerēts kā iespēja pavērt plašāku diskusiju par cilvēku attīstības procesa izsekošanu, ļaujot nākotnē izvirzīt jaunas hipotēzes, piemēram, vai simetrisku formu un noteiktas proporcijas noteica praktiski, estētiski vai nejauši iemesli, kas radušies materiāla īpašību vai praktiskas nepieciešamības dēļ.

Pētījums aptver pēdējo 5 gadu laikā autore iegūto lauka novērojumu rezultātu apkopojumu un to analīzi. Pētījums ir balstīts uz eksperimentāliem mēģinājumiem un laboratorijas pētījumiem, kā arī pētītas akmens rīku un aizvēsturisku liecību kolekcijas un vākumi, kas atspoguļo paleolīta arheoloģisko kultūru atradumus Eiropas teritorijā un attiecībā uz pašām senākajām liecībām – Āfrikas teritorijā. Vēlā paleolīta noslēguma posmā uzmanība koncentrēta uz Baltijas jūrai austrumos pieguļošo sauszemes teritoriju, ko mūsdienās aizņem Baltijas valstis. Promocijas darba izstrādē lielākā uzmanība tika pievērsta lauka pētījumiem, paraugu ievākšanai, krama makroskopisko un mikroskopisko īpašību novērtēšanai un ķīmiskā sastāva analīzei, krama apstrādes tehnoloģiju iepazīšanai, formas novērtēšanas metodikas izstrādei. Atzīmējams, ka krama rīku arheoloģiskā nozīmība noteica kā pamatmetodes izvēlētas nedestruktīvas pētījuma metodes. Pētījuma metodika ir zinātniski aprobēta, ziņojot par pētījuma rezultātiem zinātniskās konferencēs, un, saņemot recenzijas, zinātnisko rakstu sagatavošanas laikā attīstīta un pilnveidota. Veikta salīdzinoša analīze, balstoties uz eksperimentāliem mērījumiem ģeoloģiskiem paraugiem no Latvijas, Dānijas, Apvienotās Karalistes, Polijas, Krievijas, Baltkrievijas, Lietuvas un Zviedrijas un arheoloģiskiem paraugiem no Latvijas un Krievijas. Savukārt, lai veiktu paleolīta akmens rīku formas novērtējumu, tika pētīts pieejamais Latvijas materiāls un akmens laikmeta artefakti no Lisabonas, Madrides, Santjago, Parīzes, Londonas, Kopenhāgenas, Vīnes, Minhēnes, Tartu, Kizilas, Abakanas un Seviļas muzeju ekspozīcijām, kā arī plašs zinātnisko publikāciju un internetā pieejamo muzeju kolekciju materiāls.

### **Pētījuma aktualitāte**

Aizvēstures ģeoloģisko zināšanu attīstības pētījumi ir cieši saistīti ar cilvēku evolūcijas izsekošanu, dažādo civilizāciju un kultūru vecuma noteikšanu, to raksturīgo dzīves apstākļu un tradīciju novērtēšanu, cilvēku migrācijas iemeslu un virzienu izsekošanu, savstarpējo mijiedarbību, saskaroties dažādām kultūrām u.c., kas piešķir šādas ievirzes pētījumiem izteiktu humanitāro zinātņu komponenti. Tomēr pielietotais pētniecības metožu klāsts ne vienmēr ir ticis zinātniski realizēts iepriekšējos pētījumos. Promocijas darba pētījuma aktualitāti nosaka līdzšinējos pētījumos nepietiekami novērtētais krama darbarīku izvērtējums, kas glabā nozīmīgu informāciju par sencilvēku ģeoloģisko zināšanu attīstību.

Daudzie promocijas darba sagatavošanas gaitā izstrādātie metodiskie risinājumi un pētniecības gaitas procedūras akmens rīku un to iespējamo izejmateriālu – oļu – formas novērtēšanai un krama īpašību novērtēšanai ģeoarheoloģiskā aspektā ir novitātes un, tām sekojot, iespējams iegūt augstas kvalitātes savstarpēji pamatoti salīdzināmus datus. Balstoties uz tiem, iespējams veikt gan rīku plašākus reģionālus salīdzinājumus, gan arī šos datus izmantot krama rīku izejmateriāla ieguves vietu lokalizācijai, un minētais tādējādi nosaka pētījuma aktualitāti un mūsdienīgumu.

## Darba hipotēze

Paleolīta krama rīki sniedz informāciju, kas apliecina sencilvēku ģeoloģiskās zināšanas un, pētot šos rīkus no dažādām arheoloģiskām kultūrām, ir iespējams atpazīt prasmju palielināšanos un ģeoloģisko zināšanu uzkrāšanos šajā aizvēstures periodā.

### Aizstāvēšanai izvirzītās tēzes

1. Akmens materiāla izvēle un izgatavotajam rīkam piešķirtā forma paleolītā ir pazīmes, kas liecina par ģeoloģiskām zināšanām, un tās ir novērtējamas.
2. Akmens rīku pētījumos ir jāievēro noteikts secīgums un pielietojams pētījumu metožu kopums, kas ļauj iegūt augstas kvalitātes savstarpēji pamatoti salīdzināmus datus.
3. Agrākajos pētījumos iegūtie dati ir fragmentāri un nepilnīgi, to kvalitāte ir atšķirīga, kas neļauj tos izmantot savstarpējos un mūsdienīgu novērtējumu salīdzinājumos. Esošās zināšanas par paleolīta akmens rīkiem ir nepieciešams un iespējams nozīmīgi papildināt ar kvantificētiem datiem, kas būtu piemēroti matemātiskai analīzei.
4. Dabā sastopamām krama oļu formām un paleolītā izgatavoto akmens rīku formām ir salīdzināmas īpašības. Simetrijas īpašības un raksturīgās proporcijas ir jutīgs indikators, kas savstarpēji saista izejmateriāla izvēli, rīkam piešķirto formu un prasmes pielietot piemērotu apstrādes tehnoloģiju.

### Pētījuma mērķis un uzdevumi

Pētījuma mērķis ir novērtēt sencilvēku prasmju un ģeoloģisko zināšanu attīstību paleolītā, pētot paleolīta akmens rīkus un kramu kā plašāk izmantoto izejmateriālu atbilstošajā laika posmā.

Norādīto mērķi bija paredzēts sasniegt ar ierobežotu uzdevumu skaitu, tomēr paplašinātas literatūras studijas un lauka pētījumi, arī iepazīšanās ar paleolīta krama rīku kolekcijām muzejos, norādīja uz komplikētāku veicamo uzdevumu struktūru. Tas noteica nepieciešamību autorei apgūt, pilnveidot un attīstīt vai izstrādāt jaunas atsevišķu pētījumu metodikas un pētniecības paņēmienus. Rezultātā tikai noteikti 5 galvenie pētniecības uzdevumi, kas ļautu sasniegt promocijas darba mērķi:

1. noskaidrot ģeoloģisko zināšanu pazīmes paleolīta krama rīkos un novērtēt šo pazīmju pielietošanas iespējas pētniecībā;
2. pilnveidot krama un krama rīku pētījumu secīgumu un gaitu, kas ļautu iegūt savstarpēji pamatoti salīdzināmus datus;
3. novērtēt esošo un jauniegūto datu kvantitāti un kvalitāti, kā arī raksturot prasības attiecībā uz datiem, kas būtu pietiekami statistiskai analīzei;
4. pētīt paleolīta akmens rīku un to iespējamā izejmateriāla formu īpašības ar mērķi noteikt šo pazīmju izmantošanas iespējas sencilvēku prasmju un ģeoloģisko zināšanu attīstības novērtēšanā;
5. apzināt Latvijā dabā sastopamā krama īpašības un novērtēt tā piemērotību rīku izgatavošanai paleolītā.

### Novitāte

Promocijas darbā krama makroskopiskā izpēte veikta, paplašinot novērojumus no redzamās gaismas spektra daļas uz infrasarkanu un ultravioletu gaismas diapazonu, jo šādi

ir atpazīstami vairāki papildus vizuāli novērojami materiāla struktūras uzbūves elementi un neviendabības (Segliņš, Zariņa, 2014a). Krama atsevišķu īpašību noteikšana pētījumā veikta ultravioletā gaismā makroskopiski, gan arī mikroskopiski ar palielinājumu līdz 50 reizēm, kā arī noteikti optimāli darba režīmi un nosacījumi šādu novērojumu veikšanai un reģistrācijai (Zariņa, Segliņš, 2014c). Ģeoarheoloģijā šādas ievirzes pētījums ir pirmais un tāpēc tajā iegūtie rezultāti ir tikai neliela daļa no tās informācijas, kas vēl apgūstama.

Krama fizikālās un ķīmiskās sastāva īpašības nosaka, ka, veicot krama paraugu ķīmiskā sastāva analīzi, ir svarīgi ievērot noteiktu secību, lai iegūtu pamatoti salīdzināmus datus. Pētījumā tas tiek ņemts vērā, izstrādājot noteiktu paraugu analīzes procedūru (Zariņa, Segliņš 2014a), turklāt pamatā tiek izmantotas nedestruktīvas krama sastāva noteikšanas metodes. Tika noteikts krama ķīmiskais sastāvs paraugiem no Latvijas un no citām Eiropas valstīm – no vietām, kur zināms, ka krams ticis iegūts kā izejmateriāls rīku izgatavošanai akmens laikmetā. Iegūtie dati un rezultāti ir vērtīgi, jo tie ir savstarpēji salīdzināmi, un par apskatīto reģionu tādi tie ir iegūti pirmoreiz. Tas atšķir autores pētījumu (Zariņa *et al.*, 2014o) no tradicionāliem, kas koncentrēti uz atsevišķu krama artefaktu, ierobežotā izrakumu laukumā atrasto akmens rīku vai noteiktas krama ieguves vietas, vai šaurāka ģeogrāfiska reģiona materiāla detalizētiem pētījumiem.

Simetrija tiek aktīvi un jau ilgstoši pētīta, un ar to saistītas īpašības tiek apzinātas un pielietotas pētījumos dažādās zinātnes nozarēs. Promocijas darbs pierāda, ka simetrija ir nozīmīgs rādītājs, vērtējot arī akmens laikmeta darbarīku formas un to mainību, tomēr līdzšinējos pētījumos (piemēram, Wynn, 2002; Park *et al.* 2003) tradicionāli simetrijas novērtēšanu attiecina uz bilaterālu simetriju un lielākoties tikai uz noteikta tipa rīkiem (piemēram, Hardaker, Dunn, 2005; Underhill, 2007; Hodgson, 2011). Taču tā ir tikai viena no netriviālajām izometrijām, ar ko nosaka simetriju. Lai raksturotu priekšmeta simetriskumu, nepieciešams izvērtēt arī pārējās izometriskās transformācijas – tas ir ticis realizēts disertācijā un parādītas šādas pieejas priekšrocības (Zariņa, Segliņš 2013b).

Pētījuma novitāte balstās uz dažādu tradicionālu arheoloģijā izmantotu procedūru un metožu integrāciju un papildināšanu, savstarpēju loģisku sasaisti, ietverot dažādas zinātņu jomas: ģeoloģiju, ģeoķīmiju, matemātiku, ar galveno mērķi – raksturot kramu kā materiālu ģeoarheoloģiskā aspektā.

### **Praktiskā pielietojamība**

Procedūras izstrāde pamatoti salīdzināmu datu ieguvei ir autores ieguldījums krama rīku izejmateriāla lokalizācijas jautājumu risināšanā ģeoarheoloģijā.

Akmens laikmeta, t.sk. paleolīta, krama darbarīku kolekcijas ir ļoti lielas un tās ir izveidotas visos lielākajos vēstures, arheoloģijas un mākslas muzejos pasaulē. Lai arī daudzviet pasaulē ir uzsākta šo kolekciju datu un attēlu digitalizācija, tomēr pats kolekciju materiāls līdz šim nav sistematizēts, un šajā nozīmē autores ieguldījums ir diagnostikas un pētniecības procedūru pilnveide un papildināšana, kas ļautu artefaktus savstarpēji salīdzinoši novērtēt, tajā skaitā ģeogrāfiski plašu reģionu ietvaros.

Nedestruktīvās datu iegūšanas metodes (piemēram, krama pētījumi ultravioletā apgaismojumā, krama ķīmiskā sastāva noteikšana ar rentgenstaru fluorescences spektrālo (WDXRF) metodi, paleolīta akmens rīku un to sākotnējā izejmateriāla formas novērtējums) kopā ar attīstītām iespējām pētāmo objektu vizualizēt, tajā skaitā 3D telpā, var kļūt par noderīgu instrumentu akmens laikmeta krama rīku pētījumos, gan attiecībā uz krama īpašību neviendabīgumu pētītajos paraugos, kā arī artefaktu formas īpašību novērtēšanā.

Pētījuma gaitā izstrādātās oriģinālās datu bāzes un rezultātu analīzē pielietotās datu matemātiskās apstrādes metodes, kā arī pētījumu analītiskie rezultāti turpmāk var tikt izmantoti novērojumu datu analīzei lietišķajā ģeoloģijā un ģeoarheoloģijā.

Pētījumā iegūtie rezultāti un izdarītie secinājumi ir laba pieredze rezultātu kompleksā un mērķtiecīgā analīzē, kas konkrētā pētījuma rezultātā ļauj izziņāt ģeoloģisko zināšanu uzkrāšanās un pielietojuma attīstību akmens laikmetā. Šāda pieeja, izstrādājot un pilnveidojot pētniecības metodes, paver plašas iespējas promocijas darba rezultātu praktiskam pielietojumam ģeoarheoloģijā, muzeju zinātnē un arī paleoģeogrāfiskās rekonstrukcijās nākotnē.

### **Rezultātu aprobācija**

Balstoties uz pētījuma rezultātiem, sagatavotas 40 zinātniskas publikācijas par atsevišķām pētījuma sadaļām un darbu kopumā, no kurām 3 raksti publicēti starptautiskos izdevumos un kolektīvajās monogrāfijās, 4 raksti publicēti vietējos zinātniskos izdevumos, un 7 ir starptautisku zinātnisku konferenču raksti, 11 publikācijas ir starptautisko konferenču tēzes, 15 Latvijas konferenču publicētās tēzes. Starptautiskās zinātniskās konferencēs ir nolasīti 7 referāti, kā arī 5 ziņojumi sniegti zinātniskās konferencēs Latvijā. Kopumā publicētie materiāli pilnībā atspoguļo disertācijas rezultātus un izriet no promocijas darbam izvirzītajiem uzdevumiem.

#### **Raksti zinātniskos žurnālos, kas indeksēti SCOPUS datu bāzē:**

- Zariņa, L., Kostjukovs, J., Segliņš, V., Burlakovs, J. 2014o. Flint XRF analysis for geoarchaeological application. *SGEM2014 Conference Proceedings*, ISBN 978-619-7105-07-0 / ISSN 1314-2704, Vol. 1., pp. 79-86.
- Zariņa, L., Segliņš, V. 2014a. Flint research procedure for comparative studies of the Stone Age tools. *SGEM2014 Conference Proceedings*, ISBN 978-619-7105-07-0 / ISSN 1314-2704, Vol. 1. pp. 71-78.
- Zariņa, L., Segliņš, V. 2013a. Pebble clastic particle morphology and surface rounding evaluation studies. *SGEM2013 Conference Proceedings*, ISBN 978-954-91818-7-6 / ISSN 1314-2704, Vol. 1, pp.161-172.

#### **Raksti recenzētos zinātnisko rakstu krājumos:**

- Segliņš, V., Zariņa, L. 2014a. Krama īpašību pētījumi ultravioletā gaismā akmens laikmeta rīku izejmateriāla avotu noteikšanai nākotnē. *Zin. rakstu krāj.* Segliņš, V. (red.), *Latvijas derīgie izrakteņi, jaunas tehnoloģijas, materiāli un produkti*. RTU izdevniecība, Rīga, lpp. 14-23.
- Segliņš, V., Zariņa, L. 2014b. Reflection of the ancient life rhythm in decorations of the distaffs. *ART TEMPUS*, Vol.2, Institute of Art, Daugavpils University, pp. 68-80.
- Zariņa, L., Segliņš, V. 2012a. Laukakmeņi Latvijā kā resurss plašākā nozīmē. *RTU zinātniskie raksti*. 1. sēr., *Materiālzinātne un lietišķā ķīmija*. 26. sēj., lpp. 94-98.
- Zariņa, L., Segliņš, V. 2012b. Drupu materiāla graudu noapaļotības novērtēšana. *Latvijas Universitātes Raksti. Zemes un vides zinātnes*, 789, lpp. 30-39.

#### **Starptautisku zinātnisku konferenču raksti:**

- Zariņa, L., Segliņš, V. 2015g. World creation myths as testimonies about the renunciation of the Stone Age lifestyle. *Rakstu krāj.* Medveckis, A. (red.), *Sabiedrība un kultūra*. LiePA, Liepāja, ISSN 1407-6918, lpp, 112-119.
- Zariņa, L., Segliņš, V. 2014c. Flint studies in ultraviolet light. *Daugavpils Universitātes 56. starptautiskā zinātniskā konference*, 9-11. Aprīlis, 2014, *Konferences rakstu*

- krājums*. Daugavpils Universitātes Akadēmiskais apgāds „Saule”, Daugavpils, ISBN 978-9984-14-701-7, lpp. 74-80.
- Zariņa, L., Segliņš, V. 2013b. The abundance and diversity of the ancient Stone Age cultures. *I Starptautiskais komparatīvistikas kongress „Cilvēks valodā, literatūrā, kultūrā”*, 14-16. novembris, 2013, 8 lpp. (Iespiešanā)
- Zariņa, L., Segliņš, V. 2014d. Stone tools symmetry evaluation towards sensitive indicator of processing skills. *Rakstu krāj.* Medveckis, A. (red.), *Sabiedrība un kultūra*. LiePA, Liepāja, ISSN 1407-6918, lpp. 52-60.
- Zariņa, L., Segliņš, V. 2014e. Flint tools as the Stone Age pieces of Art and the indicators of the development. *8.starptautiskā zinātniskā konference "Cilvēks. Krāsa. Daba. Mūzika."*, 8-12. Maijs, 2013. *Konferences zinātnisko rakstu krājums*. Daugavpils, lpp. 58-66.
- Zariņa, L., Segliņš, V. 2014f. The development of the methods for comparison and analysis of the Stone Age tools. *Daugavpils Universitātes 55. starptautiskā zinātniskā konference*, 10-12. aprīlis, 2013, *Konferences rakstu krājums*. Daugavpils Universitātes Akadēmiskais apgāds „Saule”, Daugavpils, ISBN 978-9984-14-665-2, lpp. 1086-1092.
- Zariņa, L., Segliņš, V. 2014c. The evaluation methods of the pebbles shapes and their informativity. *Daugavpils Universitātes 55. starptautiskā zinātniskā konference*, 10-12. aprīlis, 2013, *Proceedings*. Daugavpils Universitātes Akadēmiskais apgāds „Saule”, Daugavpils, ISBN 978-9984-14-665-2, lpp. 180-187.

**Starptautisko zinātnisko konferenču ziņojumu tēzes:**

- Zariņa, L., Segliņš, V. 2015a. Shape evaluation in lithic analysis. *10th International Symposium on Knappable Materials „On the rocks”*, 8-10 September, 2015, University of Barcelona, 1 p. (Tēzes akceptētas)
- Zariņa, L., Segliņš, V., Kostjukovs, J., Burlakovs, J. 2015e. Chemical composition studies of flint with different origins. *European Geosciences Union General Assembly 2015*, Vienna, Austria. *Geophysical Research Abstracts* Vol. 17, EGU2015-13210-2.
- Burlakovs, J., Vincevica-Gaile, Z., Rudovica, V., Stankevica, K., Pole, D., Krievans, M., Zarina, L., Berzins, E., Grosbahs, M. 2014. Long-term multidisciplinary research project of settlements and burials in Tuva Republic – the ancient puzzle of Scythian wanderings in Eurasia. *4th Southern Deserts Conference. Quaternary Evolution of Desert Landscapes and Peoples*, 10.-14.11. 2014. Argentina, 2 p. (Iespiešanā)
- Zariņa, L., Kostjukovs, J., Segliņš, V., Burlakovs, J. 2014p. Evaluation of flint properties and composition. *19th International scientific conference "EcoBalt 2014"*, 8-10 October, 2014, Riga, Latvia. *Book of abstracts*. University of Latvia Press, p. 65.
- Zariņa, L., Segliņš, V. 2014g. Non-destructive solutions for flint sources localization. *VII GeoSymposium of Young Researchers Silesia 2014*, Zywiec, Poland, 17-19.09.2014. *Conference Proceedings*, p. 73.
- Zariņa, L., Segliņš, V. 2014h. Regional studies of flint characteristic properties. *XVth International conference of young geologists*, 8-10.05.2014, Żywiec-Hereany, Poland. *Geology, Geophysics and Environment 2014*, Vol. 40, No. 1, pp. 148-149.
- Zariņa, L., Segliņš, V. 2014i. Study of flint properties for artefacts raw material sources detection in the future. *European Geosciences Union General Assembly 2014*, Vienna, Austria, 27.04.-02.05.2014. *Geophysical Research Abstracts* Vol. 16, EGU2014-4587.
- Zariņa, L., Segliņš, V. 2014j. Flint studies in ultraviolet light. *Daugavpils Universitātes 56. starptautiskā zinātniskā konference*, 9-11. aprīlis, 2014. *Tēzes*, Daugavpils

- Universitātes Akadēmiskais apgāds „Saule”, Dugavpils, ISBN 978-9984-14-667-6, lpp. 46.
- Zariņa, L., Segliņš, V. 2013d. The development of the methods for comparison and analysis of the Stone Age tools. *Daugavpils Universitātes 55. starptautiskā zinātniskā konference*, 10-12. aprīlis, 2013. *Tēzes*, Daugavpils Universitātes Akadēmiskais apgāds „Saule”, Daugavpils, ISBN 978-9984-14-612-6, lpp. 158.
- Zariņa, L., Segliņš, V. 2013c. The evaluation methods of the pebbles shapes and their informativity. *Daugavpils Universitātes 55. starptautiskā zinātniskā konference*, 10-12. aprīlis, 2013. *Tēzes*, Daugavpils Universitātes Akadēmiskais apgāds „Saule”, Daugavpils, ISBN 978-9984-14-612-6, lpp. 40-41.
- Zariņa, L., Segliņš, V. 2012c. The possible sources of flint in the prehistoric stage in territory of Latvia. *17th International Scientific Conference "EcoBalt 2012"*, Rīga, Latvia, October 18-19, 2012, *Book of abstracts*. University of Latvia Press, p. 86.

### **Konferenču ziņojumu un referātu tēzes Latvijā:**

- Zariņa, L., Kostjukovs, J., Segliņš, V. 2015d. Latvijas krama ķīmiskā sastāva novērtējums. *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: referātu tēzes / Latvijas Universitātes 73. zinātniskā konference*. Latvijas Universitāte, Rīga, lpp. 326-328.
- Zariņa, L., Segliņš, V. 2015b. Krama pētījumi ultravioletā apgaismojumā. *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: referātu tēzes / Latvijas Universitātes 73. zinātniskā konference*. Latvijas Universitāte, Rīga, lpp. 328-330.
- Zariņa L., Segliņš V. 2015c. Krama novērtēšana eksperimentālajā arheoloģijā. *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: referātu tēzes / Latvijas Universitātes 73. zinātniskā konference*. Latvijas Universitāte, Rīga, lpp. 330-332.
- Zariņa, L., Bērziņš, E., Kacare, M., Grosbahs, M. 2015f. Krasnojarskas apgabala Jermakas rajonā atrasta krama pētījumi. *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: referātu tēzes / Latvijas Universitātes 73. zinātniskā konference*. Latvijas Universitāte, Rīga, lpp. 323-325.
- Kokins, A., Zariņa, L. 2015. Fotogrammetrijas metodes ģeoarheoloģijā un to pielietojums rekonstrukcijām virtuālā realitātē. *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: referātu tēzes / Latvijas Universitātes 73. zinātniskā konference*. Latvijas Universitāte, Rīga, lpp. 287-289.
- Burlakovs, J., Cine, A., Rudoviča, V., Zariņa, L., Krievāns, M., Rečs, A. 2015. Ģeoarheoloģiskās pētniecības darbi Tivas republikā – multidisciplināra studentu lauku darbu prakse. *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: referātu tēzes / Latvijas Universitātes 73. zinātniskā konference*. Latvijas Universitāte, Rīga, lpp. 263-265.
- Burlakovs, J., Zariņa, L., Kļaviņš, M. 2015. Multikritēriju analīzes priekšrocības un trūkumi lēmumu pieņemšanas procesa optimizēšanai rekultivācijas projektos. *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: referātu tēzes / Latvijas Universitātes 73. zinātniskā konference*. Latvijas Universitāte, Rīga, lpp. 177-179.
- Zariņa, L., Segliņš, V. 2014k. Pasaules radīšanas elementi senajos mītos. 3. *Rudens zinātniskās konferences referātu tēzes*. Daugavpils Universitāte, Daugavpils, lpp. 4.
- Zariņa, L., Segliņš, V. 2014l. Krama sastopamība dabā Baltijas valstīs. *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: referātu tēzes / Latvijas Universitātes 72. zinātniskā konference*. Latvijas Universitāte, Rīga, lpp. 346-347.
- Zariņa, L., Segliņš, V. 2014m. Krama rīku karma luminiscences īpašības – vienkāršots novērtējums. *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: referātu tēzes / Latvijas Universitātes 72. zinātniskā konference*. Latvijas Universitāte, Rīga, lpp. 348-349.

- Zariņa, L., Segliņš, V. 2014n. Krama rīku morfoloģijas un simetrijas pētījumu rezultāti. *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: referātu tēzes / Latvijas Universitātes 72. zinātniskā konference*. Latvijas Universitāte, Rīga, lpp. 349-350.
- Segliņš, V., Zariņa, L. 2013. Seno dzīves ritumu atspoguļojums sprēsllīcu dekorējumos. 2. *Rudens konferences referātu tēzes*. Daugavpils Universitāte, Daugavpils, lpp. 10.
- Zariņa, L., Segliņš, V. 2013e. Subjektivitāte makroskopiskā oļu noapaļotības novērtēšanā. *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: referātu tēzes / Latvijas Universitātes 71. zinātniskā konference*. Latvijas Universitāte, Rīga, lpp. 401-403.
- Zariņa, L., Segliņš, V. 2013f. Oļu formas novērtēšana ģeoarheoloģiskos pētījumos. *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: referātu tēzes / Latvijas Universitātes 71. zinātniskā konference*. Latvijas Universitāte, Rīga, lpp. 403-405.
- Kokins, A., Zariņa, L., Segliņš, V. 2013. Microsoft Kinect Fusion tehnoloģijas nelielu ģeoloģisku un arheoloģisku objektu 3D attēlu iegūšanai un apstrādei. *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: referātu tēzes / Latvijas Universitātes 71. zinātniskā konference*. Latvijas Universitāte, Rīga, lpp. 318-320.

Papildus iepriekš minētajam, atsevišķi disertācijā apskatītie metodiskie jautājumi un rezultātu interpretācija ir aprobēti un pārbaudīti arī dažādos ģeoarheoloģiskos pētījumos, kas veikti gan Latvijā gan arī citās Eiropas valstīs. Daļa pētījumā iegūto rezultātu, it īpaši attiecībā uz pētījumu metodoloģiju, ir iestrādāta ģeoloģijas maģistra studiju programmas kursā „Ģeoarheoloģija”, kas tiek īstenots LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātē un atsaucību ir guvis arī starp vēstures studiju programmas studentiem. Kopš 2014. gada autore docē studiju izvēles kursu „Augstākā matemātika ģeozinātnēs” ģeoloģijas, ģeogrāfijas un vides zinātnes maģistratūras studentiem, kurā kā piemēri tiek analizēti atsevišķi autores pētījumos iegūtie dati un studiju kursā tiek apgūtas to statistiskās analīzes metodes.

Par pētījumu un tā rezultātiem autore ir uzstājusies Latvijas Radio, sniegusi pārskata ziņojumu LU Zinātniskajā kafejnīcā, piedalījusies zinātniskos semināros doktorantūras skolās „Zemes resursi un to ilgtspējīga izmantošana” un „Letonika un starpkultūru pētījumi”.

### Pateicības

Promocijas darbs izstrādāts ar ESF projekta “Atbalsts doktora studijām Latvijas Universitātē”, Nr. 2009/0138/1DP/1.1.2.1.2/09/IPIA/VIAA/004, LU reģistrācijas Nr. ESS2009/77 un ar Valsts pētījumu programmas Nr. 2010.10-4/VPP-5 ResProd 1. projekta GEO atbalstu.

Vislielākais paldies darba vadītājam prof. Valdim Segliņam par vārdiem un darbiem, kas palīdzējuši radīt ieceres un realizēt daudzas iespējas.

Autore pateicas LU BF personālam, jo īpaši prof. I.Muižniekam, vadošajai pētniecei V.Nikolajevai un pētniecei G. Makarenkovai, LU ĶF personālam, jo īpaši J. Kostjukovam, LU ĢZZF personālam, jo īpaši assoc.prof. Ģ.Stinkulim, D. Pipirai, J.Burlakovam, A. Kokinam, Latvijas Dabas muzejam, jo īpaši vecākajai antropoloģei A. Marnicai un vecākajai mineraloģei S.Lielbārdei, Latvijas Nacionālām mākslas muzejam (Aizrobežu mākslas muzejam), A. Širokovam, LU Latvijas vēstures institūta akmens laikmeta pētniekiem, jo īpaši I. Zagorskai, par palīdzību un atbalstu pētījuma realizācijā.

Paldies ģimenei, kas man neizmērojami palīdzējusi un atbalstījusi. Paldies arī draugiem par palīdzību un uzmundrinājumu. Paldies bijušajiem un esošajiem kolēģiem un daudz citiem, kas apzināti vai netīšām ir mani iedvesmojuši un atbalstījuši.

## Lietoto saīsinājumu saraksts

CAD programmas – Datoratbalstītas dizaina programmas  
C1, C2,...,C $\infty$  - cikliskas simetrijas grupas ar kārtu 1, 2,..., $\infty$   
D1, D2,...,D $\infty$  - diherdrālas simetrijas grupas ar kārtu 1, 2,..., $\infty$   
EAA – Eiropas Arheologu asociācija  
ĢIS – Ģeogrāfiskā informācijas sistēma  
H – Dūrescirvju tipa rīki  
K – Nažu tipa rīki  
M – Mikrolītu tipa rīki  
P – Smaiļu tipa rīki  
P111 – joslu simetriju grupa, kas satur tikai translācijas simetriju  
S – Kasīkļu tipa rīki  
UV gaisma – ultravioletā gaisma  
WDXRF – rentgenstaru fluorescences spektrālā metode  
XRD – rentgenstaru pulvera difrakcijas metode

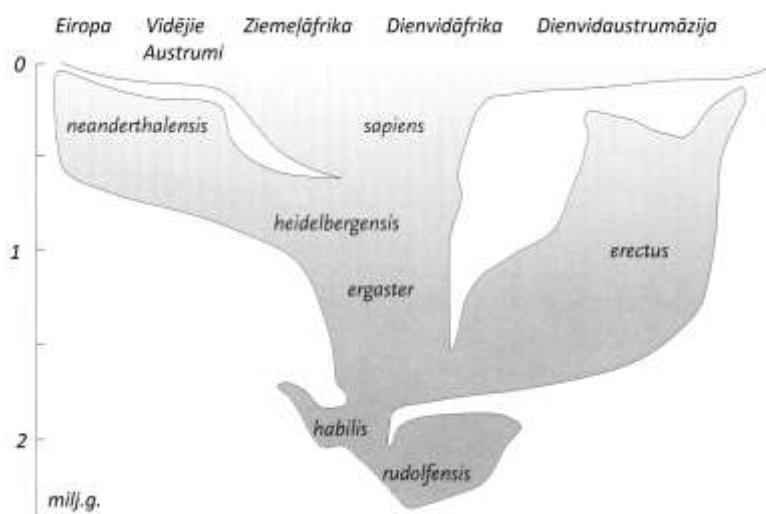


# 1. Pētījuma laiktelpiskais ietvars un agrākie pētījumi

## 1.1. Ieskats akmens laikmeta hronoloģijā

Ģeoloģiskajā laika skalā ar sencilvēku izcelšanos un attīstību saistītais laiks attiecas uz neogēna perioda beigām (pliocēns) un kvartāra periodu (pleistocēns un holocēns) (Edwards et al., 2008). Attiecībā uz cilvēku evolūcijas pirmsākumu un attīstības izsekošanu, aizvēstures pētījumos kā galvenie atskaites punkti tiek aplūkoti mūsu senāko senču pāriešana uz bipedālu pārvietošanos un smadzeņu izmēra palielināšanās, par ko liecina fosilijas, un akmens rīku gatavošanas prasmju attīstība, ko atspoguļo arheoloģiskie artefakti. Tie nav bijuši secīgi procesi, taču norisinājušies paralēli dažādos etapos miljoniem gadu gaitā (Osborn, 1915; Klein, 2000; Scarre, 2013). Līdz šim atrastās fosilijas liecina, ka bipedāli hominīdi parādījušies Āfrikā pirms aptuveni 8-6 miljoniem gadu (Persall, 2008), bet *Homo* ģints ir viens no jaunākajiem zīdītāju faunas papildinājumiem, kas radusies mazāk nekā aptuveni pirms 2,5 miljoniem gadu (Barnard, 2012). Minētajā hominīdu *Homo* ģints rašanās laikā līdzās pastāvējusi arī hominīdu *Australopitecus* ģints ar vienojošiem kopīgiem senčiem. Pēc fosilijām šajā posmā tiek izdalītas atsevišķas *Australopitecus* ģints sugas, kas noteiktos periodos līdzās pastāvējušas savstarpēji un ar *Homo* ģints pārstāvjiem, un daļa no tām arī tiek saistītas ar primitīvu akmens rīku liecībām. Senākie artefakti tiek izšķirti kā atbilstoši vienai vai otrai ģintij, saistot tos ar fosilijām, kas piesaistāmas atradumu vietām, taču pēc vizuālajām iezīmēm rīki tiek attiecināti uz vienu un to pašu arheoloģisko kultūru (Semaw et al., 2000; McPherron et al., 2010). Tomēr *Australopitecus* ģints izzudusi pirms aptuveni miljona gadiem, un sekojošā laika perioda akmens artefakti atbilst *Homo* ģints pārstāvju atstātām liecībām (Persall, 2008).

Arī *Homo* ģints, ejot caur ilgstošiem attīstības un izmaiņu posmiem, laikā līdz aptuveni 40 000 gadu senai pagātnei, kad suga *Homo sapiens* palikusi vienīgā hominīnu suga uz pasaules (1.1. attēls) (Bar-Yosef, Bordes, 2010), piedzīvojusi vairāku citu sugu rašanos un izzušanu, kas šobrīd līdzīgi kā *Australopithecus* ģints pārstāvji tieši var tikt pētītas tikai no fosilijām un arheoloģiskajām liecībām. Tās atklāj, ka šī ilgā laika posma dažādos periodos vairākas no *Homo* ģints sugām līdzās pastāvējušas, norādot uz sarežģītu evolūcijas procesu, kas nevar tik raksturots kā lineārs ne laika, ne telpas aspektos (Rice, Moloney, 2005; Scarre, 2013).



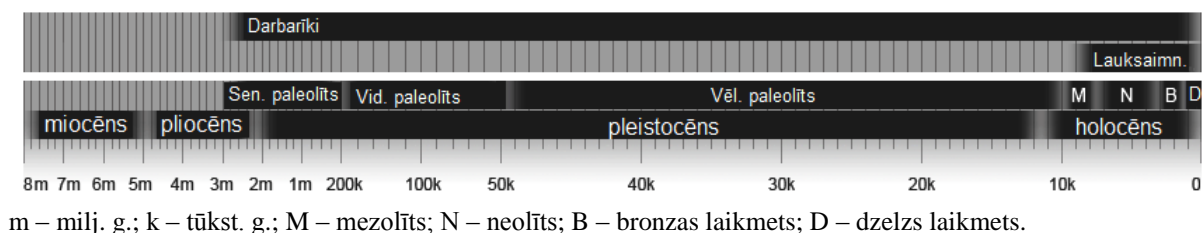
1.1. attēls *Homo* sugu izplatība Eiropā un Āzijā.

Figure 1.1. Spread of *Homo* species in Europe and Asia.

Pēc Scarre, 2013.

Tomēr cilvēces aizvēstures pētījumos, papildus ģeoloģiskajai laika skalai un bioloģiskajai klasifikācijai, plaši tiek lietota pieņemtā arheoloģisko kultūru miju laika skala (biežāk saukta par „arheoloģisko skalu”), kas balstās uz cilvēku tehnoloģisko zināšanu un prasmju raksturojošiem izmantotajiem materiāliem. To veido 3 galvenie attīstības periodi – akmens laikmets, bronzas laikmets un dzelzs laikmets (Graslund, 1987).

Akmens laikmets attiecas uz vairāk nekā 2,5 miljonu gadu ilgu aizvēstures periodu no pirmo akmens darbarīku liecībām, turpinoties līdz lauksaimniecības ieviešanai un pirmo pilsētu izveidei, beidzoties ar metālapstrādes aizsākumiem, aptverot visus kontinentus, izņemot Antarktīdu (Rice, Moloney, 2005; Scarre, 2013). Atbilstošais laika periods ir ilgs, un tā raksturošanai attiecībā uz cilvēku evolūciju ģeogrāfiski atbilst daudz reģionālu shēmu, kuru savstarpējā sasaiste ir neviennozīmīga. Minētās shēmas balstās uz artefaktiem un atsevišķiem atradumiem. Tos klasificējot, tie tiek dalīti atbilstoši kā piederoši noteiktai arheoloģiskai kultūrai. Tomēr, jo īpaši attiecībā uz senākajiem akmens laikmeta posmiem, ir ļoti maz tādu materiālu, kurus var izmantot vecuma datēšanai, tāpēc iespējama ir tikai šo aizvēsturisko kultūru nosacīta hronoloģija. Līdz ar to akmens laikmeta arheoloģisko kultūru raksturošanai visbiežāk lieto salīdzinoši vienkāršotu hronoloģisko shēmu, kurā, pamatojoties uz akmens darbarīku izveidošanas īpatnībām, izsmalcinātību un iespējamo pielietojumu, tiek nodalīts paleolīts jeb senais (agrais) akmens laikmets un neolīts jeb jaunākais (vēlais) akmens laikmets, un pārejas periods starp tiem – mezolīts jeb vidējais akmens laikmets (Eiropā) (1.2. attēls). Šajā ziņā, jāatzīmē, ka atbilstošā terminoloģija dažādos pasaules reģionos atšķiras (Barnard, 2012; Renfrew, Bahn, 2014) un, lai izvairītos no liekiem pārpratumiem, promocijas darbā ir izmantota Eiropā lietotā terminoloģija, kuru arī rekomendē Eiropas Arheologu asociācija (*European Association of archaeologists* (EAA)).



m – milj. g.; k – tūkst. g.; M – mezolīts; N – neolīts; B – bronzas laikmets; D – dzelzs laikmets.

### 1.2. attēls. Paleolīta hronoloģija.

Figure 1.2. Chronology of the Palaeolithic.

Pēc Bradshaw Foundation, 2015.

Katrs no iepriekš minētajiem akmens laikmeta periodiem iezīmējas ar noteiktu cilvēku dzīvesveidu, un atsevišķās arheoloģiskās kultūras tiek izšķirtas pēc raksturīgām darbarīku tehnoloģijām un tradīcijām, arī dzīves vietām, sadzīves apstākļiem, raksturīgu sabiedrisko dzīvi (Roberts, Vander Linden, 2011). Katram no tiem ir vairākas kopīgas iezīmes, kas ļauj salīdzinoši droši veikt šādu hronoloģisku dalījumu pat apstākļos, kad artefaktu skaits ir neliels un atradumiem nav konstatējamās raksturīgas atsevišķas tipoloģiskās pazīmes. Šajā darbā uzmanība pievērsta tieši paleolīta laika arheoloģiskām kultūrām un to attīstībai Eiropas teritorijā un attiecībā uz senākajām liecībām – Āfrikas teritorijā, bet, apskatot vēlā paleolīta noslēguma posma krama rīkus – uzmanība tika koncentrēta uz mūsdienu Baltijas valstu teritoriju (1.1.tabula).

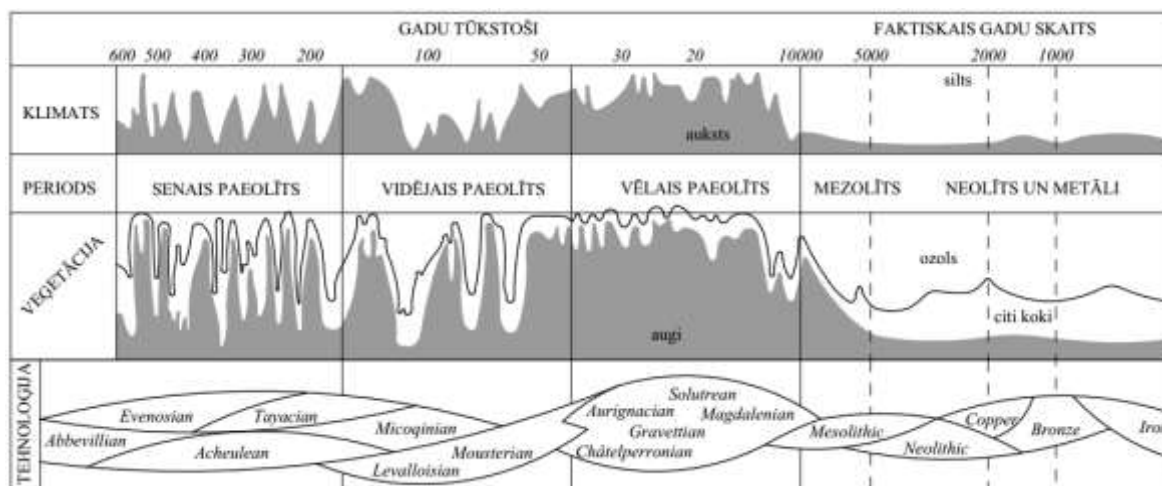
1.1. tabula. Pētījumā vērtētās aizvēsturiskās arheoloģiskās kultūras  
Table 1.1. Prehistoric archaeological cultures assessed in the study

Akmens laikmeta periods	Nozīmīgākās paleolīta arheoloģiskās kultūras*	Arheoloģisko kultūru attīstības periodi*
Paleolīts		
Senais	Olduvaja ( <i>Oldowan</i> )	pirms 2,6 - 1,5 milj. g.
	Ašelas ( <i>Acheulian</i> )	pirms 1,7 milj. - 100 000 g.
Vidējais	Mustjē ( <i>Mousterian</i> )	pirms 300 000 - 30 000 g.
Vēlais	Oriņakas ( <i>Aurignacian</i> )	pirms 40 000 - 25 000 g.
	Šatelperonas ( <i>Châtelperronian</i> )	pirms 45 000 - 40 000 g.
	Gravetas ( <i>Gravettian</i> )	pirms 29 000 - 21 000 g.
	Solitrē ( <i>Solutrean</i> )	pirms 22 000 - 16 500 g.
	Madlēnas ( <i>Magdalenian</i> )	pirms 18,000 - 11 000 g.
	Hamburgas ( <i>Hamburgian</i> )	pirms 13 000 - 12 000 g.
	Arensburgas ( <i>Ahrensburg</i> )	pirms 13 000 - 11 000 g.
Mezolīts		
	Daudzskaitliskas, tiek izdalītas pa reģioniem	Tiek izdalītas pa reģioniem
Neolīts		
	Daudzskaitliskas, tiek izdalītas pa reģioniem	Tiek izdalītas pa reģioniem

\* Pēc Graudonis, 1994; Petegrine *et al.*, 2001; Grimm, Weber, 2008; Semaw *et al.*, 2009; Riede, 2010; Kufel-Diakowska, 2011; Barnard, 2012; De la Torre *et al.*, 2012; Segliņš, 2012; Scarre, 2013; Cummings *et al.*, 2014; Soressi, Roussel, 2014.

Klimatam ir bijusi nozīmīga loma cilvēces attīstības posmos attiecībā uz izdzīvošanai piemērotu dzīves telpu (Gamble *et al.*, 2004), kas jāņem vērā aizvēstures pētījumos. Senvēstures pētījumos tradicionāli kā galvenie faktori, kas noteikuši vides apstākļu ievērojamas izmaiņas pasaulē, ietekmējot globālo temperatūru, mitrumu, jūras ūdens līmeni un cilvēku izdzīvošanai atbilstošu teritoriju lokalizāciju, tiek aplūkotas glaciālu un starpglaciālu periodu mijas, kas galvenokārt tiek datētas pēc okeāna dziļūdens nogulumiem, tiek novērtētas glaciālās reljefa formas, jūras un upju terases, tāpat arī bioloģiskās liecības – augu mikroskopiskās un makroskopiskās atliekas, moluski un dzīvnieku fosilijas (Rice, Moloney, 2005). Laika posmā līdz holocēnam, kas aizsākās pēc pēdējā apledošanas pirms aptuveni 11,6-11,7 tūkstošiem gadu un turpinās joprojām, raksturīgas lielas temperatūras svārstības dēļ periodiskiem globālās vai reģionālās klimata atdzišanas posmiem, kas mijās ar siltākiem laika apstākļiem (1.3. attēls). Klimata izmaiņas holocēna sākumā ietekmēja floras un faunas sastāvu, un līdz ar to arī sencilvēku dzīves vidi, un atspoguļojās kā ievērojamas pārmaiņas gan attiecībā uz to dzīvesveidu, gan kultūru daudzveidošanos reģionālā skatījumā (Cunliffe, 2001).

Līdz ar mezolītu izdalīto arheoloģisko kultūru skaits ievērojami pieaug un atsevišķi iezīmējas pa reģioniem, taču paleolīta senkultūru iedalījums tradicionāli tiek lietots pētījumos visā Vecajā Pasaulē (Segliņš, 2012). Neolīts un līdz ar to arī akmens laikmets Eiropā beidzās pirms apmēram 5000-4000 gadiem (Deiviss, 2009) ar bronzas laikmeta sākumu. Līdzšinēji veiktie pētījumi norāda (Bērziņš, Vasks, 2014), ka Latvijā akmens laikmets beidzās ap 1800. g. pr.Kr.



1.3. attēls. Klimata izmaiņas un paleolītā izdalītās arheoloģiskās kultūras Eiropā.

Figure 1.3. Climate changes and Palaeolithic archaeological cultures in Europe.

Pēc Leroi-Gourhan, 1989.

## 1.2. Paleolīta kultūru izplatības reģioni un tās raksturojošie akmens rīki

Paleolīts (*Palaeolithic*) (no 19.gs.: grieķu *παλαιός* „vecs”, *λίθος* „akmens”) jeb senais (agrais) akmens laikmets (*Old/(Early) Stone Age*) sākas ar pirmo akmens darbarīku liecībām, ilgst vairāk nekā 2,6 miljonus gadu (Edwards *et al.*, 2008), ietverot vairāku pirmshominīdu un hominīdu sugu izplatību pasaulē līdz mūsdienu cilvēka evolūcijas sākumam, un noslēdzas ar pēdējā ledus laikmeta beigām aptuveni pirms aptuveni 12 tūkstošiem gadu. Tas tiek iedalīts 3 periodos – senajā, vidējā un vēlajā paleolītā.

Tiek pieņemts (Rice, Moloney, 2005), ka līdz paleolīta beigām cilvēki visur dzīvoja mazās, mobilās grupās. Materiālās kultūras liecības, kas varētu tikt saistītas ar pārvietojošos grupu, ir ierobežotas, jo cilvēki, kas pārvietojas, nevar daudz panest sev līdzi, daļēji patstāvīgas apmetnes atstāj nedaudz pēdu, un daudzo simtu tūkstošu gadu laikā vairumā gadījumu tās ir zudušas. Tāpēc aizvēstures liecības par šo laiku ir nepilnīgas, un no senākajiem paleolīta periodiem galvenokārt ir saglabājušies tikai akmens rīki un nedaudz fosiliju (Barnard, 2012; Scarre, 2013). Paleolīta vēlākajos periodos raksturīgi arī kaula, raga un ilkņu artefakti kopā ar liecībām par sarežģītākas organizācijas apmetņu attīstību, apbedījumiem un simboliskām aktivitātēm (Cunliffe, 2001; Renfrew, Bahn, 2014).

Paleolīta laikā izgatavoto rīku atšķirības gan atkarībā no formas, gan veidošanas tehnoloģijas un iespējamās izmantošanas nodrošina klasifikācijas sistēmu, dalot laikmetu pa posmiem ar tiem raksturīgām arheoloģiskajām kultūrām (Roberts, Vander Linden, 2011).

### 1.2.1. Senais paleolīts

Laika periods no vismaz 2,6 miljonu gadu līdz apmēram 300 tūkstošus gadu senai pagātnei arheoloģijā ir pazīstams kā agrais akmens laikmets (*Early Stone Age*) Āfrikā un senais paleolīts (*Lower Palaeolithic*) visur citur Vecajā pasaulē (Rice, Moloney, 2005; Scarre, 2013).

Pašas senākās akmens apstrādes liecības tiek definētas kā piederīgas Olduvaja (*Oldowan*) tehnoloģijas kultūrai, kas nosaukumu ieguvusi pēc vietas nosaukuma (*Olduvai*

*Gorge Tanzānijā*), kur pirmo reizi 20.gs. 30-tajos gados tika atrasti artefakti. Turpmākajos gados senākās Olduvaja kultūras liecības ir atrastas Ganā, Etiopijā, un datētas kā aptuveni 2,6 miljons gadu senas (Semaw *et al.*, 2003), taču ir pētījumi, kas norāda uz vēl senākiem šīs kultūras aizsākumiem (Harmand *et al.*, 2015). Šai arheoloģiskai kultūrai raksturīgie akmens rīki ir rupji apstrādāti dūres cirvji, čoperi, kas veidoti no dažāda petrogrāfiskā sastāva oļiem vai akmeņiem, veicot tikai atsevišķus nošķēlumus. Vairāki līdzinējie pētījumi ļāvuši pieņemt, ka akmens rīku izejmateriāls ticis izvēlēts ar labām šķelšanās īpašībām un ticis mērots ceļš, piemēram, *Olduvai Gorge* – vairāk nekā 5 km attālums, lai tādu iegūtu (Stout *et al.*, 2005; Piperno *et al.*, 2008). Minētais liecina, ka jau tad tika atpazītas iežu atšķirības, un apzināts, kur nepieciešamo materiālu atrast dabā. Šīs arheoloģiskās kultūras atradumu reģionā – Āfrikā, atrastas abu hominīdu ģinšu – *Australopithecus* un *Homo* – fosilijas, un līdzinējie pētījumi tām abām piedēvē rīku gatavošanu (Ambrose, 2001; Rice, Moloney, 2005; Scarre, 2013). Pirms aptuveni 1,8 miljoniem gadu dažas *Homo* ģints grupas atstājušas Āfriku, par ko liecina atrastās fosilijas Tuvajos Austrumos, Āzijā un Eiropā (Garcia *et al.*, 2010).

Āfrikā palikušās *Homo* ģints grupas ieviesa izmaiņas akmens apstrādes tehnoloģijā, un jaunā tipa akmens rīki tiek saistīti ar Ašelas (*Acheulian*) arheoloģisko kultūru. Sekojošu migrāciju rezultātā arī tā izpletusies ārpus Āfrikas (Herries, 2011). Aizvēsturiskajai kultūrai nosaukums dots pēc *St. Acheul* atradumu vietas Francijā, kur 19.gs. vidū pirmo reizi tika atrasti atbilstoši rīki, kaut arī šie nav senākie zināmie atradumi. Senākās šīs kultūras liecības ir atrastas *West Turkana*, Kenijā un datētas kā 1,76 miljons gadu senas (Lepre *et al.*, 2011). Ašelas kultūra reģionāli tiek iedalīta apakšperiodos pēc akmens rīku apstrādes tehnoloģijas un izstrādes precizitātes īpatnībām. Šī tipa rīku iztrūkums Dienvidāzijā, kaut arī bijis atrodams piemērots izejmateriāls, ļauj minēt, ka tur mitinājušās grupas, kas pameta Āfriku pirms jaunās akmens rīku apstrādes tehnoloģijas attīstīšanās (Swisher *et al.*, 1994; Bar-Yosef, Belfer-Cohen, 2011).

Ašelas arheoloģiskajā kultūrā jaunā pieeja akmens rīku veidošanā atšķiras no vienkārši rupji atšķeltu rīku iegūšanas, ko asociē ar agrākiem homonoidiem (Semaw *et al.*, 2009). Tiek izgatavoti abpusēji apskaldīti rīki, kas apzināti radīti ar noteiktām formas īpašībām, rūpīgi apstrādājot dabiskas iežu formas. Šai aizvēsturiskajai kultūrai tipiski rīki ir dūrescirvji, kas gatavoti no oļiem, akmeņiem vai lielām atšķilām, apstrādājot tos divpusēji, t.i., atšķēlot atšķilas no divām pretējām pusēm, veidojot nepārtrauktu malu pa perimetru. Citi raksturīgi rīki ir cirvji-klīveri, kas ir līdzīgi dūrescirvjiem, bet ar taisnu asu malu vienā rīka galā, un cērtes – ar trīsstūrveida vai četrstūrveida formu un ieapaļu pamatu. Raksturīgi arī dažādi atšķilu rīki – neapstrādātas atšķilas ar ļoti asām malām vai ar atsevišķām papildus apstrādātām – retušētām – malām. Kaut arī kultūrai raksturīgie izteiksmīgie dūrescirvji, šķiet, nepārprotami lietderīgi rīki, tomēr precīzs to pielietojums palicis neizzināts (Phillipson, 1997; De Juana *et al.*, 2010; Beyene *et al.*, 2012). Izgatavotie rīki varēja kalpot medībās, ādas apstrādei, griešanai, skrāpēšanai, rakšanai, kokapstrādei, aizsardzībai un citām funkcijām.

Senajā paleolītā strukturētas dzīvesvietas izveide nav pierādīta (Gamble, 1999), tāpat nav drošu liecību par apzinātiem apbedījumiem vai simbolisku priekšmetu lietošanu. Taču līdzinējie pētījumi ļauj pieņemt, ka jau senajā paleolītā tika attīstīta prasme kontrolēt uguni, kas varēja sniegt neskaitāmas priekšrocības gan kā gaismas un siltuma avots, gan kā plēsēju atbaidītājs, gan pārtikas un citu dabas materiālu apstrādei atvieglotai lietošanai, tai skaitā krama apstrādei (James *et al.*, 1989; Albert, Cabanes, 2007). Tomēr joprojām tiek pētīts, vai šajā laikā tika izmantota uguns un vai jau ir bijušas prasmes uguni iegūt.

## 1.2.2. Vidējais paleolīts

Vidējais paleolīts (*Middle Palaeolithic*) Eiropā un Āzijā un tā līdzgaitnieks Āfrikā – vidējais akmens laikmets (*Middle Stone Age*), sākās pirms aptuveni 300 000 gadiem un Eiropā beidzās pirms apmēram 30 000 gadiem (Rice, Moloney, 2005; Richter, 2011). Šis periods Eirāzijā tiek saistīts ar *Homo erectus*, *Homo neanderthalensis* un arhaisko *Homo sapiens* (*archaic Homo sapiens*) izplatību. Savukārt Āfrikā ar anatomiski mūsdienu cilvēku – *Homo sapiens* (*anatomically modern human/Homo sapiens*) izcelšanos aptuveni pirms 200 000 gadiem, kas tiek uzskatīta par aizsākumu apakšsugas *Homo sapiens sapiens* attīstībai (Renfrew, Bahn, 2014). Saskaņā ar t.s. „Āfrikas izcelšanās” hipotēzi (*Out of Africa Hypothesis*) (Stringer, 2012) *Homo sapiens* pirms apmēram 100 000 gadiem sāka migrāciju ārpus Āfrikas un pakāpeniski aizvietoja tur dzīvojošās *Homo* sugas – *Homo neanderthalensis* Eiropā un *Homo erectus* Āzijas teritorijā, un vēlāk apguva Amerikas (Barnard, 2012).

Vidējais paleolīts iezīmējas ar raksturīgiem akmens rīkiem, un reģionāli šajā periodā sāk izdalīties atsevišķi akmens rīku izveides stili, kas tiek raksturoti kā sekojošas arheoloģiskās kultūras Ašelas kultūrai vai atbilstošo jau vēlāk izveidojušos arheoloģisko kultūru turpinājumi. Starp tām var minēt, piemēram, Āfrikā *Aterian*, *Mousteroid*, *Sangoan* (Camps, Chauhan, 2009; Scerri, 2012), bet Eiropā – *Micoquien*, *Clactonian*, *Tayacian* un *Mousterian* jeb Mustjē, kas atbilst arī Ziemeļāfrikas teritorijā zināmajām vairākām aizvēsturiskajām kultūras liecībām (Gamble, 1999; Dobosi, 2011).

Šajā laika posmā vienlaikus tiek izgatavoti gan rupji apstrādāti rīki – plakanas atšķilas, iegūtas tikai ar dažiem cirtieniem, kam veikti pielabojumi noslēdzošajā posmā, gan arī noteiktas tipveida jeb standartizētas formas atšķilas, kas iegūtas izmantojot sarežģītākas tehnoloģijas, salīdzinot ar seno paleolītu (Mellars, 1996; Renfrew, Bahn, 2014). Te īpaši jāatzīmē *Levallois* tehnika, kas prasa prasmīgu akmens izejmateriāla sagatavošanu un apstrādi pirms noteiktas formas un izmēra atšķilas iegūšanas, un tiek saistīta ar Mustjē arheoloģisko kultūru (Soressi, 2005; Tryon *et al.*, 2006). Kopumā periodam atbilst lielāka atšķilu rīku daudzveidība salīdzinoši ar Ašelas kultūru, savukārt dūrescivja tipu rīki ir mazāki un tie nav raksturīgi kā visuresoši perioda atradumu vietās. Šim periodam atbilstoši atrasti arī rīki, kas ir tipiski tikai vēlākos akmens laikmeta periodos – nažveida šķilas (*blades*) un mikrolīti (*microliths*) (McBrearty, Brooks, 2000). Akmens rīki tiek darināti plānāki, apstrādes procesā tiek mēģināts veidot noderīgas atšķilas, atšķilu formas tiek pielabotas ar papildus malu apstrādi, izmantojot dažādus virsmas apstrādes paņēmienus, un tiek vienkāršota formas ieguve ar mazāku atskaldījumu skaitu. Svarīgi, ka tiek gatavoti un izmantoti specializēti rīki citu rīku gatavošanai. Atradumi liecina, ka izejmateriāls ticis atšķirotis pēc kvalitātes, un izmantots arī ne vietējas izcelsmes materiāls, kura ieguves vietas atbilst vairāk nekā 100 km lielam attālumam (Féblot-Augustins, 1993). Šajā periodā cilvēki pagatavoja arī kaula, raga un koka rīkus, piemēram, harpūnas un smaiļus, bet tie reti saglabājušies (D’Errico *et al.*, 2003).

Salīdzinot ar seno paleolītu, vidējā paleolītā pieaug atradumu vietu skaits, un laikā, sākot no aptuveni 130 000 gadu senas pagātnes, vērojama lielāka alu un cita veida apmetņu vietu dažādība (Clark, 1988; Rice, Moloney, 2005). Nav zināmas drošas liecības, ka tikušas veidotas pajumtes, patvērumi, teltis, tomēr ir liecības par vēja aizsegiem no akmens, dzīvnieku kauliem un ragiem. No apmetnēm, kas ir saglabājušās un atklātas arheoloģisko izrakumu gaitā, var spriest, ka tās tikušas strukturētas dažādu darbu veikšanai, piemēram, izmantojot atsevišķas zonas krama apstrādei, gaļas apstrādei vai dzīvošanai (Dibble, 2003). Ir skaidras norādes par uguns lietošanu un norādes uz cilvēku skaita pieaugumu grupās, no kurām dažas centās riskēt pielāgoties dzīvei pat salīdzinoši skarabajos Austrumeiropas vides apstākļos (Scarre, 2013). Arheoloģiskajos izrakumos

iegūtie atradumi atspoguļo, ka medījums ir ticis izvēlēts, dažkārt medīti arī bīstamie dzīvnieki, un ir liecības par molusku vākšanu, zvejošanu, roņu medīšanu, kas norāda uz daudzveidīgu pārtiku (Renfrew, Bahn 2014).

Aktuāls pētījumu objekts ir cilvēku simboliskā aktivitāte vidējā paleolītā (Elias, 2012; Rossoa *et al.*, 2014). Liecību par to ir salīdzinoši maz, tomēr pamatoti var aplūkot krāsas izmantošanu (apmetnēs atrasts okers, koraļļi, melnas krāsas ieži), personiskos rotājumus, apbedījumu tradīcijas (kaulu novietojums, mirušo izkārtojums, ziedputekšņu klātbūtne) un atsevišķus nezināmas nozīmes atradumus, piemēram, kaulā grebtus ģeometriskus griezumus un perforētus rotājumus (Mellars, 1996; Hovers *et al.*, 1997; McBrearty, Brooks, 2000; Henshilwood *et al.*, 2009).

### 1.2.3. Vēlais paleolīts

Laika posms no aptuveni 45 000 līdz 12 000 gadu senai pagātnei arheoloģijā zināms kā vēlais paleolīts (*Upper Palaeolithic*) Eirāzijā un kā vēlais akmens laikmets (*Late Stone Age*) Āfrikā (Barnard, 2012). Šī perioda sākumā Eiropā līdzās pastāvēja vismaz divu sugu cilvēki – *Homo neanderthalensis* un anatomiski mūsdienu cilvēks – *Homo sapiens* (*anatomically modern humans/Homo sapiens*), tomēr aptuveni 40 000 gadu atpakaļ joprojām nenoskaidrotu iemeslu dēļ *Homo neanderthalensis* izzuda (Scarre, 2013; Higham *et al.*, 2014).

Vēlais paleolīts aptver pēdējā ledus laikmeta noslēguma posmu, un tam atbilst arī pēdējais glaciālais maksimums, kas attiecas uz laiku starp 26,5 un 19-20 tūkstošiem gadu atpakaļ (Clark *et al.*, 2009). Glaciālā maksimuma laikā pasaules okeāna līmenis bija vismaz 100 m zemāks nekā mūsdienās (Lambeck *et al.*, 2002; Milisauskas, 2012). Āfrikā klimata izmaiņas izpaudās kā pieaugošs sausums un pārtuksnešošanās daudzos apgabalos, savukārt lielākajā Eiropas daļā gada vidējā temperatūra bija aptuveni 10 grādu zemāka nekā mūsdienās, un klimats bija kontinentālāks, kas atbilst lielākiem temperatūras kontrastiem starp ziemas un vasaras mēnešiem (Heyman *et al.*, 2013). Tomēr šādi klimatiskie apstākļi bija pietiekoši labvēlīgi, lai veidotos plašas, atvērtas ainavas, lielākoties klātas ar zālaugiem un sūnām, Austrumu, Centrālajā un Dienvidu Eiropā. Tā bija piemērota vide dažādām dzīvnieku sugām, piemēram, ziemeļbriežiem, zirgiem, bizoniem, mamutiem, spalvainajiem degunradžiem, kam bija vairāk vai mazāk regulāri un prognozējami migrāciju ceļi un laiki, ko izmantoja senie cilvēki (Cunliffe, 2001; Rice, Moloney, 2005).

Vēlā paleolīta sākums iezīmējas ar raksturīgām pārmaiņām seno cilvēku dzīvesveidā un uzvedībā, kas ietver arī darbarīku daudzveidības palielināšanos, pieaugošu kaula, raga un ilkņu rīku izmantošanu, plašāku tālas distances kontaktu tīklu veidošanu, organizētu un kopīgu medīšanu, mērķtiecīgi medījot noteiktus dzīvniekus, daļēji pastāvīgu mājokļu būvniecību un sistemātiski izmantotu telpu (Hatfield, Pittman, 2013).

Noteiktas izmaiņas akmens rīku gatavošanā ir vienas no pamata raksturīgām iezīmēm, kas savā ziņā vienmēr tikušas aplūkotas kā principiālas diagnosticējošas pazīmes, atšķirot vēlo paleolītu no senā un vidējā paleolīta. Daudzos pasaules reģionos, un it īpaši Eiropā, zināms pagrieziena punkts akmens rīku gatavošanas tehnoloģijā vēlajā paleolītā bija garu, šauru, paralēlmalu nažveida šķīlu iegūšana no krama nuklejiem jeb serdeņiem (Richter, 2011). Tehnoloģijas būtisks ieguvums bija iespēja no īpaši sagatavota krama gabala iegūt desmitiem tipveida jeb standartizētu atšķīlu, kuras savukārt varēja tikt pārveidotas vairākās specializētās formās dažādām funkcijām. Nažveidu šķīlu gatavošana ir arī salīdzinoši ekonomiskāka krama izmantošana, jo rada lielāku griezējmalau garumu nekā parastas atšķīlas. Vēl viena raksturīga pazīme ir rīku formu dažādošanās.

Arheoloģisko izrakumu materiālos starp artefaktiem biežāk tiek atrastis daudz jauna veida rīku – var tikt izdalīti dažādi kasīkļu, nažu, urbju un smaiļu veidi, jauni specializēti rīki kaula un raga apstrādei (Shea, 2013). Lai arī rīku dažādošanas noteica izmaiņas citās blakus tehnoloģijās – medībās, apģērba gatavošanā, mājokļu izveidē, mākslā, tomēr ne visu var izskaidrot tikai šī funkcionālā nepieciešamība pēc jauniem rīkiem. Jāpiemin ievērojamā akmens rīku formu daudzveidība, turklāt formas mainījušās strauji un atkārtoti daudz dažādās vietās visā vēlā paleolīta laikā (Camps, Chauhan, 2009). Atbilstoši rīku formām ir izdalītas vēlā paleolīta arheoloģiskās kultūras, kas sakārtotas zināmā scībā, pārklājoties laikā un reģionāli atsevišķos laika posmos (Bar-Yosef, 2002).

Atradumi apmetnēs liecina (Grayson, Delpech, 2002; Pryor, 2008), ka šajā periodā būtiska iezīme ir koncentrēšanās galvenokārt uz noteiktas sugas dzīvnieku medīšanu, un ieskaitot arī bīstamus dzīvniekus. Plašākā apvidū tika medīti migrējoši dzīvnieki baros, kas liecina par dzīvnieku pārvietošanās prognozēšanu un norāda uz sapratni par sezonālītāti un tai atbilstošu ietekmi lokālajā vidē. Apmetnes šādu migrācijas ceļu tuvumā norāda (Zagorska, 2012), ka tajās atkārtoti ilgstošā laika posmā apmetušies cilvēki, un, iespējams, sezonāli tajās apvienojušās atsevišķas mazākas grupas. Arī ieroču tehnoloģijas attīstība atviegloja medības (Cattelain, 1997), piemēram, vēlajā paleolītā parādījās šķēpu metēji jeb atlāti, kas palielināja metiena spēku un precizitāti. Daudzi rīki tika sastiprināti ar kaula vai raga rokturiem. Raksturīga arī augu valsts produktu lietošanas intensifikācija (Pryor, 2008).

Vēlajā paleolītā ir pierādījumi (Rice, Moloney, 2005) par organizētu un strukturētu telpas izmantošanu. Rietumeiropā cilvēki vairāk izmantoja alas un klinšu patvērumus, kur tādi bija pieejami, bieži piebūvējot akmens sienas vai izmantojot dzīvnieku ādas, lai papildus aizsargātos no aukstuma. Skarbajos Austrumeiropas plašumos mājokļus nereti būvēja no mamutu kauliem (Iakovleva, Djindjian, 2005).

Arheoloģiskās liecības norāda (Gamble *et. al.*, 2004), ka palielinājās vispārējā apdzīvotība dažādos reģionos, kas, iespējams, radīja izmaiņas arī sociālajā organizācijā. Tiek pieņemts (Hussain, Floss, 2012), ka pastāvēja plaši kontakti starp atsevišķajām etniskajām grupām. Par šādiem plašiem kontaktu tīkliem liecina eksotiski materiāli vai kvalitatīvu ne vietējas izcelsmes krama rīku liecības (Adams, Blades 2009).

No aptuveni 40 000 gadu senas pagātnes ir salīdzinoši daudz liecību par dažādām cilvēku mākslinieciskām izpausmēm, personiskiem rotājumiem un rituāliem (Cook, 2013). Vēlais paleolīts ir īpaši atpazīstams ar reprezentatīvo mākslu, kuras izpausmēs cilvēki izmantojuši dažādas tehnikas un materiālus, piemēram, grieza un gravēja koku, kaulu un ragu, apgleznoja akmeni, kaulu, ragu un alu sienas, kas liecina par plašām prasmēm un zināšanām dabas materiālu izmantošanā. Par izmaiņām simboliskās aktivitātēs liecina pievērsta vērība mirušajiem. Sākot ar aptuveni 35 000 gadu senu pagātni, mērķtiecīgi apbedījumi tiek konstatēti daudz biežāk (Riel-Salvatore, Clark, 2001). Par to rituālo nozīmi liecina okera izmantošana, ķermeņa novietojums, apģērbs, rotājumi, kapa piedevas, kuras ietver arī akmens rīkus. Vēlajā paleolītā raksturīgā personisko ornamentu izplatība norāda uz pieaugošu sevis apzināšanos un grupas identitāti. Salīdzinot ar iepriekšējiem paleolīta posmiem, šīs izmaiņas bija straujas, un daži pētnieki uzskata, ka izmaiņu ātrums un apjoms var tikt izskaidrots tikai ar pilnīgas valodas parādīšanos (Dibble, 1989).

Vēlā paleolīta cilvēki bija labi pielāgojušies pēdējā ledus laikmeta vides apstākļiem. Viņi darināja rīkus, kas atbilda dažāda veida sadzīves, medību, rituāliem un mākslinieciskiem mērķiem. Viņiem bija augsta organizācija, sadarbojoties medībās, būvējot mājokļus un veidojot tālu distanču kontaktus, kas varētu būt bijuši izšķiroši svarīgi, lai izdzīvotu ledus laikmeta apstākļos. Savukārt atšķirības rīku stilos, kā arī mākslas izpausmes varētu būt bijusi simboliska vai etniska pārmantota piederības un radniecības zīme (Rice, Moloney, 2005).



Paleolīta noslēguma posmu iezīmē pakāpeniskas klimata izmaiņas – ledāji atkāpās, pasaules okeāna līmenis sāka celties. Atklātās tundras un stepes tipa ainavas pakāpeniska aizvietošanās ar blīvu mežu apstākļiem Eiropas centrālajās un ziemeļu teritorijās ietekmēja cilvēku dzīvi, jo mainījās medību apstākļi. Medījamie dzīvnieki dzīvoja izklīdētāk un mazākās grupās, jo tika ietekmēts to barības avots. Sekas šīm izmaiņām bija cilvēku pārvietošanās uz ziemeļiem, apgūstot jaunas teritorijas, kur ilgāk varēja saglabāt atklātai videi atbilstošu dzīvesveidu un medīt ierastos dzīvniekus, kas atbilstoši videi pielāgojās, izvēloties citus migrācijas ceļus. Citas cilvēku grupas palika un pielāgojās jaunajiem apstākļiem, tomēr tas ietekmēja apdzīvojumu – samazinājās grupu skaits un tās kļuva mazākas. Šie bija salīdzinoši pakāpeniski procesi, taču visstraujākās vides izmaiņas norisinājās apmēram pirms 12 000 gadiem, un atbilstoši tam tiek definētas vēlā paleolīta beigas un mezolīta sākums (Conneller *et al.*, 2012).

Minētās izmaiņas skaidri atspoguļojas atradumu kopās (Cunliffe, 2001; Straus, Morales, 2012). Piemēram, salīdzinot ar Madlēnas kultūras slāņiem raksturīgo materiālo liecību bagātību un sarežģītību, sekojošās Azilas kultūras rīki ir ne tikai vienkāršāki un mazāk variē tipoloģiski, bet tie arī ir daudz mazāki un mazāk rūpīgi apstrādāti. Tāpat Madlēnas kultūras beigās izzūd iepriekš raksturīgās mākslas izpausmes, un Azilas kultūrā zināmās liecības ir daudz vienkāršākas. Neskatoties uz ievērojamām izmaiņām visa veida materiālās kultūras liecībās, pētījumi apliecina (Valentin, 2008; Straus, 2013), ka Azilas kultūra dienvidrietumu Eiropā bija attīstījusies no Madlēnas kultūras.

Latvijā vēlajam paleolītam atbilstoši krama rīki pirmoreiz atrasti 20. gs. 70-tajos gados Daugavas labajā krastā pie Salaspils Laukskolas (Zariņa, 1973). Sekojoši veicot padziļinātu izpēti (Zagorska, 1974, 1975) par krama rīku atrašanās apstākļiem un to raksturu I. Zagorskā vadībā atklātas vairākas krama koncentrācijas vietas un savākta bagātīga krama atradumu, t.sk. krama rīku, kolekcija, kuru piederība vēlajam paleolītam ir tikusi starptautiski atzīta (Zagorska, 2012). Vēlākos gados pamazām arheologi pārskatījuši arī vecās kolekcijas fondos un dažādu izrakumu gaitā krama atradumu skaits, kur saskatāmas vēlajam paleolītam raksturīgas iezīmes, ir palielinājies (Sēlpils, Ikšķile, Mežotne, Ziedoņskola u.c. vietas). Minētais process turpinās, un tādējādi dati par vēlo paleolītu Latvijā ir papildinājušies un turpina papildināties (Zagorska, 2012).

### 1.3. Akmens laikmeta pētījumi un ģeoarheoloģija

Arheoloģija izzina cilvēku vēsturi un aizvēsturi no materiālām liecībām, tomēr aizvēstures pētījumi tiek veikti ievērojami plašākā kontekstā, ietverot pētījumu realizācijā daudzu citu zinātņu nozaru zināšanas un pētniecības metodoloģijas. Šos pētījumus visbiežāk vieno mērķis pēc iespējas pilnīgāk dokumentēt, interpretēt un reprezentēt senos notikumus laikā un telpā. Neatsverama loma šajos pētījumos ir zemes zinātnēm, kuru pētījumu iekļaušanās vēstures un aizvēstures izziņāšanā veido starpdisciplināru zinātņu nozari – ģeoarheoloģiju, turklāt savā ziņā tieši tā saistāma ar mūsdienu priekšstatiem atbilstošu aizvēstures pētījumu aizsākumiem.

Sākotnējie priekšstati par cilvēces senumu un izcelšanos bija ierobežoti, maldīgi un nenoteikti. Pārmaiņas Eiropā 18. gadsimtā un līdz pat 19. gadsimta vidum (Lamdin-Whymark, 2009; Sackett, 2011) notika, virzot sabiedrības interesi uz cilvēces senatnes apliecinājumiem, norādot uz akmens rīku atradumiem, kas laiku pa laikam tika atrasti dabā nogulumos kopā izmirušu aizvēsturisku dzīvnieku fosilijām. Vairāku gadsimtu laikā atsevišķi atradumi un novērojumi, kurus līdz 19. gadsimta nogalei galvenokārt veica dažādi ceļotāji, senlietu meklētāji, vēstures pētnieki, arhitekti, arī militārpersonas un valsts ierēdņi, ļāva apzināt dabas apstākļu daudzveidību dažādos pasaules reģionos un

pakāpeniski, palielinoties atradumu skaitam, tika uzsākta arī zināma sākotnējā artefaktu atradumu hronoloģizācija. Tā ļāva plašāk apzināt pētījumu telpu, un 20. gadsimta sākumā senāko akmens rīku atradumu sistematizēšanai Eiropā jau tika piedāvātas pirmās klasifikācijas (Cunliffe, 2001), kurās senāko aizvēstures laiku iedalīja vairākos nozīmīgākos posmos. Šādu dalījumu lieto joprojām, izdalot senajā akmens laikmetā trīs galvenos posmus - seno paleolītu, vidējo paleolītu un vēlo paleolītu (Barnard, 2012).

Turpmākā pusgadsimta laikā tika papildinātas arheoloģiskās liecības, aptverot visu Eiropu, un akmens rīku tipoloģijas izstrādāšana kļuva par vienu no galvenajiem pētījumu uzdevumiem (piemēram, Bordes, 1961; Roe, 1968). Savukārt mūsdienu pētījumos apskata vairāk rīku izgatavošanas tehnoloģiskos, nevis tipoloģiskos jautājumus (piemēram, Inizan *et al.*, 1999; Goodale, Andrefsky 2015). Tie balstās uz arheoloģiskos eksperimentos iegūto rezultātu analīzi, un tiek izmantotas dažādas analītiskas metodes (Sieveking, Newcomer, 2012).

Mūsdienās aizvēstures pētījumos (piemēram, Gamble *et al.*, 2004; Bērziņš, 2008; Mannermaa, 2008; Stančikaitė *et al.*, 2009; Kalnina, 2012) tiek ņemtas vērā zināšanas par atbilstošā laika perioda paleoklimatiskajiem un vides apstākļiem, atradumu vietu novietojumu ainavā, arī augu un dzīvnieka valsti, kas ir vismaz pastarpināti ietekmējis sencilvēkiem pieejamos izejmateriālus, nosakot cilvēku iespējamo izplatību atkarībā no izmantojamiem resursiem un piemērotas dzīves telpas. Tādējādi progress tiek aplūkots ne tikai caur akmens rīku izgatavošanas tehnoloģijas attīstību, bet, izmantojot saglabājušās materiālās liecības, notiek pievēršanās vides ietekmētas uzvedības pētījumiem, lietojot izmērāmus un novērtējamus lielumus (Byrne, 2004; Adams, Blades, 2009).

No arheoloģisko pētījumu aizsākumiem būtiski ir mainījušās pētniecības metodikas un pētījumu objekti. Ja 20. gs. pirmajā pusē tam atbilda tikai materiāli priekšmeti *in situ*, attīstoties arheoloģijas zinātnei, priekšstati ir mainījušies, ievērojami paplašinot pētniecības objektu un priekšmetu klāstu, kas mūsdienās ietver arī tādus pētījumu objektus kā petroglifī, ogle, kauli, koks, ragi, okers, utt., kas līdz ar to ir ļoti palielinājis aplūkoto liecību daudzumu. Lai arī materiālā kultūra ir bagātas liecības par sociālo, ekonomisko, simbolisko un reliģisko dzīvi seno cilvēku sabiedrībās, tomēr tās veido tikai daļu no cilvēku kultūras plašajām izpausmēm, kas iekļauj arī nemateriālās liecības, tādas kā mutvārdu kultūra, dejas, dziesmas, ticība, mitoloģija un rituāli. Pēdējos gadu desmitos attīstījusies kognitīvā arheoloģija – zinātne par reliģisko un simbolisko uzvedību un cilvēku prāta attīstību (Schick, Toth, 2009; Nowell, Davidson, 2010). Tā ietver rīku, t.sk. akmens rīku, izgatavošanas tehniku izpēti. Šajā jomā tiek pētīti arī petroglifī, tēlniecības figūriņas, akmens krāvumi, apbedījumi un citas liecības par identitātes veidošanos, dzīves un pēcnāves priekšstatiem, mītisku vai reliģisku pasaules uzskatu, tiek gūtas atblāzmas par sociāliem un rituāliem notikumiem.

Rezultātā pētījumi par akmens laikmetu aptver plašu pētījumu diapazonu no uzmērījumiem dabā (ieskaitot satelītu datu izmantošanu) līdz DNS analīzēm, pētījumu metodes ir gan destruktīvas, gan nedestruktīvas, gan tiešas, gan distancētas (piemēram, Conard, Bolus, 2003; Reed *et al.*, 2004; Trigger, 2006; Boyle *et al.*, 2010; Scarre, 2013). Tam ir ne tikai pozitīvas sekas, jo līdzās atrodami unikāli vairāk nekā simts gadu seni pētījumi un ultramoderni pētījumi, tāpēc kritiski jāvērtē gan līdzšinējo pētījumu dati un to iegūšanas metodes, gan iespējas tos pamatoti salīdzināt un interpretēt.

Daļa no zinātniski augstvērtīgiem aizvēstures pieminekļiem ir pētīti jau pirms daudziem gadu desmitiem vai pat vairāk nekā simts gadiem. Mūsdienās šīs vietas turpmākiem zinātniskiem pētījumiem nav pieejamas, ja izrakumu gaitā tās ir tikušas pilnībā iznīcinātas, bet daudzi seno kultūru raksturojoši artefakti ir savrupi atradumi, un visos šajos gadījumos paplašināt pētījumu apjomu un dažādot metodikas līdz atradumu vietā kļūtu iespējams iegūt kādu augstvērtīgu papildus informāciju, vairs nav iespējams.

Tas vairāk būtu attiecināms uz potenciāli veiksmīgiem atradumiem nākotnē. Līdz ar to sevi attaisnotu padziļināti pētījumi un jaunu pētniecības metožu attīstība, vērtējot jau zināmos, dokumentētos un muzejos eksponētos artefaktus. Pieminams, ka mūsdienās daļa muzejos uzkrāto kolekciju materiālu ir pieejami digitālā formātā, kas atvieglo darbu ar materiālās kultūras pieminekļiem, pie kuriem fiziska pieeja lielākoties ir apgrūtināta vai pat neiespējama.

Kā minēts iepriekš (1.2. nodaļa), akmens rīki ir senākās un nereti vienīgās saglabājušās materiālās kultūras liecības akmens laikmeta atradumu vietās un ir nozīmīgs informācijas avots par seno cilvēku dzīvi. Tās ir salīdzinoši labi saglabājušās, kas ļāvis akmens rīku pētījumiem attīstīties tādā līmenī, ka akmens rīku informativitāte ir ļoti augsta, ietverot ziņas par izejmateriālu, apstrādes procesu, to gatavošanas sociālo kontekstu un izmantošanu (Odell, 2006). Jāņem vērā, ka izmaiņas akmens materiāla izmantošanā ir aptvērušas laika posmu, kas mērāms simtos tūkstošu gadu un, jau līdz paleolīta beigām, ģeogrāfiski aptvērušas visu pasauli, izņemot Antarktīdu (Scarre, 2013; Renfrew, Bahn, 2014). Ilgajā laika posmā mainījušās cilvēku ģeoloģiskās zināšanas un prasmes, attīstījusies akmens apstrādes tehnoloģija, kā rezultātā akmens rīki ir ļoti daudzveidīgi, gan attiecībā uz izejmateriāla izvēli, pagatavošanas veidu, vizuālo izskatu un iespējamo pielietojumu, kas lielākajā daļā gadījumu joprojām nav droši zināms. Minētais rada nepieciešamību pēc klasifikācijas un tipoloģijas, kas balstās uz dažādiem iespējamajiem grupēšanas kritērijiem. Tajā pašā laikā apzinātā akmens laikmeta rīku daudzveidība gandrīz katrā no idzālītajām arheoloģiskajām kultūrām (Berthelet, Chavaillon, 1993) netieši norāda, ka rīki var būt jutīgs instruments aizvēsturisko kultūru izziņāšanai (Stout, 2011).

Turpmāk nodaļā tiek apskatīti akmens materiāla, tajā skaitā krama pētījumi, kas saistīti ar no šāda materiāla darinātu artefaktu apzināšanu un pētniecību, neatkarīgi no tā vai pētījumi ir veikti izrakumu gaitā, restaurācijas, padziļinātas analītiskas pētniecības vai muzejzinātnes ietvaros. Šo pētījumu galvenie mērķi ietver priekšstatu gūšanu, kā cilvēki sagādāja izejmateriālus, pagatavoja rīkus un izmantoja tos. Šo aspektu izziņāšanā savu lomu ieņem evolūcijas teorijas piemērošana attiecībā uz cilvēku ģeoloģisko zināšanu un tehnoloģisko prasmju pārnēsi, uzvedības un kultūras attīstības virzieniem (Goodale, Andrefsky, 2015).

Ģeoarheoloģijā un arheoloģijā akmens materiāla analīze (*lithic analysis*) pamatā ietver izejmateriāla novērtēšanu, morfoloģisko un funkcionālo analīzi, kā arī apstrādes tehnoloģijas analīzi (Andrefsky, 2001; Odell, 2006; Nerudová, 2011). Katrs no minētajiem pētījumu virzieniem ietver daudzveidīgu pētniecības metožu klāstu, kas nereti ir pilnveidotas un pielāgotas kādam atsevišķam šauram pētniecības mērķim. Pētnieki cenšas rast jaunas pieejas un pielietot mūsdienīgākus risinājumus, jaunas analītiskās metodes un pētniecības iekārtas. Tādējādi akmens artefaktu analīze attīstās un tai veltītas salīdzinoši daudz zinātniskās publikācijas, monogrāfijas un specializēti zinātnisku rakstu krājumi (Whittaker, 2004; Andrefsky, 2008; Adams, Blades, 2009; Crandell, Cotiugā, 2013; Turner, 2013).

Lielākā daļa no publicētiem pētījumiem, jo īpaši attiecībā uz augstākas detalizācijas un eksperimentāliem analītisko pētījumu rezultātiem, ir pieejami kā atsevišķi tipveida piemēri („*case studies*”). Šādi tipveida pētniecības piemēri ir detalizēti un tiek izstrādāti ar nolūku pilnveidot pētniecības metodes, tādēļ tie tiek augsti vērtēti, jo satur netradicionālus risinājumus un datu interpretāciju (piemēram, Plisson *et al.*, 2008; Kriiska *et al.*, 2011). To raksturīga iezīme ir pētījuma balstīšana uz kādas konkrētas arheoloģisko izrakumu vietas vai tās daļas ļoti augstas detalizācijas izpēti, bet augstvērtīgi zinātniskie rezultāti ļauj tos interpretēt plašā, nereti reģionālā kontekstā. Attiecībā uz promocijas darbā apskatāmo jautājumu loku, starp šādiem tipveida piemēriem atzīmējami pētījumi, kas

apskata akmens laikmeta rīkus un to tipoloģiju, atsevišķus tehnoloģijas aspektus vai izejmateriāla lokalizācijas jautājumus (piemēram, Mercer, 1970; Gebel, Kozlowski, 1994; Pirie *et al.*, 2006; Hardaker, 2006; Sharon, 2007; Barkai, Gopher, 2011; Goren-Inbar, 2011). Vienlaicīgi atzīmējams, ka minētie ir konkrētos apstākļos realizēti pētniecības piemēri un sava veida pētniecības paraugi, kuru nepastarpināts pielietojums vai secinājumu izdarīšana nav pamatota, tomēr tajos piedāvātie metodiskie risinājumi vienmēr ir rūpīgi vērtējami.

20. gadsimta otrajā pusē ir izveidojies sava veida vispārpieņemts jeb „standarta” akmens laikmeta rīka apraksts (Light *et al.*, 1986; Reibel, 2008), un rīka sākotnējais novērtējums un analīze parasti ietver makroskopiski novērtējamās īpašības, ko iespējams noteikt lauka apstākļos (Hawker, 2001; Brosowske, 2009; Horning, 2012). Visbiežāk tās ir artefakta materiāla vienkāršota identifikācija, tiek noteikta un atzīmēta krāsa, struktūra, patinas vai garozas klātbūtne, atraduma izmērs, forma, retāk tiek atzīmēts artefakta svars (Cook, Martingell, 1994; Hovers *et al.*, 2003). Turpmāk pētījumos artefakta formas īpašības un materiāla raksturojums ir galvenie rādītāji, no kuriem tiek izdarīti secinājumi par pielietoto apstrādes tehnoloģiju (Kadowak *et al.*, 2015), izejmateriālu iegūšanas vietām (Anoikin, Postnov, 2005), potenciālo artefakta funkciju (kā tas lietots, kas to lietojis, kur un kad tas ticis izmantots u.tml.) (Andrefsky, 1997). Mūsdienīgos pētījumos aprakstu papildina foto vai skice mērogā garuma, platuma un retāk augstuma projekcijās (Martingell, Saville, 1988; Paolini, 2007; Adkins, Adkins, 2009), kā arī norādes par vietu, kur atradums atrasts, tā telpisko atrašanās vietu atradumu vietā, atraduma laiku un izrakumiem. Nereti iepriekš minētās ziņas tiek papildinātas vēl ar citiem atraduma konteksta raksturojumiem, saistību ar citiem artefaktu atradumiem u.tml.

Līdz ar jaunu tehnoloģiju attīstību, tradicionālās vizuālo novērojumu skices un detalizēti zīmējumi mērogā tiek pilnībā vai daļēji aizstāti vai palīdzināti ar fotodokumentāciju, un mūsdienās visbiežāk tas ir digitāls attēls. Šādai dokumentācijai ir vairākas priekšrocības, tādas kā dokumentēšanas ātrums, pieejamība, iespēja pielāgot attēlu pēcprasmi, veikt dažādus manuālus, pusautomātiskus un automātiskus mērījumus (nosakot dimensijas, virsmas pazīmes, izliekumu, skrambas, lietošanas pēdas, simetriju pret asi, smailumu, leņķus u.c.) (Pastoors, Wenig, 2011). Balstoties uz šādiem artefaktu fotodokumentiem un mērījumiem dabā, ir iespējams veikt iegūto datu analīzi, lietojot matemātiskas metodes (piemēram, Kotsakis, 1988; Grosman *et al.*, 2008). Mūsdienās, līdz ar tehnoloģiju attīstību ir kļuvis iespējams realizēt artefaktu digitālu dokumentēšanu 3 dimensijās (piemēram, Goren-Inbar, 2011; Grosman *et al.*, 2011; Gilboa *et al.*, 2012; Sholtsa *et al.*, 2012; Altantsetseg *et al.*, 2013). Pētījumiem ir pieejami desmitiem dažādu objektu digitālu 3D attēlu iegūšanas jeb vizualizācijas paņēmieni, tie kļūst tehniski vienkāršāk un operatīvāk realizējami, precīzāki un arī lētāki (piemēram, Katsianis *et al.*, 2008; Kokins *et al.*, 2013). Tomēr minētajiem risinājumiem joprojām ir iespējami daudzi trūkumi – pētniecības iekārtas ir stacionāras vai grūti pārvietojamas, izšķirtspēja ir nepietiekoša, objektu virsmas nelieli izliekumi un ieliekumi tiek atpazīti kā datu kļūdas, objektu skenēšanai nepieciešama ierobežota, definēta telpa vai problēmas rada datu nesavienojamība (Katsianis *et al.*, 2005; Roosevelt, 2014). Svarīgs nosacījums joprojām šīm sistēmām ir skenēto attēlu montāža ar specialām datorprogrammām (piemēram, MeshLab, Arte-Core, Unity, UDK, Oculus Rift, OSVR u.c.) vienotas 3D objekta vizualizācijas iegūšanai, kas ir darbietilpīgi un iespējamās tehniskas kļūdas. Vienlaicīgi atzīmējams, ka šis datu vizualizācijas un pētniecības virziens ir ļoti perspektīvs un jauno tehnoloģiju adaptācija jau kopš to izstrādes sākumposma tieši ģeoloģiskiem un arheoloģiskiem objektiem ir iespēja, kas tikai pagaidām dokumentēšanas ziņā vēl atpaliek no tradicionālās fotogrāfijas (Pastoors, Wenig, 2011; Ströbele *et al.*, 2014; Kokins, Zariņa, 2015). Taču šīm dokumentācijas metodēm ir arī savi trūkumi un nepilnības, jo ne vienmēr

ir iespējams atainot digitālā attēlā visu, kas ir vizuāli konstatējams un atpazīstams. Šī nianse ir zināma un galvenokārt ir saistīta ar akmens apstrādes tehnoloģijas specifiku un konkrētā akmens materiāla īpašībām (Almeida, 2012). Tāpēc aizvēstures pētījumos joprojām ievērojama nozīme ir rokas skicei jeb ilustrācijai attiecībā uz artefaktu un atradumu vietas dokumentāciju (Martingell, Saville, 1988; McPherron, Dibble, 1999).

Starp daudzām zināmajām izrakumu vietu un artefaktu dokumentēšanas problēmām sava nozīme ir atradumu daudzumam, kas var ierobežot iespējas atvēlētajā laikā veikt pietiekoši un vienādi detalizēti visu atradumu fiksāciju (Samuel, 1988). Zināms risinājums ir prioritāšu noteikšana un uzmanības pastiprināta pievēršana nozīmīgākajam. Savukārt nav zināmi kritēriji, pēc kuriem būtu iespējams droši novērtēt prioritātes un atbilstoši pielāgot dokumentēšanas specifiku. Šāds kritēriju trūkums neļauj veidot izlases, ko būtu iespējams kvalitatīvi analizēt un pamatoti novērtēt reprezentācijas kļūdas. Šajā ziņā arī publicētie dati ir problemātiski, jo pat nesenas publikācijas (piemēram, Brosowske, 2009; Graves-Brown, 2010) nesatur pietiekošu vai vienādi informatīvu informāciju, kas apgrūtina vai pat izslēdz zinātniski pamatotu salīdzinājumu veikšanu. Vienmēr ir zināms risks, ka arheoloģisko izrakumu veicēji nav atpazinuši visus artefaktus, it īpaši pašus senākos ar rupju apstrādi vai apstrādes pārpalikumus (Andrefsky, 2009). Pieejamās literatūras analīze norāda, ka atradumu kopu salīdzinājumos jāņem vērā arī atradumu vietas atšķirības pēc konteksta, piemēram – vai tās ir apbedījumi, darbnīca, dzīves telpa vai pagaidām nenosakāma struktūra (Stevenson, 2013). Tāpat publicētos materiālos un muzeju ekspozīcijās ir atlasīti artefakti no pieejamā materiāla, un tādējādi tos ne vienmēr ir iespējams korekti tieši korelēt ar visu izrakumu materiālu, ja tie nav izvēlēti, ņemot vērā pamatotas izlases metodes.

Pētnieki arheoloģijas pētījumos cenšas iegūt kvantitatīvus datus un pazīmes, ja tie nav skalāri lielumi, tiek iedalītas grupās, intervālos vai tipos, kas ir precīzi definēti un var tikt atkārtoti (piemēram, Inizan *et al.*, 1999; Goldberg, Macphail, 2006; Högberg, Olausson, 2007; Lycett, Chauhan, 2010; Shievking, Hart 2011). Tomēr ne vienmēr tas izdodas vai ir iespējams specifisko novērtējumu, tehniska aprīkojuma pieejamības vai nepietiekošas kompetences dēļ (Andrefsky, 2008). Šādus kvantificētus datus ir iespējams novērtēt, interpretēt un reprezentēt, izmantojot matemātiskas un statistiskas metodes, iekļaujot salīdzinošus pētījumus, faktoru analīzi, skaitliskās metodes, korelāciju un regresijas analīzi, daudzfaktoru analīzi, klasteru analīzi, formas analīzi, modelēšanu un citas metodes (Wilcock, 1973; Jackson *et al.*, 1988; Banning, 2000; Lycett, Chauhan, 2010). Ievērojot dažādo matemātisko metožu specifiku un noteiktos ierobežojumus un nosacījumus, piemēram, izlases apjomu, novērtējumu kļūdu robežas, attēlu kvalitāti, pieejamo programmatūru un citas, šī pieeja tomēr sniedz neatsveramu atbalstu pētījumos, paverot daudz plašākas un pamatotākas interpretācijas iespējas (Hermon, 2002; Underhill, 2007; Nerudová, 2011).

Zemes zinātnēs (ģeoloģijā, dabas ģeogrāfijā, vides zinātnē u.c.) un arī humanitāro zinātņu daudzās jomās (t.sk. arheoloģijā) pētījumos tiek novērtēta nepieciešamība attīstīt attēlu analīzes metodes. Tās ietver gan grupēšanu, ja apstrādājamo datu apjoms ir liels, gan sniedz pamatu kvantitatīvu datu iegūšanai, savstarpējai attēlu salīdzināšanai, formas noteikšanai un klasificēšanai atbilstošu kritēriju izdalīšanai.

Vienlaicīgi akcentējams, ka svarīga ir noteikta terminoloģijas lietošana un šo terminu viennozīmīga izpratne, it sevišķi, ņemot vērā arheoloģisko pētījumu multidisciplināro raksturu. Minētā problēmu kopa ir zināma pētnieku vidū, un šie jautājumi tiek regulāri diskutēti starptautiskos kongresos un konferencēs, profesionālās organizācijās, kā arī kļūst pieejami pielikumi vārdnīcu formā zinātniskām monogrāfijām, retāk dažām plašākām publikācijām (piemēram, Cook, Martingell, 1994; Graudonis 1994; Washington State University, 1997; Andrefsky, 2001).

### 1.3.1. Krama un citu akmens materiālu akmens laikmeta artefaktu pētījumos izmantotās pētījumu metožu grupas

Nemot vērā daudzveidīgo pētījumu virzienu un lietoto pētniecības metožu klāstu, kas saistīti ar arheoloģiskajos izrakumos atrastā kramu un citu akmens materiālu izpēti, ir lietderīgi vismaz plašākās metodisko paņēmienu un metožu grupas apskatīt nedaudz detalizētāk, kas ļautu pamatoti izvēlēties promocijas darbā izmantojamās metodes. Šādām vajadzībām, kā plašāk apskatāmie aspekti, būtu akmens rīku gatavošanai izmantotā izejmateriāla pētījumi, eksperimentālās arheoloģijas pētījumi un akmens artefaktu morfoloģijas novērtēšana.

#### Akmens rīku un to izgatavošanas pārpalikumu izejmateriāla pētījumi

Akmens artefaktu izejmateriāla pētījumi ar atšķirīgu detalitāti tiek veikti jau daudzus gadu desmitus (Sackett, 2011; Scarre, 2013). Vēl 20. gs. pirmajā pusē dominēja vizuālie novērojumi, nereti salīdzinot pēc atmiņas vai dokumentētiem paraugiem kāda atbilstoša reģiona kolekcijas. Šāds paņēmiens pētniecības sākuma posmā var sevi attaisnot, ja aplūkots un novērtētais materiāls ir viennozīmīgi atpazīstams, taču tas būtu uzskatāms par izņēmuma gadījumu un var būt pieņemams, piemēram, paplašinot informāciju par jau esošu labi dokumentētu izrakumu vietu u.tml. Nesalīdzināmi biežākas ir situācijas, kad akmens materiāla novērtēšanai ir nepieciešami papildus pētījumi un iepriekš iegūto datu augstāka detalizācija. Minētais izriet no arheoloģiskos izrakumos atrasto artefaktu izgatavošanai izmantotā izejmateriāla dažādības.

Akmens laikmetā rīku gatavošanai izmatotais izejmateriāls ir bijis atkarīgs no teritorijas ģeoloģiskās uzbūves un zemes virspusē eksponēto iežu dabiskās daudzveidības. Tādēļ arī šo iežu dažādības un īpašību novērtēšanai tiek izmantotas tradicionālās ģeoloģisko pētījumu metodes no vienkāršākām reģionālās ģeoloģiskās kartēšanas mērķiem paredzētām līdz detalizētiem petrogrāfiskiem un mineraloģiskiem konkrētu akmens artefaktu pētījumiem (Cronyn, 1990; Doehne, Price, 2010). Tomēr akmens artefakti ne vienmēr kultūrslānī vāji skābas vides apstākļos paliek nemainīgi, un it īpaši intensīvas pārmaiņas tos skar apstākļos, kad vairākkārtīgi ir mainījusies mitruma un skābekļa piekļuve kultūrslānim. Šādi saglabāšanās pētījumi ļoti detalizēti ir veikti attiecībā uz plašāk izplatītajām iežu petrogrāfiskajām varietātēm saistībā ar piemērotāku metožu izvēli artefaktu un pieminekļu konservācijas darbu veikšanai (Svahn, 2006; Doehne, Price, 2010). Taču minētie pētījumi ir mērķorientēti un neapskata visus iežus un minerālus, tajā skaitā kramu. Tādēļ attiecībā uz krama, kā plaši lietota akmens laikmeta materiāla, pētījumiem, tā diagnostika joprojām ir vāja arī attiecībā materiāla sekundārām izmaiņām, kuru pētniecībai līdz šim ir pievērsti salīdzinoši nedaudz uzmanības (Rottlander, 1975; Glauberman, Thorson, 2012; Thiry *et al.*, 2014 u.c.).

Pētniecības sākumposmā vizuāli novērtējamās īpašības ir svarīgas, jo lauka apstākļos sniedz zinātnisku informāciju, un tās ir salīdzinoši vienkārši noteikt. Atzīmējams, ka daudzviet pasaulē akmens laikmeta rīku atradumu dokumentēšana un akmens materiāla novērtēšanas metodes joprojām balstās uz vizuāliem salīdzinājumiem (Ströbele *et al.*, 2014). Makroskopiskā analizē tiek novērtētas tādas ieža raksturīgas pazīmes kā krāsa, struktūra, redzami ieslēgumi, patinas vai garozas klātbūtne (Tykot, 2004). Tomēr bieži sniegtās ziņas arheoloģijā par izejmateriālu ir subjektīvas un neprecīzas (piemēram, nav norādīta krāsas nokrāsa vai izmantoti subjektīvi salīdzinājumi kā „kafijas krāsa”), materiāla kvalitātes novērtējumā nav norādīti kritēriji vai ir norādīts kāds pieņemts krama tips, kas atpazīstams tikai reģionāli arheologu aprindās (Sherwani, Balaky, 2006; Högberg, Olausson, 2007), maz ir objektīvi empīrisku mērījumu, kas varētu palīdzēt pētīt objektu, ja

tas nav redzams vai fiziski pieejams, un līdz ar to ir grūti izmantot iegūtos datus citos pētījumos un salīdzinājumos. Papildus zināmas arī citas rīka izejmateriāla pazīmes, kuras ir vienkārši nosakāmas, veicot vienkāršotu (operatīvu) dokumentāciju, piemēram, spīdums, caurspīdīgums, tekstūra, taču visbiežāk tās tiek ignorētas vai aizmirstas. Tādējādi arheoloģijā attiecībā uz krama atradumu izejmateriāla dokumentēšanu ir trīs galvenās problēmas – precizitātes trūkums, neobjektivitāte un novērtējumu standartizācijas trūkums. Tāpēc nepieciešams noteikt standartizētas kvantitatīvi nomērāmas vai nosakāmas pazīmes. Atsevišķi pētnieki arheoloģijā ir piedāvājuši savas standartizācijas ierosinājumus, kas veidoti saskaņā ar iežu un minerālu raksturojošām pazīmēm un to grupēšanas veidu (Crandell, 2006). Kopumā līdz šim veiktie pētījumi rāda, ka makroskopiskā analīze ļauj izšķirt kramus, ja tie ir dažādi pēc izskata, tā ir ikvienam pieejama metode, nav nepieciešams speciāls ekipējums vai analītisku metožu pieprasītās zināšanas.

Salīdzinoši daudz retāk tiek pielietota detalizēta makroskopiska un mikroskopiska analīze, izejmateriāla fizikālo un ķīmisko īpašību noteikšana. Artefaktu pētījumos tiek ņemts vērā, ka nepieciešams izmantot galvenokārt nedestruktīvas metodes, kas padara daudzas precīzas petrogrāfiskas un ģeoķīmiskas metodes nepiemērotas pētījumiem (Prothero, Lavin, 1990; Sieveking, Newcomer, 2012). Taču jāatzīmē, ka nav speciālas petrogrāfiskas metodes, kas būtu pielāgotas arheoloģiskiem pētījumiem, kam galvenais iemesls ir nepieciešamība lietot nedestruktīvas pētniecības metodes, un šādi pētījumi ir jāveic specializētās laboratorijās. Pētījumi atspoguļo, ka galvenais mikroskopisko novērtējumu ieguvums ir iespēja atšķirt vizuāli līdzīgus kramus, un iegūtās pazīmes ir vieglāk aprakstīt kvantitatīvi un objektīvi (Prothero, Lavin, 1990; Parish, 2013; Thiry *et al.*, 2014).

Ģeoķīmisko metožu pielietojums akmens materiāla, t.sk. krama artefaktu, pētniecībā tiek realizēts, ja ir nepieciešama augsta pētījumu precizitāte. Atkarībā no tehniskās realizācijas, metodes var tikt realizētas kā kvalitatīvas, daļēji kvantitatīvas un kvantitatīvas, tomēr tās bieži ir destruktīvas. Turklāt pētījuma analīzēm tiek pakļauts ļoti neliels (mazāk nekā 3 gramus liels) paraugs, un tāpēc izmantotās metodes, materiāla pētniecības gadījumā, var būt visai attāli no materiāla dabisko īpašību apzināšanas. Šādiem pētījumiem papildus apgrūtinājumus veido krama neviendabīgā struktūra un pielietoto metožu daudzveidība, kas atšķiras gan pēc precizitātes, metodes jutīguma, informativitātes un citiem rādītājiem, kas var būt svarīgi krama identificēšanai. Izmantotās analītiskās metodes ir tās pašas (Crandell 2006; Pollard *et al.*, 2007; Shieving, Hart, 2011), kas tiek izmantotas ģeoloģiskos pētījumos, tomēr krama ģeoloģiskas ievirzes pētījumos plašāk var tikt izmantotas dažādas ģeoķīmiskās metodes nekā artefaktu pētniecībā (Hughes *et al.*, 2011; Vecstaudža, Bērziņa-Cimdiņa, 2014), jo parasti tajos nav tik liels skaits ierobežojošu nosacījumu attiecībā uz parauga apstrādi pirms analīzes, destruktivitāti, analizējamā parauga izmēru un citām prasībām. Taču arī ģeoarheoloģiskos pētījumos krama artefakti tiek pētīti ar dažādām metodēm un ir veikti izmantoto metožu savstarpējie salīdzinājumi (piemēram, Shackley, 2011, 2012; Vahur *et al.*, 2011; Gauthiera *et al.*, 2012; Prinsloo *et al.*, 2014; Wolff *et al.*, 2014). Tomēr šo metožu pielietojums joprojām ir visai ierobežots un iegūtie rezultāti ir orientējoši dēļ kramam raksturīgās dabiskās daudzveidības un neviendabības, kas nosaka, ka krama ķīmiskais sastāvs joprojām tiek uzskatīts par nedrošu krama identifikācijas pazīmi (Gordus *et al.*, 1967). Tomēr vairākos pētījumos tiek mēģināts atrast raksturīgos elementus (Balrunas *et al.*, 2006b; Hughes *et al.*, 2010), to koncentrācijas sastāvā un savstarpējās proporcijas, kā arī korelācijas (Högberg *et al.*, 2012; Andreeva *et al.*, 2014), kas ļautu konstatēt raksturīgo un ļautu salīdzināt artefaktus savstarpēji un ar potenciāli iespējamām krama ieguves vietām (Bulteel *et al.*, 2004), kas ietver matemātisko metožu izmantošanu datu analīzē (Goffer, 2007).

Analītiski pētījumi attiecas arī uz krama blīvuma, stiepes izturības un elastības instrumentālu noteikšanu (Parish, 2013; Weymouth, Williamson, 1951), tomēr šo zināšanu pielietojums attiecas vairāk uz atsevišķu augstvērtīgu krama artefaktu restaurāciju.

### **Pētījumi eksperimentālajā arheoloģijā**

Jau no mūsdienu arheoloģijas aizsākumiem attiecībā uz akmens rīkiem, pētnieki saskārās ar grūtībām atšķirt artefaktus no dabiski veidojušām formām, kas tikai līdzinās cilvēku apstrādātam materiālam. Tāpēc jau no pagājušā gadsimta sākuma (Barnes, 1939) pētnieki centušies formulēt kritērijus, pēc kuriem būtu iespējams atšķirt cilvēku apstrādātu akmens materiālu no dabā sastopamām formām. Šis jautājums ir aktuāls joprojām, jo nereti tikai pēc atbilstoša novērtējuma ir zināms, vai konkrētā gadījumā veicami turpmākie pētījumi. (Manninen, 2007; Skeen, 2012). Atšķiršanas pazīmes ir tikušas noteiktas eksperimentālās arheoloģijas pētījumos. Pazīmju kopums, kas tiek pārbaudīts, ir saistīts gan ar tehnoloģiskā akmens apstrādes procesā pieliktu spēku, gan raksturīgām apstrādes pēdām uz akmens virsmas, gan artefakta formas īpašībām (piemēram, Odell, 2006; Andrefsky, 2008).

Eksperimentālā arheoloģija mūsdienās ir salīdzinoši vienota pētījumu joma (Yerkes, Kardulias, 1993) un attiecībā uz krama artefaktu pētījumiem svarīgi vairāki eksperimentālās arheoloģijas pētījumu novirzieni, kas attiecas uz akmens rīku funkcionālā pielietojuma un izejmateriāla izmantošanas efektivitātes pētījumiem, kā arī rīku transformāciju lietošanas un vides apstākļu ietekmē. Ievērojama daļa eksperimentālās arheoloģijas pētījumu ir saistīta ar dažādu apstrādes tehnoloģiju un iespējamo apstrādes galaproduktu pārzināšanu. Akmens rīku gatavošanas tehniskie aspekti ir detalizēti aprakstīti ar eksperimentālo arheoloģiju saistītās publikācijās un monogrāfijās (piemēram, Inizan *et al.*, 1999; Whittaker, 2004; Odell, 2006; Andrefsky, 2008; Turner 2013). Minētajos darbos tiek norādītas materiāla vizuāli nosakāmās kvalitātes īpašības, raksturīgās formas dabā un izplatība, vēlamās formas iegūšanas secība un apstrādes veids (Whittaker, 2004; Lynn, 2010a, 2010b), kas var būt informācijas avots artefaktu rekonstrukcijām.

Eksperimentālās arheoloģijas pētījumu rezultātā ir izveidojis zināms pētījumu konteksts „*chaîne opératoire*” jeb darbību secīguma konteksts (Soressi, Geneste 2011), kas ietver un sasaista visus procesus, kas attiecas uz artefaktu, sākot no dabā sastopama izejmateriāla atpazīšanas, kvalitātes pārbaudes, transportēšanas un apstrādes, kuras rezultātā radies rīks vai apstrādes pārpalikums. Ja tas ir akmens rīks, tas kalpojīs kādai funkcijai, ticis nolietots, pazaudēts vai izmests un pēc tūkstošiem gadu ilga laika posma mūsdienās ticis atrasts kā artefakts (Odell, 2006). Šāds plašs skatījums pētījumos ļauj veidot aizvēstures interpretācijas arheoloģiskā kontekstā, gan ģeogrāfiski, gan sociāli, vērtējot aizvēstures cilvēku materiālās un mentālās iespējas atbilstoši aplūkotajam laikam un reģionam (Bar-Yosef, Peer, 2009). Šie pētījumi sasaucas arī ar paleovides rekonstrukcijām un eksperimentiem, novērtējot izejmateriālu dabā, tā saglabāšanos un daudz citus aspektus, kas bieži tiek aplūkoti aizvēstures pētījumu kontekstā (piemēram, Tostevin, 2011; Shievking, Newcomer, 2012).

### **Akmens artefaktu morfoloģijas novērtēšana**

Sākotnēji aizvēstures akmens rīku pētījumos uzmanība tika pievērsta tieši morfoloģijai, kas bija par pamatu klasifikācijai un nosacītai akmens laikmeta hronoloģijai, sadalot to noteiktos posmos un iedalot arheoloģiskās kultūrās, kas atšķiras pēc raksturīgiem rīkiem un dzīvesveida (Cunliffe, 2001; Scarre, 2013). Artefaktu formas aprakstīšana joprojām ir viena no pamata procedūrām lielākajā daļā arheoloģisko pētījumu, tomēr nereti



izmantotās atpazīšanas un klasifikācijas pazīmes ir subjektīvas un slēdzieni balstās uz vizuālu diagnostiku un salīdzinājumiem ar raksturīgiem tipveida paraugiem. Tās būtu aizstājamas ar objektīvi mērāmiem un nepastarpināti salīdzināmiem parametriem.

Akmens laikmeta darbarīku izmēru, proporciju un citu formas īpašību novērtēšanas metodes balstās uz vieniem un tiem pašiem principiem (Shepherd, 1972), lai arī to piemērošana nereti atšķiras, kas ļauj izcelt konkrētās arheoloģiskas kultūras specifiku. Raksturīgākie nosakāmie lielumi ir artefakta dimensijas (garums, platums un augstums), kuras var papildināt vairākas papildus izmērus raksturojošas līnijas visbiežāk paralēli platakās malas (jeb pamatnes) līnijai, retāk atzīmēti iespējamie bojājumi un atsevišķas citas pazīmes. Tieši šos elementus visbiežāk atspoguļo seno darbarīku fotodokumentācijas un zīmēti attēli mērogā, nereti izceļot nošķēlumus (ar tonējumu, ēnām), skaldījuma virzienus (ar štrihojumu). Tikai retos gadījumos darbarīki ir pilnīgāk dokumentēti, attēloti no vairākiem rakursiem (piemēram, Werth, 1921; Cook, Martingell, 1994). Līdzīgi, muzeju pastāvīgās ekspozīcijās, kur izvietoti tipveida darbarīki vai to augstvērtīgas kopijas, ir iespējams vizuāli aplūkot tikai dažas eksponātu virsmas. Šīs vienkāršās tradicionālas metodes ļauj salīdzinoši droši savstarpēji salīdzināt pat atradumus no visai attāliem reģioniem un vienkāršoti raksturot tos, izceļot atsevišķus elementus aizvēsturisko kultūru savdabības un reģionālo atšķirību izcelšanai (Odell, 2006). Nereti šāda salīdzinoši vienuspusīga pieeja tiek pamatoti kritizēta (Renfrew, Bahn, 2008; Barceló, 2010; Sieveking, Hart, 2011) kā fragmentēta, un joprojām tiek meklētas alternatīvas iztrūkstošo datu (nesaglabājušos liecību) aizvietošanai un citu kvantitatīvi vērtējamu datu ieguvei.

Objektu formu pētījumi tiek veikti dažādās zinātnes nozarēs. Šādi pētījumi attiecas uz ģeoloģiju, bioloģiju, fiziku, ķīmiju, kognitīvajām zinātnēm, un tajos ir augstvērtīgi rezultāti, kas būtu ņemami vērā artefaktu pētījumos (piemēram, Savriama, Klingenberg, 2011; Neustupa, 2013). Formas novērtējumam ir izstrādātas un pielietotas dažādas metodes. Viena no matemātiskām metodēm ir silueta līknes analīze, izmantojot Furjē transformācijas (Friedenberg, 2000; Saragusti, 2005), lietotas arī dažādas robežzīmju metodes (Webster, Sheets, 2010) un citas (Savriama, 2006, 2011; Yang *et al.*, 2008; Barceló, 2010; Cardillo, 2010;). Formas novērtējumu metodēm atbilstoši analīzei ir izstrādātas speciālas datorprogrammas vai lietotas esošās, kas piemērotas dažādiem pētījuma etapiem no datu iegūšanas līdz reprezentācijai: MorphoJ (Klingenberg, 2011), Flip Test (Hardaker, Dunn, 2005), TPSDIG, ImageJ, R un daudzas citas (Barceló, 2008; Iovita, 2011 u.c.). Ar šādu datorprogrammu palīdzību tiek iegūti dažāda veida kvantitatīvi dati, aprēķināti koeficienti vai citi formas rādītāji, kas ir salīdzināmi, piemēram, attiecībā uz formas simetrijas īpašībām – asimetrijas koeficients, kas norāda atšķirību no pilnīgas simetrijas (Hardaker, Dunn, 2005). Arī formas pētījumos līdz ar tehnoloģijas attīstību analīze tiek paplašināta uz 3D vidi (Karasik, Smilansky, 2008).

Atsevišķi akmens rīku morfoloģijas pētījumos pievērsta uzmanība formas simetrijas īpašībām, kā arī rīku proporciju atbilstībai Zelta griezuma proporcijai (Saragusti *et al.*, 1998; Hardaker, Dunn, 2005; Feliks, 2008). Abas šīs formas īpašības ir dabā plaši novērojamas, kas sasaucas ar to, ka šie pētījumi tiek aplūkoti arī kognitīvo zinātņu rezultātu aspektā, kas pēta cilvēku uztveres pazīmju kopumu un rada priekšstatu, kā redzam un uztveram pasauli, un novērtējam vizuāli vai atbilstoši citām kognitīvajām spējām (Hodgson, 2008). Tāpēc simetrija tiek aplūkota, lai raksturotu pašus cilvēkus, ne tikai viņu radītos rīkus. Tāpat pētnieki cenšas rīku formu īpašības saistīt ar valodas attīstības fenomenu (Dibble, 1989; Pope, 2006).

Ja kognitīvajās zinātnēs novērtēta visu simetriju veidu (3.1. nodaļa) uztveršana salīdzinoši un pēc noteiktiem kritērijiem (Wagemans, 1995, 1997), tad paleolīta pētījumos tradicionāli tiek aplūkota spoguļa simetrija (bilaterālā, refleksijas simetrija) un parasti tikai

attiecībā uz dūrescirvjiem vai citiem izteikti bilaterāli simetriskiem rīkiem kā smaiļi, bultu un šķēpu uzgaļi (Saragusti *et al.*, 1998; Harrod, 2002; Soressi, Dibble 2003). Lielākajā daļā pētījumu simetrijas īpašības, lai arī tiek novērtētas, tomēr bieži netiek uzsvērtas, un ir norādītas kā blakus pazīmes, kas var papildināt citu novērtējumu klāstu, tādējādi tiek noraidīta to nozīme kā svarīgai akmens rīku formas īpašībai (McNabb *et al.*, 2004; Nowell, Davidson, 2010). Arī citi pētnieki norāda uz aspektiem, kas ietekmē formas novērtējumu interpretāciju, piemēram, uz dūrescirvju formas un izmēra vienveidības atkarību no klasifikācijas (Dibble, 1989, Nowell, Davidson, 2010) vai formas atkarību no izejmateriāla un apstrādes intensitātes (McPherron, 2000).

Akmens rīku simetrijas īpašību pētījumu metožu pamatā ir digitāla attēla analīze (Luedtke, 1992; Hardaker, Dunn, 2005). Tās ietver attēlu analīzi gan 2 dimensijās (Hardaker, 2006; Grosman *et al.*, 2008), gan līdz ar tehnoloģijas attīstību pēdējos gados izmantojot arī vizualizācijas 3 dimensijās (Couzens, 2012). Biežāk simetrija tiek novērtēta, nosakot asimetriskumu – tas ir, novirzi no pilnīgas simetrijas (Saragusti *et al.*, 1998; Hardaker, Dunn, 2005). Simetrijas noteikšanai akmens rīkiem ir radītas vairākas pieejas. Piemēram, viena no metodēm ir rīka sadalīšana 6 vai 8 sektoros (2D vai 3D) un attiecīgi pret simetrijas asi tiek salīdzināti pretējie laukumi vai tilpumi (Couzens, 2012), bet cita metode salīdzina rīka puses pret simetrijas asi, ņemot vērā atšķirību laukumu (Hardaker, Dunn, 2005). Pētījumos tiek ietverti arī citi formas parametri, piemēram, izmērs un proporcijas, precizitāte pret simetrijas līniju, līdzības novērtējums un citi (Cardillo, 2010; Saragusti *et al.*, 2005). Vairākās zinātņu jomās pētījumos tiek izmantotas līdzības pazīmes un novērtētas simetrijas īpašības plašākā aspektā – novērtējot nosacītu simetriju (Friedberg, 1984; Wagemans, 1993; Graham *et al.*, 2010). Šie formu raksturojošie lielumi ir attiecināmi arī uz akmens artefaktiem un būtu piemērojami turpmākos pētījumos, un atzīmējams, ka arī arheoloģijā jau tiek veikti pētījumi šajā virzienā (Barceló, 2010).

### **1.3.2. Krama un citu akmens materiālu akmens laikmeta artefaktu pētījumu virzieni**

Dažādo pielietoto metožu sniegtie dati tiek izmantoti daudzveidīgiem aizvēstures pētījumu mērķiem. Izmantojot akmens materiāla izpētes metodes, tiek risināti artefaktu izejmateriāla lokalizācijas jautājumi, izsekojot transporta un maiņas ceļus aizvēstures periodā. Krama rīku reproducēšana, apstrādes tehnikas rekonstrukcija, rīku lietojuma izpēte saistās ar eksperimentālo arheoloģiju. Minētās metodes kopā ar rīku morfoloģijas pētījumiem ļauj vērtēt seno cilvēku zināšanu un prasmju attīstību, par ko iespējams spriest, ņemot vērā visu dažādo pētījumu virzienu secinājumus.

#### **Akmens artefaktu izejmateriāla ieguves vietas lokalizācija**

Akmens artefaktu, t.sk. krama, izejmateriāla iespējamo ieguves vietu lokalizācijai ir veltīts daudz zinātnisko pētījumu, un tie ir apskatīti lielā skaitā zinātnisku publikāciju, kā arī rezultātu apspriešanai ir tikušas organizētas zinātniskas konferences un forumi (Crandell, Cotiugā 2013). Tomēr, neskatoties uz ievērojamo veikto pētījumu apjomu, izejvielu ieguves vietas seno kultūru attīstību raksturojošiem krama rīkiem ir iespējams pietiekoši precīzi lokalizēt tikai dažos atsevišķos gadījumos (Bonsall *et al.*, 2010; Gurova, 2011; Högberg *et al.*, 2012 u.c.), jo krama dabiskā daudzveidība pat ierobežotā teritorijā ir plaša (Kinnunen *et al.*, 1985; Högberg, Olausson, 2007 u.c.). Pārējos gadījumos pētnieki aprobežojas ar pieņēmumu, ka izejmateriāls ir ticis iegūts transporta vai maiņas ceļā (Sulgostowska, 2006). Krama artefaktu izplatība gan zināmajās izejmateriāla ieguves

vietās, gan senajās dzīvesvietās minētajos pētījumos tiek ņemta vērā, lai spriestu par senajiem pārvietošanās ceļiem un sociālajiem kontaktiem.

Krama ieguves vietas lokalizācijas pētījumi tikuši veikti gan vietās, kur nav rīku izgatavošanai piemērots izejmateriāls, taču ir atrasti artefakti, gan vietās, kas zināmas kā aizvēstures krama ieguves vietas. Šajos pētījumos ir mēģināts novērtēt krama izmantošanas mainību cauri aizvēstures laikiem un izplatību arheoloģiska materiāla formā kā krama ieguves vietas reģionā, tā arī ārpus tā (Sieveking, Newcomer, 2012). Kopumā krama lokalizācijas pētījumi visbiežāk ir veikti saistībā ar kādu konkrētu artefaktu atradumu vietu, nereti tiem ir reģionāls vai vēl plašāks teritoriālais konteksts (piemēram, Kinnunen *et al.*, 1985; Baltrūnas *et al.*, 2006a, 2006b; Sherwani, Balaky, 2006; Andreeva *et al.*, 2014).

Šādu akmens rīku izejmateriālu lokalizācijas jautājumu risināšanai tiek izmantotas atšķirīgas metodes, tomēr to kopīgā iezīme ir noteiktas procedūras un novērojumu secīguma izpilde. Tām atbilst vairākas pētnieku (Luedtke 1992; Odell, 2006) izstrādātās shēmas, kas ietver dažādas zināšanu jomas, kas arheologam jāņem vērā lokalizācijas pētījumos. Tā, vairums no pētījumiem atspoguļo izmantojamo metožu klāstu, kas ļauj noteikt vai pieļaut kāda vietējā krama avota izejmateriālu izmantošanu rīku pagatavošanai (Anoikin, Postnov, 2005; Prothero, Lavin, 1990). Pētījumos tiek lietotas gan vizuālas krama identificēšanas metodes, gan atsevišķos pētījumos tiek ņemti vērā arī etnogrāfiski piemēri (Burton, 2012), taču liela nozīme ir ģeoķīmijas un petrogrāfijas pētniecības metožu pielietošanai (Lavin, Prothero, 1992; Tykot, 2004). Šādos pētījumos visbiežāk tiek izceltas kādas jaunas tehniskās iespējas, novērtēto parametru daudzums un sasniegtā veikto mērījumu augstā precizitāte (Bush, 1976). Tomēr šādu pētījumu atkārtošana lielākoties ir neiespējama (vairums no izmantotām metodēm ir destruktīvas) (Tykot, 2004), vai arī pētītie paraugi ir augstvērtīgi muzeju eksponāti, kuru atkārtotas pētīšanas iespējas ir visai ierobežotas. Savukārt šādu pētījumu apkopojumos tiek integrēti konkrēti krama vai citu interesējošo akmens materiālu īpašību un sastāva pētījumi, ietverot gan reģionālo ģeoloģisko pētījumu datus, gan arheoloģisku pētījumu datus, un tiek veidotas dažādas krama un citu izejmateriālu pārvietošanas (jeb transportēšanas) shēmas (Larick, 2012). Tās ir interesantas, tomēr to ticamība nav augsta, ja krama sākotnējās analīzes nav veiktas pietiekoši akurāti un dati nav savstarpēji salīdzināmi, kas kopumā šādu pētījumu rezultātus ļauj vērtēt kā orientējošus.

### **Artefaktu atradumu vietu telpiskā analīze**

Arheoloģisko atradumu vietu pētījumos nozīmīga ir izrakumu vietas un apkārtējās teritorijas analīze, kas mūsdienās papildus ietver gan satelītattēlu izmantošanu un analīzi, gan arī artefaktu izvietojuma analīzi, kas palīdz spriest, kā senā dzīvesvieta veidota un kāds bijis atbilstoši sencilvēku dzīvesveids. Pētījumos tiek pielietotas ģeoloģiskās un paleoģeogrāfiskās pētījumu metodes (Hardaker, 2005), vecuma absolūtā un relatīvā datēšana, daudzveidīgas artefaktu pētniecības metodes un etnogrāfiski novērojumi. Aizvien plašāk tiek izmantotas dažādas CAD vai ĢIS informācijas reģistrācijas un telpiskās vizualizācijas sistēmas artefaktu telpiskai dokumentēšanai izrakumu laikā (Ammerman *et al.*, 2012). Plaši tiek izmantota atradumu kopu veidošana pēc dažādiem kritērijiem, kas attiecas uz noteiktu rīku vai materiālu izplatību, kā arī uz artefaktu izejmateriāla izplatību pētījumu vietā un tās apkārtnē (Sieveking, Newcomer, 2012; Crandell, Cotiugă, 2013).

Līdz šim ir veikti arī atsevišķi akmens laikmeta krama ieguves vietu mērķtiecīgi pētījumi (Smolla, 2012). Zināms, ka jau paleolītā tika veidotas bedres (karjeru priekšteči) un mākslīgi padziļinātas nišas klīns sienās (šahtu priekšteči), un visbiežāk šādas krama ieguves vietas tiek atpazītas pēc izmaiņām raksturīgajā dabiskajā ainavā. Nesalīdzināmi plašāk ir zināmas jaunākā akmens laikmeta krama pazemes ieguves vietas, piemēram,

mūsdienu Beļģijas, Vācijas, Apvienotās Karalistes, Dānijas, Polijas un daudzu citu valstu teritorijās (Sheperd, 1980).

Veikti ir arī pētījumi, kas veltīti apmetnēm, kas atrodas šādu izejmateriāla ieguves vietu tuvumā (Ericson, Purdy, 2009) un arī attālām apmetnēm, kurās šis materiāls ir ticis izmantots rīku izgatavošanai. Plašāk zināmi dažādi reģionāli pārskati par krama izmantošanu no kādas ieguves vietas (Sieveking, Newcomer, 2012), tomēr šādu telpisku rekonstrukciju (Högberg, Olausson, 2007) vērtība nav augsta, ja sākotnējā krama piederība tam vai citam reģionam tiek noteikta vizuāli, kas pie zināmās krama īpašību mainības nav uzskatāms par pietiekoši pamatotu. Minētais attiecas arī uz līdzīgām rekonstrukcijām, kur izmantotas krama ķīmiskās sastāva rādītāju atšķirības, jo arī šajos gadījumos analizētas ir nejauši izvēlētas daļas no atrastā krama gabaliem (Sieveking *et al.*, 1972).

### **Akmens artefaktu vecuma noteikšana**

Arheoloģisko kultūru vecuma novērtēšana jeb datēšana ir nozīmīgs pētījumu virziens, kas ļauj konkrētos izrakumu materiālus, artefaktus un citas liecības vērtēt kopējā aizvēstures kontekstā. Šādiem mērķiem sākotnējā pētniecības posmā tiek izstrādāts vietējas stratifikācijas un vēlāk relatīvās hronoloģijas shēmas (Liiva, Loze, 1993; Karavanic, Smith, 1998; Yoo 2007; Bae *et al.*, 2012). Detalizētākos pētījumos, ja ir atrasts atbilstošs materiāls, tiek izmantotas dažādas absolūta vecuma noteikšanas metodes. Plašāk tiek izmantotas izotopu un luminiscences metodes (Pooltona *et al.*, 1995; Martini *et al.*, 2001; Richter, Temming, 2006; Richter, 2007; Preusser *et al.*, 2008; Gunes, Meric, 2011; Sieveking, Newcomer, 2012 u.c.). Katrai no šīm metodēm ir savi ierobežojumi, un nereti pat ļoti augstvērtīgos arheoloģiskos izrakumos nav iespējams iegūt šādi datēšanai piemērotu materiālu. Minētais nepastarpināti attiecas uz kramu un tam līdzīgiem amorfiem silikātu iežiem un minerālveidojumiem (Richter, 2007; Preusser *et al.*, 2008), no kuriem veidotu rīku izgatavošanas laiks nav datējams, un visbiežāk nav droši datējami arī nozīmīgi fizikālās vai ķīmiskās ietekmes notikumi (apdedzināšana, eksponēšana saulē, nokļūšana ķīmiski aktīvā vidē u.tml.).

Tādēļ paleolīta pētījumos provizorisks hronoloģija tiek izstrādāta no artefaktu atradumu kopu novērtējumiem vai akmens rīku formas salīdzinājumiem. Tomēr rīku tipoloģijas novērtējumi ir aptuveni un to vecums var tikt noteikts tikai relatīvi. Iespējamās arī kļūdas, novērtējot artefaktus pārāk vienkāršoti (Soressi, Dibble, 2003). Šādos pētījumos svarīga ir iespēja veikt salīdzinājumus ar datētiem atradumiem. Savukārt šādu salīdzinājumu veikšanai ir nepieciešama augsti attīstīta salīdzināmo akmens rīku tipoloģija un pārbaudāmas tipoloģiskās pazīmes.

Netieši artefaktu vecuma novērtēšana ir saistīta ar to saglabāšanos ietekmējošo faktoru un seku novērtēšanu. Šādas ievirzes pētījumi attiecas uz seno liecību saglabāšanu un restaurāciju, daļēji arī uz iespējām no šīm izmaiņām spriest par akmens rīku izmantošanas veidu aizvēsturē un vides apstākļu izmaiņām, kopš artefakts ir nokļuvis zemē un turpmāk nav ticis izmantots. Šādi pētījumi tiek veikti gan ar makroskopiskām, gan instrumentālām un analītiskām metodēm, un attiecas arī uz artefaktu konservācijas nodrošināšanu (Doehne, Price, 2010). Pētījumi iekļauj arī eksperimentus, kuros tiek imitēti iespējamie ārējās ietekmes apstākļi, ietverot gan ķīmiskus, gan termālus, gan bioloģiskus, gan fizikālas dabas vai arī cilvēka izraisītus procesus (piemēram, Burroni *et al.*, 2002; Sieveking, Newcomer, 2012).

## **Pētījumi par krama apstrādes tehnoloģijām paleolītā**

Akmens apstrādes tehnoloģiju pētījumi balstās uz eksperimentālo arheoloģiju, kas atklāj apstrādes iespējas atkarībā no materiāla un ļauj nokļūt to pašu izvēļu priekšā attiecībā uz akmens apstrādi, ar kādām saskārās senie cilvēki, kā arī novērtēt iespējamās kļūdas un to labošanas iespējas (Odell, 2006; Turner, 2013). Šie pētījumi ļāvuši noteikt, ka akmens rīki var tikt pagatavoti dažādos veidos, ar atšķirīgām tehnikām un procedūrām, kas atstāj identificējamās pēdas, un var tikt atpazītas.

Apstrādes tehnoloģijas pētījumos tiek lietotas makroskopiskas, mikroskopiskas, analītiskas un matemātiskās metodes, gan pētot rīka malu formas, gan nolietojumu un pielabošanas pēdas (Barton, 1990; Urbanowski, 2009; Buchanan, Collard, 2010), gan nosakot arī iespējamo materiāla termisko apstrādi (Griffiths, Woodman, 2012). Nozīmīgi ir arī pētījumi, kas veltīti rīku gatavošanas pārpalikumu izpētei (Sieveking, Newcomer, 2012) un sniedz papildus datus par apstrādes tehnoloģijām, līdz šim mazāk – par izvēlēto izejmateriāla īpašībām. Tomēr, pētot atšķīlu nošķelšanas secību, atsevišķos gadījumos tas ir ļāvis rekonstruēt sākotnējā izejmateriāla morfoloģiskās īpašības. Kaut arī atsevišķi pētnieki (piemēram, Bar-Yosef, Van Peer, 2009; Barket, Yohe, 2011) norāda, ka rīku izejmateriāla rekonstrukcija attiecībā uz tehnoloģiju tiek pārvērtēta un pārāk formalizēta, tomēr krama rīku gatavošanas rekonstrukcijas pētījumi ir daudzsološi un mūsdienās to skaits palielinās. Šādos pētījumos uzmanība tiek pievērsta vides faktoru kontekstam un iespējamām sociālajām vajadzībām atbilstoši laikam un telpai, iekļaujot arī konkrētu izejmateriālu īpašību analīzi, tā apstrādei nepieciešamo laiku un enerģiju, informācijas apmaiņu ietekmējošos (piemēram, Binford, Binford, 1966; McPherron, 2000) un citus faktorus (Cahen, 2012). Interesantas ir rekonstrukcijas, kas ļauj vērtēt tehnoloģijas attīstību un apstrādes reģionālas vai kulturālas īpatnības (Marks, Volkman, 2012).

Tehnoloģijas pētījumi skar arī dažādus interpretācijas jautājumus attiecībā uz rīka gatavotāju un viņa zināšanu pielietojumu un attīstību (Foley, Gamble, 2009). Atsevišķi pētnieki (Graves-Brown, 2010) norāda, ka izejmateriāla pārzināšana attiecas vairāk uz praksi nekā uz teorētiskām zināšanām. Lai kvantificētu prasmju novērtējumu krama rīku izgatavošanai K. A. Greiva-Brouna (2010) izdalījusi vairākus atsevišķus kritērijus, kas liecina par prasmes trūkumu, kā arī par piemītošu prasmi. Kā prasmes līmeni raksturojošas tiek minētas rīka formas īpašības: garums, biezums, izmērs, simetrija un regularitāte, kļūdas attiecas uz nekvalitatīva materiāla izvēli un apstrādes kļūdām, kas saistītas ar materiāla pazīšanu. Norādītās pazīmes ir novērtējamas un salīdzināmas, ja aplūko savstarpēji līdzīgas tehnoloģijas un līdzīgus izejmateriālus kādā noteiktā aizvēstures periodā. Pētījumi (Audouze, 1987; Valentin, 2008) atspoguļo, ka labākie meistari zināja tieši, kā veidosies šķīla, taču bija arī zemāk kvalificēti amatu pratēji, kas producēja īsākas šķīlas un kļūdījās.

## **Akmens rīku lietojuma pēdu analīze**

Akmens rīku lietojuma pētījumi aizsākas jau 20. gs. pirmajā pusē ar priekšstatiem par rīku transformācijām kā lietošanas sekām, kurus papildināja pētījumi par rīku formas transformācijām, kas radušās pielabojot un uzlabojot nolietotus rīkus (Dibble, 1987). Cits nozīmīgs pētniecības virziens aizsācies ar S. Semenova (1964) pētījumiem, izšķirot dažādas akmens rīku lietošanas pēdas. Rīku lietojuma pēdu pētījumi tradicionāli tiek veikti makroskopiski, detalizētākus novērojumus veicot ar dažādu palielinājumu (Rots 2009; Sieveking, Newcomer, 2012; Marreiros, *et al.*, 2015). Arī šajos pētījumos līdz ar tehnoloģiju attīstību lietojuma atstātās pēdas bieži tiek noteiktas un analizētas 3D attēlos (Bello, Soligo, 2008), kas tiek apstrādāti un analizēti, klasificējot un grupējot dažādas

apstrādes un lietojuma pazīmes (Lozny, 2004). Lai arī parasti dati sniedz informāciju par virsmas pazīmēm atsevišķiem rīkiem, tomēr reti ir pielietojami visai rīku kopai. Taču, neskatoties uz to, tālākā interpretācija kalpo dažādiem mērķiem, kas palīdz izziņāt seno cilvēku dzīvesveidu (piemēram, Debera, Sherriff, 2007; Hardy, Svoboda, 2009).

Rīku lietojuma analīze tiek veikta daudzveidīgi, arī veicot etnogrāfiskus novērojumus (Cook, Dumont, 2012), interpretējot rīku funkcijas pēc morfoloģiskām pazīmēm un pārbaudot dažādu iespējamu funkciju lietojumu eksperimentos (cirst, griezt koku, gaļu, u.c.) (Sieveking, Newcomer, 2012). Tikai salīdzinoši nesen ir kļuvušas pieejamas akmens rīku analītiskās pētīšanas metodes, kas ļauj novērtēt rīku pielietojumu (Marreiros *et al.*, 2015), piemēram, identificējot uz rīkiem augu, asins vai taukaidu atliekas (Hardy, Raff, 1997; Marreiros *et al.*, 2014). Interesanta rīku lietojuma analīzes pieeja ir fraktāļu analīzes pielietojums triecienu pēdām (Rees *et al.*, 1988).

Pētījumos ir norādes ne tikai uz sadzīviskiem skaidrojumiem attiecībā uz rīku funkcijām, bet tie tiek aplūkoti kontekstā ar mākslu, simbolisku un rituālu nozīmi, gan ņemot vērā vizuālo izskatu (formas īpašības – simetrija, proporcijas, raksts; vēlāk individualitāte, netradicionāli eksotiski materiāli), gan novietojumu dabā vai sociālā aspektā (Harrod, 2001). Vairākos pētījumos rīku izsmalcinātība un estētiskā izpausme tiek saistīta ar seksuālas uzvedības noteiktām tradīcijām, izvēloties partneri (Currie, 2009), taču citi pētnieki (Nowell, Chang, 2009) norāda uz nepietiekošu pamatotību šādai interpretācijai. Attiecībā uz dzimumu izdalīšanu tiek aplūkoti arī jautājumi, vai rīkus gatavoja vīrieši vai sievietes, parasti saistībā ar sievietes lomas vērtējumiem aizvēsturē, taču pētījumos tiek ietvertas arī sociālas attiecības, vecums un citi kritēriji (Nelson, 2006). Šādi pētījumi paplašina lauku jaunām idejām uz secinājumiem par cilvēku attīstības virzieniem aizvēsturē.

## **Akmens artefaktu klasifikācija**

Pētījumos atsevišķu atradumu vietu raksturošanai tiek izmantota rīku klasifikācija pēc dažādiem kritērijiem, ko var sekojoši salīdzināt ar citām vietām, kam piemērota tāda pat klasifikācija (Dibble, 1991; Tomaskova, 2005; Ruebens, 2006; Kriiska *et al.*, 2011), tādējādi rodot vispārīgākus secinājumus par atbilstošo laiku un izdalīto arheoloģisko kultūru atšķirībām (Bordes, 1961). Svarīga ir klasifikācijas kritēriju izvēle un savstarpējas salīdzināšanas nosacījumi, kur noteikti jāņem vērā atraduma veids (Ahmad, 2009). Artefakti var tikt atrasti kā savrupatradumi vai vairāki kopā, veidojot atradumu kopas. Katram atsevišķajam artefaktam vai katrai šādai kopai var noteikt pazīmes, kas to raksturo, un šīs pazīmes var attiekties uz ļoti daudzveidīgu informāciju, piemēram, izejmateriāla īpašībām, lietošanas pēdām, pielietoto apstrādes tehnoloģiju vai iespējamo funkcionalitāti (Sieveking, Newcomer, 2012). Tomēr pētījumos visbiežāk novērtētās ir formas makroskopiskās īpašības un tās tiek izmantotas, lai raksturotu rīkus un to kopas, veidotu klasifikācijas kritērijus un noteiktas tipoloģijas (piemēram, McPherron, 2006).

Rīki, kam piemīt līdzīgas formas īpašības, tiek apvienoti grupās, veidojot tipus, kuri sekojoši tiek salīdzināti ar līdzīgi izdalītiem tipiem citās rīku grupās (Odell, 2006). Šāda rīku klasifikācija ir izveidojusi rīku salīdzinājumu pamatu jau vairāk nekā gadsimtu. Rīku kopu līdzības un atšķirības, kā arī rīku tipu atšķirības tiek interpretētas dažādos aspektos, piemēram, attiecībā uz funkcionalitāti, apstrādes tehnoloģiju vai izejmateriāla kvalitāti, vedot pat pie atšķirīgiem secinājumiem, kam bieži pamatā ir dokumentēšanas un sākotnējās novērtēšanas nepilnības. Lai no tā izvairītos, pētnieki cenšas pēc iespējas iegūt kvantitatīvus datus, kas ļauj datus matemātiski analizēt un tieši salīdzināt (Barceló, 2010; Picin *et al.*, 2011).

Mūsdienās tiek veikti atkārtoti pētījumi, kuros salīdzina un pārbauda rezultātus, kas gūti daudzus gadu desmitus atpakaļ atbilstoši tā laika metodoloģijai un tipoloģijai, jo tradicionāli tipoloģija ir viena no pirmajām pētījumu jomām un gājusi ilgu attīstības ceļu, ieviešot jaunus kvantitatīvi novērtējamus kritērijus un attīstot metodiku (Ballin, 2006; Emery, 2010). Šajā ziņā nozīmīgs papildinājums ir rīki, kas senāk tika uzskatīti par apstrādes pārpalikumiem vai lietošanas rezultātā radušām atšķilām.

### **Kognitīvo zinātņu pētījumi par akmens laikmetu**

Daudz aizvēstures pētījumu noris kognitīvo zinātņu kontekstā, tas ir, izmantojot cilvēku uztveres pētījumu metodes un rezultātus. Piemēram, aplūkojot rīku attīstību saistībā ar valodas rašanos (Dibble 1989; Cunliffe, 2001; Pope *et al.*, 2006), pētījumos salīdzinot senākos atrifaktus ar mūsdienu primātu darinātiem rīkiem un to pielietojuma veidu (Schick, Toth, 2009; Faisal, 2010; Nowell, Davidson, 2010) vai piedāvājot alternatīvu interpretāciju par rīku pielietojumu skaņas radīšanai (Cross *et al.*, 2002).

Pētījumos akmens rīki tiek lietoti kā kognitīvās uztveres, sociālās un funkcionālās organizācijas (Marks *et al.*, 2001), hronoloģijas, kultūras, estētisko izpausmju (Berleant, 2007), etniskās piederības un dzīves vides indikatori (Lohse, 2002; Darmark, 2010; Stout, 2011). Katrā no šiem interpretāciju aspektiem tomēr ir sava problemātika, kas bieži saistīta ar tipoloģijas ietvara piemērošanu. Piemēram, zināms, ka, ņemot vērā rīku formas, tiek izšķirtas arheoloģiskās kultūrās, kas saistāmas arī ar noteiktu apstrādes tehnoloģiju lietojumu, kas savukārt atbilst akmens laikmeta izdalītajiem periodiem. Šo shēmu pamatojuma tiek pētīta, novērtējot cilvēku uzvedības un dzīvesveida pārmaiņu virzienus (Villa, Sorresi, 2000), it īpaši attiecībā uz pārejām starp izdalītajiem periodiem. Rodas problēmas, nekritiski savienojot hronoloģiju lineāri, kas nosacīti noteikta pēc šādas rīku tipoloģijas, un jāmeklē niansētākas izšķiršanas pazīmes, gan attiecībā uz izvēlēto izejmateriālu, piešķirtajām formām un citiem ar rīkiem saistītiem aspektiem, kas varētu palīdzēt izšķirt aizvēsturiskās arheoloģiskās kultūras (Barton, 2008).

Akmens materiāla pētījumi arheoloģijā norāda, ka, neskatoties uz daudzu gadu desmitu laikā veiktiem salīdzinoši plašiem krama un akmens materiāla pētījumiem, metodiku pilnveide un jaunu paņēmienu apgūšana kavējas, lai gan tipveida piemēri un atsevišķi veiksmīgi risinājumi ir tikuši izstrādāti. Kopumā tās ir vēsturiski veidojušās tradīcijas, arī zināms konservatīvisms un nereti arī pamatota skepse par krama un cita akmens materiāla detalizētu pētījumu attaisnojamību, jo ir zināms arī ne mazums ne sevišķi veiksmīgu un arī nepamatoti optimistisku vērtējumu līdzšinējos pētījumos. Tādejādi promocijas darba viens no uzdevumiem ir detalizēti izvērtēt līdz šim izmantotās pētniecības metodes un nodalīt tās, kuras būtu uzskatāmas par perspektīvākām turpmākajiem pētījumiem un spētu sniegt nozīmīgu atbalstu ģeoarheoloģiskiem un arheoloģiskiem pētījumiem.

## 2. Rīku gatavošanai biežāk izmantotie materiāli, akmens apstrādes tehnoloģijas un izgatavotie akmens rīki paleolītā

### 2.1. Rīku gatavošanai biežāk izmantotie materiāli paleolītā

Akmens laikmeta pētījumos viens no svarīgākiem informācijas avotiem ir seno rīku, to fragmentu un apstrādes atlikumu izejmateriāla analīze (1.3.nodaļa). Līdzšinējie pētījumi norāda, ka akmens laikmetā tikuši izmantoti daudzveidīgi dabas materiāli, tajā skaitā dažādi dzīvnieku valsts materiāli (piemēram, kauls, ragi, ilkņi, āda) un arī augu valsts materiāli (Tyldesley, Bahn, 1983; Scarre, 2013). Laika gaitā senā paleolīta atradumu vietās ir izzuduši gandrīz visi no organiskiem materiāliem izgatavotie rīki, taču vēlākiem periodiem atbilstošie atradumi liecina par šo materiālu plašu un daudzveidīgu izmantošanu. Īpaši nozīmīgs kā izejviela bijis kauls un rags tajos reģionos, kur dabā nebija sastopamas augstvērtīgs rīku gatavošanai piemērots akmens materiāls. Dzīvnieku ragi plaši izmantoti gan pašu rīku – dažādu smaiļu, šķēpu galu, harpūnu – izgatavošanā, gan kā starpnieki akmens materiāla apstrādē un citos saimnieciskos procesos. Šo materiālu izmantošanu apliecina arī ziemeļu apgabalos pētījumos savāktais etnogrāfiskais materiāls (Klokkernes, 2007).

Kā minēts iepriekš (1.3. nodaļa), akmens artefakti lielā daļā gadījumu ir vienīgās liecības par senā akmens laikmeta norisēm, un tādēļ to pētījumiem tiek pievērsta īpaša uzmanība. Līdzšinējie pētījumi (piemēram, Kinnunen *et al.*, 1985; Marks *et al.*, 1991; Baltrūnas *et al.*, 2006a; Minichillo, 2006; Adams, Blades, 2009; Rots *et al.*, 2011) norāda, ka rīku izgatavošanai paleolīta laikā pārsvarā izmantoti dažādi silikātu ieži, kuru īpašības ir piemērotas rīku izgatavošanai. Rīku gatavošanai ir izmantoti gan vulkāniski ieži, gan nogulumieži, gan metamorfi ieži, tomēr ne visi šie ieži ir izrādījušies piemēroti. Galvenie nosacījumi izejmateriāla izvēlei bija iespējas to salīdzinoši vieglāk apstrādāt un iegūt asas un izturīgas šķautnes. Savukārt citām vajadzībām, kur darbībām nepieciešama pret triecienu izturīga virsma, piemērotāki izrādījās rupjgraudaini ieži, piemēram, granīts, gabro, diorīts (Cook, Martingell, 1994; Anoikin, Postnov, 2005 u.c.).

Mēģinājumu un meklējumu ceļā no vietēji pieejamiem akmens materiāliem asu šķautņu iegūšanai tiek izvēlēti ieži ar sīkkristālisku un slēptristālisku struktūru, svarīgs ir arī materiālu trauslums, viendabība, izotropisms. Minētajām prasībām atbilst arī amorfas struktūras ieži ar izteiktu gliemežnīcas laužumu. No vulkāniskiem iežiem par izejmateriālu šādu rīku gatavošanai visbiežāk lietots obsidiāns, andezīts, bazalts, bet no metamorfiem iežiem - kvarcīts un argilīts (Cook, Martingell, 1994; Anoikin, Postnov, 2005; Odell, 2006; Adams, Blades, 2009; Terry *et al.*, 2009 u.c.). Paleolītā plaši ir izmantoti arī dažādi nogulumieži, visbiežāk vāji metamorfizēti smilšakmeņi un aleirolīti, tomēr par pašu piemērotāko izejmateriālu rīku izgatavošanai ar laiku ticis atzīts krams – ciets iezis ar amorfu un slēptkristālisku struktūru, un ar izteiktu gliemežnīcas laužumu, kas ir salīdzinoši bieži sastopams dabā daudzos tajā laikā apdzīvotos reģionos.

Arheoloģiskos pētījumos ar vārdu un terminu „krams” visbiežāk tiek apzīmēts plašs iežu klāsts, jo netiek atsevišķi izdalīti ieži ar slēptkristāliskam kvarcam atbilstošām mehāniskām īpašībām, tomēr ģeoloģijā šie ieži tiktu izdalīti kā krams, halcedons, ahāts, jašma un daudzi citi, ietverot arī daudzas ar kramu un halcedonu bagātinātas (pārkramotas) nogulumiežu varietātes (Brandl, 2010). Ģeoloģiskos pētījumos minētie kvarca paveidi tiek izšķirti pēc vairākām īpašībām un ir izdalīti, piemēram, pēc kristāliskās struktūras (piemēram, halcedons) vai veidošanās apstākļiem (piemēram, krams) (Kinnunen *et al.*, 1985; Luedtke, 1992; Rapp, 2009).

Aizvēstures posmā Latvijas teritorijā darbarīki tikuši izgatavoti no dažādiem izejmateriāliem, tajā skaitā arī no krama. Tas senās apmetņu vietās ir konstatēts kā biežs



atradums un ir indikatīvs rādītājs akmens laikmeta kultūrvēstures pieminekļu diagnostikā un lokalizācijā (Kobusiewicz, Kabacinski, 2007; Zagorska, Winiarska-Kabacinska, 2012). Tomēr lielākoties šī krama izcelsme nav zināma, jo krams ir grūti datējams materiāls un tā dabiskā daudzveidība pat ierobežotā teritorijā ir ļoti plaša, un materiāls neatbilst lokālai izcelsmei (Zagorska, 2012).

Kopumā minētais norāda, ka aizvēstures pētniekiem būtu jāpievērš uzmanība visu veidu iežiem un minerāliem, jo, kaut arī dažiem akmens materiāliem tika dota priekšroka atsevišķiem mērķiem, tomēr arheoloģiskās liecības atspoguļo no daudzveidīga akmens materiāla izgatavotu rīku klāstu. Svarīgi, ka jau paleolītā sencilvēki savā izvēlē bija elastīgi un, ja vēlamais akmens materiāls nebija pieejams, tad ticis pielāgots cits dabā pieejamais materiāls (Adams, Blades 2009).

Krama nozīmīgo lomu rīku gatavošanai akmens laikmetā apstiprina arī tam veltītie daudzie pētījumi un publikācijas (piemēram, Delage, 2003; Högberg, Olausson 2007; Adams, Blades, 2009; Sieveking, Hart, 2011; Sieveking, Newcomer, 2012). Tāpēc veiktajā pētījumā, lai arī paleolīta akmens rīku novērtējums un līdzšinējo pētījumu izvērtējums attiecas ne tika uz krama, bet arī citu akmens materiālu rīkiem (1.3. nodaļa), taču analītiskiem pētījumiem krams izvēlēts kā visplašāk izmantotais izejmateriāls akmens rīku gatavošanai, un atbilstoši veikta arī līdz šim veikto krama pētījumu apzināšana. Pētījumus par kramu nosacīti var iedalīt divās pamatgrupās, no kurām viena attiecas uz krama izmantošanu aizvēsturē un otra – uz krama kā materiāla zinātnisku izpēti. Šāda pētījumu relatīva nodalīšana ir saprotama, jo nenotiek cieša sadarbība starp pētniekiem, kas pārstāv dažādas specifiskas zināšanas, un katrā no minētajiem pētniecības virzieniem, interpretējot datus, jāaptver plašs zināšanu loks.

## 2.2. Mūsdienu uzskati par krama sastāvu un veidošanos

Krama zinātniskie pētījumi ir ļoti svarīgi arheoloģisko pētījumu datu interpretācijā par krama izmantošanu aizvēsturiskos laikos. Kaut arī šauri orientētie dabaszinātniskie pētījumi nereti nevēršas uz šo pētniecības jomu mērķtiecīgi, tomēr bieži šāda sasaiste ar arheoloģiskiem pētījumiem tiek atzīmēta, it īpaši ģeoloģiskos, arī, krama virsmas un graudu struktūras mikroskopiskos pētījumos (piemēram, Kinnunen, 1985; Martini *et al.*, 2001; Brandl, 2010; Gotze 2010; Sieveking, Hart, 2011).

Ja arheoloģijas pētniecības jomā tiek meklētas daudz alternatīvas pieejas, kā risināt izpētes problēmas, tad zemes zinātnēs un jo īpaši ģeoloģijā pētījumi ir daudz standartizētāki, tā ir pētījumu piesaiste jau pēc pārbaudītām procedūrām, metodēm un pētījumu virzieniem. Minētais pilnībā ir attiecināms uz krama ģeoloģiskiem pētījumiem, kas visbiežāk apskata tā veidošanās apstākļus, atbilstošo nogulumu stratigrāfisko piederību un daudz retāk apskata citus jautājumus. Šādos pētījumos tiek ietverti gan teorētiski pētījumi, gan sniegti rezultāti par konkrētu vietu vai reģionu izpēti atbilstoši tradicionālai pieejai ģeoloģiskos pētījumos (piemēram, Calvert, 1971; Hesse, 1989; Delage, 2003; Abu El Ghar, Hussein, 2005; Khanehbad *et al.*, 2010). Tomēr līdz ar pētniecības metodoloģijas un tehnoloģiju attīstību tiek pavērtas iespējas jauniem augstākas precizitātes pētījumiem, kas nereti liek visai būtiski pārskatīt iepriekšējo pētījumu rezultātus un jo īpaši secinājumus. Tādējādi zinātniskos pētījumos svarīgi ir ne tikai rezultāti, bet arī veids un procedūras, jaunas tehnikas un metodes izpētei.

### 2.2.1. Agrākie pētījumi par kramu

Tradicionālos ģeoloģiskos pētījumos krams jau vairāk nekā gadsimtu kā atsevišķs pētījumu priekšmets ir apskatīts reti, un visbiežāk krama petrogrāfiskie un mineraloģiskie pētījumi ir atsevišķi novērojumi un analītiski dati, retāk sniegts krama izplatības raksturojums vai vizuāli atpazīstamas pazīmes. Tādēļ nav pārsteidzoši, ka nepietiekoši izvērsti pētījumi rezultējas arī terminoloģijas neviennozīmīgumā. Termins „krams” latviešu valodā un arī daudzās citās valodās (piemēram, skandināvu valodās (Högberg, Olausson, 2007)) attiecas uz iežiem, kam ir dažāda ģenēze un izplatība dabā, arī ķīmiskais sastāvs un citas īpašības ir atšķirīgas (Calvert, 1971; Laschet, 1984; Sugitani *et al.*, 1998; Martini *et al.*, 2001). Angļu valodā tiek izmantoti divi galvenie jēdzieni „*flint*” un „*chert*”, ar otro apzīmējot kramu vispārīgākā, plašākā nozīmē. Vārdu „*flint*” biežāk attiecina uz tumšu, galvenokārt amorfu kramu, kas veidojies kā konkrēcijas kaļķakmenī vai krītā (Högberg, Olausson, 2007; Rapp, 2009; Brandl, 2010; Encyclopedia Britanica, 2015; Oxford Dictionaries, 2015). Svarīgi ir ņemt vērā, ka arī mūsdienās zinātniskajos pētījumos terminoloģiski krams netiek izšķirts pēc veidošanās apstākļiem (Sugitani *et al.*, 1998; Alexandru-Viorel, 2013; Perry, 2014 u.c.), kas ir būtiski atšķirīgi, un no tiem izriet krama veidošanās pētījumos pielietotās dažādās metodes un interpretāciju konteksts (piemēram, Thurston, 1972; Maliva *et al.*, 1989; Cecil, 2004; Spence *et al.*, 2014).

Kopumā zinātniskie krama pētījumi ģeoloģijā galvenokārt vērsti uz krama un saistīto iežu veidošanās laika, apstākļu un procesu izzināšanu, strukturālo mainību, līdzību un atšķirību noteikšanu klasifikācijas nolūkos, un plašāku teritoriju ģeoloģiskās uzbūves reģionāliem salīdzinājumiem (piemēram, Micheelsen, 1966; Hesse, 1989; Mortimore *et al.*, 2001; Kröger, 2007; Khanehbad *et al.*, 2010; Sieveking, Hart, 2011; Geilert *et al.*, 2014).

Krama stratigrāfiskā izplatība ir ļoti atšķirīga reģionāli, un arī paši kramu saturošie slāņi var tikt izdalīti pēc litostratigrāfiskiem un biostratigrāfiskiem kritērijiem, un arī atšķirīga krama daudzuma. Minēto vietēji izdalīto kramu saturošo slāņu korelācija un piesaiste vispārpieņemtai stratigrāfiskai shēmai ne vienmēr tiek veikta korekti, un tādēļ drošākas norādes ir meklējamas reģionālos pētījumos (Mortimore *et al.*, 2001; Brandl, 2010; Lawrence, 2010; Alexandru-Viorel, 2013), Tomēr arī šādos reģionālos pārskata darbos nereti tiek pieļauti vienkāršojumi, daudzas slāņkopu saguluma apstākļu neskaidrības skaidrojot ar tektoniskiem procesiem (Arefifard, Isaacson, 2011).

Krama makroskopiska atpazīšana dabā ne vienmēr ir vienkārša, tomēr oļu izmēru frakcijā (4-64 mm (Wentworth, 1922)) krams parasti ir atšķirams un to ir iespējams pētīt un salīdzināt kā atsevišķus paraugus. Šādos pētījumos tiek pievērsta uzmanība krama konkrēciju daudzveidīgajai formai un izmēriem, tāpat arī konkrēcijas saturošiem iežu slāņiem un konkrēciju daudzumam un izvietojumam tajos (Bromley, Ekdale, 2011). Krama konkrēciju forma, tāpat kā krāsa, ir ļoti mainīgas, taču, neskatoties uz šīm variācijām, ir vairāki veiksmīgi mēģinājumi ģeogrāfiski ierobežotās teritorijās sastopamo kramu klasificēt (Lawrence, 2010). Pēc noteikta tipa krama pētņieki nereti tiecas raksturot atsevišķus stratigrāfiskus slāņus, un šīs „krama zonas” tiek izmantotas litostratigrāfiskās korelācijas noteikšanai arī plašākos reģionos (Wang *et al.*, 2012). Šādi pētījumi vienlaikus norāda arī uz krama atšķirīgām koncentrācijām slāņos, konkrēciju formu un izmēru daudzveidīgumu, kā arī uz paša krama nevienmērīgo struktūru gan reģionālā skatījumā, gan pat viena parauga ietvaros (Brandl, 2010; Alexandru-Viorel, 2013).

Krama izpēte nereti tiek veikta kā papildus novērtējumi citu ģeoloģisko pētījumu ietvaros, visbiežāk detalizētāk pētot blakus esošos iežu slāņus un atsegumus. Šādos pētījumos tiek noteikta kramu ietverošo iežu saguluma apstākļi, bet pašam kramam tiek noteikta struktūra un tekstūra, nereti arī citas īpašības, kas ļauj izdarīt secinājumus par krama veidošanās procesu secību un, piemēram, saistību ar konkrēciju formām un krāsu.

Dažāds krama izvietojums nogulumiežos liecina par dažādu procesu un faktoru ietekmi veidošanās laikā (piemēram, Khanehbad, *et al.*, 2010; Agar, Geiger, 2015), tomēr detalizētāk šie jautājumi nav pētīti. Krams un kramu ietverošie slāņi parasti satur fosilijas vai pēdu fosilijas, kas sniedz papildus iespējas dažādiem pētījumu virzieniem, piemēram, mikropaleontoloģijā nogulumiežu noteikšanā un raksturošanā (Hori, 1997; Brasier *et al.*, 2005). Fosilijas tiek izmantotas arī, lai palīdzētu izšķirt dažādus krama paveidus (atbilstoši ieslēgumiem un to daudzumam), taču joprojām nav viennozīmīgi kritēriji to klasifikācijai, un šajā jautājumā dažādu pētnieku skatījums atšķiras (Kinnunen, *et al.*, 1985; Trampisch 2007; Brandl, 2010).

Krams, kas veidojies diaģenēzes aizvietošanas procesos, saglabā māla un organiskās vielas ieslēgumus no sākotnējiem sedimentiem. Šādi ieslēgumi krama pētījumos tiek izmantoti kramu saturošu slāņu stratifikācijai un ļauj veidot paleoģeogrāfiskās rekonstrukcijas (Von Rad *et al.*, 1977; Jeans, 1978; Khanehbad *et al.*, 2010). Tā kā krams ir relatīvi izturīgs pret dēdēšanu, tas sastopams kā sekundāri nogulumi teritorijās, ko senāk klājis ledājs (Williams, 2011), bet biežāk veido sekundāras krama oļu koncentrācijas teritorijās, kur kramu ietverošie ieži ir mazāk noturīgi pret dēdēšanu (Lobley, 1888). Arī šādos gadījumos ieslēgumi kramā ir indikatīvi attiecībā uz to sākotnējo izcelšanos, bet formas un citas izmaiņas norāda un ģeoloģiskajiem procesiem, kas tos ir ietekmējuši līdz tie nonākuši sekundārās vai pat terciārās iegulās (Curry, 1963; Carr *et al.*, 1970; Thiry *et al.*, 2014).

Tikai atsevišķos pētījumos ir novērtēts krama blīvums, cietība un gaismas laušanas koeficients (Kinnunen *et al.*, 1985; Micheelsen 1966; Tykot, 2004), un vairums no krama vienkāršākām fizikālajām īpašībām nav tikušas papildus pētītas jau daudzus gadu desmitus.

Līdzšinējos krama pētījumos pievērsta uzmanība arī krama oļiem un to dažādajiem veidiem, akcentējot to atradumu vietas ģeogrāfiskos aspektus, un tie lielākoties ir dažādi novadpētniecības darbi un orientēti uz dabas aizsardzības un tūrisma attīstības jautājumiem (Aber, 1980; Robinson, Williams, 1983; Brenninkmeyer, Nwankwo, 1987; Pope, 2008). Šādu pētījumu pārskati visbiežāk ietver vizuāli pievilcīgus un plašus krama oļu dabiskus kāvumus gan pludmales krīta klinšu tuvumā (piemēram, Anglijā un Dānijā), gan sekundārus krama depozītus glaciālos nogulumos (piemēram, Anglijā), un to izplatība reizēm tiek izmantota arī paleoģeogrāfiskās rekonstrukcijās (Curry, 2011). Krama oļi un grants tiek pētīti kā drupu iežu noteikta izmēra frakcija (Folk, 1974). Šādos pētījumos tiek novērtēta krama tipoloģija, kvalitāte, izmēri (Blott, Pye, 2001) un dažas citas īpašības (Levson *et al.*, 2012), savukārt krama oļu un grants graudu forma tiek novērtēta vienkāršoti, lielākoties nepiemērojot zināmās metodikas noapaļotības (Krumbein, Pettijohn, 1938; Krumbein, 1941), proporciju (Zingg, 1935) novērtēšanā. Lai arī zināmi metodiski paņēmieni, kā būtu iespējams pēc krama oļu un grants frakcijas materiāla spriest par dēdēšanas, transportēšanas un sedimentācijas vidi un apstākļiem (Folk, 1974), šādas ievirzes pētījumi īpaši par krama oļiem un granti detalizēti līdz šim nav veikti. Līdzīgi ir zināmi pētījumi, kas ļauj vērtēt analizējamo drupu materiālu gan 2 dimensijās, gan 3 dimensijās (Hayakawaa, Oguchib, 2005; Rodriguez *et al.*, 2012), arī izmantojot tehnoloģiskās iespējas digitalizēt datus un sekojoši apstrādāt (Roussillon *et al.*, 2009) un interpretēt dažādiem mērķiem (piemēram, Abuodha 2003; Domokos *et al.*, 2010; Dumitriu *et al.*, 2011; Domokos, Gibbons, 2012), tomēr šie pētniecības virzieni vismaz attiecībā uz kramu nav guvuši turpmāko attīstību.

Atkarībā no pētījumu specifikas, tradicionālas petrogrāfiskās krama pētniecības metodes tiek papildinātas ar citām mūsdienīgām analītiskām metodēm, parasti ģeoķīmiskām (piemēram, Calvert, 1971; Gao, Land, 1991; Mizutani, 2011; Wang *et al.*, 2012). Līdzšinējie pētījumi norāda (Oldershaw, 2006; Götze, 2010; Behl, 2011), ka

petrogrāfiskām metodēm ir vairākas priekšrocības – tās sniedz informāciju par ieža tekstūru, struktūru, minerālu, fosiliju un citiem ieslēgumiem. Tieši struktūra ir tā, kas uzskatāmi liecina par dažādu izcelšanos un noteiktu veidošanās procesu vai posmu (DeMaster 2003; Llach 2006). Tomēr pētījumi norāda, ka arī petrogrāfiskie pētījumi var būt nepietiekami pamatotu secinājumu izdarīšanai (Llach, 2006).

Silīciju saturošie minerāli ir pētīti vispusīgi (Graetsch, 1994; Götze, Möckel, 2012), skaidri nodalot amorfus no kristāliskajiem veidojumiem. Attiecībā uz kristāliskām formām mineraloģijā jauni atklājumu nav zināmi, jo tas ir daudzpusīgi pētīts minerāls kvarcs, kas veido dažāda izmēra graudus (Heaney *et al.*, 1994b; Xu *et al.*, 1998), taču silīcija oksīda veidotu amorfu formu (piemēram, krams, halcedons) un to daudzveidības apzināšana līdz šim ir veikta nepilnīgi, un tādēļ mūsdienās šādi pētījumi turpinās. Tomēr šādu pētījumu nav daudz un bieži tie ir studiju pētnieciskie darbi (Graetsch *et al.*, 1987; Duffy, 1993; Lee, 2007; Neagu, 2011; French, 2012).

Zinātniskos pētījumos atsevišķs krama pētniecības aspekts ir krama veidošanās apstākļu pētījumi (Bettermann, Liebau, 1975; Von Rad *et al.*, 1977; Hesse, 1989; Sugitani *et al.*, 1998; Shievekins, Hart, 2011). Plašākā nozīmē krama veidošanās aizvietošanās rezultātā sniedz pamatojumu ģeokīmisko metožu mērķtiecīgai izmantošanai kramā ieslēgto mikroelementu pētījumiem. Šādos pētījumos tiek novērtēta iespēja ar mūsdienīgām metodēm iegūt augstas precizitātes datus, kas ļauj noteikt arī ļoti mazas ķīmisko elementu koncentrācijas (Graetsch *et al.*, 1987; Murray *et al.*, 1991; Yu *et al.*, 2009). Krama pētījumos savulaik tika izmantotas ramana spektroskopiskās analīzes (Kingma, Helmey, 1994), bet mūsdienās tiek izmantota rentgenstaru fluorescences metode (XRF), induktīvi saistītās plazmas masspektrometrija (ICP-MS) (Baldwin *et al.*, 2011; Wang *et al.*, 2012), kā arī bieži tiek veikti daudzu citu pētniecības iekārtu izmantošanas mēģinājumi (Von Rad *et al.*, 1977; Tykot, 2004; Eker *et al.*, 2012). Krama sastāvs ir ticis pētīts arī ar kodolmagnētiskās rezonanses metodēm, un šādi ir izdevies pētītajā krama paraugā noteikt ūdens saturu, organisko vielu daudzumu un dažādās silīcija dioksīda strukturālās formas, bet ar elektronu spina rezonanses (ESR) metodi – paramagnētiskus piemaisījumus (Skinner, 2015; Symons, 2011). Līdzšinējie pētījumi apliecina (Murray *et al.*, 1991; Eker *et al.*, 2012; Geilert *et al.*, 2014), ka dažādos reģionos un nogulumu veidošanās vidēs izšķirams atšķirīgs mikroelementu sastāvs un to proporcijas.

Ņemot vērā krama dabisko daudzveidību, neviendabību un ietekmējošos diaģenēzes faktoros, pēdējā pusgadsimta laikā veikts daudz pētījumu, kuru rezultātā iegūts salīdzinoši daudz ģeoloģiskas informācijas un arī analītisko pētījumu dati un vērtības, tomēr to nepastarpināta izmantošana ir apgrūtināta vai arī zinātniskus secinājumus izdarīt nav iespējams. Tam ir divi galvenie iemesli – izmantotās pētniecības metodes ir strauji attīstījušās, un mūsdienās pētījumu rezultāti, kas iegūti ar to detalizāciju un precizitāti, ar kuru tika veikti pētījumi senāk, ir vērtējami tikai kā orientējoši. Jāņem vērā, ka līdz šim publicētie pētījumi visbiežāk nesatur svarīgas norādes par analizēto paraugu (kā tas ticis iegūts, kā sagatavots analīzei u.tml., bet nereti nav norādīta arī analīzes veikšanas metodika un izmantotās pētniecības iekārtas). Tādējādi iepriekš minētais liedz veikt tiešus materiāla, tā fizikālo īpašību un ķīmiskā sastāva salīdzinājumus, bet tehniskais progress pētniecības iekārtu attīstībā neļauj mūsdienās vairs atkārtot vairumu no senāk veiktajiem pētījumiem.

Vienlaicīgi atzīmējams, ka dažādu iemeslu dēļ krama un arī citu konkrēciju analīze sedimentoloģiskajos pētījumos pēdējo gadu desmitu laikā ir apsīkušas, un šajā laikā ir zināms vien salīdzinoši neliels (piemēram, Gao, Land, 1991; Boggs, 2009; Khanebad *et al.*, 2010) atbilstošu pētījumu skaits, un arī tie nereti ir veikti kā blakus novērojumi pētījumos materiālzinātnē, teritoriju plānošanas un ģeoloģisko pieminekļu pētniecības kontekstā. Minētais norāda uz šādu pētījumu nepieciešamību nākotnē, kas būtu visai nozīmīgs atbalsts ģeoarheoloģiskiem un citiem aizvēstures pētījumiem.

## 2.2.2. Krams un tā izplatība dabā

Krams vispārējā nozīmē ir nogulumiezis, kas galvenokārt sastāv gandrīz tikai no silīcija dioksīda, un ķīmiskais sastāvs tam ir tāds pats kā minerālam kvarcam. Silīcija dioksīda molekulas ( $\text{SiO}_2$ ) veido divi skābekļa atomi uz katru silīcija atomu, un molekulas sasaistās savā starpā, veidojot tetraedra struktūru, kur 4 skābekļa atomi ietver centrā silīcija atomu. Taču silīcija dioksīdam ir ļoti daudz strukturālu variāciju un tas sastopams vismaz 15 modifikācijās (Götze, 2010). Atkarībā no izveidotās kristālu struktūras silīcija dioksīda minerālveidojumi var tikt iedalīti makrokristāliskā, sīkkristāliskā, slēptkristāliskā, amorfā, kā arī jauktas struktūras veidā. Katra no grupām ietver dažādus iežus un minerālus, kas atšķiras pēc morfoloģiskām, fizikālām un citām pazīmēm. Silīcija dioksīds sastāda apmēram 12,6% no Zemes garozas un atrodams gan vulkāniskos, gan metamorfos, gan nogulumiežos. Silikātu iežos tā daudzums var sasniegt vairāk nekā 99%. Piemēram, ļoti augsts silīcija dioksīda saturs ir amorfos minerālveidojumos (minerāloidos) – kramā, obsidiānā, jašmā, kas bieži tiek saukti par iežiem (Kinnunen *et al.*, 1985; Götze, 2010).

Krams ir kvarca paveids, kam atbilst amorfā silīcija dioksīda, slēptkristāliska vai sīkkristāliska kvarca, kas, domājams, radies amorfā silīcija dioksīda pārkristalizēšanās procesā, struktūra (Perry, Lefticariu, 2014). Kramā silīcija dioksīda daļiņas var būt mazākas par 1 mikronu un līdz pat 60 mikronu lielas, kas būtiski dažādo šādu silikātmateriālu dabisko daudzveidību un visai apgrūtina krama minerālā sastāva diagnostiku.

Krams ir salīdzinoši izplatīts iezis Zemes nogulumiežu segā, tas nav viendabīgs materiāls un kopumā raksturīgs daudziem nogulumiežiem un ir to svarīga atšķirības pazīme, tomēr tas neveido izturētus slāņus. Krama izplatību dabā nosaka tā dažādie veidošanās veidi un apstākļi, un arī vēlākā ietekme, tajā skaitā eksponēšanās vidē.

Visbiežāk krams ir sastopams konkrēciju veidā karbonātiežos. To izmēri variē no centimetra daļām un dažiem centimetriem līdz dažiem desmitiem centimetru. Krama konkrēcijas ir dažādu formu, no vairāk vai mazāk regulārām diskveida vai olveida formām (parasti mazām konkrēcijām) līdz ļoti neregulārām mezglveida un kārpveida formām (parasti lielas konkrēcijas), un grūti aprakstāmām blāķveida formām. Konkrēcijas var būt nejauši izkliedētas visa kāda nogulumiežu slāņa robežās, bet biežāk veido neizturētus slāņus vai virsmas un var būt raksturīgas noteiktam reģionam (Rapp, 2009). Ļoti bieži krams ir tikai karbonātiežu (piemēram, dolomīta, kaļķakmens) vai atsevišķu silikātiežu (piemēram, slānekļa, smilšakmens) cementējošs vai cementu un smilšu graudiņus daļēji aizvietojošs silikātu materiāls. Šādas parādības dabā ir nereti novērojamas, un šādu kramu vienkāršoti sauc par sedimentogēnu kramu jeb dažādas intensitātes pārkramotiem iežiem. Ja pārveides process ir bijis ievērojami intensīvāks un ietekmējis būtisku daļu no sākotnējā iezī veidojošā materiāla vai arī šāds cements pēc apjoma aizņem vairāk nekā 30%, tad šādus iežus kopumā sauc par kramiežiem (Blatt *et al.*, 2006).

Dabā krams atrodams gan slāņos un dzīslās atsegumos un klintīs, gan drupu materiāla formā to pakājē. Denudācijas rezultātā krams ir sastopams zemes virskārtā un raksturo tā cilmes iežus, bet relatīvi augstas mehāniskās izturības dēļ, krama oļi un grants graudi tiek pārvietoti ar ūdens straumēm, retāk ar ledāju plūsmām, un ir sastopami arī tālu no to izcelsmes vietām, visbiežāk kā oļi un akmeņi pludmalēs un upju krastos.

Lielākā daļa no krama oļiem ir labi noapaļoti, un to forma norāda uz ūdens aktīvu ietekmi, pārvietojot šos oļus. Šajā procesā sākotnēji visai neregulārās krama konkrēciju formas ir ieguvušas oļu frakcijas vai nelielu akmeņu izmērus un visbiežāk ovālu formu, savukārt pārējais materiāls ir ticis mehāniski sadrupināts un pakāpeniski šķīdis ūdenī, jo smilšu un aleirītu frakcijās krama graudiņi ir sastopami ļoti reti (Dornbusch *et al.*, 2004). Lai arī krama mehāniska noturība pret dēdēšanu ir augsta, tomēr tas salīdzinoši viegli

pārklājas ar dažādu oksīdu veidotu patīnu, izbalē, kļūst porains, necaurspīdīgs, zaudē cietību un tad ļoti viegli mehāniski sabrūk (Curry, 2011).

Atzīmējams, ka krama izplatība un sastopamība dabā ir aktuāla arheoloģijā, un šai tēmai veltīti vairāki reģionāli pētījumi. Arheoloģiskās ievirzes pētījumos bieži tiek izmantoti pieejamie dati, kas iegūti reģiona ģeoloģiskajos pētījumos, kā arī iepriekš veiktos arheoloģiskos pētījumos. Lielākoties tie ir publicēti vietējos izdevumos, kas apgrūtina iespējas veikt plašākus salīdzinājumus. Šādos pētījumos visbiežāk kramu raksturo vizuāli, apraksta tā atrašanos dabā ģeogrāfiski un ģeoloģiski, taču detalizācijas pakāpe ir atšķirīga un atkarīga no pētījuma mērķa, atbilstoši ietverot makroskopiskus, daudz retāk arī fizikālus, petrogrāfiskus vai ķīmiskā sastāva novērtējumus. Minētās ievirzes pētījumi ir veikti, piemēram, Bulgārijā (Gurova *et al.*, 2014), Rumānijā (Crandell, 2014), Ungārijā (Szakmány *et al.*, 2011), Polijā (Dmochowski, 2006; Waş, 2006), Lietuvā, Ukrainā, Baltkrievijā, (Baltrūnas *et.al.*, 2006a, 2006b), Somijā, Igaunijā (Kinnunen *et.al.*, 1985; Jussila *et.al.*, 2012), Dānijā (Becker, 1959), Lielbritānijā (Wickham-Jones, Collins, 1977; Mortimore 2012), Spānijā (Tarriño Vinagre, 2006; Natividad Fuertes-Prieto *et.al.*, 2014). Veikti pētījumi arī par plašākiem reģioniem, piemēram, Skandināviju (Högberg, Olausson, 2007; Högberg *et.al.*, 2012), ZA Eiropu (Jussila *et.al.*, 2012), Karpatu kalnu reģionu (Mester, 2013), Augšvolgas reģionu (Zhilin, 1997), un pieejamas atsevišķas publikācijas un publiskas datu bāzes par vēl plašākiem reģioniem, piemēram, visu Eiropu (Shepherd, 1994; Elburg, Kroft, 2008; Duke, Steele, 2010; Biró, 2011), kur pētnieki ir apkopojusi krama un citu akmens laikmetā izmantoto akmens materiālu ģeogrāfisko izplatību, kas bijis pieejams rīku gatavošanai aizvēsturē. Šie pētījumi atspoguļo, ka krams un citi akmens laikmetā izmantotie izejmateriāli akmens rīku gatavošanai iegūti vai potenciāli bijuši pieejami arī mūsdienu Šveices, Austrijas, Vācijas, Čehijas, Slovākijas, Francijas, Itālijas, Portugāles un citās teritorijās. Tomēr šādus apkopotus datus ir iespējams un nepieciešams papildināt un uzlabot, jo dēļ atšķirīgās informitivitātes un fragmentārā rakstura, joprojām tie vairāk raksturojami kā orientējoši. Kā kvalitatīvs izejmateriāls akmens laikmeta rīku gatavošanai tiek izcelts Eiropas ziemeļrietumos (Britu salās, Dānijā, Nīderlandē, Beļģijā, vietām arī Vācijā) sastopamais krams, kas atrodas tieši vāji saistīta kaļķakmens (kaļķa jeb citviet arī krīta) slāņos. Tas parasti ir melns vai tumši pelēks, taču oļu un grants materiāls atspoguļo plašu krāsu variāciju no balta līdz melnam, un sastopami krami brūnos un sarkanbrūnos, dzeltenī brūnos toņos, kas norāda uz dzelzs trīsvērtīgo oksīdu veidošanos uz krama eksponētās virsmas. Citus toņus krama virsmai nereti piešķir arī mangāna oksīda un hematīta klātbūtne (Cressman, 1962). Eiropas ziemeļaustrumu reģionā atzīmējamas akmens laikmeta krama ieguves vietas Polijā, Lietuvas dienvidos un Baltkrievijā (Waş, 2006; Sieveking, Newcomer, 2012; Stefanski, 2012), kā arī Viduseiropas austrumu reģionu krams Ungārijā, Slovākijā, Ukrainā, Polijā, Rumānijā, Bulgārijā (piemēram, Gurova, 2011; Sieveking, Newcomer, 2012; Mester, 2013). Cits reģions, kas izceļams ar rīkiem piemērota krama iegulām, ir Viduseiropa – mūsdienu Francijas teritorijā (Shepherd, 1994), kā arī atsevišķi Spānijas reģioni (Capote *et.al.*, 2008).

Tomēr kopumā iepriekš minētie pētījumi liecina, ka krams ir plaši izplatīts iezis un bijis pieejams sencilvēkiem lielākajā Eiropas daļā, tomēr tā kvalitāte vērtējama kā visai atšķirīga attiecībā uz iespējām no tā izgatavot rīkus.

### 2.2.3. Krama īpašības

Silikātiestu novērtēšana un klasifikācija balstās uz to raksturīgajām īpašībām, kas attiecināms arī uz kramu. Tomēr vērā ņemamas ir ievērojamās šo īpašību dabiskās

variācijas atkarībā no krama veidošanās apstākļiem un sekundārām dēdēšanas ietekmēm (2.1. tabula).

2.1. tabula. Raksturīgas krama īpašības  
Table 2.1. Flint characteristic properties

Īpašība	Īss raksturojums
Svītras krāsa	Balta.
Skaldnība	Nav izteikta, tas plīst visos virzienos.
Lauzums	Raksturīgs gliemežnīcas jeb stiklveida laužums, pēc kura kramu ir salīdzinoši viegli noteikt, tomēr var tikt sajaukts ar citiem slēptkristāliskiem iežiem.
Cietība pēc Mosa skalas	7. Nereti ir zemāka (pat 4,5-5) un ir atkarīga no sastāva, piemaisījumiem, graudu izmēra, atsevišķiem ieslēgtiem graudiem, plaisainības, porainības un ūdens satura.
Spīdums	Stikla spīdums svaigi atskaldītai virsmai. Tomēr spīdums ir atkarīgs no virsmas īpašībām, graudu lieluma, punktvēda korozijas, arī ķīmiskā sastāva, oksidācijas u.c. veida virsmas ietekmes, kā rezultātā krama spīdums var būt arī matēts, zīdains, taukains, perlamutra vai vaska.
Krāsa	Atkarībā no ieslēgumiem un piemaisījumiem variējoša – var būt toņos no balta līdz melnam un no krēmkrāsas līdz tumši brūnam, taču ir sastopamas arī dažādas nokrāsas – zila, violeta, zaļa, sarkana, dzeltena un citas.
Caurspīdīgums	Mainīgs un to ietekmē graudu izmērs, ieslēgumi, piemaisījumu daudzums un izplatība un pētītā parauga biežums. Lauka apstākļos vispārīgi to nosakot – aplūkojot objektu pret spožu gaismu, gandrīz vienmēr tiks atzīmēts, ka krams ir necaurspīdīgs. Lauka apstākļos šo īpašību novērtējot atšķilāi, tā ir atšķirīga un atkarīga no atšķilās biežuma (plāna – vāji caurspīdīga, bieža – daļēji caurspīdīga).
Blīvums	Visbiežāk ir robežās 2,5-2,7 g/cm <sup>3</sup> , bet porainos un plaisainos, arī dēdējušos paraugos var būt ievērojami zemāks – līdz pat 1,3 g/cm <sup>3</sup> .
Struktūra (kristālu forma un izmērs)	Kramā ietverta kvarca kristālu izmērs sīkkristāliskā kramā parasti ir robežās 5-20 μm. Šāds kvarcs ir polihedrāls, no regulāras līdz pagarinātam formām, un cieši sakļaujas ar apkārtējiem graudiem. Slēptkristāliskās struktūras pārkristalizācijas formas no amorfas uz sīkkristālisku ir sarežģītas. Atkarībā no kristālu daudzuma un citām pazīmēm tiek izdalīti vairāki desmiti dažādi silīcija dioksīda minerāli un ieži – opāls, halcedons, krams, jašma, u.c.
Virsmas faktūra (struktūra)	Pēc taustes var tikt raksturota kā raupja, gluda vai daļēji gluda un ir saistīta ar graudainību.
Tekstūra	Tekstūra visbiežāk nav izteikta, tomēr reizēm konkrēcijās atspoguļojas vājas stratifikācijas pēdas, kas sakrīt ar tām, kas ir ietverošajā kaļķakmenī.
Fosilijas	Bieži krams satur fosilijas, visbiežāk pārkaļķotas vai silificētas. Īpaši daudz ir mikrofosiliju.
Patina, garoza	Viegli skābā vidē veidojas noturīga patina, vairākkārtīgi mainoties mitruma režīmam var veidoties noturīga garoza. Patinai un garozai var būt atšķirīga krāsa, biežums, garozai arī vairākas atšķirīga sastāva un krāsas kārtas.
Reakcija uz skābi	Pārbaudēs nereaģē uz skābēm, izņemot fluorūdeņražskābi. Ilgstoši atrodoties skābā vidē krams šķīst.
Fluorescences īpašības	Kramam piemīt fluorescences īpašības kā dzeltenī oranži refleksi viļņu garuma intervālos 100-280 nm un 315-400 nm.
Smarža	Trieciena rezultātā, kramu sitot pret kramu vai cietāku iezi, ir jūtama kramam raksturīga deguma smarža.

Pēc Cressman, 1962; Shepherd, 1972; Kinnunen *et al.*, 1985; Brandl, 2010; Götze, 2010; Perry, Lefticariu, 2014.

Iepriekšējos pētījumos veikto ķīmisko analīžu dati liecina, ka krams pamatā sastāv no silīcija dioksīda SiO<sub>2</sub>, taču izdalāmi arī citi ķīmiskie pamatelementi un mikroelementi,

kuru klātesamība un daudzums var kalpot par indikāciju krama ģenēzes vērtēšanā un krama avotu lokalizācijai. Tāpēc krama sastāva pētnieki (piemēram, Baltrūnas *et al.*, 2006b; Hughes *et al.*, 2010, 2011; Högberg *et al.*, 2012) blakus silīcija dioksīdam raksturo tādus ķīmiskos elementus un to oksīdus kā  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{Cl}$ , I. Ievērojami retāk ir tikuši analizēti arī citi ķīmiskie elementi, tomēr to masas daļas sastāvā ir ļoti mazas un tie analizēs ir konstatēti sporādiski.

Izplatītākie piemaisījumi un ieslēgumi kramā ir māli, karbonāti, dzelzs, magnija oksīds, dzelzs sulfīts un organiski ieslēgumi, nereti kā ieslēgums ir arī ūdens, kura daudzums var sasniegt pat 1%. Kramā bieži ir sastopami arī neorganiski ieslēgumi un tie visbiežāk ir smagie minerāli kā, piemēram, granāts, turmalīns, vizla un citi. Minētie piemaisījumi var atrasties amorfā krama masā, kā arī ieslēgti kvarca graudos un to kristālu defektos galvenokārt kā aizvietojošs materiāls. Tiek pieņemts (piemēram, Cressman, 1962), ka lielākā daļa krama ieslēgumu ir veidojušies diaģenēzes procesa laikā.

Kopumā minētais norāda, ka dabā ir sastopama ļoti plaša krama un kramiežu daudzveidība, un ir vairāki aspekti, kas apgrūtina to klasifikāciju, grupēšanu un pat raksturošanu. Kramam kā nogulumiezim raksturīgs nepatstāvīgs ķīmiskais sastāvs un arī fizikālās īpašības, un tās nosaka daudzi faktori, kas attiecas ne tikai ieža veidošanās, bet arī vēlākām izmaiņām, tajā skaitā eksponējoties vidē, padarot šos dabiskos silikātus par problemātiskiem mūsdienu zinātniskos pētījumos (DeMaster, 2003; Bustillo 2010). Rezultātā krama ieži savstarpēji ir grūti tieši salīdzināmi, izmantojot tradicionālās fizikālo un ķīmisko analīžu metodes. Tomēr tas ir nepieciešamas akmens laikmeta arheoloģiskos un kultūrvēstures pētījumos.

#### 2.2.4. Krama veidošanās

Lai arī vienota detalizēta krama klasifikācija nav izstrādāta, tomēr ir zināmas vairākas klasifikācijas, kuras izstrādātas teritorijām, kur kramam ir kāda īpaša nozīme ģeoloģiskos vai arheoloģiskos pētījumos (piemēram, Kinnunen *et al.*, 1985; Xu *et al.*, 1998; Mortimore, 2001; Högberg,; Olausson, 2007). Dažas no tām, blakus makroskopiski atpazīstamām un ar vienkāršotām metodēm nosakāmām īpašībām, kā papildus klasificēšanas pazīmi iekļauj krama ģenēzi (Götze, 2010). Kramam var būt biogēna vai neorganiska izcelsme (DeMaster, 2003; Lee, 2007; Bustillo, 2010), un minētās grupas ir raksturotas, pieņemot, ka sedimentogēns krams ir primārs, bet krama konkrēcijas – sekundārs veidojums (skaidrojot to ar aizvietošanas mehānismiem). Agrāk veiktos pētījumos tika pieņemts (Shepherd, 1972; Clayton, 1984), ka lielākā daļa krama vai pat viss zināmais krams ir veidojis tieši no silikāta nogulsniem okeāna gultnē, tomēr mūsdienu pētījumi liecina, ka šādi ir veidojies salīdzinoši neliels krama daudzums, no tā, kas saglabājies līdz mūsdienām. To neapstiprina arī kramā iekļautās fosilijas (Smith, Batten, 2002; Madsen, Stemmerik, 2010). Minētajos agrākajos pētījumos krama veidošanās process raksturots, izšķirot pirmskembrija sedimentogēnu kramu un fanerozoja sedimentogēnu kramu (Perry, Lefticariu, 2014). Tomēr šī grupēšana attiecināta nevis uz karmu kā iezi, bet uz kramiežiem kopumā, un tādējādi netuvināja izpratni par paša krama veidošanās apstākļiem un nosacījumiem, kas ietekmē tā saglabāšanos dabā hipergēnajā zonā. Turpmākie pētījumi krama veidošanās procesu apzināšanā šo dalījumu neapstiprina, jo tikai atsevišķos gadījumos tos ir iespējams pietiekoši viennozīmīgi noteikt. Tajā pašā laikā tika noteikts, ka abu grupu sedimentogēniem var būt gan biogēna, gan neorganiska izcelsme, bet vienlaicīgi atzīmēts, ka nospiedošā daļa krama ir veidojusies abu procesu mijiedarbībā, kurā pēc paša krama ieža pētījumiem lielākoties nav iespējams noteikt dominējošo krama veidošanās procesu (Cressmann, 1962; Stefurak *et al.*, 2014).



Tiek pieņemts, ka izšķīduša silīcija koncentrācija pirmskembrija okeānos, pirms silīciju izdalošu organismu parādīšanās, kas raksturīgi fanerozoja eonai, bija par kārtu lielāka, savukārt izšķīduša silīcija dioksīda koncentrācija mūsdienīgu okeānos ir ļoti maza, un tajos nav iespējama silīcija dioksīda izgulsnēšanās neorganiski. Zemo silīcija dioksīda koncentrāciju ietekmē okeāna organismi, kas izmanto silīciju no ūdens kā materiālu skeletu vai to daļu veidošanai. Lielākoties tās ir radiolārijas un silīciju sekrētējoši sūkļi, kas zināmi jau no kembrija perioda, kā arī planktona kramaļģes, kas sākotnēji parādījušās krīta periodā. Tādēļ arī viens no uzskatiem ir, ka krama konkrēciju veidošanos var skaidrot ar bagātīgu biogēna amorfa silīcija dioksīda klātbūtni sākotnējās nogulās un sekojošu silīcija koncentrēšanos diaģenēzes procesā, un tādējādi var veidoties krama konkrēcijas. Tomēr literatūrā nav viennozīmīgas atbildes, kāpēc, kur un kā telpiskā aspektā šādas konkrēcijas sākotnēji veidojas (Siever, 1962; Williams *et al.*, 1985), jo ievērojama to daļa mainīgos sedimentācijas vides apstākļos nesaglabājas un amorfā silīcija viela šķīst un tiek iznesta. Lai arī reti, tomēr ir sastopami nogulumieži, kurus galvenokārt veido kramaļģes un tos sauc par diatomītu (*diatomite*) vai par kīzelgūru (*diatomaceous earth*), ja tie ir irdeni. Savukārt, ja diaģenēzes procesā veidojas masīvs diatomīta iezis, tad to sauc par diatomīta kramu, bet vienkāršākos ģeoloģiskos pētījumos – par kramu. Līdzīgi krams, kas satur atpazīstamas radiolāriju fosilijas, tiek saukts par radiolāriju kramu (*radiolarian flint*). Nereti šie apzīmējumi tiek lietoti pētījumos (Brandl, 2010; Gotze, 2010), lai izšķirtu un apzīmētu kramu, kurā galvenokārt ir konstatētas tās vai citas organiskās atliekas, bet kopumā šos kramiežus vai šādu kramu saturošus iežus apzīmē ar plašas lietojuma nozīmes terminu - biogēnais krams (DeMaster, 2003). Tomēr jāatzīmē, ka biogēns krams var veidoties arī tuksnešu un pustuksnešu apstākļos, kur virskārta periodiski tomēr tiek dabiski mitrināta (Cressmann, 1962).

Attiecībā uz silikātu ģeoķīmiju un vielas aprites skaidrojuma kontekstu ir zināms (Heaney *et al.*, 1994a), ka kvarca jeb silīcija dioksīda šķīdība ūdenī ir ļoti zema, taču tā eksponenciāli palielinās pie vides reakcijas sākot no 8 pH vienībām, turklāt līdzsvara sasniegšana notiek ļoti lēni. Amorfa silīcija dioksīda šķīdība ir nedaudz vairāk nekā par kārtu augstāka un līdzsvara sasniegšana, kaut arī ir lēna, tomēr ir daudz ātrāka nekā kvarcam. Istabas temperatūrā un normāla atmosfēras spiediena apstākļos, amorfs silīcija dioksīds ir metastabils (attiecībā uz kristālisko formu, t.sk. kvarca kristālu veidošanos), tādēļ no pārsātinātiem šķīdumiem veidojušies izgulsnējumi ir amorfs silīcija dioksīds. Kvarca kristālu struktūras veidošanās pie istabas un zemākas diennakts temperatūras notiek ļoti lēni un aizņem vismaz vairākus gadus, tādēļ šķīdumi, kas ir nepiesātināti attiecībā uz amorfu silīcija dioksīdu (bet pārsātināti attiecībā uz kvarcu) paliek stabili ļoti ilgstoši. Šajā laika posmā hiperģenēzes apstākļos regulāra parādība ir sezonālas temperatūras un vides reakcijas maiņas poru ūdeņos iežos, un šādos jaunajos apstākļos amorfa silīcija dioksīda viela viegli izšķīst un migrē.

Izšķīduša silīcija dioksīda koncentrācija upēs, strautos un ezeros ir dažas desmitdaļas uz miljonu. Šādā vērtību diapazonā koncentrācijas ir arī gruntsūdeņos, lielāka silīcija dioksīda koncentrācija ir dziļākos pazemes ūdeņos. Silīcija dioksīda avoti šķīdumos ir izdēdējuši silikātu minerāli, termāli avoti, izšķīdis amorfs silīcija dioksīds. Pamatā tiek pieņemts, ka lielākā daļa izšķīduša silīcija dioksīda rodas no silikātu minerālu dēdēšanas. Savukārt attiecībā uz krama konkrēciju veidošanos līdzšinējos pētījumos (Lollar, 2005) norādīti divi galvenie to veidošanās nosacījumi. Gadījumos, kad krams veido tikai nelielu daļu no kopējā ieža masas, tiek pieņemts, ka silīcija dioksīds, kas veido konkrēcijas, ir atradies nogulumu veidošanās laika sedimentos un šādas konkrēcijas ir veidojušas diaģenēzes procesu gaitā. Savukārt, ja krams veido lielāko daļu no ieža apjoma, tad drīzāk tas veidojies no silīcija dioksīdu saturošu šķīdumu pienesuma pēc nogulumu veidošanās,

tam izplatoties pa porām, un var tikt saistīts arī ar ģeotermāliem un vulkāniskiem procesiem.

Kopumā krama un kramiežu veidošanās izpētē jaunu pārliecinošu ģeoloģisku skaidrojumu vēl nav, jo mūsdienīgas kvalitātes sedimentoloģiski pētījumi pagaidām vēl nav veikti attiecībā uz šo visai savdabīgo silikātu veidojumu.

### 2.2.5. Latvijā un Baltijas valstīs sastopamais krams

Arheoloģiskos pētījumos svarīgi ir apzināt tuvumā esošos iespējamus izejmateriālus rīku izgatavošanai un, ja ir zināms reģionā atrodamais iespējamais izejmateriāls, tas var tikt salīdzināts ar artefaktu, un tādējādi var mēģināt lokalizēt atraduma izejmateriāla ieguves vietu. Jo precīzāk ir raksturots iespējamais izejmateriāls, jo lielāka iespēja to salīdzināt ar atradumiem nākotnē, un tas ir viens no papildus ieguvumiem izejmateriālu lokalizācijas pētījumos (Bakken, 1999).

Līdzšinējie pētījumi attiecībā uz krama iespējamo aizvēstures atradņu lokalizāciju ir vienkāršoti, pieņemot par meklējamo objektu kramu ar kādu vidējotu sastāvu un nereti nerēķinoties ar apkārtējo reljefu, tehniskām iespējām pārvietot noteiktus izejvielu daudzumus, iegūt no zemes dziļēm kramu neadekvāti lielā dziļumā vai caurkot cietus un masīvus iežu slāņus. Tā krama lokalizācijas pētījumos par to izejas datiem tiek pieņemti reģionāli ģeoloģiski pārskata pētījumi un konkrēti krama artefakti no arheoloģisko izrakumu laukumiem, pieņemot, ka vērtētais paraugs ir tipisks, raksturīgs, un šādā paraugā konstatētās fizikālās īpašības un ķīmiskais sastāvs ir izmantojams plašākā kontekstā (Baltrūnas *et al.*, 2006b; Högborg, Olausson, 2007; Gurova, 2011; Högborg *et al.*, 2012). Tādēļ nav pārsteidzoši, ka tikai ļoti retos gadījumos ir izdevies droši novērtēt izejvielu avotus akmens rīku pagatavošanai aizvēsturiskajos laikos (Cunliffe, 2001).

Baltijas valstīs raksturīgā ģeoloģiskajā griezumā krams ir sastopams, sākot ar ordovika kaļķakmeņiem, lai gan atsevišķi graudiņi zināmi arī senākos nogulumiežos. Visvairāk krams sastopams devona karbonātaiežos un Lietuvas dienvidos krīta, paleogēna un neogēna vecuma terīgēnajos iežos. Tikai retos gadījumos krams sastopams jaunākos kvartāra nogulumos (Baltrūnas *et al.*, 2006a; Kriiska *et al.*, 2011; Dēliņa, 2012; Zariņa, Segliņš, 2014l).

Latvijas dabā ļoti gaiši dzeltenas un pelēkas nokrāsas krams visbiežāk ir sastopams pamatiežu dolomītos kā krama ieslēgumi un konkrēcijas, kramoti karbonātiežu joslojumi, pleķaini bagātināšanās ieslēgumi tajos (Zariņa, Segliņš, 2014l). Lai arī krama daudzums ieziņi vietām ir augsts (līdz 95%, piemēram, Ventas stāvkrastos no Šķerveļa līdz Kuldīgai), tie ir maz piemēroti akmens rīku pagatavošanai to augstās plaisainības un īpašību neviendabības dēļ pat vienas atlūzas ietvaros. Vēl mazāk piemērots izejmateriāls rīku pagatavošanai ir krams no Pļaviņu svītas dolomītiem Apes apkārtnē, kur tā kvalitāti nosaka ievērojamais bagātinājums ar silikātiem, kas tomēr ir zema līdz pat nepiemērotai darbarīku pagatavošanai (Zariņa *et al.*, 2015e). Reti krams ir sastopams arī ledāja veidotās morēnās kā atsevišķi no ziemeļiem nesti oļi un atlūzas. Visbiežāk tas ir pelēcīgs, retāk ar sarkanīgiem lāsmojumiem un neregulārām joslām. Arī šis krams ir ļoti trausls, tas ir bagāts ar mikroplaisām un pie trieciena sadrūp, ne vienmēr veidojot šķēpeles. Augstākas kvalitātes krama materiāls zināms Igaunijā, bet šeit ordovika kaļķakmeņos, tāpat silūra karbonātiežos, krama oļi pelēkā, brūnā vai dzeltenīgā krāsā ir nelielu izmēru, un tiek pieņemts, ka lielākā daļa seno kramu rīku iegūti, apstrādājot kvartāra nogulumos ieslēgtos oļus, kuru sākotnējā iegulumu vieta ir bijusi Somijas dienvidos (Kriiska *et al.*, 2011). Lietuvā tiek pieņemts, ka vairums rīku ir gatavoti no vēlā krīta, vēlā devona, kā arī kvartāra nogulumos atrodamiem krama un citu silikātiežu oļiem. Savukārt citi pētnieki par

piemērotiem rīku gatavošanai uzskata arī krama konkrēcijas, kas visai izplatītas Lietuvas dienvidos juras, paleogēna un pat neogēna nogulumos (Baltrūnas *et al.*, 2006a).

Apzinātais kolekciju materiāls un pētīto krama paraugu kvalitāte nenorāda, ka tas var kalpot par izejvielu avotu augstvērtīgu krama rīku iegūšanai. Vairumā gadījumu tiek pieņemts, ka krams ir atrasts upju vai baseinu piekrastē un izvēlēts par noderīgu darbarīku izgatavošanai, taču lielākā krama izejvielu daļa ir tikusi iegūta maiņas ceļā no reģioniem, kas ir bagāti ar kramu – mūsdienu Polijas dienvidi, Ukraina, Vācija, Dienvidlietuva, Baltkrievija (Baltrūnas *et al.*, 2006a; Kriiska *et al.*, 2011; Zagorska, 2012). Tomēr tie ir pieņēmumi, jo līdz šim nav zināmi droši krama cilmes vietas rādītāji.

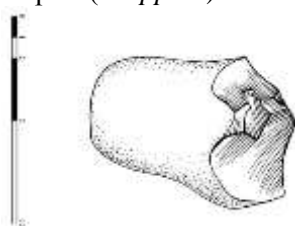

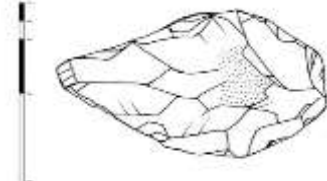

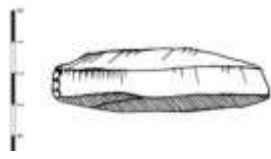

### 2.3. Galvenās pielietotās akmens apstrādes tehnoloģijas paleolītā

Viena no galvenajām pētījumu jomām arheoloģijā saistībā ar akmens rīkiem ir akmens apstrādes pētījumi, kas attiecas uz plašu paņēmienu klāstu, kā no izvēlēta izejmateriāla izgatavot rīkus.

Apstrādes tehnoloģijas pētījumi tradicionāli balstās uz eksperimentālo arheoloģiju (1.3. nodaļa) un ietver dažādu apstrādes tehnoloģiju un iespējamo apstrādes galaproduktu pārzināšanu. Tomēr tie norāda, ka uzmanība tiek pievērsta arī izejmateriāla atpazīšanai, tā struktūras, viendabības un citu makroskopisku pazīmju novērtēšanai, plīšanas īpašībām, tāpat iespējamā izejmateriāla izmēra, proporciju un formas atbilstībai vēlamā rīka pagatavošanai (piemēram, Andrefsky, 2001; Odell, 2006; Högberg, Olausson 2007). Visbiežāk krams tiek pārbaudīts arī pēc skaņas, piesitot ar citu krama gabalu un nosakot, vai skaņa ir dzidra vai atskan dobji, tādējādi liecinot par ieslēgumiem un struktūras neviendabīgumu (Turner, 2013). Minētais saistīts ar pazīmju kopuma apzināšanu, kas raksturīgs noteiktas izcelsmes un kvalitātes kramam un būtu lietojams gan dabā, izvēloties materiālu, gan novērtējot transportēšanas vai maiņas ceļā iegūtu ne vietēju materiālu.

Sākotnējais pētījuma objekts ir arheoloģisks akmens materiāls, no kura tiek veiktas retrospektīvās rekonstrukcijas gan attiecībā uz iespējamo pielietoto tehnoloģiju, gan sākotnējo izejmateriālu (piemēram, Sieveking, Newcomer, 2012; Mączyński, 2014). Akmens rīku atradumi dažādās pabeigtības stadijās – no nedaudz apstrādātiem rīkiem vai tikai atlasītiem izejmateriāliem līdz pabeigtiem darbarīkiem vai brāķiem – palīdz spriest par krama apstrādes tehnoloģiju. Līdzšinējie pētījumi ļāvuši rekonstruēt krama apstrādes tehnoloģijas attīstību, kas saskan ar galveno paleolīta posmu dalījumu un mezolīta sākumu (Barnard, 2012). Pētījumā aplūkoti tehnoloģisoo prasmju pavērsieni ir attēloti 2.1.attēlā.

Jāatzīmē, ka pamatā 2.1.attēlā norādītajam bijusi zināšanu un prasmju attīstība, kas raksturojama ar vairākām svarīgām tehnoloģijas inovācijām, piemēram, ar laiku akmens apstrādē tika izmantots ne tikai akmens (cietā, tiešā apstrāde – akmens pret akmeni), bet arī rags, kas ir mīkstāks un nosaka atšķirīgus fizikālos spēkus, kas rodas apstrādes procesā (mīkstā, netiešā apstrāde jeb akmens apstrādāts ar ragu). Pēdējais saistāms ar vienu no nozīmīgām rīkus raksturojošām pazīmēm – malu apstrādi jeb retušu, kas arī saistās ar dažādu īpašu apstrādes tehnoloģiju pielietošanu (t.s., spiediena tehnoloģija). Ar laiku tika apgūta arī akmens materiāla termiskā apstrāde, kas atviegloja apstrādes iespējas, kā arī tika izgatavoti salikti rīki, piemēram, bultas, harpūnas, šķēpi – tie apvieno dažādus materiālus un vairākas atšķirīgas sastāvdaļas.

Periods	Rīka tips	Īss apraksts
Senais paleolīts	<p>Čoperi (<i>choppers</i>)</p> 	Apskaldot pilnveidota dabiska iežu forma, no oļiem vai nelieliem akmeņiem, veicot atsevišķus nošķēlumus. Apskaldīta tikai viena vai dažas puses.
	<p>Atšķilas (<i>flakes</i>)</p> 	Mēģinājumi iegūt noderīgas atšķilas. Atšķilu formas var tikt pielabotas un noasinātas ar papildus malu apstrādi.
	<p>Atšķeļot veidoti rīki (<i>flaked tools</i>)</p> 	Rūpīgi apstrādātas dabiskas formas – ar vairākiem apskaldījumiem, iegūstot vēlamo formu, kam bieži piemīt izteiktas simetrijas īpašības.
Vidējais paleolīts	<p>Levallois šķilas (<i>Levallois flakes</i>)</p> 	Izejmateriāls tiek īpaši apstrādāts ar noteiktiem atšķēlumiem, lai galarezultātā iegūtu noteiktas formas šķilu.
Vēlais paleolīts	<p>Nažveida šķilas (<i>blades</i>)</p> 	Izejmateriāls tiek īpaši apstrādāts ar noteiktiem atšķēlumiem, lai galarezultātā iegūtu noteiktas formas nažveida šķilas, ko raksturo forma, kas garumā vismaz divas reizes pārsniedz platumu, un garākās malas ir vairāk vai mazāk paralēlas.
	<p>Mikrolīti (<i>microliths</i>)</p> 	Atšķilas tiek īpaši apstrādātas, lai iegūtu mazas (1-3 cm) daudzveidīgu, taču noteiktu formu šķilas.

D.Zariņas ilustrācijas pēc Parīzes Nacionālajā Arheoloģijas muzejā eksponētiem tipveida rīku oriģināliem.

2.1. attēls. Pētījumā aplūkotie tehnoloģisko prasmju pavērsieni krama apstrādē paleolītā.  
Figure 2.1. In the study assessed technological innovations of flint processing in the Palaeolithic.

Kopumā akmens apstrādes tehnoloģija ataino cilvēku prasmju un zināšanu attīstību, pārmantojamību, kognitīvās uztveres darbības spējas un īpatnības. R. Bērns (Byrne, 2004) pētījumā norādījis vairākus aspektus, kas ietekmē rīku gatavošanas procesu – precizitāte apstrādē, noteikts mērķis, abu roku dažāda izmantošana, regulāra un secīga plānošana, pakāpeniska un koriģējoša darbību secība, augsta individuālā manuālās smadzeņu puses nodarbināšana, vienas rokas attīstīšana u.tml. Citi veiktie pētījumi norāda uz saistību starp valodas attīstību un tādām apstrādes īpatnībām kā, piemēram, atšķelumu skaits, noteiktas secības ievērošana, sagataves izveidošana (piemēram, *Levallois* tehnika), palīgrīku izmantošana (piemēram, raga izmantošana, lai apstrādātu akmeni), funkcijas secīga izpilde, specializēti rīki – katram no šiem etapiem ir nepieciešami un pietiekami nosacījumi attiecībā uz valodas attīstību (Dibble, 1989; Pope *et al.*, 2006; Nowell, Davidson, 2010).

Vienlaicīgi pētījumi norāda, ka apstrādes tehnoloģija ir ļoti svarīgs rīku analīzi un klasifikāciju ietekmējošs faktors, tomēr šajos pētījumos nav iegūstams priekšstats par individuālu izvēli un tās pamatotību rīka gatavošanas procesā, veicot konkrētos atšķelumus. Tādēļ disertācijas izstrādes laikā autore apmeklēja Britu muzeja eksperimentālās arheoloģijas sesiju, kur, apvienojot akadēmiskas zināšanas par pētniecības priekšmetu un praktisku apmācību, tika iegūtas jaunas prasmes un zināšanas (Zariņa, Segliņš, 2015c), kā arī gūti dažādi skaidrojumi iepriekš pieminētā apstrādes procesa interpretācijai. Sesijā apstiprinājās, ka krama apstrādes meistari seko noteiktām procedūrām dažādu rīku gatavošanai. Tā, uzsākot eksperimentu, zināmās krama ieguves vietās tiek ievākts izejmateriāls. Tas nozīmē, ka no pieejamā materiāla tiek izvēlēts potenciālais izejmateriāls rīkiem atbilstoši to transportēšanas iespējām (izmērs, apjoms) un vienlaikus novērtēta arī kvalitāte vizuāli (struktūra, viendabīgums, krāsa, forma) un pēc skaņas. Turpmāk, ņemot vērā vēlamā rīka specifiku un attiecīgi pielietojamo tehnoloģiju, tiek atšķeltas dažāda izmēra un formas atšķilās. Sekojošas apstrādes rezultātā tiek iegūts akmens laikmeta rīkam līdzīgs priekšmets, kas turpmāk var tikt lietots eksperimentālās arheoloģijas vai citiem mērķiem.

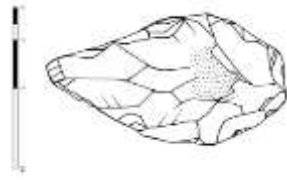
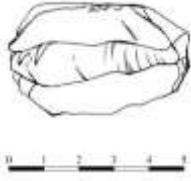



Lielākā daļa iepriekšminēto visai subjektīvi vērtēto pazīmju var tikt novērtētas kvantitatīvi, lietojot analītiskas metodes, tādējādi paplašinot iespējas iegūt datus par akmens laikmetā lietotā materiāla izvēles kritērijiem. Daļa no minētajām pazīmēm jau ir tikušas aplūkotas pētījumos šādā aspektā (piemēram, Crandell, 2006; Högberg, Olausson, 2007), taču citu pazīmju mērījumus ir nepieciešams papildināt. Šie pētījumi saistāmi ar atšķilū formas novērtējumu apstrādes procesā un ar dabā sastopamo krama formu un veidu analīzi, ietverot morfoloģiskas pazīmes, kas ir noteicošas piemērota izejmateriāla izvēlē un kuras ietekmē pieejamā akmens materiāla resursa specifika – daudzums, kvalitāte, izmēri.

## 2.4. Raksturīgākie akmens rīki paleolītā

Akmens laikmeta artefaktu kolekcijas ietver gan rīkus, radītus noteiktu funkciju veikšanai, gan akmens apstrādes pārpalikumus, kā arī oļus, akmeņus, akmens plātnes un citas dabas formas, pielāgotas kā rīku gatavošanai, tā pārtikas vai pigmentu sagatavošanai, un kopumā attiecināmas uz sadzīvīsku jeb utilitāru izmantojumu. Arheoloģijā tiek izmantota tradicionāla standarta rīku klasifikācija, kas sākusi veidoties un attīstīties 20.tajā gadsimtā (Cook, Martingell, 1994; Cunliffe, 2001). 20.gs. piecdesmitajos gados franču arheologs F. Bordes izveidoja klasifikācijas shēmu ar 63 dažādiem rīku tipiem, kas balstījās uz viņa novērojumiem par dienvidrietumu Francijas vidējā paleolīta rīkiem. F. Bordes sagrupēja rīkus piecās kategorijās, balstoties uz katra tipa rīku procentuālo daudzumu atradumu kopā, un piedāvāja, kā šādas grupas reprezentē piecas kulturāli atsevišķas ciltis, kas dzīvoja reģionā, taču maz saskārās viena ar otru vairāku tūkstošu gadu garumā (Bordes, 1961). Diskusija par F. Bordes (1961) pieeju notiek vēl līdz šim, un pētījumi notiek dažādos kontekstos, piemēram, balstoties uz pieeju, ka rīku daudzveidība varētu atspoguļot dažādas funkcijas (piemēram, gaļas apstrāde, augu apstrāde), kur katrai izmantots pielāgots rīks (Binford, Binford, 1966). Pētnieki norāda, ka bieža rīku pielabošana pakāpeniski mainīja rīka oriģinālo formu, kā arī izejmateriāls un tā avots (vietējais vai nē) varēja ietekmēt apstrādi un rīka saglabāšanas un lietošanas ilgumu (Dibble, 1991). Plašākā nozīmē jāvērtē arī kopējās zināšanu un prasmju izmaiņas (Mellars, 1996). Šīs dažādās pētījumu hipotēzes, virzieni un interpretācijas liecina, ka klasifikācija ir nozīmīgs arheoloģijas rīks, kas ļauj salīdzināt un novērtēt kultūras, veidojot dažādas raksturīgu pazīmju kopas. Tomēr akmens rīku klasifikācija joprojām ir problemātiska, kas saistīts ar dažādiem kritērijiem, ko ir iespējams piemērot rīkiem, tos grupējot, un kas veido pārklājošas kopas. Tradicionāli rīki tiek klasificēti pēc to izejmateriāla – vietējais vai nē, izmantotā ieža īpašībām, izmantotās apstrādes tehnoloģijas, morfoloģijas un iespējamās funkcijas (piemēram, lietots vai nelietots, rīks vai apstrādes pārpalikums, lietošanas pēdas).

Ņemot vērā ievērojamo akmens laikmeta darbarīku daudzveidību, atšķirīgās pieejas to klasifikācijās un no tā izrietošo neviennozīmību, zināmo artefaktu skaitlisko daudzumu un šī pētījuma metodisko ievirzi, autore pētījumiem izvēlējās tikai dažus rīku tipus – tie ir dūrescirvji, kasīkļi, smaiļi, naži un mikrolīti. Lai izvairītos no pārpratumiem terminoloģijā, 2.2. attēlā sniegts izvēlēto rīku raksturīgs attēls, un sniegta to anotācija par pielietoto apstrādes tehnoloģiju un iespējamo funkcionalitāti, kā arī formas īpašībām, un norādīts raksturīgais akmens laikmeta posms, kurā atbilstošie rīki tikuši izmantoti.

Attēlā redzams, ka pētījumā iekļautie rīku tipi atspoguļo ievērojamas rīku savstarpējās atšķirības, un netieši tas norāda, ka tie ir atšķirami, pat ja to izmantošanas veids ne vienmēr ir pietiekoši droši zināms.

Rīku tips	Rīku tipa īss apraksts
Dūrescirvi (H)* ( <i>Handaxes</i> ) 	Divpusēji apstrādāts akmens materiāls vai no tā atšķelta atšķila, lai iegūtu pa perimetru nepārtrauktu asu malu. Dažas biežāk sastopamās formas bieži ir smailas, trīsstūrveida, mandeļveida, bet ir arī apaļas vai ovālas. Funkcijas droši nav zināmas, taču morfoloģija norāda uz plašu iespējamo pielietojumu. Rīki ir raksturīgi senajam paleolītam, taču, it īpaši mazākās formās, atrodami arī vidējā paleolītā. Promocijas darba pētījumā novērtējumos šajā tipā iekļauti arī čoperi atbilstoši senā paleolīta sākuma posmam (2.1.attēls).
Kasīkli (S) ( <i>Scrapers</i> ) 	Dažādu formu apstrādātas atšķilas vai nažveida šķilas, kas, domājams, kalpojušas skrāpēšanas jeb kasīšanas funkcijai. Ticams, ka speciāli neapstrādātas atšķilas, kas tiek klasificētas kā apstrādes pārpalikumi, arī varētu būt piemērotas un izmantotas šādu funkciju veikšanai. Tiek izšķirti dažādi skrāpju veidi atkarībā no apstrādāto malu pazīmēm un izvietojuma. Rīki tikuši izmantoti, sākot no senā paleolīta visā akmens laikmetā.
Smaļi (P) ( <i>Points</i> ) 	Atšķilu vai nažveida šķilu rīki, kuri ir smaili. Tie var būt smaili vienā galā vai divos pretējos galos. Atkarībā no formas un izmēra tie lietoti dažādiem mērķiem, piemēram, kā bultu uzgaļu, šķēpu uzgaļu, urbji u.c. Rīki parādās vidējā paleolītā un kopš tā laika ir bagātīgi sastopami akmens laikmetā.
Naži (K) ( <i>Knives</i> ) 	Atšķilu un nažveida šķilu rīki, ko raksturo forma, kas garumā vismaz divas reizes pārsniedz platumu, un tiem ir vairāk vai mazāk paralēlas garākās malas. Izmantoti griešanai. Rīki parādās vidējā paleolītā taču tipiski ir sastopami vēlajā paleolītā, līdz ar nažveidu šķilu tehnoloģijas attīstību, un sekojoši ir bieži sastopami akmens laikmetā.
Mikrolīti (M) ( <i>Microoliths</i> ) 	Mazas, parasti nažveida šķilas, kas tikušas papildus apstrādātas, iegūstot gan izteikti ģeometriskas, gan daudzveidīgas citas formas. Galvenā pazīme – rīki ir ļoti mazi – 1-3 cm. Tiem ir smalkas apstrādes pēdas, tādējādi tie atšķirami no apstrādes pārpalikumiem. Tiek izšķirti daudz un dažādi mikrolītu tipi, galvenokārt pēc formas, iespējamās funkcijas vai apstrādes tehnoloģijas pazīmēm. To funkcija nav zināma visos gadījumos, taču pieņemts, ka daļa izmantoti harpūnu, kaltu gatavošanai. Rīki parādījušies vēlajā paleolītā, taču īpaši raksturīgi mezolītā un neolītā.

\* Šeit un turpmāk apzīmējums ar lielo burtu tiek izmantots, lai apzīmētu attiecīgo rīka tipu.  
Rīku klasifikācijai izmantota Dž. Kukas (Cook, Martingell, 1994, III nodaļa, 30-42 lpp.) publikācija.  
D.Zariņas ilustrācijas pēc Parīzes Nacionālajā Arheoloģijas muzejā eksponētiem tipveida rīkiem.

2.2. attēls. Analīzei izvēlētie rīku tipi.  
Figure 2.2. Tool types selected for analysis.

### 3. Materiāli un metodes

Promocijas darba mērķa sasniegšanai tika izvirzīti vairāki uzdevumi, kas faktiski ir visai neatkarīgu pētījumu virzieni, kurus apvieno kopējā darba hipotēze, kas nosaka, ka ir iespējams novērtēt ģeoloģisko zināšanu palielināšanos akmens laikmetā. Hipotēzes pārbaudei kā pētījuma objekts izmantoti krama rīki, tādējādi koncentrējoties uz krama kā plašāk izmantotā akmens rīku izejmateriāla analīzi.

Lai izpildītu nosprausto pētījuma mērķi, tika veikta akmens laikmetā izmantotā akmens materiāla tradicionālās analīzes pārskats un izpēte, izvērtētas pieejamās jaunāko teorētisko metožu izstrādes, analizēta publicētā zinātniskā literatūra, pētījumu tehniskie ziņojumi un internetā pieejamā informācija, kā arī pētīti un analizēti dažādu profesionālo organizāciju rīkoto konferenču, semināru un kursu materiāli.

Līdzšinējās arheoloģiskā akmens materiāla pētījumu metodes nosacīti var tikt iedalītas trīs grupās (3.1. tabula), no kurām analītiskās un instrumentāli pētnieciskās metodes lielākoties attiecas uz rīku izejmateriāla pētījumiem (piemēram, Odell, 2006; Sieveking, Hart, 2011; Crandell, Cotiugā, 2013), savukārt morfoloģijas un eksperimentālās arheoloģijas pētījumi (piemēram, Banning, 2000; Andrefsky, 2008; Sieveking, Newcomer, 2012) attiecas uz pašu rīku un to iegūšanas novērtēšanu. Atbilstoši dažādiem pētījumu mērķiem, var tikt piemērotas pieejamās metodes no minētajām pētījumu metožu grupām gan atsevišķi, gan tās kombinējot.

3.1.tabula. Arheoloģiskā akmens materiāla analīzes metodes un pētījumu virzieni  
Table 3.1. Lithic analysis: methods and research directions

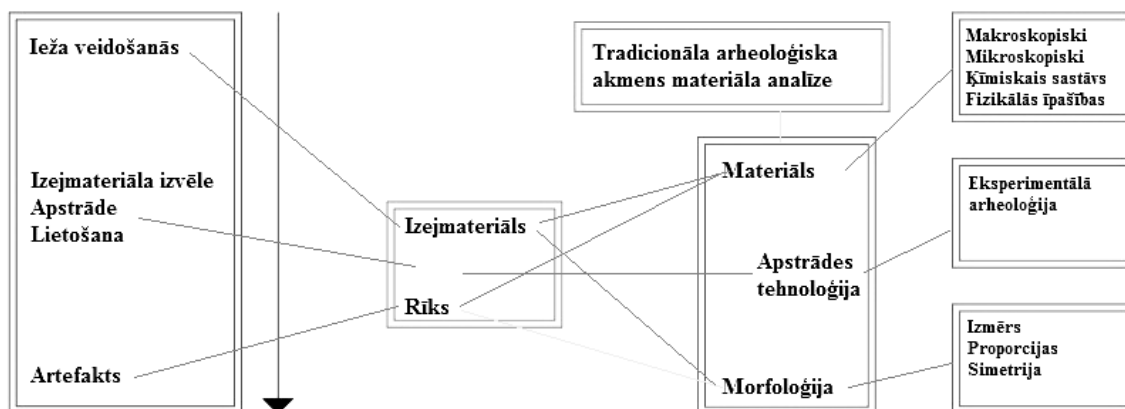
Metožu grupas	Analītiskās un instrumentāli pētnieciskās metodes	Morfoloģijas pētījumi	Eksperimentālā arheoloģija
	Ģeoķīmiskās Petrogrāfiskās Fizikālās Pēc detalizācijas pakāpes – makroskopiskās un mikroskopiskās u.c.	Formas īpašības: Izmērs Proporcijas Homotētija (līdzība) Izometrijas (simetrija) u.c.	Apstrādes tehnoloģija Funkcionāls pielietojums Vides apstākļu rekonstrukcija u.c.
Pētījumu virzieni	Izejmateriāla lokalizācija Piemērotība rīku gatavošanai Lietošanas pēdas Vides apstākļu ietekme Datēšana u.c.	Tipoloģija, klasifikācija Atradumu kopu pētījumi Apstrādes tehnoloģijas rekonstrukcija Izejmateriāla rekonstrukcija Lietojuma interpretācija u.c.	Apstrādes pēdu atpazīšana Vides apstākļu ietekme Apstrādes tehnoloģijas rekonstrukcija Izejmateriāla rekonstrukcija Lietojuma pēdu atpazīšana Lietojuma interpretācija u.c.

Autores apkopotie tabulā ievietotie dati norāda, ka mūsdienās arheoloģijā akmens rīki tiek pētīti dažādos aspektos, un kā vieni no galvenajiem izceļami akmens materiāla pētījumi, ietverot fizikālo un ķīmisko īpašību analīzi (piemēram, rīku pielietojuma pētīšana, lokalizācijas problēmu risināšana u.c.) un lietojot dažādas petrogrāfiskās, fizikālās, optiskās un ķīmiskās metodes. Nozīmīgi ir arī rīku morfoloģijas pētījumi – gan iespējamā sākotnējā izejmateriāla novērtējumi, gan arī pašu artefaktu pētījumi. Visbiežāk tie attiecas uz rīku un apstrādes pārpalikumu analīzi, izmantojot dažādas tipoloģijas un salīdzinājumus (piemēram, iespējamās funkcijas, klasifikācija pēc formas īpašībām, piederība noteiktai arheoloģiskai kultūrai). Cita svarīga grupa ir eksperimentālās arheoloģijas pētījumi vairākos novirzienos – daļa attiecas uz akmens rīku funkcionālā pielietojuma un efektivitātes pētījumiem, kā arī rīku izmaiņām lietošanas un vides apstākļu



ietekmē. Ievērojama daļa pētījumu saistīta ar rīku gatavošanas specifiku. Šādu pētījumu svarīga funkcija ir apstrādes īpatnību noteikšana, kas atspoguļo iespējamās pazīmes, kas pētījumos izmantojamas, lai atšķirtu cilvēka apstrādātu materiālu no formām, kas veidojušās dabā.

Tomēr autores veiktā zinātniskās literatūras analīze liecina, ka katrā atsevišķā gadījumā pētījumu metodes izvēlē un interpretācijā, jāņem vērā visi rīku raksturojošie elementi – izejmateriāls un tā īpašības, rīka apstrādes tehnoloģija un morfoloģija, kas vismaz pastarpināti satur norādes un saistību ar atbilstošo aizvēstures periodu, reģionu un iespējamo rīka lietojumu. Tāpēc promocijas darba pētījumā veikta tradicionāla arheoloģiska akmens materiāla analīze, kas ietver artefakta materiāla, tā apstrādes tehnoloģijas un morfoloģijas novērtēšanu (3.1. attēls). Pamatojoties uz līdzšinējo krama pētījumu analīzi, promocijas darbā pētniecības metodes tika papildinātas, koncentrējoties uz krama izpēti un novērtēšanu atbilstoši aizvēstures pētījumu kontekstam, veicot literatūras studijas un metodoloģijas pilnveidi un jaunu paņēmienu izstrādi.



3.1. attēls. Pētījumā veiktās arheoloģiskā akmens materiāla analīzes shēma.  
Figure 3.1. Scheme of lithic analysis conducted in the study.

Autores izveidotā shēma atspoguļo, ka pētījumā akmens materiāls, no kura gatavots rīks, tiek aplūkots vienkāršotas hronoloģiskas secības perspektīvā (Odell, 2006), kas saistās ar ieža veidošanos, nokļūšanu vidē, kur sencilvēks to izvēlējies, apstrādājis un izmantojis, līdz tas ticis pazaudēts vai izmests, atradies vides ietekmē vēl daudzus tūkstošus gadu un mūsdienās atrasts kā artefakts. Izceļams, ka promocijas darba pētījumā krams tiek vērtēts gan kā iespējamais izejmateriāls, kāds tas atrodams dabā, gan jau kā konkrētu artefaktu materiāls, kurus vieno starpposms – veiktā apstrāde, kuras rezultātā no izejmateriāla tikuši izgatavoti dažādi rīki. Promocijas darba datu iegūšanai autore kramu analizēja, veicot makroskopiskus un mikroskopiskus novērtējumus un nosakot ķīmisko sastāvu un fizikālās īpašības. Morfoloģijas pētījumi tika veikti oļiem, kas ir raksturīga krama forma dabā un tikusi izmantota akmens laikmetā kā izejmateriāls rīku gatavošanai (Anoikin, Postnov, 2005; Doronichev, 2008; Low, 2013), un noteikta tipa paleolīta rīkiem (2.2. attēls), novērtējot un salīdzinot raksturīgās dimensijas, proporcijas un simetrijas īpašības. Lai pēc iespējas pilnīgāk raksturotu arheoloģisko akmens materiālu, tā analīzē tika ietverta arī piemērotā apstrādes tehnoloģija, un pētījumā šis posms tika vērtēts, ņemot vērā eksperimentālās arheoloģijas līdzšinējo pētījumu rezultātā izšķirtās dažādo tehnoloģiju apstrādes pazīmes.

Tā kā pētījums ir daudzpusīgs, ietverot dažādas pētniecības metodes un dažādus pētījuma objektus – kramu kā materiālu un pašus artefaktus, tas tika veikts pa posmiem,

katra nākamā posma plānošanā ņemot vērā iepriekš iegūtos datus un rezultātus. Tā promocijas darba izstrādes sākumposmā veikti lauka pētījumi ar mērķi ievākt atbilstošu kolekciju materiālu turpmākiem tiešiem materiāla pētījumiem un salīdzinošiem vērtējumiem ar arheoloģiskos izrakumos ievāktu kolekciju materiālu.

Pētījuma turpmākais posms ietvēra krama izpēti, lietojot analītiskas un instrumentālas pētnieciskas metodes galvenokārt laboratorijas apstākļos. Tika veikti makroskopiski un mikroskopiski novērtējumi, paplašinot pētījumā novērojumu gaismas spektru no redzamās gaismas līdz ultravioletam apgaismojumam, tika veikta krama ķīmiskā sastāva un fizikālo īpašību noteikšana, un atsevišķiem paraugiem – gatavoti plānslīpējumi. Šis pētījuma posms attiecās uz pētniecības metodikas attīstīšanu, kas papildinātu līdzšinējos mēģinājumus lokalizēt akmens laikmeta krama rīku izejvielu ieguves vietas un veicinātu turpmākos ģeoarheoloģiskos pētījumus, norādot iespējas veikt vienkāršus krama īpašību novērtējumus atbilstoši plaši lietotām ģeoloģijas metodēm, kas būtu vienkārši piemērojamas arheologiem arī lauka apstākļos.

Pētījuma nākamais posms attiecās uz morfoloģijas pētījumiem, autorei novērtējot oļus kā akmens rīku izejmateriāla formu dabā, kas tikusi izvēlēta rīku gatavošanai. Autore pilnveidotā un šādas ievirzes pētījumiem izstrādātā formas pētniecības metodika tika pielietota atsevišķu paleolīta rīku tipu novērtēšanai (2.4. nodaļa) un veikti formas īpašību salīdzinājumi, ņemot vērā arī apstrādes tehnoloģijas pēdu pazīmes. Sekojoši tika salīdzinātas raksturīgās oļu formas dabā un novērtētās paleolīta rīku tipu formas.

Noslēdzošā posmā tika veikta iegūto datu analīze, izvērtējums, kā arī pēc aprobācijas un diskusijām, šajā pētniecības posmā tika izstrādāti arī secinājumi un ieteikumi turpmāko pētniecības darbu virzībai.

### **3.1. Pētījumā vērtētās formas īpašības**

Pētījumā autore novērtēja un salīdzināja formas pamatīpašības, kas tradicionāli tiek izmantotas akmens laikmeta rīku pētījumos – izmēru, proporcijas un simetrijas īpašības.

Formas izmērs jeb dimensijas ģeoloģiskos un arī akmens rīku pētījumos atbilst objekta garumam, platumam un augstumam, un ir izmērāmi lielumi. Formas proporcijas attiecīgi atbilst garuma-platuma, platuma-augstuma un augstuma-garuma attiecībām un ir aprēķināmi lielumi. Pētījumā autore veica oļu kā akmens laikmetā izmantota rīku izejmateriāla novērtēšanu pēc izmēra un proporcijām (Zingg, 1935), kā arī noapaļotības (Krumbein, 1941), kas sasaucas ar simetrijas īpašībām (Zariņa, Segliņš, 2012b), un iegūtie dati tika izmantoti savstarpējiem salīdzinājumiem ar paleolīta akmens rīkiem, balstoties uz homotētijas jēdzienu jeb līdzības vispārinājumu.

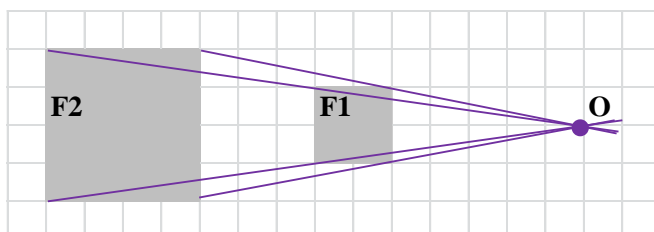
Pievēršoties konkrētiem formas analītiskiem novērtējumiem, ir lietderīgi apskatīt ar objekta formu un pētījumā iekļautajiem formas pamatīpašību novērtējumiem saistītos pamata jēdzienus un definīcijas.

#### **3.1.1. Formas pamatjēdzieni**

Objekta forma matemātiski ir visa ģeometriskā, t.i., telpiskā, informācija par objektu bez noteiktām koordinātām (t.i., pārvietojums), mēroga (t.i., izmērs), orientācijas telpā (t.i., rotācija) un spoguļattēla virzienam atbilstošas nozīmes (Kendall, 1984).

Attiecībā uz formas salīdzinājumiem lietotais homotētijas jēdziens atbilst matemātiskai transformācijai, kuras rezultātā tiek iegūtas līdzīgas figūras, t.i., figūras, kuru atbilstošie leņķi ir vienādi un malas ir proporcionālas.

**1. definīcija.** Homotētika  $(O, k)$  ir matemātiskā transformācija jeb pārveidojums telpā, kas katru punktu  $p$  attēlo par punktu  $p'$  attiecībā pret punktu  $O$  saskaņā ar likumu  $Op' = kOp$ , kur  $k \neq 0$  ir homotētijas koeficients un  $O$  ir homotētijas centrs (3.2. attēls).



3.2. attēls. Homotētika  $(O, 2)$ . No figūras F1 iegūta figūra F2.  
Figure 3.2. Homothety  $(O, 2)$ . Figure F1 is transformed to figure F2.

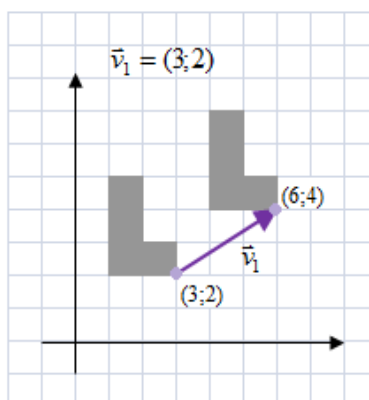
Vienkāršākā homotētika ir identitāte (9. definīcija), kas attēlo katru punktu pašu par sevi, un šajā gadījumā tas nozīmē, ka homotētijas jeb līdzības koeficients ir 1 (Modenov, Parkhomenko, 2014).

**2. definīcija.** Pieņem, ka  $\sigma : A \subset R^2 \mapsto R^2$  ir attēlojums plaknē ( $R^2$  – plakne,  $A$  – apakškopa plaknē) un  $d$  – Eiklīda metrika (attālums). Tad attēlojumu  $\sigma$  sauc par izometriju, ja  $\forall x, y \in A : d(x, y) = d(\sigma(x), \sigma(y))$ . Tas nozīmē, ka matemātiskā transformācija (attēlojums) ir invarianta jeb nemainīga attiecībā uz attālumu – attālums starp jebkuriem diviem punktiem  $x$  un  $y$  attēlojumā ir tāds pats, kāds tas bijis pirmtēlā.

Bez identitātes, plaknē ir četras izometrijas: translācija, rotācija, refleksija un slīdošā refleksija. Tie ir veidi, kā pārvietot objektu plaknē, nemainot tā formu un izmērus (Weyl, 1983; Armstrong, 1988; Barker, Newnham, 2005; Howe, 2007).

**3. definīcija.** Par translāciju  $T_v$  sauc izometriju, kas katram plaknes punktam  $p$  piekārto  $T_v(p) = p + v$ , kur  $v$  ir vektors plaknē  $R^2$ .

Translāciju var attēlot zīmējot bultu, kas norāda kustības virzienu, un tās garums ir intervāls, par kādu objekts tiek pārvietots (3.3. attēls). Šis pārvietoējums nemaina attālumus starp punktiem objektā vai to atrašanās pozīcijas attiecībā vienam pret otru.



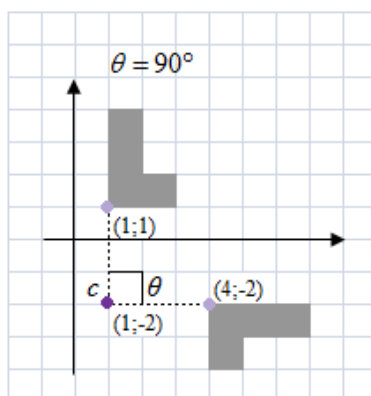
3.3. attēls. Figūras L translācija pa vektoru  $\vec{v} = (3, 2)$ .  
Figure 3.3. Translation of figure L by vector  $\vec{v} = (3, 2)$ .

**4. definīcija.** Punktu  $x \in X$  sauc par attēlojuma  $F: X \mapsto X$  nekustīgu punktu, ja  $x = F(x)$ .

**5. definīcija.** Par attēlojumu  $F: X \mapsto Y$  un  $G: Y \mapsto Z$  kompozīciju sauc attēlojumu  $G \circ F: X \mapsto Z$ , kas definēts šādi:  $\forall x \in X : (G \circ F)(x) = G(F(x))$ .

**6. definīcija.** Par rotāciju  $R_{c,\theta}$  sauc izometriju, kas katru plaknes punktu rotē ap noteiktu nekustīgu punktu  $c$ , ko sauc par rotācijas centru, par noteiktu leņķi  $\theta$ .

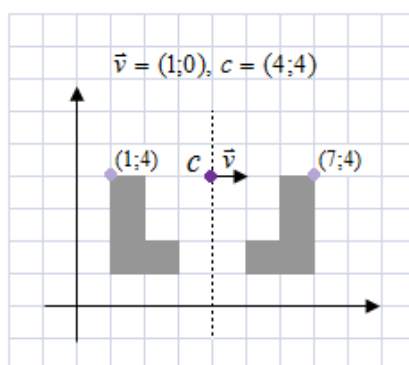
Katrs plaknes punkts tiek rotēts ap fiksēto rotācijas centru un atrodas noteiktā, nemainīgā attālumā no tā (3.4.attēls).



3.4. attēls. Figūras L rotācija ap punktu  $c = (1; -2)$  par leņķi  $\Theta = 90^\circ$ .  
Figure 3.4. Rotation of figure L by angle  $\Theta = 90^\circ$  around point  $c = (1; -2)$ .

**7. definīcija.** Par refleksiju (spoguļa simetriju, bilaterālo simetriju)  $F_{c,v}$  sauc izometriju, kas katru plaknes punktu  $p$  atspoguļo attiecībā pret spoguļa līniju (jeb refleksijas asi), kas ir perpendikulāra vienības vektoram  $v$  un kas iet caur punktu  $c$ .

Attālums no sākotnējā punkta līdz spoguļa līnijai ir tāds pats kā attālums no spoguļa līnijas līdz attiecīgā punkta spoguļattēlam (3.5.attēls).

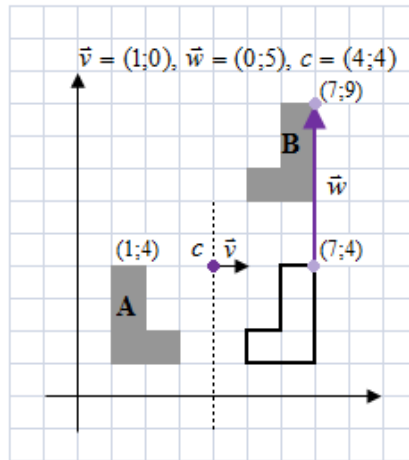


3.5. attēls. Figūras L refleksija attiecībā pret refleksijas asi, ko nosaka vektors  $\vec{v} = (1; 0)$  un punkts  $c = (4; 4)$ .

Figure 3.5. Reflection of figure L over reflection axis which is set by vector  $\vec{v} = (1; 0)$  and point  $c = (4; 4)$ .

**8. definīcija.** Par slīdošo refleksiju  $G_{c,v,w}$  sauc izometriju kompozīciju  $G_{c,v,w} = T_w \circ F_{c,v}$ , kur  $F_{c,v}$  ir refleksija pret spoguļa līniju, kas ir perpendikulāra vienības vektoram  $v$  un kas iet caur punktu  $c$ , un  $T_w$  ir translācija, kur  $w$  ir vektors, kas ir paralēls refleksijas  $F_{c,v}$  spoguļa līnijai.

Refleksijas spoguļa līniju, kurai paralēli notiek translācija sauc par slīdes līniju (jeb slīdošās refleksijas asi). Sākotnējais objekts ir tādā pašā attālumā no slīdes līnijas kā pārvietotais spoguļattēls (3.6.attēls).

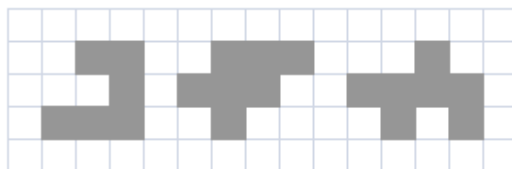


3.6. attēls. Slīdošā refleksija, kas pārvieto figūras L refleksiju pa vektoru  $\vec{w} = (0;5)$  paralēli refleksijas asij, ko nosaka vektors  $\vec{v} = (1;0)$  un punkts  $c = (4;4)$ .  
 Figure 3.6. Glide reflection which moves figure L by vector  $\vec{w} = (0;5)$  parallel to reflection axis set by  $\vec{v} = (1;0)$  and point  $c = (4;4)$ .

**9. definīcija.** Izometriju  $I(p) = p$  sauc par identisko izometriju.

Identitātes izometrija attēlo katru punktu pašu par sevi un to var uzskatīt kā translāciju par nulles vektoru vai rotāciju par leņķi, kas atbilst vesela skaitļa reizinājumam ar  $2\pi$  (Gruenbaum, Shephard, 1987).

Identitātes izometrija tiek aplūkota kā piektā izometrija Eiklīda plaknē, ko pieņem kā plaknes objekta triviālo simetriju. Šādā ziņā katrai figūrai piemīt simetrija (3.7.attēls).



3.7. attēls. Plaknes objekti, kam piemīt tikai identitātes simetrija.  
 Figure 3.7. Plane objects having just identity isometry.

Minētās izometriskās transformācijas spēj raksturot objekta simetriju un, ja ģeometriskā forma ir simetriska, tā pieder noteiktai simetrijas grupai.

**3.1.2. Simetrija un simetrijas grupas**

**10. definīcija.** Par grupu  $G$  sauc kopu  $G$ , kurā definēta grupas operācija „ $\cdot$ ”, kas jebkuriem diviem  $G$  elementiem piekārto  $G$  elementu un apmierina šādas īpašības:

1. visiem  $a, b, c$  no  $G$  izpildās  $a \cdot (b \cdot c) = (a \cdot b) \cdot c$  (asociatīvais likums)
2. eksistē tāds  $e$  no  $G$ , ka  $a \cdot e = e \cdot a = a$  ( $e$  sauc par vienības elementu)
3. katram  $a$  no  $G$  eksistē tāds  $b$  no  $G$ , ka  $a \cdot b = b \cdot a = e$  (šādu elementu  $b$  apzīmē ar  $a^{-1}$  un sauc par elementa  $a$  apgriezto jeb inverso elementu).

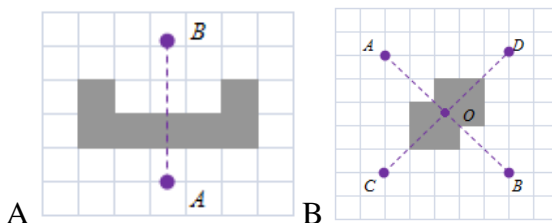
Ja visiem  $a, b$  grupā  $G$  papildus ir spēkā komutatīvais likums, t. i.,  $a \cdot b = b \cdot a$ , tad  $G$  sauc par komutatīvu jeb Ābela grupu (Armstrong, 1988; Bunch, 1989).

Grupas matemātikā un arī citās zinātnes nozarēs galvenokārt tiek izmantotas, lai aprakstītu objekta simetriju (Jansen, Boon, 1967; Newnham, 2005).

**11. definīcija.** Par kopas  $T$  simetriju sauc jebkuru izometriju  $\sigma : T \mapsto T$ , kura ir surjektīva, t. i.,  $\sigma(T) = T$ .

Ar  $S(T)$  apzīmēsim kopas  $T$  simetriju kopu. Kopa  $S(T)$  tās algebriskās struktūras dēļ ir grupa, simetriju skaitu grupā  $S(T)$  sauc par grupas kārtu. Grupu  $S(T)$  sauc par simetrijas grupu, tās operācija ir izometriju kompozīcija (Gruenbaum, Shephard, 1987).

**1. piemērs.** Ar  $S(R^2)$  apzīmēsim visu plaknes  $R^2$  izometriju kopu un ar  $F$  apzīmēsim patvaļīgu figūru plaknē  $R^2$ . Ar  $S(F)$  apzīmēsim visu plaknes izometriju kopu, kas attēlo figūru  $F$  par figūru  $F$ . Atbilstoši  $S(F) = \{\sigma \in S(R^2) \mid \sigma(F) = F\}$ . Aplūkosim 3.8.A attēlā redzamo heptamīno  $U$ . Tam ir tikai divas izometrijas, kas  $U$  attēlo par  $U$ : identiskais attēlojums  $e$  un refleksijas simetrija pret asi  $AB$ . Tātad simetrijas grupas  $S(F) = \{e, S_{AB}\}$  kārtā ir 2. Attēlā 3.8. B redzamais heptamīno ir vēl simetriskāks. Tā simetrijas grupas kārtā ir 4, jo satur četrus elementus:  $S(F) = \{e, S_{AB}, S_{CD}, S_O^{180^\circ}\}$ .



3.8. attēls Figūras – heptamīno – ar atzīmētām simetrijas asīm.

A heptamīno ar simetrijas kārtu 2;

B heptamīno ar simetrijas kārtu 4.

Figure 3.8. Figures – heptamino – with marked symmetry axes.

A Heptamino with symmetry order 2;

B heptamino with symmetry order 4.

**1. piezīme.** Simetrija var būt gan kā operācija – izometriska transformācija, gan kā īpašība. Piemēram, var aplūkot alfabēta burtus un konstatēt, ka burtam A piemīt refleksijas simetrija, burtam N – rotācijas simetrija. Taču burtam F nepiemīt netriviāla simetrija, tomēr tas var tikt translēts, atspoguļots pret līniju plaknē vai rotēts ap kādu plaknes punktu (Armstrong, 1988; Farmer, 1996).

Plašākā kontekstā, simetrijas grupa plaknē var būt jebkura izometrisko transformāciju grupa. Ja zināms ar kādu matemātisku struktūru saskaras, jābūt iespējamam precīzi noteikt, kādas transformācijas saglabā struktūru. Un otrādi, precizējot simetriju, var definēt struktūru, kurā to aplūkot.

**12. definīcija.** Divas grupas  $G_1$  un  $G_2$  sauc par izomorfām, ja eksistē bijekcija  $\varphi : G_1 \mapsto G_2$ , kas apmierina  $\varphi(xy) = \varphi(x)\varphi(y)$  visiem  $x, y \in G$ . Šādu attēlojumu  $\varphi$  sauc par izomorfismu starp  $G_1$  un  $G_2$  (Armstrong, 1988).

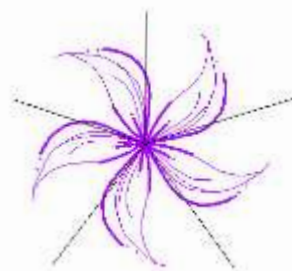
**13. definīcija.** Divas grupas  $G_1$  un  $G_2$  sauc par grupām ar vienu simetrijas tipu, ja tās ir izomorfas (Gruenbaum, Shephard, 1987).

Sekojoši aprakstīti iespējamie simetrijas grupu tipi pētījuma objektu – oļu un paleolīta rīku – 2 dimensionālām projekcijām.

Oļi un lielākā daļa no paleolīta akmens darbarīkiem aplūkojami rozešu simetrijas grupu kontekstā. Rozešu simetrijas grupas nesatur translācijas un netriviālās simetrijas šajās simetrijas grupās ir rotācija un refleksija, jo tā kā tās nesatur translācijas, tad līdz ar to arī nesatur slīdošo refleksiju.

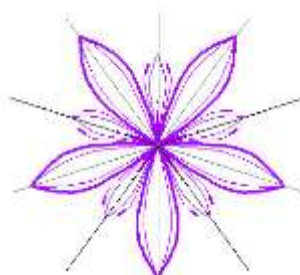
Rozešu grupas ir divas (Gruenbaum, Shephard, 1987):

1. Ja plaknes simetrijas grupa  $S(T)$  satur tikai rotācijas ap fiksētu punktu  $p$  par leņķi  $2\pi j/n$ ,  $j = 0..n-1$ ,  $n \in \mathbb{Z}$ , tad tai ir tips  $cn, n \geq 1, n \in \mathbb{Z}$  – tā ir cikliska grupa ar kārtu  $n$  (3.9. attēls). Parasti  $c1$  vai  $e$  lieto, lai apzīmētu simetrijas grupu, kas sastāv tikai no vienas izometrijas – identitātes.



3.9. attēls. Rozešu simetrijas grupa  $c5$ .  
Figure 3.9. Rosette symmetry group  $c5$ .

2. Ja  $S(T)$  satur vairāk nekā vienu refleksiju, tad atbilstošās spoguļa līnijas nedrīkst būt paralēlas (pretējā gadījumā  $S(T)$  saturētu translācijas), un tātad tās krustosies punktā  $p$ . Rezultāts divām refleksijām būtu rotācija ap  $p$  par leņķi  $2\theta$ , kur  $\theta$  ir leņķis starp refleksijas līnijām. Tādējādi  $S(T)$  iekļauj visas  $cn$  izometrijas kopā ar refleksijām pa  $n$  spoguļa līnijām, veidojot simetrijas grupu tipu  $dn, n \geq 1, n \in \mathbb{Z}$ , kas ir dihedrāla grupa ar kārtu  $2n$  (3.10. attēls).



3.10. attēls. Rozešu simetrijas grupa  $d5$ .  
Figure 3.10. Rosette symmetry group  $d5$ .

3.9. un 3.10. attēli veidoti, izmantojot programmu *Java Kali* (Phillips, 1996).

Tā kā  $c1$  un  $d1$  tiek izmantots atbilstoši triviālām grupām un grupām, kas satur tikai vienu refleksiju, var apgalvot, ka jebkura simetrijas grupa  $S(T)$  bez translācijām ir ar tipu  $cn$  vai  $dn$  veseliem skaitļiem  $n \geq 1$  (Gruenbaum, Shephard, 1987).

Promocijas darba pētījuma objekti nav tieši saistīti ar telpas vai plaknes aizpildīšanas vai pārklāšanas jautājumiem, tāpēc netiek detalizēti aprakstītas atbilstošās iespējamās simetrijas grupas – joslu simetrijas grupas un plaknes pārklājumu simetrijas grupas. Tomēr sniegtas piezīmes – 2.piezīme un 3.piezīme, kas atspoguļo pamata konstrukcijas šīm simetrijas grupām, jo tās ir piemērojamas turpmākos aizvēstures pētījumos gan attiecībā uz akmens rīkiem, gan to izejmateriāla raksturošanai.

**2. piezīme.** Joslu simetrijas grupas satur dotam virzienam  $L$  paralēlas translācijas. Papildus translācijai vienā virzienā, joslu simetrijas grupas var ietvert arī citas plaknes izometriskās transformācijas – slidošo refleksiju, rotāciju un translācijas virzienam paralēlu vai perpendikulāru refleksiju. Aplūkojot joslu simetrijas grupas, jāpatur prātā, ka josla veidojas no viena konkrēta objekta, kas tiek translēts noteiktā virzienā  $L$ . Tādējādi visas grupas ietvertās izometrijas attiecas gan uz visu joslu, gan arī uz katru mazāko figūru, kas veido joslu (Gruenbaum, Shephard, 1987).



Plaknē ir iespējami tikai 7 dažādi joslu simetrijas grupu tipi, kas tiek apzīmēti ar simbolu virknēm, kurām izmantotie apzīmējumi tikuši ieviesti kristalogrāfijā (Armstrong, 1988; Horne, 2000). 3.11. attēlā parādīta viens no tiem – joslu simetrijas grupa p111, kas satur tikai translāciju virzienā  $L$ . Josla veidojas no nesimetriska objekta, kas tiek translēts virzienā  $L$  pa noteiktu attālumu, par kuru josla ir periodiska.

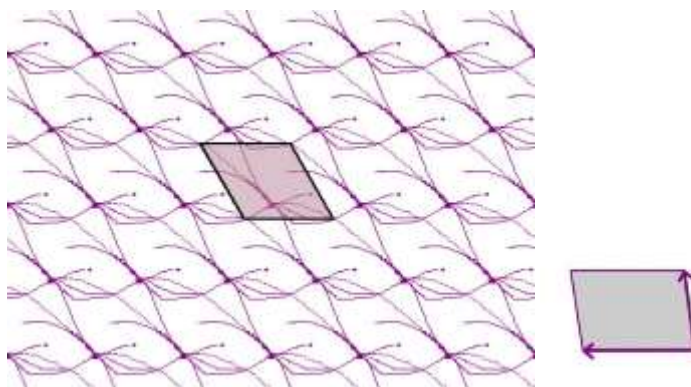


3.11. attēls. Joslu simetrijas grupa p111.  
Figure 3.11. Frieze symmetry group p111.

3.11. attēls veidots, izmantojot programmu *Java Kali* (Phillips, 1996).

**3. piezīme.** Plaknes pārklājumu simetrijas grupas satur translācijas divos neparalēlos virzienos. Papildus translācijām plaknes pārklājumu simetrijas grupas var ietvert vēl citas plaknes izometriskās transformācijas – refleksijas, slīdošās refleksijas vai rotācijas. Arī šajā gadījumā simetrijas grupu tipus var sistematizēt pēc to ietvertajām plaknes izometrijām un apzīmēt ar kristalogrāfijā pieņemtiem simboliem. Visiem plaknes pārklājumu simetrijas grupu tipiem var atrast pamata vienību – tā ir mazākā plaknes pārklājuma daļa, kas tiek atkārtota pielietojot izometrijas.

Plaknē iespējami 17 plaknes pārklājumu simetrijas grupu tipi (Gruenbaum, Shephard, 1987; Armstrong, 1988). 3.12. attēlā attēlota viens no tiem – simetrijas grupa p1. Tā ir vienkāršākā plaknes pārklājumu simetrijas grupa, kas satur tikai translācijas divos virzienos, kuri var veidot jebkuru leņķi attiecībā viens pret otru. Attēlā attēlots plaknes pārklājums, tam blakus translācijas vienība ar atzīmētām iekļautajām simetrijām.



3.12. attēls. Plaknes pārklājumu simetrijas grupa p1.  
Figure 3.12. Wallpaper symmetry group p1.

3.12. attēls veidots ar programmu *Escher Web Sketch* (Schoeni *et al.*, 2004).

2. un 3. piezīmēs minētās simetrijas grupas ir izmantojamas, raksturojot krama izplatību un sastopamību dabā, kur tas atrodams, gan slāņu un dzīslu, gan dažādu konkrēciju, oļu un grunts veidos (2.2. nodaļa), kuriem ir raksturīga un matemātiski aprakstāma forma dabā. Attiecībā uz formas vērtējumiem ģeoloģijā tiek izmantoti gan izmēru, gan proporcijas raksturojoši mēri (piemēram, graudu frakcija, slāņu ritms un cikliskums stratigrāfijā (Einsele *et al.*, 1991), formas proporciju vērtējums (Zingg, 1935), u.c.), un atsevišķos pētījumos tie ir attiecināti arī uz kramu (Sieveking, Hart, 2011). Simetrijas īpašības izteiksmīgi un uzskatāmi var tikt atpazītas dažāda izmēra atlūzu, oļu un arī mazāku frakciju graudu formās, jo to noapaļošanās process ir cieši saistīts ar



simetriskumu (Zariņa, Segliņš, 2013a), taču ir arī atkarīgs no citiem formu raksturojošiem faktoriem, piemēram, graudu izmēra (Das, 2007).

Akmens laikmeta rīku klasifikācijai tradicionāli tiek lietoti morfoloģiski formas novērtējumi (1.3.nodaļa), un galvenie raksturīgie noteiktie parametri ir izmērs, proporcijas, kā arī daudz retāk un lielākoties tikai noteikta tipa rīkiem tiek pieminēta un vērtēta rīku simetrija. Promocijas darba autores līdzšinējā pieredze norāda (Zariņa, Segliņš, 2014f), ka tādējādi forma netiek raksturota iespējami pilnīgi un vispusīgi. Jo vairāk tāpēc, ka tieši simetrija ļauj raksturot ne tikai izgatavoto rīku, bet sniedz ieskatu arī par seno amatnieku. Simetrijas nozīmīgo lomu cilvēku uztveršanas spējās apstiprina tās iekļaušana kognitīvo zinātņu pamat teorijās, piemēram, Geštalta (Wilson, Keil, 1999; Gordon, 2004; Metzger, 2006), un formas un vizuālai uztveršanas spējai un īpatnībām ir veltītas daudzas zinātniskas monogrāfijas un pētījumi (piemēram, Freyd, Tversky, 1984; Ramachandran, Hirstein, 1999; Tyler, 2000; Baylis, Driver, 2001; Bertamini *et al.*, 2002; Makin *et al.*, 2015). Pētījumi apskata formas īpašību saistību ar vispārējām cilvēku spējām vizuāli uztvert apkārtējo pasauli (Valois, 2000; Goldstein, 2004), kā arī noteiktu formu īpašību ietekmi uz atmiņu (piemēram, Bertamini *et al.*, 2013a). Šādas ievirzes jautājumi ir diskutēti gan attiecībā uz 2 dimensijām, gan 3 dimensijām (piemēram, Pizlo, 2008; Sawada, 2010). Līdz šim veiktie kognitīvo zinātņu pētījumi aptver arī pētījumus par cilvēku uztveri saistībā ar formas izmaiņām gan proporcijās, gan kontūrās (Bertamini, Farrant, 2005, 2006) un pētījumus, kas novērtē, kuras formas īpašības ir vieglāk uztveramas (Bertamini *et al.*, 1996; Machilsen *et al.*, 2009; Bertamini, 2010). Līdzšinējie pētījumi norāda, ka simetriska forma tiek uztverta un raksturota kā vienkāršāka formas izpausme nekā nesimetriska (Bertamini *et al.*, 2013b), turklāt veiktie pētījumi norāda, ka simetrijas atpazīšana un priekšrokas došana ir spontāna (Makin *et al.*, 2012b). Pētījumos novērtēta cilvēku priekšrokas došana simetrijai, gan attiecībā uz partnera izvēli, gan mākslas novērtēšanas eksperimentos un empīriskos novērojumos (piemēram, Pomiankowski, 1993; Makin *et al.*, 2012a; Moiler, Pecchinenda *et al.*, 2014). Novērtēta simetrijas izpratne gan kā objekta īpašība, gan telpiskā aspektā attiecībā uz objektu izvietojumu vienam pret otru vai pret novērotāju (Croucher *et al.*, 2002). Veikti pētījumi, kas novērtē simetriju perspektīvā, slīpu simetriju, nosacītu simetriju, t.i., līdzību simetriju (Zabrodsky *et al.*, 1992; Cham, Cipolla, 1995; Sawada, Pizlo, 2008), un tas sasaucas ar asimetrijas un homotētijas ietveršanu novērtējumos. Līdzīgas ievirzes pētījumi ir arī par proporciju novērtējumiem, to saistību ar priekšrokas došanu, atpazīšanu un citiem aspektiem, nereti īpaši pievēršot uzmanību Zelta griezuma proporcijai (Green, 1995; McManus, Weatherby, 1997).

Iepriekš izklāstītais norāda, ka apskatot, analizējot un novērtējot pētāmā objekta formu ir svarīgi ne tikai koncentrēties uz pragmatiskiem analītiskiem pētījumiem, bet mēģināt blakus dabas zinātniskam, eksaktam saturam atpazīt arī humanitāru komponenti.

Novērtējot dabā sastopamo rīku izejmateriālu formas vizuālās īpašības matemātiski, tiek iegūti dati, kas, ņemot vērā arheoloģiskos atradumus, ļauj novērtēt seno cilvēku izvēli – kam no dabā pieejamajām formām tie devuši priekšroku, un izvirzīt pārbaudāmas hipotēzes, kas noteicis šīs izvēles, piemēram, vai izvēle laika gaitā mainījusies saistībā ar akmens apstrādes tehnoloģijas attīstību, vai tā ir atkarīga no izejmateriāla kvalitātes un pieejamības u.c. Ja zināmas akmens rīku izejmateriāla raksturīgās formas dabā, tās var tikt salīdzinātas ar pašu rīku formām, un balstoties uz šādiem salīdzinājumiem noteikt raksturīgas tendences. Ņemot vērā formas īpašības, par atsevišķu rīku tipu novērtējumu var tikt izvirzītas vairākas hipotēzes, kas sniegtu jaunus priekšstatus par senajiem cilvēkiem, piemēram, vai simetrisku formu noteica praktiski, estētiski vai nejauši iemesli, kas radušies materiāla īpašību vai cilvēku nepieciešamības dēļ u.c. Tāpat rīku salīdzinājumi izejmateriāla izvēles, apstrādes un savstarpēju formu

salīdzinājumu kontekstā, iespējams, varētu ļaut izvirzīt hipotēzes, kas attiektos uz aizvēstures hronoloģiju.

### 3.2. Lauka pētījumi un faktiskā materiāla avoti

#### 3.2.1. Krama paraugu ievākšanas vietas

Tā kā krama rīku izejmateriāla lokalizācija pirmkārt balstās uz reģionālā materiāla dokumentāciju iespējamajiem salīdzinājumiem, pētījumā tika veikta Latvijā sastopamā krama izpēte arheoloģijā saistošā kontekstā.

Promocijas darbā tika pētīti paraugi un no tiem izgatavoti atšķelumi no Latvijā sastopama krama, ietverot augšējā devona pārkrāmota dolomīta paraugus no Šķerveļa svītas atseguma pie Lētīzas grīvas un no Daugavas svītas nogulumiem Žagatu klintīs Gaujas krastā pie Virešiem, kā arī, pētot pludmales oļus, ievāktus akmeņainā un oļainā pludmalē pie kvartārnogulumu atseguma Jūrkalnē Baltijas jūras piekrastē (3.13. attēls; 3.16. attēls; 3.2. tabula). Izvēlēto krama paraugu ievākšanas vietu ģeoloģiskā uzbūve ir salīdzinoši labi pētīta, un konkrēto atsegumu ģeoloģiskie apraksti pēdējo gadu laikā ir atkārtoti veikti ar augstu detalizācijas pakāpi (piemēram, Kurshs, 1992; Stinkulis *et al.*, 2007; Stinkulis, Spruženiece, 2011; Dēliņa *et al.*, 2012; Pipira *et al.*, 2015), un tādēļ tie šajā darbā nav atsevišķi apskatīti. Pētījuma nepieciešamos paraugus autore ievāca 2013. gada jūlijā un 2014. gada novembrī.



3.13. attēls. Paraugu ievākšanas vietas Latvijā.

A Daugavas svītas atsegums Gaujas krastā pie Virešiem;

B Šķerveļa svītas atsegums pie Lētīzas grīvas;

C Baltijas jūras piekraste pie kvartārnogulumu atseguma Jūrkalnē.

Figure 3.13. Sampling sites in Latvia.

A Daugavas formation, outcrop at the bank of the River Gauja near Viresi;

B Skervela formation, outcrop near the embouchure of the River Letiza;

C Baltic sea coast near Quaternary sediments outcrop at Jurkalne.

Ņemot vērā, ka Latvijā akmens laikmeta krama rīku izejmateriāls vismaz pēc makroskopiskām pazīmēm atbilst arī importētam materiālam (Bērziņš, 2001; Zagorska, 2012), salīdzinājumam tika pētīti autores ievāktie krama paraugi no to ievākšanas vietām Ziemeļeiropā – Mēnas (*Møn*) klints Dānijā un Bīči Heda (*Beachy Head*) piekrastes Anglijā, kurās šo vērtīgo izejvielu ieguva akmens laikmeta kultūru laikā (Robinson, Williams, 1983; Pope, 2008; Högberg *et al.*, 2012) (3.14. attēls; 3.15. attēls; 3.3. tabula).

Mēnas sala atrodas Baltijas jūras rietumos, Dānijas dienvidaustrumu daļā Zēlandē. Gar salas austrumu krastu stiepjas Mēnas klints, kas ir ap 6 km garš krīta klinšu posms, vietām sasniedzot augstumu līdz pat 120 m. Reģiona reljefs ir pēdējā kontinentālā apledojuuma ledāju kustību veidots un ietekmēts, un šobrīd esošo formu dabā klintis

ieguvušas aptuveni 11 000 gadu atpakaļ pēdējā ledus laikmeta beigās, ledājam atkāpjoties un kūstot. Mūsdienās klintis ietekmē krasta erozija, kā arī noslīdējumi, rezultātā klājot pludmali ar krīta šķembā un krama oļiem (Aber, 1980).

Bīči Heda ir krīta klinšu zemesrags Dienvidanglijā, netālu no Īstburnas, uz austrumiem no Septiņu māsu (*Seven Sisters*) klintīm. Šīs ir augstākās jūras piekrastes klintis Lielbritānijā, sasniedzot ap 160 m augstumu. Klintīs eksponētie ieži ir veidojušies krīta periodā, taču klintis savu formu ieguvušas pēc pēdējā ledus laikmeta, kad, ceļoties ūdenslīmenim, veidojās mūsdienu Lamanša šaurums. Mūsdienās jūras viļņu un noslīdējumu ietekmē klintis tiek erodētas un pludmali veido krama oļi un krīta šķembas, sniedzoties uz ziemeļiem līdz Īstburnai, kur dominē krama oļi, krīta šķembas un zvirgzdi tiek pārvietoti aptuveni 1 km attālumā no pašām klintīm (May, 2007).

Autore minētajās klintīs 2013. gada oktobrī ievāca krama paraugus no krama konkrēcijas saturošiem krīta un kaļķakmens slāņiem klints atsegumā un pludmales oļiem (3.14. attēls).



3.14. attēls. Paraugu ievākšanas vietas Ziemeļeiropā.

A Mēnas klints Mēnas salā Dānijā: klints, krama konkrēcijas klintī un oļi klints pakājē;

B Bīči Heda piekraste Anglijā: klints, krama konkrēcijas klintī un oļi klints pakājē.

Figure 3.14. Sampling sites in northern Europe.

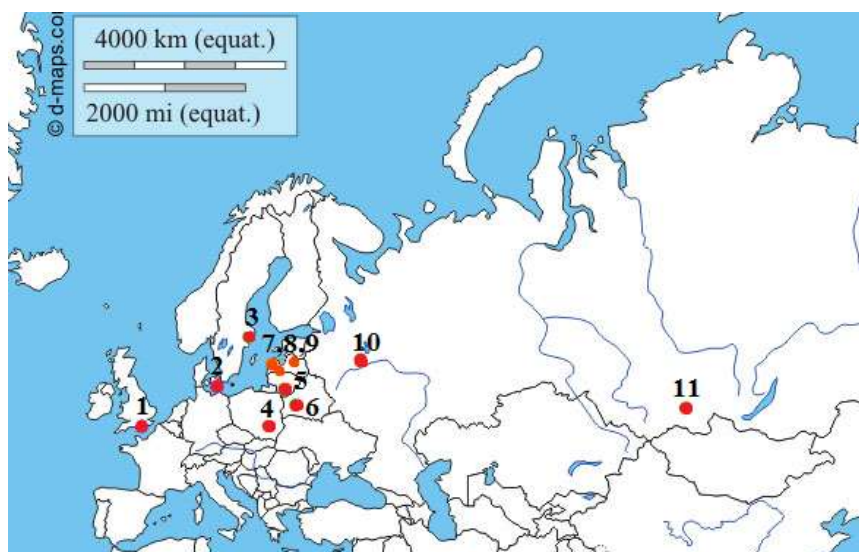
A Møn cliff at Møn island, Denmark: cliff, flint nodules in cliff and flint pebbles near the cliff;

B Beachy Head coast, United Kingdom: cliff, flint nodules in cliff and flint pebbles near the cliff.

Tika pētīti arī krama paraugi, kas ievākti Baltkrievijā Bezdzež (*Бездзеж*) apkārtnē, Krievijā Krasnojarskas apgabala Jermakas rajonā un krama paraugs no Polijas Busko-Zdruj apkārtnes (3.15. attēls; 3.3. tabula). Minētie paraugi ir tikuši ievākti no vietām, kurās potenciāli aizvēstures laikos kramu ieguva arī senie cilvēki.

Papildus par salīdzinošo materiālu, pētījumā izmatots Latvijas vēstures institūta arheoloģiskos izrakumos ievāktu artefaktu kolekciju krama rīku materiāls no Slocenes neolīta apmetnes Engures novadā un Lapiņu mezolīta apmetnes Ventpils novada Užavas pagastā (3.16. attēls; 3.2. tabula), kā arī arheoloģiski materiāli no Zviedrijas (Stokholmas

apkārtnē), Krievijas (Augšvolgas reģions) un Lietuvas (Varēnas apkārtnē) (3.15. attēls; 3.3. tabula).

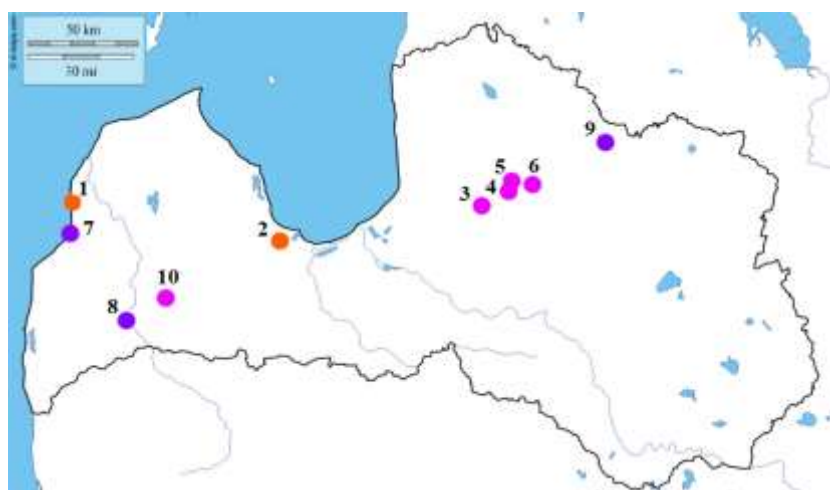


3.15. attēls. Krama paraugu ievākšanas vietas.

1 – Anglija, Biči Heda piekraste; 2 – Dānija, Mēnas sala; 3 – Zviedrija, Stokholmas apkārtnē; 4 – Polija, Busko-Zdruj apkārtnē; 5 – Lietuvas, Varēnas apkārtnē; 6 – Baltkrievija, Bezdzež apkārtnē; 7 – Latvija, Jūrkalne Baltijas jūras piekraste; 8 – Latvija, Lētīžas upes grīva; 9 – Latvija, Virešu apkārtnē Gaujas krastā; 10 – Krievija, Augšvolgas reģions; 11 – Krievija, Krasnojarskas apgabals, Jermakas rajons.

Figure 3.15. Flint sampling sites.

1 – England, Beachy Head coast; 2 – Denmark, Møn island; 3 – Sweden, Stockholm region; 4 – Poland, Busko-Zdruj region; 5 – Lithuania, Varena region; 6 – Belarus, Bezdzez region; 7 – Latvia, Jūrkalne Baltic sea coast; 8 – Latvia, near River Lētīža embouchure; 9 – Latvia, Virešu region near River Gauja; 10 – Russia, Upper Volga region; 11 – Russia, Krasnojarsk area, Jermak region.



3.16. attēls. Paraugu ievākšanas vietas Latvijā.

● Izrakumu vietas, kur atrasti pētītie arheoloģiskie paraugi: 1 – Lapiņu mezolīta apmetne, 2 – Sloceņes neolīta apmetne;  
 ● Oļņu paraugu ievākšanas vietas, upes: 3 – Amata, 4 – Vaive, 5 – Raunis, 6 – Rauna, 10 – Ciecere;  
 ● Latvijā sastopama karma paraugu ievākšanas vietas: 7 – Jūrkalne Baltijas jūras piekraste, 8 – Lētīžas grīva, 9 – Virešu apkārtnē.

Figure 3.16. Sampling sites in Latvia

● Exavation sites: 1 – Lapiņu Mesolithic site, 2 – Sloceņes Neolithic site;  
 ● Pebble sampling sites, rivers: 3 – Amata, 4 – Vaive, 5 – Raunis, 6 – Rauna, 10 – Ciecere;  
 ● Flint sampling sites: 7 – Latvia, Jūrkalne Baltic sea coast, 8 – Latvia, near River Lētīža embouchure, 9 – Latvia, Virešu region near River Gauja.

3.2. tabula. Pētījumā iekļautie Latvijā ievāktie krama paraugi  
Table 3.2. In the study included flint samples collected in Latvia

Latvijā ievākta krama paraugi		Oļu paraugi un to aratkārtoti sadalījumi pa Krambeina (Krumbein, 1941) oļu noapaļotības klasēm	
Paraugs (ievākšanas gads)	Parauga ievākšanas vieta	Paraugs (ievākšanas gads, ievākšanas vieta)	
LV 1 (2013)	dolomīts pārkrāmots, paraugs no augšējā devona Daugavas svītas nogulumiem Žagatu klintīs Gaujas krastā pie Virešiem, 57°45' N 26°35' E	Raunis 1 (2012, Priekuļu novads, 57°32' N 25°41' E)	Raunis 1 1
LV 2 (2013)	dolomīts pārkrāmots, paraugs no augšējā devona Daugavas svītas nogulumiem Žagatu klintīs Gaujas krastā pie Virešiem, 57°45' N 26°35' E		Raunis 1 2
LV 3 (2013)	dolomīts pārkrāmots, paraugs no augšējā devona Šķerveļa svītas atseguma pie Lētīzas grīvas, 56°56' N 22°00' E		Raunis 1 3
LV 4 (2013)	dolomīts pārkrāmots, paraugs no augšējā devona Šķerveļa svītas atseguma pie Lētīzas grīvas, 56°56' N 22°00' E	Raunis 2 (2012, Priekuļu novads, 57°32' N 25°41' E)	Raunis 2 1
LV 5 (2013)	krama olis, ievākts akmeņainā un oļainā pludmalē pie kvartārnogulumu atseguma Jūrkalnē Baltijas jūras piekrastē, 57°02' N 21°39' E		Raunis 2 2
LV 6 (2013)	krama olis, ievākts akmeņainā un oļainā pludmalē pie kvartārnogulumu atseguma Jūrkalnē Baltijas jūras piekrastē, 57°02' N 21°39' E		Raunis 2 3
LV 7-1 (2014)	dolomīts pārkrāmots, paraugs no augšējā devona Šķerveļa svītas atseguma pie Lētīzas grīvas, 56°56' N 22°00' E	Raunis 3 (2012, Priekuļu novads, 57°32' N 25°41' E)	Raunis 3 1
LV 7-2 (2014)	dolomīts pārkrāmots, paraugs no augšējā devona Šķerveļa svītas atseguma pie Lētīzas grīvas, 56°56' N 22°00' E		Raunis 3 2
LV 7-3 (2014)	dolomīts pārkrāmots, paraugs no augšējā devona Šķerveļa svītas atseguma pie Lētīzas grīvas, 56°56' N 22°00' E		Raunis 3 3
LV 7-4 (2014)	dolomīts pārkrāmots, paraugs no augšējā devona Šķerveļa svītas atseguma pie Lētīzas grīvas, 56°56' N 22°00' E	Rauna 1 (2012, Raunas novads, 57°31' N 25°61' E)	Rauna 1 1
LV 8-1 (2014)	dolomīts pārkrāmots, paraugs no augšējā devona Daugavas svītas nogulumiem Žagatu klintīs Gaujas krastā pie Virešiem, 57°45' N 26°35' E		Rauna 1 2
LV 8-2 (2014)	dolomīts pārkrāmots, paraugs no augšējā devona Daugavas svītas nogulumiem Žagatu klintīs Gaujas krastā pie Virešiem, 57°45' N 26°35' E		Rauna 1 3
LV 8-3 (2014)	dolomīts pārkrāmots, paraugs no augšējā devona Daugavas svītas nogulumiem Žagatu klintīs Gaujas krastā pie Virešiem, 57°45' N 26°35' E		Rauna 1 4
LV 8-4 (2014)	dolomīts pārkrāmots, paraugs no augšējā devona Daugavas svītas nogulumiem Žagatu klintīs Gaujas krastā pie Virešiem, 57°45' N 26°35' E	Amata 1 (2012, Amatas novads, 57°23' N 25°15' E)	Amata 1 1
LV 8-5 (2014)	dolomīts pārkrāmots, paraugs no augšējā devona Daugavas svītas nogulumiem Žagatu klintīs Gaujas krastā pie Virešiem, 57°45' N 26°35' E		Amata 1 2
LV9 (2014)	krama olis, ievākts akmeņainā un oļainā pludmalē pie kvartārnogulumu atseguma Jūrkalnē Baltijas jūras piekrastē, 57°02' N 21°39' E		Amata 1 3
LV10 (2014)	krama olis, ievākts akmeņainā un oļainā pludmalē pie kvartārnogulumu atseguma Jūrkalnē Baltijas jūras piekrastē, 57°02' N 21°39' E		Amata 1 4
LV11 (2014)	krama olis, ievākts akmeņainā un oļainā pludmalē pie kvartārnogulumu atseguma Jūrkalnē Baltijas jūras piekrastē, 57°02' N 21°39' E	Vaive 1 (2012, (Priekuļu novads, 57°29' N 25°36' E)	Vaive 1 1
			Vaive 1 2



Tabulas turpinājums

Arheoloģiskie krama paraugi no izrakumiem Latvijā		Vaive2 (2012, Priekuļu novads, 57°29' N 25°36' E)	Vaive 21
Sloc 1 (2012)	Krama artefakts no Slocenes neolīta apmetnes Engures novada Smārdes pagastā		
Sloc 2 (2012)	Krama artefakts no Slocenes neolīta apmetnes Engures novada Smārdes pagastā		Vaive 2 3
Sloc 3 (2012)	Krama artefakts no Slocenes neolīta apmetnes Engures novada Smārdes pagastā	Vaive 3 (2012, Priekuļu novads, 57°29' N 25°36' E)	Vaive 3 1
Sloc 4 (2012)	Krama artefakts no Slocenes neolīta apmetnes Engures novada Smārdes pagastā		Vaive 3 2
Sloc 5 (2012)	Krama artefakts no Slocenes neolīta apmetnes Engures novada Smārdes pagastā		Vaive 3 3
Lap 3 (2012)	Krama artefakts no Lapiņu mezolīta apmetnes Ventspils novada Sārnatē	Ciecere 1 (2012, Skrundas novads, 56°68' N 22°38' E)	Ciecere 1 1
Lap 8 (2012)	Krama artefakts no Lapiņu mezolīta apmetnes Ventspils novada Sārnatē		Ciecere 1 2
Lap 12 (2012)	Krama artefakts no Lapiņu mezolīta apmetnes Ventspils novada Sārnatē		Ciecere 1 3
Lap 14 (2012)	Krama artefakts no Lapiņu mezolīta apmetnes Ventspils novada Sārnatē		
Lap 18 (2012)	Krama artefakts no Lapiņu mezolīta apmetnes Ventspils novada Sārnatē		

3.3. tabula. Pētījumā iekļautie ārpus Latvijas ievāktie krama paraugi  
Table 3.3. In the study included flint samples collected outside Latvia

Paraugs	Parauga apraksts	Paraugs	Parauga apraksts
Dānija		Anglija	
DK 1 (2013)	krama konkrēcija, Mēnas klints, Mēnas sala, Dānija	UK 1 (2013)	krama konkrēcija, Bīčī Heda piekraste, Anglija
DK 2 (2013)	krama olis Mēnas klints, Mēnas sala, Dānija	UK 2 (2013)	krama olis, Bīčī Heda piekraste, Anglija
DK 3 (2013)	krama konkrēcija, Mēnas klints, Mēnas sala, Dānija	UK 3 (2013)	krama olis, Bīčī Heda piekraste, Anglija
Lietuva		Zviedrija	
LT 1	krama paraugs no Lietuvas, Varēnas apkārtnes	Z 1 (1994)	krama paraugs no Zviedrijas, Stokholmas Kopulanko teritorijas
LT 2	krama paraugs no Lietuvas, Varēnas apkārtnes	Z 2 (1994)	krama paraugs no Zviedrijas, Stokholmas Kopulanko teritorijas
Krievija		Baltkrievija	
K 1	krama paraugs no Krievijas, Augšvolgas reģiona	BK 1 (2014)	krama paraugs no Baltkrievijas, Bezdzež (Бездзеж) apkārtnes
K 2	krama paraugs no Krievijas, Augšvolgas reģiona	BK 2 (2014)	krama paraugs no Baltkrievijas, Bezdzež (Бездзеж) apkārtnes
K 3	krama paraugs no Krievijas, Augšvolgas reģiona	BK 3 (2014)	krama paraugs no Baltkrievijas, Bezdzež (Бездзеж) apkārtnes
K a 1 (2014)	krama paraugs no Krievijas, Krasnojarskas apgabala Jermakas rajona	BK 4 (2014)	krama paraugs no Baltkrievijas, Bezdzež (Бездзеж) apkārtnes
K a 2 (2014)	krama paraugs no Krievijas, Krasnojarskas apgabala Jermakas rajona	BK 5 (2014)	krama paraugs no Baltkrievijas, Bezdzež (Бездзеж) apkārtnes
K a 3 (2014)	krama paraugs no Krievijas, Krasnojarskas apgabala Jermakas rajona	BK 6 (2014)	krama paraugs no Baltkrievijas, Bezdzež (Бездзеж) apkārtnes
K a 4 (2014)	krama paraugs no Krievijas, Krasnojarskas apgabala Jermakas rajona	BK 7 (2014)	krama paraugs no Baltkrievijas, Bezdzež (Бездзеж) apkārtnes
K a 5 (2014)	krama paraugs no Krievijas, Krasnojarskas apgabala Jermakas rajona	Polija	
K a 8 (2014)	krama paraugs no Krievijas, Krasnojarskas apgabala Jermakas rajona	PL 1 (2013)	krama paraugs no Polijas, Busko-Zdruj apkārtnes

### 3.2.2. Oļu paraugu ievākšanas vietas

Līdz šim zināmais liecina, ka krama apstrādes meistari seko noteiktām procedūrām dažādu rīku gatavošanai (2.3. nodaļa). Tās saistītas ar pazīmju kopuma apzināšanu, kas raksturīgs noteiktas izcelsmes un kvalitātes kramam un lietojams gan dabā izvēloties materiālu, gan novērtējot transportēšanas vai maiņas ceļā iegūtu ne vietēju materiālu. Salīdzinoši tomēr zinātniskajā literatūrā tiek pievērsts maz uzmanības izejmateriāla sākotnējiem izvēles kritērijiem, kas arī varētu tikt izmantoti akmens laikmeta rekonstrukciju pētījumu kontekstā. Šādi pētījumi attiektos uz detalizētu dabā sastopamo krama formu un veidu analīzi, ietverot morfoloģiskas pazīmes, kas ir noteicošas piemērota izejmateriāla izvēlē un kuras ietekmē pieejamā akmens materiāla resursa specifika – daudzums, kvalitāte, izmēri, kā arī uz atšķilīgu formas novērtējumu pirms piemērotas izvēlē veikšanas tālākai apstrādei.

Pētījumā tika novērtētas oļu kā akmens laikmetā rīku gatavošanai izvēlēta izejmateriāla dabā raksturīgās formas (Anoikin, Postnov, 2005; Zagorska, 2012; Low, 2013).

Pētījuma vajadzībam tika izvēlēta pētījumu vieta un ievākti 9 oļu paraugi (frakcijas lielums 4 - 64 mm (Wentworth, 1922)) no Latvijas upju Raunas, Rauņa, Vaives, Cieceres un Amatas mūsdienīgu alūvija, paraugu ievākšana tika veikta 2012. gada rudenī (3.16. attēls, 3.2. tabula). Ievērojot nejausības principu, upes gultnes taisnajā posmā, lietojot vadziņas metodi, tika noņemts sākotnējais paraugs ar apjomu apmēram 20 kg, sekojoši kvartējot tika nodalīta vismaz 100 oļu liela izlases kopa (paraugs) turpmākiem pētījumiem (3.17. attēls). Viena parauga apjoms tika izvēlēts 850 oļu liels, lai novērtētu, vai iegūtās likumsakarības apstiprinās lielākā izlasē.



3.17. attēls. Oļu paraugu ņemšana Raunas upē.  
Figure 3.17. Pebble sampling in the River Rauna.

### 3.2.3. Pētītie paleolīta akmens rīki

Akmens laikmeta darbarīki tradicionāli tiek uzskatīti par indikatīviem seno akmens laikmeta kultūru attīstībā, un daudzas no tām ir noteiktas un aprakstītas galvenokārt tikai pēc darbarīku raksturīgas formas (1.2. nodaļa). Darbarīku forma akmens laikmetā pakāpeniski ir mainījusies ne tikai rīkus specializējot noteiktu darbību veikšanai, bet arī izkopjot izgatavošanas prasmes un dažādojot izmantotā izejmateriāla veidus (2.1. nodaļa; 2.3.nodaļa; 2.4.nodaļa). Tādēļ izmaiņas darbarīku ārējā izskatā var tikt izmantotas kā svarīgi darbarīku izgatavošanas pieredzes indikatori. Atbilstoši tradicionālās akmens rīku dokumentācijas un pētniecības metodes paredz dažus morfoloģiskus novērtējumus un mērījumus (raksturīgās dimensijas, virsmas apstrādes raksturojums, u.tml.) (1.3. nodaļa), tomēr rīku formu ir iespējams raksturot detalizētāk.

Tradicionāls dokumentēšanas veids – zīmējumi, kur tiek parādīti arī virsmas skulptūras elementi, tipiskas iezīmes vai fotogrāfija mērogā – ir pietiekoši informatīvs, lai

atspoguļotu ne tikai formas īpašības, bet arī rīku pabeigtības pakāpi un pielietoto apstrādes tehnoloģiju, tā sniedz priekšstatu par izmantoto materiālu un citas svarīgas ziņas. Pētījums balstās uz publicētiem darbarīku aprakstiem un attēliem, muzeju pastāvīgo ekspozīciju materiāla fotodokumentāciju. Pētījumā iekļauti attēli, kas atspoguļo paleolīta arheoloģisko kultūru atradumus Eiropas teritorijā un attiecībā uz pašām senākajām liecībām, arī Āfrikas teritorijā. Vēlā paleolīta noslēguma posmā uzmanība koncentrēta uz Eiropas ziemeļaustrumu reģionu – mūsdienu Baltijas valstu teritoriju. Pētījumā aplūkotās kultūras attēlotas 1.1.tabulā, un analizēti rīki, kas arheoloģiskos pētījumos raksturoti kā tipiski konkrētajai kultūrai.

Pētījuma veikšanai tika iepazīts plašs literatūras klāsts (piemēram, Werth, 1921; Gebel, Kozłowski 1994; Soressi, Dibble 2003; Bar-Yosef, Zilhão, 2006; Otte 2007, 2009; Zagorska 2012) un izmantoti interneta vidē pieejamie muzeju zinātniskie katalogi (piemēram, British Museum collection online, Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, University of Pennsylvania Museum of Archaeology and Anthropology), kur iekļautie senā akmens laikmeta rīku attēli tika atlasīti un kārtoti šim nolūkam veidotā datubāzē. Lai pārliecinātos par rīku izlašu tipiskumu, jo bieži literatūrā aplūkoti konkrētu atradumu vietu, valstu vai reģionu pētījumi, un ierobežotu iespējamo subjektīvismu šādos novērtējumos, autore apmeklēja Latvijas Dabas muzeja, Latvijas vēstures muzeja, Tartu Ledus laikmeta muzeja, Parīzes Nacionālajā Arheoloģijas muzeja, Lisabonas Arheoloģijas muzeja, Kopenhāgenas Nacionālā muzeja, Britu muzeja un Londonas Dabas vēstures muzeja, Vīnes Arheoloģijas muzeja, Mīnhenes Arheoloģijas muzeja, Madrides arheoloģijas muzeja, Čīles Pirmskolumba mākslas muzeja un Čīles Nacionālā Dabas vēstures muzeja, Kizilas un Abakanas vēstures muzeju un Seviļas Arheoloģijas muzeja aizvēstures ekspozīcijas un detalizēti iepazīs ar tām. Šāda plaša eksponēto vākumu un kolekciju materiāla apguve ļāva autorei eksponēto arheoloģisko kultūru tipisko rīku pazīmes salīdzināt ar no publicētā literatūrā un internetā pieejamos zinātnisko kolekciju katalogos iegūto rīku izlasēs konstatētām. Šādu salīdzinājumu nepieciešamību noteica arī pieejamajos avotos novērojamais lielais informācijas daudzveidīgums un dažādība aprakstu detalizācijā un precizitātē – gan attiecībā uz nezināmu rīku vecumu, gan attēlojumu variācijām, piemēram, iekļaujot dažādu rīku projekciju skaitu vai nenorādot attēlu mērogu, kā rezultātā rīki nav pietiekoši korekti savstarpēji salīdzināmi. Papildus informācija salīdzinājumiem un pārbaudēm tika iegūta daudzās specializētās interneta vietnēs, tomēr tās promocijas darba pētījumā netika plaši izmantotas, jo šeit izvietotiem attēliem visbiežāk nav pievienots mērogs, attēlotiem rīkiem nav sniegts pietiekošs to apraksts.

### **3.3. Laboratorijas pētījumu metodes**

#### **3.3.1. Makroskopiski un mikroskopiski krama pētījumi**

Pētījumā autore paraugiem novērtēja tradicionāli nosakāmās raksturīgās īpašības: krāsa, svītras krāsa, skaldnība, lūzums, spīdums, caurspīdīgums, blīvums, struktūra, tekstūra, patinas un garozas klātbūtne, izmantojot vispārpieņemtas ģeoloģijā izmantotās metodes – makroskopiskus novērtējumus un instrumentālus mērījumus (American Geological Institute, 2011; Jones, Jones, 2012).

Pētījumā mikroskopiskie un makroskopiskie novērtējumi tika veikti, paplašinot novērojumu spektru no redzamās gaismas uz pētījumiem ultravioletā apgaismojumā. Šāda pieeja ļauj iegūt pilnīgāku informāciju par krama struktūru un sastāva izvietojuma neviendabīgumu. Parauga struktūra tika novērtēta gan attiecībā uz tās neviendabību, tā



nosakot iespējamās līdzības vai atšķirības krama veidošanās procesos, vai pat piederību iespējamai kopīgai ieguves vietai vai reģionam, gan viendabības aspektiem, kas ļauj atpazīt un novērtēt paraugam raksturīgus un tipiskus iecirkņus, kas var tikt izmantoti detalizētām analīzēm dažādu paraugu savstarpējiem salīdzinājumiem.

Krama ķīmiskais sastāvs, kas raksturojams ar silīcija oksīda dominējošu koncentrāciju (parasti 91-99%) (2.2.2. nodaļa) un citu elementu oksīdu ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_3$ ) nelielu lomu, nosaka, ka krama paraugu salīdzinājumam un sastāva korelācijām visbiežāk tiek izmantoti tieši tie ķīmiskie elementi, kuru koncentrācijas ir miljonu daļu (ppm) līmenī (Cl, Ti, Mn, Fe u.c.) (Baltrūnas *et al.*, 2006b; Hughes *et al.*, 2010; Högborg *et al.*, 2012). Šo ļoti zemās koncentrācijas konstatēto ķīmisko elementu noteikšana ir atkarīga no pētniecības iekārtu pieejamības, un šajā ziņā pētījumi ir veikti pat ar neitronu aktivācijas metodi (piemēram, Aspinall, Feather, 1972). Ņemot vērā, ka šādās analīzēs pētīto paraugu lielums ir neliels (atkarībā no pielietotās metodes līdz dažiem kvadrātmilimetriem), tad, zinot krama dabisko neviendabību, šo analīžu reprezentativitāte nav augsta, ja nav pietiekoši liels mērījumu skaits un sistemātiski izvēlēts analīzes apgabals, un uz tām balstīto dažādo, tajā skaitā paleoģeogrāfisko, rekonstrukciju vērtība ir nosacīta.

Lai novērtētu krama paraugu tekstūras un struktūras viendabību un izvēlētos ķīmiskā sastāva analīzes apgabalus, pētījums tika veikts ievērojot noteiktu organizāciju un secību (3.18. attēls)

Pētījumam ievāktie ģeoloģiskie paraugi tika makroskopiski raksturoti, un nodalīta atsevišķa daļa detalizētiem pētījumiem, izvēloties raksturīgākos paraugu ievākšanas vietai (3.2.1. nodaļa). No Latvijas paraugiem tika izvēlēti 4 oļi no Jūrkalnes pludmales, 6 pārkrāmota dolomīta paraugi no dažādām paraugu ņemšanas vietām pie Lētīžas grīvas un 7 pārkrāmota dolomīta paraugi no dažādām paraugu ņemšanas vietām pie Žagatu klintīm (3.2. tabula; 3.16. attēls). No autores Dānijā ievāktās krama kolekcijas tika izvēlēti 3 paraugi, kas ietvēra 2 krama konkrēcijas un vienu oli. Arī no Lielbritānijas detalizēti tika pētīti 3 paraugi – 2 oļi un viena krama konkrēcija (3.3. tabula; 3.15. attēls).

Arheoloģiskie krama paraugi ietvēra 5 artefaktus no Lapiņu nometnes un 5 artefaktus no Slocenes apmetnes (3.2. tabula; 3.16. attēls).

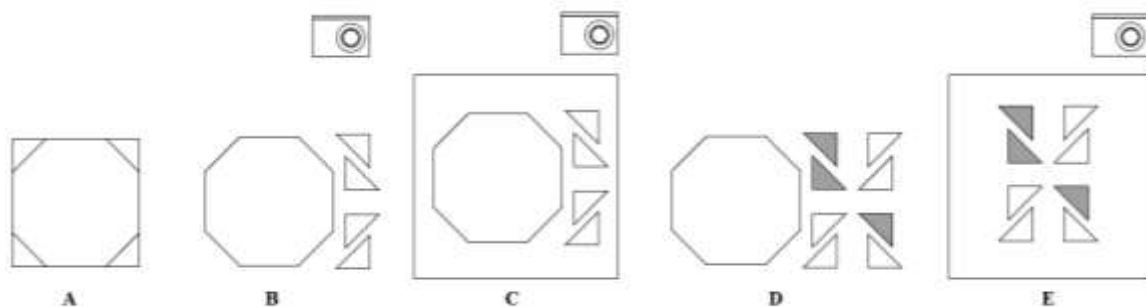
Salīdzinošiem pētījumiem tika pētīts krama paraugs no Polijas, 7 paraugi no Baltkrievijas, 3 paraugi no Krievijas Augšvolgas reģiona, 2 paraugi no Lietuvas, 2 paraugi no Zviedrijas, 3 paraugi no Krievijas Augšvolgas apgabala un 6 paraugi no Krievijas Jermakas rajona (3.3. tabula; 3.15. attēls).

Izvēlētie paraugi tika novērtēti makroskopiski un no tiem atšķeltas 0,5-2 mm biezas šķēpeles, izvēloties tipiskus parauga apgabalus (3.18. attēls A). Arheoloģiskie paraugi tika pētīti, neveicot nekādu papildus apstrādi.

Sākotnēji katrs paraugs un no tā iegūtie atšķēlumi tika fotodokumentēti mērogā ar kameru *Sony Cyber-shot DSC-H90*, un turpmāk veikts pētījums paplašinot to novērojumus no redzamās gaismas spektra daļas uz infrasarkanā un ultravioletā gaismas diapazonu (3.18. attēls B), jo šādi ir atpazīstami daudzi papildus vizuāli novērojami struktūras uzbūves elementi un neviendabības.

Paraugu fluorescentās īpašības pētījuma autore pārbaudīja salīdzinoši plašā viļņu garumu diapazonā (200-1100 nm) iekārtās, kas oriģināli ir tikušas izveidotas citiem mērķiem. Šādi kļuva iespējams novērtēt pētījumu lietderību nākotnē, ja izdotos luminiscences parādību fiksēt un noteikt aptuveno viļņa garuma diapazonu turpmākiem pētījumiem. Svarīgi, ka paraugi netika termiski apstrādāti, jo šāda ierosinātā termoluminiscence nav pieņemama artefaktu pētniecībā.

Papildus pārbaudes autore veica Latvijas Dabas muzejā ar iekārtu *CC-65 UV Viewing Cabinet*, kas aprīkota ar lampu *Hand-Held UV 8W Lamp 254/302/365 nm Model UVLMS-38* (kalibrēti viļņu garumi 245 nm, 302 nm un 365 nm).



3.18. attēls. Pētījumā veikto krama paraugu makroskopisko un mikroskopisko novērtējumu shēma.

A Krama parauga makroskopiska novērtēšana un atšķilu ieguve, izvēloties paraugam tipiskus apgabalus;  
 B Krama paraugu un to atšķilu foto dokumentācija un novērtēšana dažādu viļņu garumu apgaismojumā (200-1100 nm);

C Krama paraugu pētījumi pētniecības iekārtā BioSpectrum AC Imaging System (3.19.attēls) un foto dokumentācija;

D Iegūto attēlu novērtēšana un krama atšķilu izvēle tālākiem detalizētiem pētījumiem, ja konstatēti citi tipiski apgabali – tiek iegūtas jaunas atšķilas;

E Krama atšķilu pētījumi mikroskopā Leica DM 2000 (3.20.attēls) un foto dokumentācija.

Figure 3.18. Scheme of flint macroscopic and microscopic assessment conducted in the study.

A macroscopic evaluation of flint sample and flakes obtaining from typical areas of the sample;

B photo documentation of flint samples and flakes and assessment in various wavelength light (200-1100 nm);

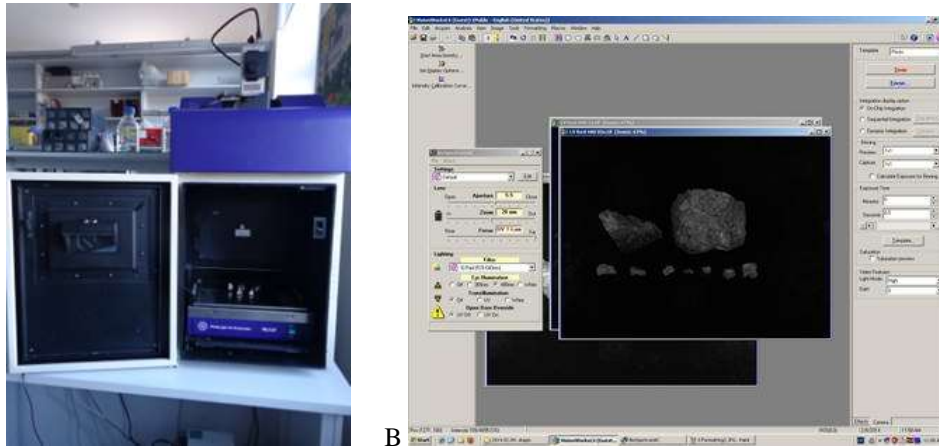
C flint sample studies with research equipment BioSpectrum AC Imaging System (Figure 3.19) and photo documentation;

D assessment of obtained images and selection of flakes for further detailed analysis, in case of other typical areas - new flakes are obtained;

E flakes studies under microscope Leica DM 2000 (Figure 3.20.) and photo documentation.

Promocijas darba pētījumā apjoma ziņā nozīmīgāko daļu autore veica Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultātē luminiscences kamerā *BioSpectrum AC Imaging System* (3.19. attēls A). Pētījuma parametri tika iestatīti izmantojot datorprogrammu *Vision Works S* (3.19. attēls B), ar kuru tika vadīta arī aplūkoto paraugu monohroma fotodokumentācija (3.18. attēls C). Iekārtā krama paraugu un to atšķēlumu apstarošanai tika izmantotas lampas ar kalibrētu viļņa garumu 365 nm un 480 nm. Papildus tika izmantoti trīs dažādu viļņu garumu filtri SYBR Green (515-570 nm), SYBR Gold (485-655 nm) un EtBr Red (570-640 nm), kā arī plaši attēlu uzņemšanas ekspozīcijas laiku intervāli no 0,1 s līdz 2 min atbilstoši uzstādītajam apgaismojuma režīmam.

Izmantotā iekārta ļāva iegūtos datus digitālu attēlu formātā saglabāt iepriekš izveidotā datu bāzē, un tie tika izmantoti turpmākā datu analizē. Tika noteikti apgabali ar iespējami viendabīgu tekstūru un vielas izkārtojumu, tas ir, konkrētajam paraugam tipisku un raksturīgu substanci, kas ļāva izvairīties no vairāku slāņu vienlaicīgas analīzes, neiekļaut analizē makroskopiskus organiskās vielas un svešķermeņu ieslēgumus (3.18. attēls D).



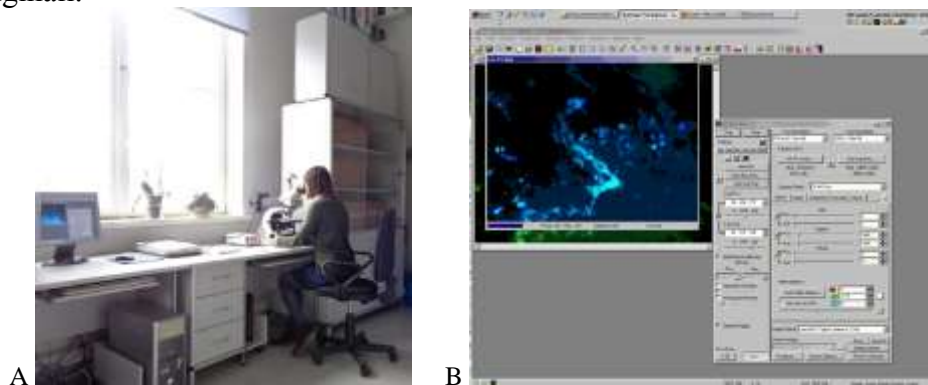
3.19. attēls. Izmantotais aprīkojums makroskopiskiem pētījumiem ultravioletā apgaismojumā.

A iekārta *BioSpectrum AC Imaging System*;  
B datorprogramma *Vision Works S*.

Figure 3.19. Research equipment for macroscopic studies in ultraviolet light.

A research equipment *BioSpectrum AC Imaging System*;  
B software *Vision Works S*.

Turpmākajos pētījumos atsevišķi nodalītie laukumi uz paraugiem papildus tika analizēti mikroskopiski ultravioletā gaismā. Šie augstākas detalizācijas pētījumi tika veikti ar 50 reizu palielinājumu mikroskopā *Leica DM 2000* (3.20. attēls A; 3.18. attēls E) trīs atšķirīgos režīmos. Tos atbilstoši veido izmantojot trīs dažādus filtrus ar ultravioleto ierosmes joslu 340-380 nm (emisijas josla sākot no 425 nm, zila), zilo ierosmes joslu 450-490 nm (emisijas josla sākot no 525 nm, zaļa) un zaļo ierosmes joslu 525-560 nm (emisijas josla sākot no 590 nm, sarkana). Datorprogrammā *Image Pro Express* (3.20. attēls B) tiek noteikts ar mikroskopu savienotās kameras *Leica DFC 420* ekspozīcijas laiks, piemērojot atbilstoši uzstādītajam režīmam, kas ļauj kvalitatīvi veikt fotodokumentāciju un tālāku attēlu analīzi, piemēram, arī lietojot kādu tradicionālu grafiskās apstrādes datorprogrammu. Šajā pētījuma posmā iegūtā fotodokumentācija netika papildus apstrādāta un tika analizēti attēlu oriģināli.



3.20. attēls. Izmantotais aprīkojums mikroskopiskiem pētījumiem ultravioletā apgaismojumā.

A mikroskops *Leica DM 2000*;  
B datorprogramma *Image Pro Express*.

Figure 3.20. Research equipment for microscopic studies in ultraviolet light.

A microscope *Leica DM 2000*;  
B software *Image Pro Express*.

Abās iepriekšminētajās ierīcēs ultravioletā apgaismojumā iegūtie attēli tika izmantoti salīdzinošā analizē ar redzamā gaismā veikto paraugu un to atšķelumu fotodokumentāciju. Attēlos tika vērtētas iegūstamo datu interpretācijas iespējas attiecībā uz raksturīgām iezīmēm krama paraugu tekstūrā un struktūrā, kas turpmāk var tikt izmantotas krama izejmateriāla atšķirību novērtēšanā. Svarīgi, ka ar šādām iekārtām ir iespējams veikt paraugu digitālu fotodokumentēšanu un reģistrēt vairākus optiskus parametrus, kuru datus turpmāk var izmantot matemātiskai analīzei.

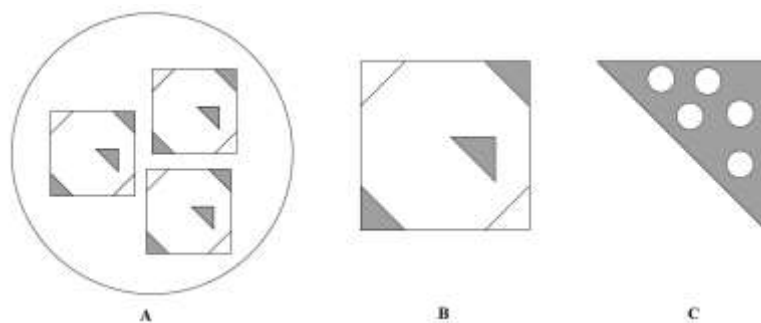
Sekojošai šādai procedūrai, ir iespējams iegūt ievērojami augstvērtīgāku salīdzināmo materiālu turpmākai izvērtēšanai un analīzei. Pēc salīdzināšanai piemērotu paraugam raksturīgu laukumu konstatācijas, tie tika izvēlēti ķīmisko analīžu veikšanai. Tādējādi, pētniecībā metodisks risinājums, nodrošinot pētījumu secīgumu un gaitu, ir šīs disertācijas novitāte.

### 3.3.2. Krama ķīmiskā un mineralogiskā sastāva pētījumi

Krama sastāva specifika (2.2. nodaļa) un pētāmo arheoloģisko paraugu kultūrvēsturiskā nozīme norāda uz nepieciešamību pēc pietiekami jūtīgām un nedestruktīvām krama ķīmiskā sastāva pētījumu metodēm, kas ļautu veikt salīdzinoši daudz mērījumus, kuri būtu piemēroti iegūto datu matemātiskai apstrādei un sekojošai interpretācijai. Ņemot vērā šos nosacījumus, kā piemērota tika atzīta rentgenstaru fluorescences spektrālā metode (WDXRF), bet šo datu salīdzinājumam tika izmantota rentgenstaru pulvera difrakcijas metode (XRD). Ķīmiskās analīzes tika veiktas LU Ķīmijas fakultātes laboratorijā pieredzējuša pētnieka Jura Kostjukova vadībā, kurš autori apmācīja un izskaidroja, kā veikt ķīmiskās analīzes, izmantojot mūsdienīgas analītiskās iekārtas, veica analīzes un palīdzēja analizēt un interpretēt iegūtos datus. Pētījumā tika izmantotas minētās metodes ar tām vispārpieņemtām metodikām, tādējādi nodrošinot, ka rezultāti ir atkarājami un verificējami.

Paraugu iepriekšējā atlasē tika izvēlēti paraugi ar svaigi nošķeltām virsmām bez patinas un garozas. No katras paraugu ievākšanas vietas (3.15. attēls; 3.16. attēls) tika izvēlēti vismaz 3 krama paraugi sastāva noteikšanai (3.21. attēls A). No atsevišķām vietām bija pieejami mazāk nekā 3 paraugi, un analīzes tika veiktas visiem iegūtajiem paraugiem. Pētījumi ar rentgenfluorescences (XRF) metodi tika veikti 33 krama paraugiem no ievāktā kolekciju materiāla, un raksturo ķīmiskā sastāva raksturīgās iezīmes un savstarpējās atšķirības kramam no Latvijas, Dānijas, Anglijas, Polijas, Lietuvas un Krievijas (3.2. tabula, 3.3. tabula). No katra parauga tika analizētas 3 līdz 5 atšķilas, balstoties uz iepriekšēji makroskopiski un mikroskopiski novērtēto materiāla homogenitāti un tipiskumu attiecībā pret izvēlēto paraugu un izcelsmes vietā raksturīgo kopumā (3.21. attēls B). Pētītās atšķilas bija no 0.5 līdz 2 mm biezās un ar 10 mm līdz 40 mm lielu diametru. Arheoloģiskajiem paraugiem analīzei tika pakļauts viss krama paraugs, neveidojot atšķilas.

Izvēlētajiem paraugiem tika noteikts ķīmiskais sastāvs ar rentgenstaru fluorescences spektrālo metodi (WDXRF), lietojot pētniecības iekārtu *Bruker S8 Tiger* un atbalstošo programmatūru. Izvēlēta metode ir nedestruktīva, un arī paraugu sagatavošanai netika veikta paraugu papildus apstrāde, ņemot vērā, ka pētījuma virsma ir svaigi iegūtas atšķilas. Katra atšķila tika analizēta 5 reizes, katru reizi mainot pētījuma laukumu (3.21. attēls C). Šāda pieeja tika attiecināta ne tikai uz dabā atrastajiem krama paraugiem, bet arī paraugiem no arheoloģiskajiem izrakumiem.



3.21. attēls. Ar WDXRF metodi veikto krama sastāva pētījumu shēma.

A No paraugu ievākšanas vietas izvēlēti vismaz 3 krama paraugi sastāva noteikšanai\*;

B No katra parauga tika analizētas vismaz 3 atšķilas, kas izvēlētas pēc makroskopiskiem un mikroskopiskiem novērtējumiem (3.3.1. nodaļa);

C Katra atšķila tika analizēta 5 reizes, katru reizi mainot pētījuma laukumu.

\*atsevišķos gadījumos bija pieejami mazāk nekā 3 paraugi.

Figure 3.21. Scheme of flint composition research made with WDXRF method.

A At least 3 samples selected from each sampling site\* for chemical composition detection\*;

B At least 3 flakes from each sample were analysed picked after macroscopic and microscopic evaluation (3.3.1. Section);

C Each flake was analysed 5 times, changing each time the research surface area of the sample.

\* in some cases were available less than 3 samples.

Minētais pētījums tika veikts divos dažādos pētniecības režīmos Best Detection-He(5mm) un Full Analysis-He(5mm). Krama un pārkrāmota dolomīta paraugi no Latvijas tika analizēti abos pētniecības režīmos, un tika salīdzināti iegūtie dati, izvēloties piemērotāko pētījuma veikšanai. Visi pārējie analīzei izvēlētie krama paraugi (3.2.tabula, 3.3. tabula) un visi arheoloģiskie paraugi tika analizēti režīmā Best Detection-He(5mm), kas atbilst augstākai precizitātei. Analīzes dati sākotnēji tika iegūti elementu oksīdu formā, bet turpmāk iegūtie dati tika pārrēķināti silīcija oksīda matricā, ja kvarca sastāvs bija dominējošs.

Iegūtie analīžu dati tika ievadīti MS Excel datubāzē, un datu matemātiskai analīzei tika izmantotas ķīmisko elementu procentuālās koncentrācijas paraugā. Tika novērtētas krama ķīmiskā sastāva variācijas atšķilas un parauga ietvaros un veikti savstarpēji salīdzinājumi, ar mērķi noteikt raksturīgus mikroelementus un elementu daudzuma attiecības, kas varētu tikt izmantotas krama atšķiršanai pēc pētīto paraugu ģenēzes un paraugu ņemšanas vietas. Tika veikta datu statistiska analīze, ietverot aprakstošo statistiku un korelāciju analīzi.

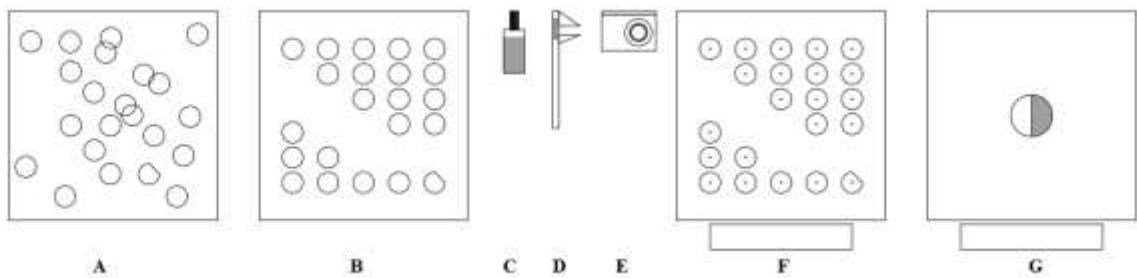
Salīdzinājumam ģeoloģiskajiem paraugiem tika noteikts sastāvs ar rentgenstaru pulvera difrakcijas (XRD) metodi, izmantojot pētniecības iekārtu *Bruker D8 Advance* ( $\text{CuK}\alpha$ ,  $\lambda = 1,54180\text{\AA}$ ; 40 kV; 40 mA, uzņemšanas diapazons:  $2\theta = 3^\circ\text{-}40^\circ$ , solis  $0,02^\circ$ , soļa ilgums 0,5s, detektors *Lynx Eye*). Rezultāti tika analizēti ar rentgenstaru datu apstrādes datorprogrammu *EVA-12*. Analīze tika veikta katra ģeoloģiskā parauga vienai šķēpei, bet ne arheoloģiskajiem paraugiem.

### 3.3.3. Oļu formas pētījumi

Oļu paraugu novērtēšanā tika analizēti vairāki makroskopiski nosakāmi lielumi – vizuāli noteiktā oļu noapaļotība pēc V. Krambeina (Krumbein, 1941) klasifikācijas un oļu formām piemītošie simetrijas rādītāji, kā arī mērījumu un matemātisku aprēķinu rezultātā iegūtās T. Cinga (Zingg, 1935) izmēru proporcijas un simetrijas precizitāte pret simetrijas

asi. Pētījuma veikšanai tik izstrādāta un izmantota pētījuma procedūra, kas shematiski attēlota 3.22. attēlā.

Pētījumā vispirms paraugam (3.22. attēls A) tika noteikts oļu sadalījums pēc Krambeina (3.22. attēls B, 3.23. attēls). No parauga, veidojot gadījumizlasi, tika nodalīti ap 10% oļi. Palikušie oļi tika sadalīti pa Krambeina noapaļotības klasēm, kas papildus tika atkārtoti pārskatītas virzienā no pirmās klases uz desmito un otrādi, mainot oļu izkārtojumu, ja nepieciešams. Pēc tam tika pievienoti nodalītie 10% oļi. Šī procedūra ļauj novērtēt izvēles viennozīmību. V. Krambeins (Krumbein, 1938) oļu noapaļotības analīzi nav atzinis kā piemērotu tām oļu frakcijām, kuras satur vairāk nekā 30% karbonātu oļu, bet Latvijas apstākļos tie veido visai nozīmīgu (10-65%) daļu no pētāmās izlases. Tādēļ promocijas darba pētījumā karbonātu oļi tika atsevišķi novērtēti pēc sašķirošanas, kas veikta pārbaudot oļus ar 10% sālsskābi (3.22. attēls C).



3.22 attēls. Veiktā pētījuma procedūra oļu morfoloģijas novērtēšanai.

- A Ievākts vismaz 100 oļu liels paraugs;
- B Oļi sadalīti pēc noapaļotības pa Krambeina (Krumbein, 1941) noapaļotības klasēm;
- C Noteikti oļi ar karbonātisku sastāvu, pārbaudot oļus ar 10% sālsskābi;
- D Izmērītas oļa dimensijas – garums, platums, augstums;
- E Veikta fotodokumentācija oļiem, kas izvietoti dimensionāli, lai garums un platums atrodas horizontāli, bet augstums – vertikāli;
- F Iegūtajos attēlos atzīmēti simetrijas rādītāji;
- G Katram atsevišķam olim izmērīta simetrijas precizitāte, izmantojot programmu *Flip Test* (Hardaker, Dunn, 2005).

Figure 3.22. In the study conducted procedure for pebble shapes assessment.

- A Collected sample including at least 100 pebbles
- B Pebbles divided by Krumbein (Krumbein, 1941) roundness classes;
- C Detection of pebbles with carbonatic composition with 10 hydrochloric acid;
- D Measurement of pebbles dimensions – length, width and height;
- E Photo documentation of the pebbles, sorted by roundness and dimensionally arranged that the length and width are in a horizontal plane and height is in a vertical plane;
- F Symmetry indicators marked in the obtained photos;
- G Measurement of symmetry accuracy for each pebble using program *Flip Test* (Hardaker, Dunn, 2005).

Turpmākie mērījumi tika veikti instrumentāli, lai iegūtu oļu garuma, platuma un augstuma dimensiju izmēru datus ar precizitāti 0,01mm, izmantojot digitālu mērierīci *MarCal 16 EWR REFERENCE IP67* (3.22. attēls D). Lietojot speciālu programmatūru *MarCom*, ierīce tika savienota ar datoru, kas veiktos mērījumus tiešsaistē ievada MS Excel datu bāzē. Iegūtie dati raksturo paraugu frakciju izmēru variācijas un ļauj aprēķināt oļu izmēru proporciju Cinga koeficientus un noteikt atbilstošo oļu formas tipu (Zingg, 1935).

Oļu dimensiju mērījumos vispirms noteikta oļa formas garākā ass. Nākamajā solī, oli rotējot ap garuma asi, formai tiek atrasta perpendikulāra ass, kur oļa mērījums ir vislielākais. Perpendikulāri plaknei, ko veido minētās divas ass tiek meklēta oļa augstuma ass, kas atbilst lielākajam oļa izmēram plaknē, kas perpendikulāra garuma un platuma asu noteiktajai plaknei. Platuma ass tiek izmantota kā rotācijas ass, ap kuru olis tiek pagriezts par 90°, lai iegūtu plakni, kurā jāmeklē oļa garākā ass, kas perpendikulāra platuma asij.

Katram olim paraugā dimensiju mērījumi tika veikti atkārtoti 3 – 8 reizes, lai novērtētu mērījumu precizitātes ietekmi proporciju noteikšanā.

Sekojoši tika veikta oļu, kas sakārtoti pēc noapaļotības un izvietoti dimensionāli, lai garums un platums atrodas horizontāli, bet augstums – vertikāli, fotodokumentēšana ar kameru *Sony Cyber-shot DSC-H90* (3.22. attēls E). Attēli tika uzņemti perpendikulāri no augšas (3.23. attēls). Oļu novietojums, veicot attēla uzņemšanu, ir svarīgs, lai būtu atskaites punkts – garuma un platuma plakne – kas ļauj noteikt šajā plaknē oļiem raksturīgās formas un to simetrijas īpašības, tā attēls atspoguļo arī oļu noapaļotību, ko var salīdzināt ar V.Krambeina sastādīto tabulu oļu noapaļotības vizuālai novērtēšanai, un izmēru proporciju minētajā plaknē. Katram paraugam sadalījums un atbilstošie mērījumi tika veikti vismaz 3 reizes, lai novērtētu subjektivitāti.

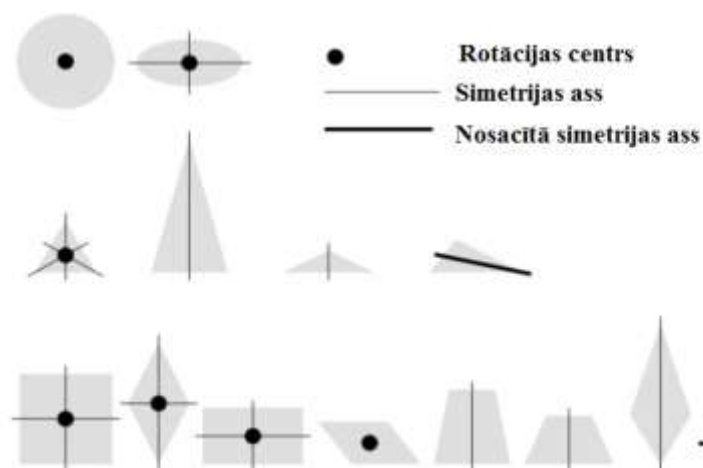
Iegūtie attēli tika tālāk apstrādāti datorprogrammā *Adobe PhotoShop CS5* un iegūtajos attēlos tika atzīmēti oļu formu simetrijas rādītāji – simetrijas ass vai rotācijas centrs (3.22. attēls F; 3.23. attēls), kas norāda piederību noteiktām simetrijas grupām (3.1.2. nodaļa). Lai novērtētu subjektivitāti, simetrijas rādītāji katrā parauga attēlā oļiem tika atkārtoti atzīmēti 2 – 3 reizes.



3.23. attēls. Oļu paraugs „Vaive 31” sadalīts pa V.Krambeina noapaļotības klasēm ar atzīmētiem simetrijas rādītājiem.

Figure 3.23. Sample of pebbles „Vaive 31” divided after W.Crumbain roundness classes with marked symmetry indicators.

Lai vienkāršotu klasifikāciju atbilstoši simetrijas īpašībām, tika novērtēta formu atbilstība kādai no izliktām ģeometrijas pamatformām – riņķim, trijstūrim, četrstūrim vai daudzstūrim, kuru regulārie gadījumi, kā arī pārējās standarta formas, ja ir simetriskas, atbilst noteiktiem simetrijas grupu tipiem, kas atšķiras pēc iekļautajām simetrijām. Ja objekta forma nav simetriska, piemēram, ja tā ir dažādmalu trīsstūris vai četrstūris, tad tiek noteikta nosacīta simetrijas ass (3.24. attēls).



3.24. attēls. Ģeometriskās formas ar atzīmētiem simetrijas rādītājiem vai nesimetriskām figūrām – atzīmētas nosacītas simetrijas assis.

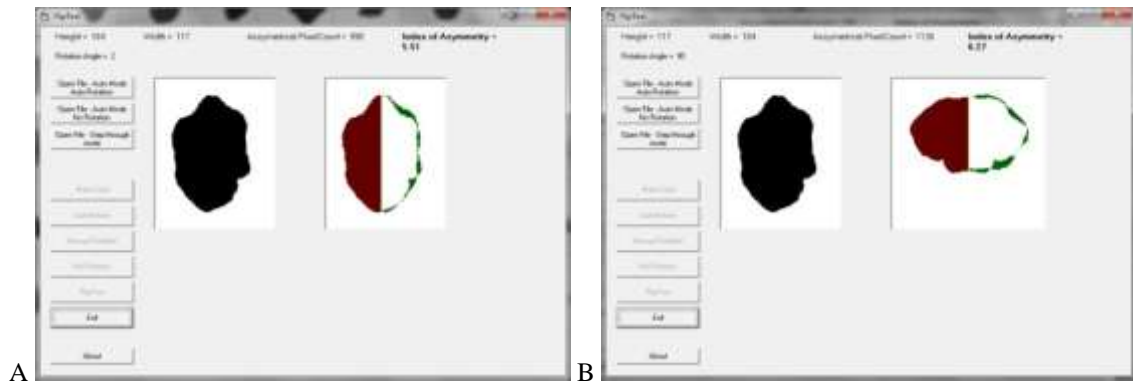
Figure 3.24. Geometric shapes with marked symmetry indicators or suitable symmetry axes for asymmetric shapes.

Tālāk, izmantojot iegūtos fotoattēlus, programmā *Flip Test* (3.22. attēls G; 3.25. attēls) (Hardaker, Dunn, 2005) tika noteikta katra oļa simetrijas precizitāte pret bilaterālās simetrijas asi, kas ir viens no rādītājiem, saistot simetrijas īpašības ar oļu noapaļotību (Zariņa, Segliņš, 2013a). Digitālie uzņēmumi ir iepriekšēji jāapstrādā, lai būtu piemēroti lietošanai datorprogrammā *FlipTest*. Tas nozīmē, ka no sākotnējā attēla jāizdala katra atsevišķā oļa attēls, kas vēl papildus jāapstrādā, lai tā izmērs būtu tuvs optimālajam programmas kvalitatīvai izmantošanai, kas ir 100x100 līdz 400x400 pikseļi (Hardaker, Dunn, 2005), un tumša oļa forma atrastos uz balta fona. Pētījumā attēli tika apstrādāti analīzei datorprogrammā *FlipTest*, izmantojot programmu *Adobe PhotoShop CS5*.

Ja oļiem piemīt rotācijas simetrija – tā veido dihedrālu simetrijas grupu ar kārtu, kas atbilst refleksiju asu skaitam, kuru krustpunkts ir rotācijas centrs (3.1. nodaļa), tāpēc minētā datorprogramma lietojama arī rotācijas simetrijas novērtēšanai oļu gadījumā. Tikai retos izņēmuma gadījumos oļiem piemītošās formas raksturīgās simetrijas īpašības atbilst cikliskai simetrijas grupai  $c_2$ , kas ietver rotācijas simetriju, bet neietver refleksijas simetriju (3.1. nodaļa). Tad oļa attēls vēl atsevišķi jāapstrādā, apvēršot vienu oļa pusi, jo datorprogrammā *Flip Test* iespējams novērtēt tikai formas bilaterālo simetriju.

Apstrādāts attēls ar oli tiek augšupielādēts *Flip Test* datorprogrammā, kur automātiski tiek veidots punktu režģis un tiek atpazīts apjoms, kurā tiek atzīmēta viduslīnija, kas turpmāk lietota kā spoguļa līnija, pret kuru atrasta asimetrijas koeficientā izteikta atšķirība, vienu oļa pusi salīdzinot ar otru (attiecībā pret viduslīniju) (3.25. attēls).





3.25.attēls. Oļa Amata 1-2 11 simetrijas mērījumi programmā Flip test.

A asimetrijas koeficients IA=5,51;

B asimetrijas koeficients IA=6,27.

Figure 3.25. Symmetry measurements of pebble Amata 1-2 11 in program Flip test.

A index of asymmetry IA=5.51;

B index of asymmetry IA=6.27.

Mērījumos asimetrijas koeficients var mainīties no 1, kas norāda pilnīgu bilaterālu simetriju līdz 10 un vairāk, atbilstoši norādot uz lielāku asimetriju jo skaitliski lielāks kļūst koeficients. Tas tiek aprēķināts izmantojot skaitlisku aprēķinu, ko izsaka formula:

$$(1) IA = \frac{500(A)}{(H + W)^2} \cdot (\text{Hardaker, Dunn, 2005})$$

IA – asimetrijas koeficients (*Index of Asymmetry*)

A – asimetrisko pikseļu skaits

H – maksimālais augstums

W – maksimālais platums

Turpmāko mērījumu veikšanas gaitā iespējams samazināt subjektivitātes ietekmi bilaterālās simetrijas ass noteikšanā, jo programmā pieejama auto-rotācija vai manuāla rotācija pa izvēlētu leņķi, kas ļauj pagriezt attēlu tādejādi, lai atrastu iespējamo augstāko simetrijas precizitātes rezultātu. Oļa simetrija tika raksturota ar augstāko simetrijas mērījuma rezultātu un vairāku simetrijas asu gadījumā salīdzināšanai tika ņemta augstākā simetriskuma rādītājs (3.25. attēls A).

Iegūtie konkrēto mērījumu un diagnostikas dati tika ievadīti MS Excel datu bāzē un sakārtoti, individualizējot katra parauga ikkatru oli. To raksturo sekojoši ieraksti – piederība noteiktam oļu paraugam, pazīme par karbonātisku sastāvu, piederība Krambeina oļu noapaļotības klasei, platums, garums, augstums, platuma-garuma, garuma-augstuma un platuma-augstuma proporcijas, piederība noteiktam Cinga oļu formas tipam, simetrijas grupas tips garuma-platuma plaknē, augstākais simetrijas precizitātes mērījums un formas atbilstība noteiktai izliektai ģeometriskai figūrai.

Papildus tradicionāliem sedimentoloģisko pētījumu novērtējumiem, tika aplūkota arī oļu izmēru proporciju tuvināšanās Zelta griezumam un riņķa līnijas proporcijām. Tā tika veikta, lietojot tos pašus dimensiju mērījumus, no kuriem tika aprēķināti Cinga koeficienti,

taču dimensiju attiecības tika vērtētas ņemot vērā nevis Cinga koeficientu  $\frac{2}{3} = 0,666...$ , bet

Zelta griezumam raksturojošo attiecību, kas ir  $\frac{2}{1+\sqrt{5}} = 0,61803...$

. Zelta griezumam raksturojošo attiecību, kas ir  $\frac{2}{1+\sqrt{5}} = 0,61803...$ . Zelta griezumam raksturojošo attiecību tika aplūkota, lai noteiktu šīs proporcijas izplatību oļu formām, kas veidojušās dabīgi, tā dodot iespēju salīdzinoši novērtēt akmens objektus, kas atšķiras no dabā raksturīgās proporcijas.

### 3.3.4. Paleolīta akmens rīku formas pētījumi

Rīku formas analīzei izmantota promocijas darba sagatavošanas laikā autore izstrādātā procedūra oļu formas novērtēšanai (3.3.3. nodaļa), tikai šajā gadījumā netika piemērota noapaļotības novērtēšana, karbonātiskā sastāva pārbaude un rīku dimensijas tika mērītas publicētajos rīku attēlos mērogā. Ekspozētās muzeju kolekcijas tika fotodokumentētas ar *Sony Cyber-shot DSC-H90* kameru, un arī šie attēli tika analizēti pēc pētījuma formas analīzes metodikas.

Rīku formas analīzes veikšanai tika izveidotas darbarīku attēlu izlases, sadalot pa tradicionāli pieņemtām arheoloģiskajām kultūrām (1.1.tabula), iekļaujot attēlus mērogā, pietiekoši uzskatāmus attiecībā uz apstrādes detaļām. Šādi tika izveidota attēlu izlase, kas ietver ap 15% no visiem aplūkotajiem darbarīku attēliem, taču arī šo attēlu informativitāte ir atšķirīga. Tā kā ļoti bieži pēc pat šiem minimālajiem kritērijiem nošķirtie darbarīku attēli iekļauj tikai garuma-platuma projekcijas attēlojumu un arī muzeju pastāvīgās ekspozīcijās, kur izvietoti tipveida darbarīki vai to augstvērtīgas kopijas, ir aplūkojamas vien dažas virsmas – pētījuma formas īpašību un simetrijas novērtēšanas rezultāti attiecas tikai uz šajā plaknē iegūtajiem datiem. Tomēr, lai ļautu novērtēt, vai vērtīgi turpināt pētījumu šajā virzienā, pēc pieejamiem attēliem metodiski tika novērtēti visi iespējamie rakursi formu īpašību novērtēšanai.

Ņemot vērā visai ievērojamo akmens laikmeta darbarīku daudzveidību, atšķirīgās pieejas to klasifikācijās un no tā izrietošo neviennozīmību, zināmo artefaktu skaitlisko daudzumu un šī pētījuma metodisko ievirzi, turpmākajiem pētījumiem tika izvēlēti tikai atsevišķi rīku tipi (2.2. attēls). Formas un simetrijas rādītāju noteikšana veikta nozīmīgākajām paleolīta arheoloģiskajām kultūrām (1.1. tabula) vismaz 150 attēliem. Savukārt izmēru mērījumi veikti, katrai arheoloģiskai kultūrai vismaz 50 raksturīgu rīku attēliem.

Pētījumā autore katram darbarīkam noteica izmēru, gatavošanai izmantoto apstrādes tehniku (2.1. attēls), garuma platuma projekcijā konstatējamās simetrijas rādītājus – simetrijas asis vai rotācijas centru (3.1.nodaļa) un piešķirto formu atbilstoši ģeometriskai figūrai, vizuāli pielīdzinot to atbilstošai ģeometriskai formai (3.24.attēls), kas ļauj vizualizēt ne tikai pētāmo objektu, bet dažos gadījumos arī ieskicēt izejmateriāla formu un dimensijas, pirms no tā tika izgatavots darbarīks. Tas arī atvieglo simetrijas rādītāju noteikšanu, ja simetrijas īpašības nav izteiktas vai rīks nav simetrisks. Pēc konstatētajiem simetrijas rādītājiem, rīkus iespējams grupēt kā piederīgus noteiktai simetrijas grupai (3.1.2. nodaļa). Garums un garumam perpendikulārais platums tika mērīti attēlos mērogā, izmantojot datorprogrammu *ArchiCAD*. Rīku proporcijas tika noteiktas garuma-platuma plaknē, izrēķinot attiecību starp platumu ar augstumu. Rīka tips tika noteikts pēc vizuālām formas īpašībām un izmēra, ņemot vērā arī apstrādes pēdas. Tāpat, nosakot apstrādes veida tehnoloģiju, tika ņemtas vērā vizuāli novērojamas apstrādes pēdas, rīka forma, izmērs.

Iegūtie dati tika ievadīti īpaši izveidotā MS Excel datubāzē, kur katrs rīka attēls tika arhivēts ar sekojošu informāciju – attēla avots, piederība noteiktai arheoloģiskai kultūrai, rīka tips, platums, garums, augstums (kur pietiekama attēla informativitāte), platuma-garuma, garuma-augstuma (kur pietiekama attēla informativitāte) un platuma-augstuma (kur pietiekama attēla informativitāte) proporcijas, atbilstošā ģeometriskā forma, simetrijas grupas tips garuma-platuma plaknē, simetrijas precizitātes mērījums, vizuāli noteiktais rīka tips un apstrādes veids.

## 4. Pētījuma rezultāti un interpretācija

Pētījuma gaitā autore ir patstāvīgi apguvusi virkni pētniecības metodes un paņēmienus, kas ļāva daudzpusīgi izvērtēt ievāktā kolekciju materiāla īpašības, kā arī tās izmantot salīdzinošā analīzē un interpretācijā. Svarīgi atzīmēt, ka pētījumu detalizācija un izvērsums ir ierobežots attiecībā pret pētījumam noteiktā mērķa un uzdevumu izpildi, tas ir – oriģināli veikto pētījumu apjoms un detalizācijas pakāpe tika koriģēti pētījuma gaitā un daudzas pētījumu metodes netika pilnvērtīgi realizētas vai pētījumi netika turpināti, ja tika konstatēts, ka iegūtie rezultāti nesniegs prognozēto ieguldījumu kopējā pētījuma mērķa sasniegšanai.

### 4.1. Krama raksturīgākās īpašības

Iepriekšējās nodaļās (2. 2. 1. nodaļa) izklāstītais norāda, ka krama kā ieža fizikālās īpašības ir salīdzinoši vispusīgas apzinātas, tomēr atzīmējams, ka līdzšinējos pētījumos noteiktās īpašības variē plašās robežās, un arī šo citu pētnieku veiktajos darbos izmantotās pētniecības metodikas ir bijušas atšķirīgas, kas neļauj tajos iekļautos datus nekritiski izmantot autores pētījuma mērķu sasniegšanai.

Vienlaicīgi atzīmējams, ka autores ievāktā oriģinālkolekcija neaptver visas zināmās krama varietātes. Tādēļ pētījumu rezultāti tika virzīti galvenokārt pētniecības metožu pilnveidei un attīstībai, nevis ar mērķi iegūt augstas kvalitātes pirmdatos, kas ļautu iegūt mūsdienīgus laboratorisko pārbaudītu rezultātus izmantošanai par references lielumiem.

#### 4.1.1. Krama raksturīgās fizikālās īpašības un to novērtējums

Atbilstoši izvēlētai metodikai (3.3.1. nodaļa) makroskopiski nosakāmās krama īpašības tika noteiktas paraugiem no visām paraugu ievākšanas vietām (3.2.1. nodaļa), veicot novērtējumu ne mazāk kā 10 atsevišķiem paraugiem un visiem arheoloģiskajiem paraugiem, atkārtojot novērojumu trīs reizes. Dažas īpašības, kas saistītas ar destruktīvu novērtējumu, netika realizētas paraugiem, kas iegūti no arheoloģisko izrakumu vietām.

Starp raksturīgām īpašībām, kas nosaka krama izmantošanu un pielietojumu akmens laikmetā, nenoliedzami svarīgākā ir cietība. Ievāktajiem paraugiem (izņemot tos, kas ir iegūti arheoloģisko izrakumu gaitā) tika noteikta cietība pēc Mosa skalas. Pētījums veikts ar LU ĢZZF Ģeoloģijas nodaļas rīcībā esošiem Mosa skalas komplektiem, veicot ieskrāpējumus etaloncietību minerālos. Pētījumā iegūtie dati liecina, ka visiem paraugiem raksturīgā cietība ir nedaudz zemāka par 7, bet augstāka par 6. Zināms izņēmums ir pārkrāmota dolomīta paraugi no Latvijas. To cietība ir nevienāda un, atkarībā no pētījumam izvēlētajām parauga šķautnes, mainās robežas no 4 līdz 6,5. Vienlaicīgi atzīmējams šo paraugu trauslums un pie spēcīgāka piespiediena, pārbaudāmā šķautne var sadrupt.

Minerāliem tradicionāli nosakāmā svītras krāsa visiem pārbaudītajiem krama paraugiem ir ļoti līdzīga – tā ir balta vai viegli pelēka, bet tās biezums ir atkarīgs no pārbaudāmā krama parauga cietības.

Iežiem nenosaka skaldnību, tā ir raksturīga īpašība tikai minerālu diagnostikā, tomēr krams ir savdabīgs iezis, kuram šāda īpašība varētu būt indikatīva attiecībā uz tās izteiktības saistību ar reģionālām atšķirībām. Veiktais pētījums norāda, ka skaldnība

nevienā no pētītajiem paraugiem netika konstatēta – tā visos paraugos ir neizteikta. Savukārt izteikta ir ar skaldnību saistītā īpašība (Carmichael, 1988) – lauzums.

Lauzums ir daudziem silikātiem tipiska īpašība, kas raksturo parauga materiāla īpašības kopumā un netieši raksturo parauga sīkgraudainu un slēptkristālistisku struktūru, tās viendabīgumu vai novirzes no tā. Īpašība netika noteikta arheoloģiskos izrakumos iegūtiem paraugiem, bet pārējiem krama paraugiem, neatkarīgi no atraduma vietas tika konstatēts raksturīgs gliemežveida (jeb gliemežnīcas) lauzums. Lauzuma izteiktība (dziļums un izlauzuma laukuma platība) visos gadījumos ir konstatēta kā atkarīga no pētītā krama parauga sākotnējiem izmēriem, kā arī pētījumā veiktā uzsitiena precizitātes un pieliktā spēka. Pēc šī rādītāja pētītos paraugus ar izmantotajām metodēm nav iespējams droši grupēt pēc izcelsmes vietas vai saistībā ar kādām citām pētītajām īpašībām. Atzīmējams, ka salīdzinājumā ar citiem pētītajiem paraugiem, krama paraugi no Dānijas, Anglijas un Baltkrievijas raksturojami ar ļoti izteiktu gliemežnīcas lauzumu, un veido raksturīgas stiklveida virsmas (4.1. attēls A un B). Savukārt krama paraugi no Krievijas un Polijas šādas virsmas neveido un lauzums ir mazāk izteikts (4.1. attēls C).



A Paraugs DK 4, Dānija



B Paraugs BK 5, Baltkrievija



C Paraugs PL 1, Polija



D Paraugs LV 7-3, Latvija

#### 4.1. attēls. Krama paraugi\* ar dažādu lauzumu.

\*paraugu saraksti un ievākšanas vietu kartes: tabulas 3.2. un 3.3., attēli 3.15. un 3.16.

A, B krama paraugi ar izteiktu gliemežnīcas lauzumu;

C krama paraugs ar maz izteiktu gliemežnīcas lauzumu;

D paraugs bez izteikta gliemežnīcas lauzuma.

#### Figure 4.1. Flint samples\* with different fracture.

\*lists of samples and maps with sampling sites: Tables 3.2. and 3.3., Figures 3.15. and 3.16.

A, B flint samples with conchoidal fracture;

C flint sample with less pronounced conchoidal fracture;

D sample without pronounced conchoidal fracture.

Lauzuma īpašību novērtējumā būtiski no visiem iepriekšēji apskatītajiem paraugiem atšķiras Latvijā ievāktie paraugi. Pārkrasoti dolomīti no Šķerveļa svītas atseguma pie Lētīžas grīvas un no Daugavas svītas nogulumiem Žagatu klintīs Gaujas krastā pie Virešiem, kas makroskopiski un pēc taustes, arī mehāniski atdalot no atseguma, dabā ir tuvi kramam, tomēr neveido izteiktas gliemežnīcas lauzuma virsmas (4.1. attēls D). Kā īpašība tā ir novērojama ierobežotos ar kramu īpaši bagātinātos iecirkņos, bet šādu paraugu papildus šķeļot, raksturīgu gliemežnīcas lauzuma virsmu veidošanās nav tikusi konstatēta.

Līdzīgi, neizteikts gliemežnīcas lauzums piemīt krama oļiem, kas atrasti akmeņainā un oļainā pludmalē pie kvartārnogulumu atseguma Jūrkalnē. Šeit, lai arī vizuāli atpazīstams krama olis varētu tikt raksturots ar izteiktu lauzumu, tomēr tādu neveido. Veidojas neizteiktas, nelīdzenas vai grubulainas virsmas, kas visdrīzāk raksturo parauga mikroplaisainību, kas raksturīga daudzām kvartārsegā iekļauto iežu atlūzām.

Spīdums ir izteikti raksturīgs krama paraugiem ar gliemežnīcas lauzumu. Pārējos gadījumos spīdums ir neizteikts, reizēm nedaudz matēts un blāvs. Paraugiem, kuru lauzuma virsma neatbilst gliemežnīcas lauzumam, spīdums netika novērots.

Caurspīdīgums piemīt daudziem minerāliem un arī vairākiem iežiem, kas ir tikuši atpazīti un lietoti senajā akmens laikmetā. Tomēr tie ir izņēmumi un galvenokārt attiecas uz obsidiāna rīkiem un to izgatavošanas laikā iegūtām atšķilām Eiropas dienvidos un Centrālamerikā. Ziemeļeiropā rīki ir tikuši izgatavoti no necaurspīdīga akmens materiāla. Pētītie paraugi ir necaurspīdīgi, tajā skaitā plānās atšķilas, tomēr gadījumos, kad atšķilas biežums ir mazāks par apmēram 0,2 mm, tam piemīt zināmas gaismas caurlaidības spējas.

No visām pētīto paraugu izcelsmes vietām atlasītiem krama paraugiem, pēc to notīrīšanas ar destilētu ūdeni un nožāvēšanas, tika novērtēta smarža un garša – tā netika konstatēta nevienam paraugam. Taču tika novērots, ka trieciena rezultātā krams rada raksturīgu deguma smaržu un ir iespējams iegūt dzirksteli. Nevienam šādi sagatavotam paraugam netika konstatēta arī elektrovadītspēja, vienkāršotus mērījumus veicot ar voltmetru *V06-001* (precizitāte +/- 0,05 V). Līdzīgi, pārbaudot paraugus ar kompasu, paraugiem netika konstatētas kādas novērtējamas magnētiskās īpašības.

Iepazītie līdzšinējie arheoloģiskie pētījumi atspoguļo, ka arheologi reģionāli mēdz izšķirt kramus no dažādām reģiona ieguves vai atradumu vietām pēc tipiskas krāsas, tekstūras un struktūras īpašībām (Crandell 2006; Högberg, Olausson, 2007).

Pētīto paraugu krāsa ir atšķirīga un aptver plašu nokrāsu diapazonu no tumši pelēkas, gandrīz melnas līdz gaiši pelēkai, no gaiši brūnas līdz tumši brūnai, ietverot arī dzeltenīgus un sarkanīgus toņus. Raksturīgi, ka pētījumam pieejamo paraugu krāsa nav viendabīga – bieži konstatējamās pakāpeniskas krāsu maiņas, arī citu krāsu ieslēgumi, ielāsumojumi. Dažos paraugos atpazīti arī mehāniski iekļāvumi un joslojuma pazīmes. Tādējādi krāsas raksturojumam piemīt noteikts subjektīvisms attiecībā pret noteikšanai izvēlēto iecirkni, kā arī ir atkarīgs no novērtējuma detalitātes pakāpes.

Lai iespējami objektīvi novērtētu pētīto krama paraugu krāsu, tika veikts novērtējumu salīdzinājums ar dažādu detalizācijas pakāpi (4.1. tabula). Krāsa tika noteikta parauga svaiga atšķēluma laukumam no 2 līdz 10 cm<sup>2</sup>, izdalot pamatkrāsu un makroskopiski izdalāmus joslojumus vai raksturīgus ieslēgumus, kā arī atsevišķi tika novērtēta krāsa parauga virsmai ar oksidācijas pazīmēm, patīnu vai garozu laukumam no 2 līdz 10 cm<sup>2</sup>. Katram ģeoloģiskajam paraugam krāsa tika noteikta vismaz 3 vietās ar vairākiem atkārtojumiem, bet nelielajiem arheoloģiskajiem paraugiem krāsa tika noteikta visam paraugam kopumā. Paraugu krāsa redzamajā gaismā tika novērtēta, salīdzinot ar *NCS INDEX 1950 Original* krāsu skalu (Scandinavian Colour Institute AB, 2008) nevis Munsell krāsu skalu (Long, 2011), jo šajā krāsu sistēmā krāsu identifikācija un apraksts ir veidots, izmantojot īpašības, kas vizuāli raksturo krāsu, tās nokrāsu, intensitāti un nianšes attiecībā uz tumšumu vai gaišumu (Scandinavian Colour Institute AB, 2015), turklāt tā ir plaši lietota materiālu krāsu identificēšanai dažādās pielietojuma jomās un tāpēc salīdzinoši pieejama.

4.1. tabula. Pētīto krama paraugu\* krāsu daudzveidības raksturojums  
Table 4.1. Colour diversity of studied flint samples\*

Paraugs un tā ievākšanas vieta	Makroskopisks novērtējums parauga pamatkrāsai	Makroskopisks novērtējums parauga ieslēgumiem, joslojumam	Makroskopisks krāsas novērtējums paraugiem ar virsmas oksidācijas pazīmēm, patinu vai garozu
UK 2 krama olis, Bīči Heda, Anglija	S8502-Y, tumši pelēks		No S7502-B līdz S4502-B
UK 3 krama konkrēcija, Bīči Heda, Anglija	No S5010-Y10R līdz S5030-Y10R, brūns	S0502-Y50R	No S1000-N līdz S6005-R80B
DK 1 krama konkrēcija, Mēnas klints, Dānija	No S8502-Y līdz S2502-Y, tumši pelēks, pelēks		S0502-R50B
DK 3 krama konkrēcija, Mēnas klints, Dānija	No S8000-N līdz S4005-Y50R, tumši pelēks, brūnpelēks		S0502-R50B
PL 1 krama paraugs, Busko-Zdruj apkārtnē, Polija	S7005-Y20R, pelēks	S5005-Y20R, S1005-Y20R	
BK 1 krama paraugs, Bezdež apkārtnē, Baltkrievija	No S7005-Y20R līdz S3005-Y20R, tumši brūnpelēks, gaiši brūns		No S3005-Y20R līdz S2005-Y20R
BK 4 krama paraugs, Bezdež apkārtnē, Baltkrievija	No S3010-Y20R līdz S3500-N, gaiši brūns, gaiši pelēks	S4500-N	S0502-B
LV 6 krama olis, Jūrkalnes piekraste, Latvija	No S0502-R līdz S0205-Y30R, silti balts, oranžbrūns	S3060-Y30R, S5020-Y60R,	S0502-R
LV 10 krama olis, Jūrkalnes piekraste, Latvija	No S0502-R līdz S0502-R50B, silti balts, gaiši pelēks	S1002-Y50R	No S0502-R līdz S0502-R50B
LV 1 dolomīts pārkrāmots, Virešu apkārtnē, Latvija	S0502-R50B, gaiši zilganpelēks	S1005-Y50R,	S3060-Y30R
LV 7-3 dolomīts pārkrāmots, atsegums pie Lētīžas grīvas, Latvija	No S2502-Y līdz S3005-Y50R, gaiši zaļpelēks, gaiši brūnpelēks	S3010-Y60R	
LV 3 dolomīts pārkrāmots, atsegums pie Lētīžas grīvas, Latvija	S1000-N, gaiši pelēks	S2000-N	
LV 4 dolomīts pārkrāmots, atsegums pie Lētīžas grīvas, Latvija	No S2010-Y50R līdz S2020-Y30R, gaiši sarkanbrūns, gaiši dzeltenīgs		

\*paraugu saraksti un ievākšanas vietu kartes: tabulas 3.2. un 3.3., attēli 3.15. un 3.16.

\*lists of samples and maps with sampling sites: Tables 3.2. and 3.3., Figures 3.15. and 3.16.

Iegūtie novērtējumi kopumā visai precīzi raksturo pētīto krama krāsu, jo atkārtotos izlases pētījumos nedēļu pēc pamata pētījuma veikšanas tika novērota praktiski pilnīga veikto novērtējumu sakritība.

Minētais norāda, ka šādus novērojumus ir lietderīgi veikt, lai arī drošas krama paraugu krāsu piesaistes pie paraugu izcelsmes vietas neizdevās pārliecinoši konstatēt. Iespējams, ka nākotnē, ievērojami paplašinot pētāmo kolekciju materiālus, atšķirību pazīmes būs iespējams konstatēt pamatotāk.

Atzīmējams, ka paraugi, kuru virsma ir klāta ar oksidācijas pēdām, pēc krāsas ir daudz līdzīgāki. Minētais konstatējums ir nozīmīgs arheoloģisko izrakumu laikā atrasto krama artefaktu dokumentēšanā un fiksācijā. Šādiem paraugiem krāsu ir nepieciešams atzīmēt atraduma vietā, kā arī pēc to nodošanas glabāšanā muzeju kolekcijās. Arī ilgstoši uzglabātiem un eksponētiem krama paraugiem ir nepieciešams veikt periodisku krāsas novērtēšanu, kas ļautu šādus paraugus tiešāk salīdzināt ar artefaktiem citās atradumu vietās. Daudzos Eiropas muzejos eksponētie akmens laikmeta artefakti ir izvietoti pastāvīgās ekspozīcijās kā neapstrādāti, tā īpaši apstrādāti un sagatavoti eksponēšanai vai mākslīgi pārklāti ar akmens lakas slāni. Šādu paraugu krāsas nav savstarpēji pamatoti salīdzināmas, bet muzeju fondos savulaik nav veikts artefaktu krāsas novērtējums pirms nodošanas restaurēšanas darbiem eksponēšanas vajadzībām.

Pētījumā iekļautajiem krama kolekciju materiāla paraugiem tika novērtēta attīstīta jeb izteikta oksidācijas kārtiņas, patinas un garoziņas klātbūtne. Tā tika novērtēta makroskopiski kā alternatīvi variējoša pazīme, kam atbilst tās konstatācija vai iztrūkums, un tika noteikta krāsa, papildus pētījumus disertācijas izstrādes gaitā neveicot. Vāji attīstīta patina ir tikusi konstatēta vairumam no arheoloģiskajos izrakumos atrastajiem krama paraugiem, kas atbilst arī daudziem arheoloģijā veiktiem pētījumiem, kur aplūkota patinas klātbūtnes ietekme uz atradumu analīzi (piemēram, Frederick *et al.*, 1994; Font *et al.*, 2010; Glauberman, Thorson, 2012). Izteikta patina ir novērota arī krama oļu paraugiem no kvartārnogulumiem Latvijas Baltijas jūras piekrastē pie Jūrkalnes un oļiem no Dānijas un Anglijas, kā arī paraugiem no Baltkrievijas. Savukārt garoziņas ir raksturīgas gandrīz visiem paraugiem no atsegumiem Dānijā un Anglijā. Tur atrastajiem paraugiem porainas garoziņas biežums var sasniegt vairākus milimetrus, bet tā neklāj vienmērīgi krama konkrēcijas un ir lokāli iecirkņi, kur šādas garoziņas nav, citviet tās biežums nepārsniedz milimetra daļas.

Blīvums ir raksturīga krama īpašība, kas ir tieši atkarīga no krama veidošanās un saglabāšanas apstākļiem (Micheelsen, 1966; Duffy, 1993; DeMaster, 2003). Pētījumā vienkāršota blīvuma noteikšana paraugu savstarpējiem salīdzinājumiem tika veikta ar mērķi gūt priekšstatu par paraugu ievākšanas areāla raksturīgām krama blīvuma vērtībām, kā arī novērtēt atšķirību nozīmīgumu kā vienu no iespējamajiem papildus rādītājiem krama paraugu ģeogrāfiskās izcelsmes vietas lokalizācijas pētījumiem. Svēršanai tika izmantoti svāri *Swiss Made ES 225SM-DR* ar precizitāti 0,1 mg, krama paraugu izmērs tika izvēlēts neliels – no 0,25 g līdz 45 g, lai novērtētu iespējas šādi salīdzināt mazus artefaktus, kas arī bija iekļauti pētījumā. Blīvuma izmaiņas tika noteiktas tikai relatīvi, salīdzinot savstarpēji visu pētīto krama paraugu blīvumu, un kopumā paraugu blīvuma variācija procentuāli ir 28%. Tas norāda, ka pētīto krama paraugu blīvums atšķiras, tomēr pētīto paraugu skaits nevar tikt uzskatīts par pietiekošu tālejošu secinājumu izdarīšanai vismaz tikmēr, kamēr autores rīcībā esoša kolekcija vēl nav papildināta ar lielāku paraugu skaitu un iegūto datu apjoms ļautu veikt mērījumu kļūdu novērtējumus, piemēram, ko ietekmē parauga mazais izmērs. Vienlaicīgi atzīmējams, ka iegūtie dati ir indikatīvi un norāda, ka šis pētījumu virziens var būt visai sekmīgs nākotnē.

Krama paraugi tika sagatavoti arī plānslīpējumu izgatavošanai un tika pieļauts, ka šādi petrogrāfiski pētījumi varētu saturēt norādes pētījumiem nākotnē. Plānslīpējumu

izgatavošana no krama parauga prasa ievērojamu iepriekšējo pieredzi un, nenoliedzami, arī fizisku spēku, un laiku kvalitatīvu plānslīpējumu iegūšanai. Arī to skaitam ir jābūt pietiekamam, lai uz to pamata būtu iespējams izdarīt pamatotus secinājumus. Tehnisku iemeslu dēļ šī pētījumu daļa netika pabeigta.

Fluorescences īpašības ir zināmas un pētītas kvarcam (Robbins, 1983), savukārt attiecībā uz kramu šīs īpašības līdz šim ir tikušas vērtētas reti un arī iegūtie rezultāti ir bijuši atšķirīgi (piemēram, Lyons *et al.*, 2003; Odell, 2006; Malainey, 2011; Hassler *et al.*, 2013), tādēļ minētās īpašības tika pētītas detalizētāk.

#### 4.1.2. Krama pētījumi ultravioletajā apgaismojumā

Krama novērtējumi redzamajā gaismas diapazonā ļāva salīdzinoši vispusīgi raksturot ievāktajās krama kolekcijās ietvertos paraugus, tomēr netika konstatētas īpašības, kas nebūtu iepriekšējos pētījumos aplūkotas vai pieminētas, un šie rezultāti neļāva arī noteikt turpmāk pētāmās iezīmes, ar kuru palīdzību būtu iespējams tuvināties krama ģeogrāfiskās izcelsmes jeb lokalizācijas indikatoriem. Šajā nozīmē iespējams, ka turpmākie pētījumi būtu virzāmi precīzākas krama krāsas diagnostikā, blīvuma noteikšanā, bet potenciāli arī krama magnētiskā jutīguma (nevis magnētisko īpašību) pētījumi varētu būt sekmīgi.

Atbilstoši izvēlētajai pētījuma metodikai (3.3.1. nodaļa) turpmākie krama pētījumi tika veikti, mainot gaismas avotu no redzamās gaismas diapazona uz ultravioleto, lai iegūtu papildus datus par krama tekstūru un struktūru, kā arī tika novērtētas arī pētīto paraugu fluorescences īpašības. Šādu izvēli noteica ierobežojumi krama artefaktu pētījumos, kur pieļaujamas tikai nedestruktīvas metodes, savukārt pētījumi infrasarkanā diapazonā ir saistīti ar pētāmā priekšmeta sasīšanu, kas nav pieņemams artefaktu konservācijas aspektā.

Krama pētījumus ultravioletā apgaismojumā līdz šim ir veikuši vairāki pētnieki (Lyons *et al.*, 2003; Hassler *et al.*, 2013; u.c.), tomēr tie ir visai fragmentāri atsevišķi novērojumi, pētījumos nav aprakstīta metodika un izmantotais gaismas avots, arī analizēto paraugu ģeoloģiskā piesaiste ir sniegta vienkāršoti. Tādēļ disertācijas autorei pētījuma gaitā nācās ne tikai apgūt pētniecības iekārtas un aprīkojumu, bet arī izstrādāt pētniecības metodiku.

Pētījuma gaitā tika iegūts plašs faktiskais materiāls, kura nozīmīgākā daļa ir izvērtēta un publicēta (Segliņš, Zariņa, 2014a; Zariņa, Segliņš, 2014a; Zariņa, Segliņš, 2014c; Zariņa, Segliņš, 2014h; Zariņa, Segliņš, 2014i; Zariņa, Segliņš, 2014j; Zariņa, Segliņš, 2014m; Zariņa, Segliņš, 2015b; Zariņa, et al., 2015f), tādēļ šajā nodaļā tiks atspoguļoti tikai nozīmīgākie pētījuma rezultāti, kas ir vērsti uz pētījuma mērķa sasniegšanu.

Kopumā pētījumā tika novērtēta plaša spektra (200-1100 nm) dažādu viļņu garumu apgaismojuma izmantošanas piemērotība krama īpašību makroskopiskos un mikroskopiskos pētījumos. Veiktā pētījuma kontekstā metodes piemērotība tikai interpretēta šaurākā nozīmē kā krama fluorescences īpašību novērtēšana, un kā iespējas iegūt papildus datus par krama paraugu slēptām īpašībām. Pētījuma uzdevumā netika iekļauti daudzi citi iespējamie pētniecības paņēmieni, kas balstās uz detalizētiem novērojumiem ultravioletā apgaismojumā.

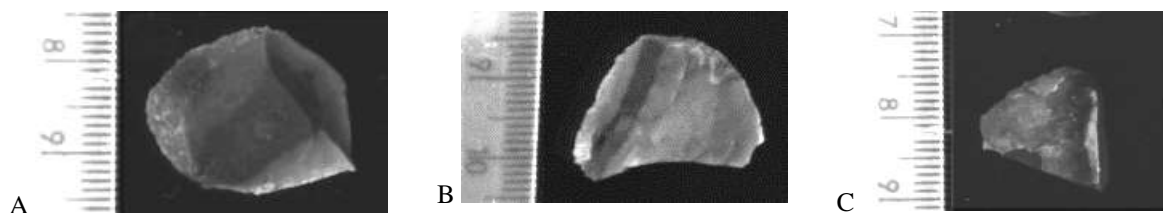
Attīstot krama paraugu novērtēšanai piemērotu metodiku, veiktajos pētījumos ultravioletā apgaismojuma viļņu garuma joslās UVC (100-280 nm) un UVB (280-315 nm) netika iegūti pozitīvi rezultāti, tajā skaitā pētot plānus (0,5-2 mm) paraugu nošķēlumus. Šajā viļņu garuma diapazonā tika novēroti vien atsevišķi fluorescences efekti, un to avots bija paraugu patinā vai atsevišķi karbonātu graudiņi uz paraugu virsmas. Savukārt par paša



krama paraugu šādi netika iegūta jauna informācija, kas papildinātu makroskopiskos pētījumos konstatēto redzamās gaismas diapazonā.

Pētot paraugus 325 nm starojuma gaismā, tika atpazīti reti fluorescences efekti atsevišķos veidojumos karbonātu kārtiņā, kas klāj dažus krama paraugus. Reizēm tika novērota vājas fluorescences pazīmes krama paraugu patinas kārtiņās, garoziņās kā balti, krēmbalti, krēm dzelteni, ļoti gaiši zilganzaļi refleksi pie izstarotā viļņa garuma 365 nm, bet gaiši dzelteni un iesārti – pie viļņa garuma 245 nm. Tomēr šāda fluorescences parādība netika konstatēta pašam kramam nevienā no pētītajiem paraugiem. Līdzīgi pētījumā, izmantojot iekārtu *CC-65 UV Viewing Cabinet*, kas aprīkota ar lampu *Hand-Held UV 8W Lamp 254/302/365 nm Model UVLMS-38* krama fluorescences tika novērota kā neizteikta, nereti tikai kā atsevišķi punktiņi uz parauga, kas var būt saistīts ar cita materiāla putekļu atrašanos uz aplūkotās virsmas. Arī šajā gadījumā jauna papildus informācija par pētītajiem krama paraugiem netika iegūta.

Pētījumā kamerā *BioSpectrum AC Imaging System* tika veikti plaši pētījumi ar dažādo viļņu garumu lampām, kā arī atšķirīgiem ekspozīcijas režīmiem. Labākie rezultāti ir iegūti darbā ar 480 nm viļņu garumu izstarojošu lampu, atstarotā gaismā lietojot filtru EtBr Red (570-640 nm), ekspozīcija 0.03 - 0.1s un ar 365 nm viļņu garumu izstarojošu lampu, atstarotā gaismā lietojot filtru SYBR Gold (485-655 nm), ekspozīcija 5 s un 10 s (4.2. attēls) un palielinājumu līdz 10 reizēm.



(Attēls no: Zariņa, Segliņš, 2014a)

4.2.attēls. Ar 365 nm gariem viļņiem apstarotu krama paraugu\* attēli, atstarotā gaismā lietojot filtru SYBR Gold (485-655 nm).

\*paraugu saraksti un ievākšanas vietas kartes: tabulas 3.2. un 3.3., attēli 3.15. un 3.16.

A paraugs DK 2 Mēnas sala, Dānija;

B paraugs UK 5, Bīči Heda piekraste, Anglija;

C paraugs LV 7, Baltijas jūras piekraste pie Jūrkalnes, Latvija.

Figure 4.2. Flint samples\* photodocumented under 365 nm wavelength emitting lamp, using filter SYBR Gold (485-655 nm).

\*lists of samples and maps with sampling sites: Tables 3.2. and 3.3., Figures 3.15. and 3.16.

A sample DK 2, Møn Island, Denmark;

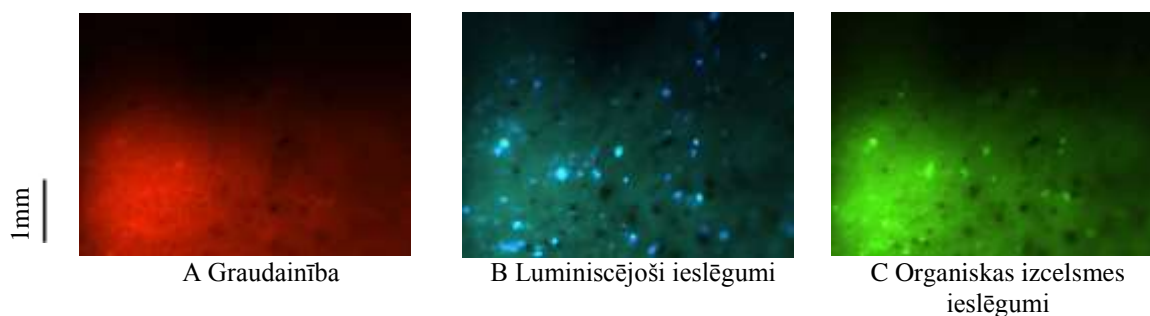
B sample UK 5, Beachy Head, United Kingdom;

C sample LV 7, Baltic Sea coast near Jurkalne, Latvia.

Lai arī šajā pētījumu sērijā neviens no paraugiem neuzrādīja izteiktus luminiscences efektus ne atstarojot, ne arī caurejošā ultravioletā apgaismojumā, tomēr iegūtajā monohromā fotodokumentācijā dažādas toņu intensitātes atspoguļo pētītā krama neviendabīgo slēpto tekstūru un struktūru. Šādā pētniecības režīmā salīdzinoši viegli ir izšķiramas mikroplaisas, kā arī ieslēgumu materiālu graudiņi, to izvietojuma neviendabīgums. Šī informācija ir nozīmīga tālāku detalizētu pētījumu plānošanai, izvēloties pētniecības areālus, mikroskopiskiem novērtējumiem un ķīmiska sastāva noteikšanai.

Svarīgi atzīmēt, ka UV apgaismojumā iegūtajos monohromajos attēlos uzrādīto krama neviendabību visbiežāk nav iespējams konstatēt redzamās gaismas diapazonā, bet to apstiprina iepriekšēji konstatētu neviendabību pārbaudes palielinājumā zem mikroskopa *Leica DM 2000*. Izmantotajos darba režīmos zem mikroskopa palielinājuma (3.3.1. nodaļa)

ir iespējamas iepriekš atzīmētās neviendabības detalizēt. Sākotnēji tās ļauj atšķirt pazīmes individuālajos krama paraugos, kas ļauj šos paraugus pilnīgāk raksturot. Iegūtie attēli norāda, ka plašāku pētāmo kolekciju gadījumos, kad nepieciešams salīdzināt atšķirīgus krama paraugus, nav iespējams noteikt vienu kādu piemērotāko pētniecības režīmu darbam ultravioletā apgaismojumā. Tādēļ ir lietderīgi un sevi attaisno izmantot vairākus (vai pat visus tehniski pieejamos) darba režīmus, jo katrā no tiem potenciāli ir iespējams noteikt dažādas atšķirības pazīmes (4.3. attēls).



4.3. attēls. Krama paraugs LV 7 no Baltijas jūras piekrastes Jūrkalnē dokumentēts 50-kārtīgā palielinājumā dažādos apgaismojuma režīmos, izceļot raksturīgas pazīmes.

A zaļā ierosmes josla 525-560 nm (emisijas josla no 590 nm), graudainība;

B ultravioletā ierosmes josla 340-380 nm (emisijas josla no 425 nm), luminiscējoši ieslēgumi;

C zilā ierosmes josla 450-490 nm (emisijas josla no 525 nm), organiskas izcelsmes ieslēgumi.

Figure 4.3. Photodocumentation of the sample LV 7, Baltic Sea coast, Latvia, in magnification of 50 times in three different research lighting modes, highlighting certain properties.

A green excitation zone 525-560 nm (emission zone from 590 nm), graininess;

B ultraviolet excitation zone 340-380 nm (emission zone from 425 nm), luminescent inclusions;

C blue excitation zone 450-490 nm (emission zone from 525 nm), inclusions of organic matter.




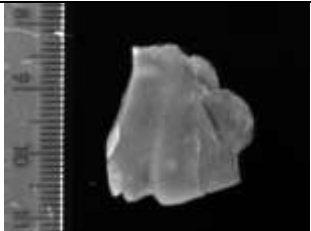
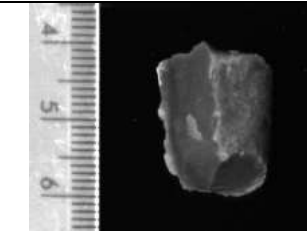
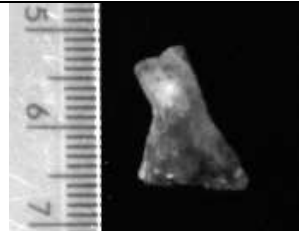



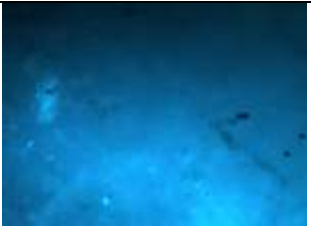


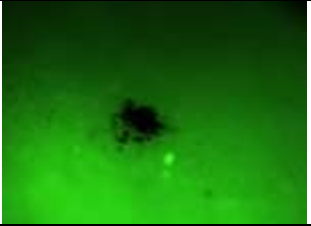

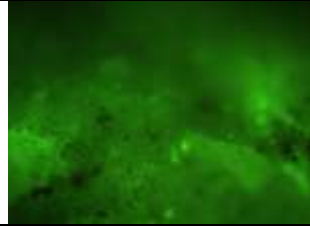

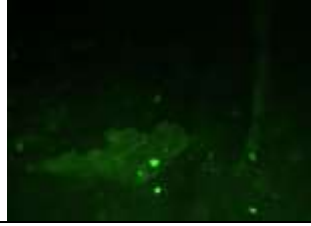

Pētījumā konstatēts, ka pētījumos ultravioletā apgaismojumā nozīmīgi un augstvērtīgi dati var tikt iegūti visiem pētāmajiem paraugiem.

Rezultāti skaidri norāda uz krama materiāla struktūras neviendabību – daļēji tas ir atpazīstams makroskopiski, bet arī vizuāli viendabīgas krama paraugu daļas ultravioletā apgaismojumā atšķiras ar dažādu struktūru un tekstūru. Ir atpazīstama objekta raksturojoša uzbūve – graudu lielums un viendabīgums, izkārtojuma regularitāte, citu minerālu graudu klātbūtne un izvietojums, ārējās kārtas biežums u.tml., bet vienlaicīgi konstatējami arī dažādi ieslēgumi, difūzi laukumi, slēptas plaisas un citas neviendabības, kas nereti aptver pētāmā objekta lielāko daļu un būtu viegli atpazīstamas, lietojot tradicionālas petrogrāfiskas metodes, kas ir destruktīvas, un tāpēc aizvēstures pētījumos to lietošana ir ierobežota. Konstatētā krama neviendabība skaidro, kāpēc līdz šim kramam noteiktās īpašības ir atšķirīgas un ļauj raksturīgas vietas marķēt turpmākiem pētījumiem.

Turpmākā analizē ir iespējams noteikt vairāku pazīmju kopumu, kas raksturīgs atsevišķiem paraugiem, tajā skaitā kopīgās pazīmes paraugiem no kādas konkrētas to ievākšanas vietas. Paraugu fotodokumentācija un abās iekārtās (*BioSpectrum AC Imaging System un Leica DM 2000*) iegūtie attēli ļāva izdalīta vairākas pazīmes, kas atsevišķi vai tās grupējot var tikt izmantotas krama raksturošanai un salīdzinājumos, tajā skaitā, piemēram, novērtējot, vai tie ir no vienas vietas. Pētījums norāda, ka par šādām pazīmēm var tikt noteiktas tādas droši identificējamās pazīmes kā ieža krāsa, tekstūra, graudainība, luminiscējoši ieslēgumi, organiskās vielas ieslēgumi un slēptas plaisas (4.2. tabula).

4.2.tabula. Dažādos apgaismojumos noteiktas krama neviendabības pazīmes paraugos DK 1, UK 2 and LV 3\*

Table 4.2. Heterogeneity features in samples DK 1, UK 2 and LV 3\* detected in different research modes

Pazīme	Paraugs DK 1, Mēnas klints, Dānija	Paraugs UK 1, Bīči Heda piekraste, Anglija	Paraugs LV 3, Šķerveļa svīta, Lētīžas grīva, Latvija
Krāsa	Redzamā gaisma		
			
Struktūra, tekstūra	365 nm, atsratotās gaismas filtrs SYBR Gold (485-655 nm)		
			
Graudainība	Zaļā ierosmes josla 525-560 nm (emisijas josla no 590 nm)		
			
Luminiscējoši ieslēgumi	Ultravioletā ierosmes josla 340-380 nm (emisijas josla no 425 nm)		
			
Organiskās vielas ieslēgumi (melni)	Zilā ierosmes josla 450-490 nm (emisijas josla no 525 nm)		
			
Slēptas plaisas	Zilā ierosmes josla 450-490 nm (emisijas josla no 525 nm)		
			

\*paraugu saraksti un ievākšanas vietu kartes: tabulas 3.2. un 3.3., attēli 3.15. un 3.16.

\*lists of samples and maps with sampling sites: Tables 3.2. and 3.3., Figures 3.15. and 3.16.

Atbilstoši dažādajiem pētniecības režīmiem redzamajā gaismā var tikt novērtēta krāsa. Iekārtā *BioSpectrum AC Imaging System* iegūtajos monohromajos attēlos salīdzinoši izteiktāki ir identificējama tekstūra. Pārējās no minētajām pazīmēm noteiktas attēlos, kas iegūti mikroskopiskos novērojumos ar mikroskopu *Leica DM 2000*.

Materiāla graudainības, kas raksturo materiāla struktūru, novērtējumam vispiemērotākais ir pētniecības režīms ar zaļu ierosmes joslu 525-560 nm. Krama struktūra un graudainība vērtējama kā neviendabīga kriptokristāliska ieža pamatmasa ar atsevišķiem lielākiem kristāliskiem graudiņiem, ņemot vērā dažādas formas un veida ieslēgumus, difūzus laukumus, slēptas plaisas, kas raksturo ieža veidošanos.

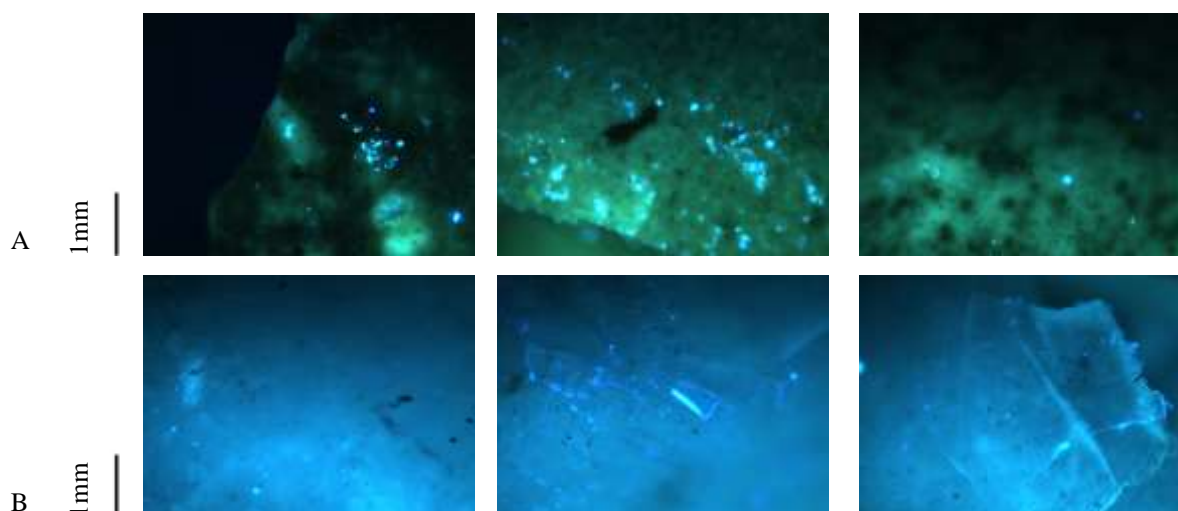
Luminiscējoši ieslēgumi vispilnīgāk novērojami režīmā ar ultravioletu ierosmes joslu 340-380 nm. Vizuāli viendabīgā krama kriptokristāliskā masā atpazīstami luminiscējoši graudiņi – ir iespējams noteikt to izmēru, daudzumu un raksturīgu izkārtojumu. Redzams, ka vāji refleksi rodas arī ieža dziļākajās daļās, parādība var būt saistīta ar parauga virsmas reljefu, plaisām, taču ne virsmas piesārņojumu. Šīs pazīmes nav redzamas makroskopiskos novērojumos, nepielietojot atbilstošus filtrus.

Organiskas izcelsmes ieslēgumi vislabāk nosakāmi režīmā ar zilu ierosmes joslu 450-490 nm. Šis režīms ir arī vispiemērotākais plaisu novērtējumam. Nesadalījusies organiskā viela (tumši ieslēgumi) novērojama viendabīgā vai neviendabīgā kriptokristāliskā ieža pamatmasā kā tumši ieslēgumi gan sīkdispersā formā, gan veidojot sakopojumus, vai ir kā vāji redzams vielas koncentrisks izkārtojums visapkārt organiskās vielas masai.

Kopumā atzīmējams, ka šāds vienkāršots īpašību novērtējums nav uzskatāms par gala rezultātu, lai arī iegūtie rezultāti ir visai daudzsoļi, un ļāva izstrādāt pētījumu metodiku arī paraugu izvēlei ķīmiskā sastāva noteikšanai, pamatoti salīdzināmu datu ieguvei.

Ar katru no izdalītajām pazīmēm iespējams raksturot kramu parauga ietvaros, kā arī salīdzināt paraugus no vienas paraugu ņemšanas vietas, no kāda reģiona un arī no ģeogrāfiski attāliem reģioniem, un tādējādi tuvināties jaunām papildus pazīmēm krama artefaktu izejvielu avotu lokalizācijai. Diemžēl autores rīcībā nav pietiekoši plaša kolekcija, lai pašreizējā pētniecības posmā izveidotu šādu salīdzinošo un raksturīgo iezīmju pārskata tabulu un pazīmju atlantu, tomēr iegūtie dati ir pietiekoši, lai izceltu šādu ieguves iespējas un norādītu uz metodiskiem risinājumiem.

Šajā nozīmē var minēt piemēru ar krama paraugu luminiscējošo ieslēgumu atpazīšanu un iespējamo grupēšanu (4.4. attēls). Pētījuma gaitā attiecībā pret visu autores rīcībā esošo krama kolekciju, ir noteikti optimālie darba režīmi šādu novērojamu veikšanai (4.2. tabula). Iegūstot šādu fotoattēlu sērijas, luminiscējošos ieslēgumus ir vienkārši grupēt pēc vairākām pazīmēm, piemēram, to daudzuma (aizņemtais laukums no fotodokumentētās parauga virsmas), izvietojuma neviendabīguma un tā sadalījuma, luminiscences intensitātes un tās atšķirības dažādiem ierosinātajiem paraugā, ieslēgumu dominējošās formas u.tml.



(Attēls no: Zariņa, Segliņš, 2015b)

4.4. attēls. Krama paraugi\* fotodokumentēti režīmā ar ultravioleto ierosmes joslu 340-380 nm (emisijas josla sākot no 425 nm), pazīme – luminescējoši ieslēgumi.

\*paraugu saraksti un ievākšanas vietu kartes: tabulas 3.2. un 3.3., attēli 3.15. un 3.16.

A paraugs LV10, olis no Baltijas jūras piekrastes pie Jūrkalnes, Latvija;

B paraugs DK1, krama konkrēcija no Mēnas klints, Mēnas salā, Dānija;

Figure 4.4. Flint samples\* photodocumented in lighting mode with ultraviolet excitation zone 340-380 nm (emission zone from 425 nm), characteristic feature – luminescent inclusions.

\*lists of samples and maps with sampling sites: Tables 3.2. and 3.3., Figures 3.15. and 3.16.

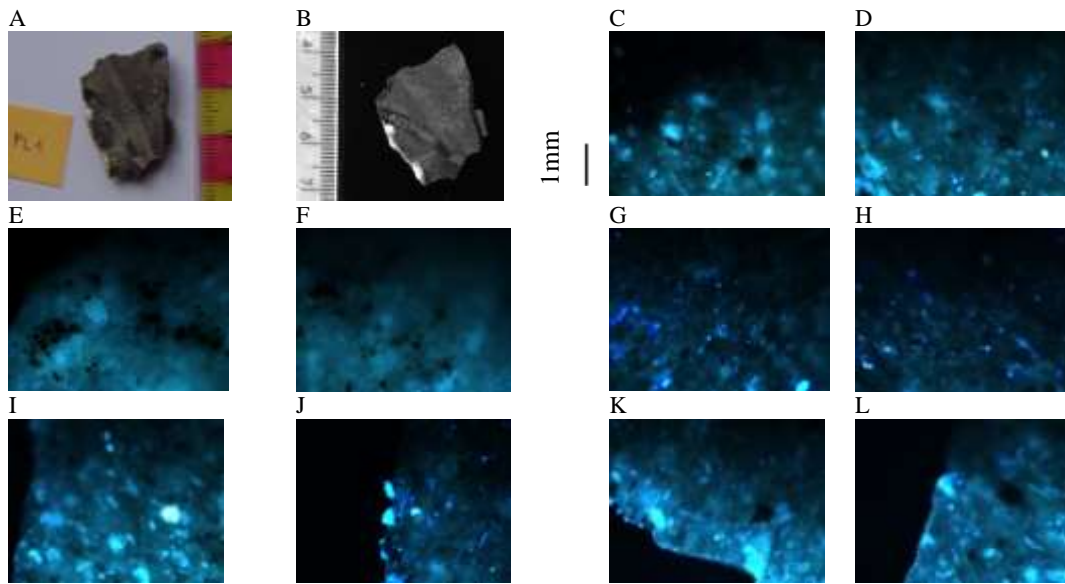
A sample LV10, pebble from Baltic sea coast near Jurkalne, Latvia;

B sample DK1, nodule from Møn Island, Denmark.

Tomēr atzīmējams, ka paraugiem no dažādām to izcelsmes vietām ir atšķirīgas iepriekšēji minēto luminescējošo ieslēgumu īpašības, un pašreiz pētījumam pieejamās kolekcijas lielums nav uzskatāms par pietiekošu sākotnēji iecerētā tipveida pazīmju (luminescējošo ieslēgumu) attēlu kataloga izveidei. Vienlaicīgi atzīstams, ka šādi katalogi vismaz arheoloģiski nozīmīgu krama ieguves provinču raksturojumam būtu jāveido.

Veidojot atsevišķu īpašību kopas, pēc kurām salīdzināt paraugus, ir iespējams iegūt pārlicinošākus novērtējumus un papildus kritērijus šādu salīdzinājumu veikšanai. Veiktajā pētījumā tika veidota īpašību kopa, ietverot graudainību, luminescējošus ieslēgumus un organiskas izcelsmes ieslēgumus, lai savstarpēji salīdzinātu krama paraugus no vienas izcelsmes vietas, kā arī dažādu izcelsmes vietu krama paraugu savstarpējiem salīdzinājumiem. Atzīmējams, ka ne visas pazīmes ir vienkārši atpazīstamas un ir nepieciešama zināma pieredze šādu salīdzinājumu veikšanai, tas ir, šim paņēmienam ir zināms subjektīvisma elements. Lai arī atsevišķās pazīmes ir labāk nosakāmas dažādos apgaismojuma režīmos, tomēr savstarpējos salīdzinājumos, vizuāli uztveramāki ir izmantot pētījuma gaitā iegūtos attēlus, kas iegūti vienā pētniecības režīmā. Pie šādiem nosacījumiem ir vienkāršāk veicama arī pētījuma atkārtojamība un iegūto rezultātu verificācija. Autores veiktais pētījums liecina, ka vispiemērotākais ir režīms ar ultravioleto ierosmes joslu 340-380 nm, kurā vispilnīgāk konstatējami un fiksējami krama luminescējoši ieslēgumi, to daudzums, raksturīgs izvietojums utml. Šī pazīme kopā ar graudainību ļauj visuzskatāmāk izšķirt tipisko un viendabīgo krama paraugā un var kalpot par salīdzinoši drošām papildus identifikācijas pazīmēm. Minēto ilustrē pievienotie veiktā pētījuma fotodokumentu piemēri (4.5. attēls; 4.6. attēls; 4.7. attēls; 4.8. attēls).





4.5. attēls. Krama paraugs PL 1\* dokumentēts dažādos apgaismojuma režīmos.

\*paraugu saraksts un ievākšanas vietu karte: tabula 3.3., attēls 3.15.

A Redzamā gaismā;

B 365 nm, atstarotās gaismas filtrs SYBR Gold (485-655 nm);

C-L Ultravioletā ierosmes josla 340-380 nm (emisijas josla no 425 nm).

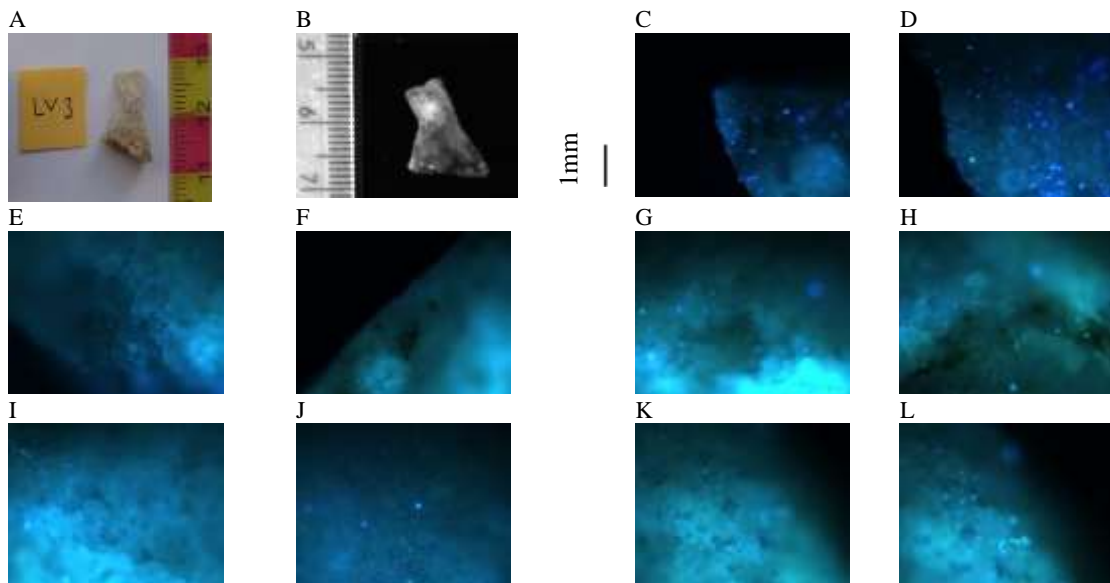
Figure 4.5. Flint sample PL 1\*, photodocumented in different lighting modes.

\*list of samples and map with sampling sites: Table 3.3., Figure 3.15.

A visible light;

B 365 nm wavelength emitting lamp, filter SYBR Gold (485-655 nm);

C-L ultraviolet excitation zone 340-380 nm (emission zone from 425 nm).



4.6. attēls. Paraugs LV 3\* dokumentēts dažādos apgaismojuma režīmos.

\*paraugu saraksts un ievākšanas vietu kartes: tabula 3.2., attēls 3.16.

A Redzamā gaismā;

B 365 nm, atstarotās gaismas filtrs SYBR Gold (485-655 nm);

C-L Ultravioletā ierosmes josla 340-380 nm (emisijas josla no 425 nm).

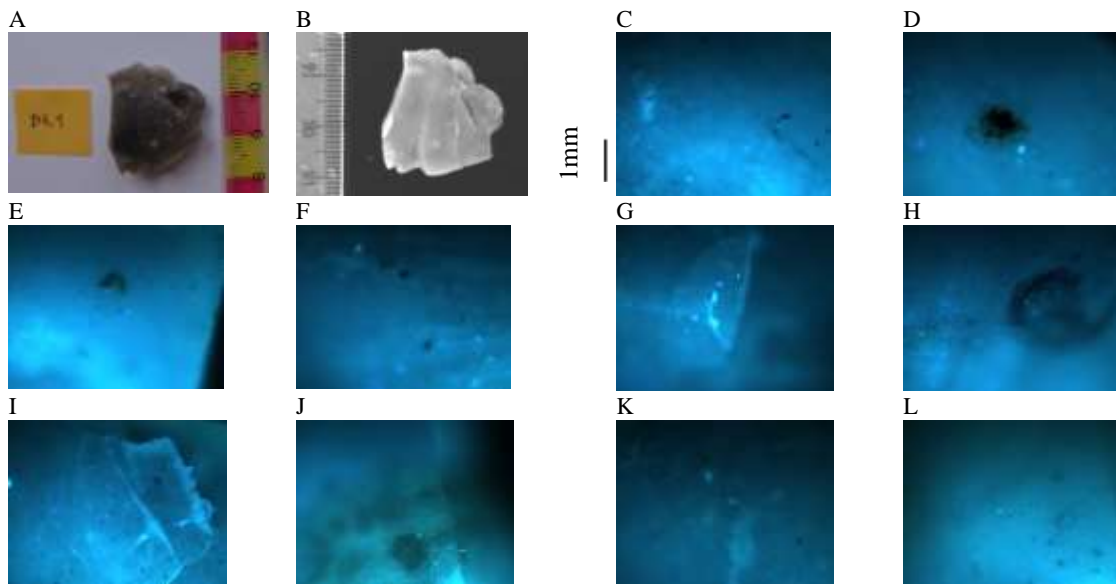
Figure 4.6. Sample LV 3\* photodocumented in different lighting modes.

\*list of samples and maps with sampling sites: Table 3.2., Figures 3.16.

A visible light;

B 365 nm wavelength emitting lamp, filter SYBR Gold (485-655 nm);

C-L ultraviolet excitation zone 340-380 nm (emission zone from 425 nm).



4.7. attēls. Krama paraugs\* DK 1 dokumentēts dažādos apgaismojuma režīmos.

\*paraugu saraksts un ievākšanas vietu karte: tabula 3.3., attēls 3.15.

A Redzamā gaisma;

B 365 nm, atstarotās gaismas filtrs SYBR Gold (485-655 nm);

C-L Ultravioletā ierosmes josla 340-380 nm (emisijas josla no 425 nm).

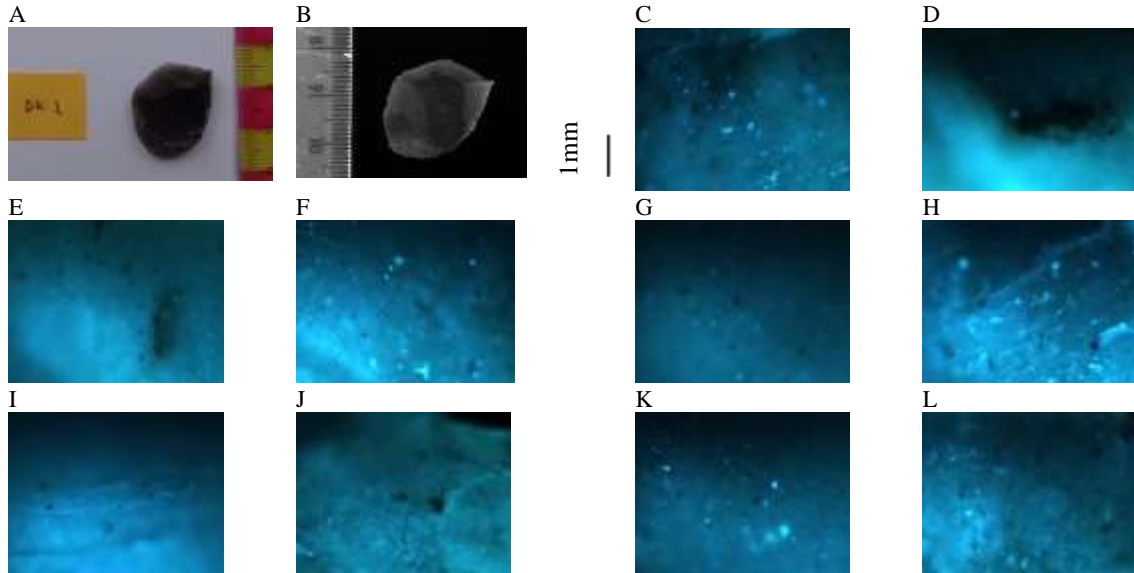
Figure 4.7. Flint sample\* DK 1 photodocumented in different lighting modes.

\*list of samples and map with sampling sites: Table 3.3., Figure 3.15.

A visible light;

B 365 nm wavelength emitting lamp, filter SYBR Gold (485-655 nm);

C-L ultraviolet excitation zone 340-380 nm (emission zone from 425 nm).



4.8. attēls. Krama paraugs\* DK 2 dokumentēts dažādos apgaismojuma režīmos.

\*paraugu saraksts un ievākšanas vietu karte: tabula 3.3., attēls 3.15.

A Redzamā gaisma;

B 365 nm, atstarotās gaismas filtrs SYBR Gold (485-655 nm);

C-L Ultravioletā ierosmes josla 340-380 nm (emisijas josla no 425 nm).

Figure 4.8. Flint sample DK 2 photodocumented in different lighting modes.

\*list of samples and map with sampling sites: Table 3.3., Figure 3.15.

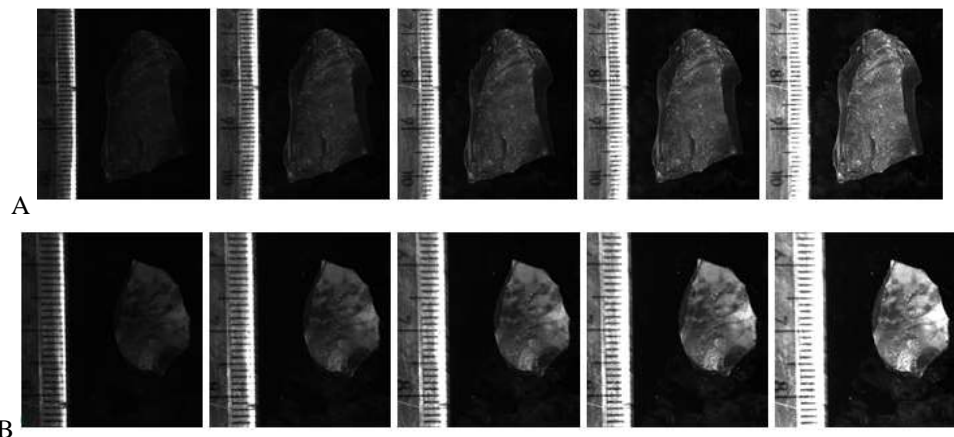
A visible light;

B 365 nm wavelength emitting lamp, filter SYBR Gold (485-655 nm);

C-L ultraviolet excitation zone 340-380 nm (emission zone from 425 nm).

Kopumā šajā autore pētījumā sadaļā noteiktās krama paraugu raksturīgās īpašības (4.2. tabula; 4.4. attēls; 4.5. attēls; 4.6. attēls; 4.7. attēls; 4.8. attēls) norāda uz krama daudzveidību, tajā skaitā uz krama nevienādību pat viena parauga ietvaros un konstatētais ir uzskatāms par nozīmīgu apsvērumu, kas ir jāņem vērā, nosakot un analizējot krama paraugu īpašības. Īpaši tas attiecas uz augsti precīzu analītisku metožu pielietojumu, kurā pētītā parauga iesvars ir ļoti neliels vai arī pētījumam izvēlēta virsmas laukuma platība ir mērāma kvadrātmilimetros vai to daļās. Minētais tieši attiecas uz krama ķīmiskā sastāva analītiskām pārbaudēm. Katra no minētām pazīmēm ar atšķirīgām pētniecības metodēm var tikt instrumentāli novērtēta, bet mērījumu dati turpmāk var tikt apstrādāti ar matemātiskām metodēm, tomēr šāda analīze būtu veicama nākotnē to vecot kopā ar detalizētām ķīmiskā sastāva analīzēm, kas ļautu ne tikai konstatēt atšķirības, bet raksturot tās kā noteiktas izmaiņas sastāvā.

Izceļams, ka pētījumā izmantotās pētniecības iekārtās iegūto fotodokumentāciju ir iespējams saglabāt kā attēlus dažādos grafiskos formātos un arī atbilstoši apstrādāt dažādās datorprogrammās (piemēram, *Adobe PhotoShop*, *Gimp*), veidot mērījumu datu kopas un tās turpmāk ir iespējams atsevišķi analizēt un interpretēt. Veiktajā pētījumā tā ar iekārtu *BioSpectrum AC Imaging System* iegūtie attēli ataino, ka ar noteiktiem atšķirīgiem ekspozīcijas laikiem atstarotais gaismas daudzums dažādiem paraugiem atšķiras (4.9. attēls). Tas ir kvantitatīvi izmērāms lielums un ļauj salīdzināt parauga konstanta izmēra segmentu ar tā paša vai citu paraugu pēc izmēra vienādiem segmentiem pēc to RGB krāsu sadalījuma vai citiem digitāla attēla parametriem. Šādi ir iespējams iegūt statistiski analizējamus datus, kas ļauj nošķirt atšķirīgus krama paraugus pēc pazīmju kopām, kas tomēr būtu detalizējami pētāms nākotnē, ņemot vērā parauga virsmas morfoloģiju.



(Attēls no: Zariņa, Segliņš, 2015b)

4.9.attēls. Pētītie krama paraugi\* dototokumentēti apgaismojuma režīmā: 480 nm, filtrs EtBr Red (570-640 nm); ekspozīcijas laiks: 0.5 s, 1 s, 1.5 s, 2 s un 3 s.

\*paraugu saraksts un ievākšanas vietu karte: tabula 3.3., attēls 3.15.

A paraugs Ka9, Jermakas rajons, Krievija;

B paraugs Ka1, Jermakas rajons, Krievija.

4.9.attēls. Flint samples\* photodocumented in lighting mode: 480 nm, filter EtBr Red (570-640 nm); exposition time: 0.5 s, 1 s, 1.5 s, 2 s un 3 s.

\*list of samples and map with sampling sites: Table 3.3., Figure 3.15.

A sample Ka9, Jermaka region, Russia;

B sample Ka1, Jermaka region, Russia.

Šāda datu analīze ļauj ultravioletā apgaismojumā iegūtos attēlus salīdzinoši droši interpretēt, jo tie ir iegūti konstantos konkrētos apstākļos, savstarpēji salīdzināt atšķirības un līdzības, un tādējādi tuvināties jaunām papildus pazīmēm krama artefaktu izejvielu avotu lokalizācijai.



### 4.1.3. Krama ķīmiskāsastāva pētījumi

Iepriekšējo pētījumu rezultāti norāda (2.2. nodaļa), ka krams ķīmiskā sastāva ziņā ir salīdzinoši viendabīgs iezis, kurā blakus silīcija oksīdam un ūdenim kā nozīmīgākie piemaisījumi ir karbonāti, alumīnija, dzelzs un sēra savienojumi (parasti novērtēti kā oksīdi). Citi piemaisījumi ir tikuši konstatēti retāk, un tādēļ vairāki pētnieki ir pieņēmuši, ka tieši šie piemaisījumi ir indikatīvi un var būt izmantojami par norādēm krama izcelsmes reģiona vai pat vietas lokalizācijai (piemēram, Baltrūnas *et al.*, 2006b; Hughes *et al.*, 2010, 2011; Högberg *et al.*, 2012). Šādi pētījumi ir daudzsološi arheoloģisko pētījumu gaitā atrasto krama artefaktu pagatavošanai izmantotā materiāla izcelsmes vietas noteikšanai, kas ļautu iezīmēt arī seno migrāciju un krama maiņas tirdzniecības ceļus. Vienlaicīgi atzīmējams, ka ģeoloģijā, jo īpaši sedimentoloģijai veltītā zinātniskā literatūrā (Cressman, 1962; Clayton, 1984; Sieveking, Hart, 2011; Geilert *et al.*, 2014; u.c.), dominē pretējais viedoklis ar visai ierobežotām iespējām izmantot ķīmiskā sastāva atšķirības šādiem mērķiem, jo krama ķīmiskā sastāva dabiskās variācijas aptver nesalīdzināmi plašāku pētāmo komponentu vērtību diapazonu. Ņemot vērā iepriekš minēto, kā arī rezultātus, kas iegūti pētot ievākto krama paraugu kolekcijas paraugus redzamajā un ultravioletajā gaismā (4.1.2. nodaļa), analītisko ķīmisko pētījumu veikšanai disertācijas izstrādes gaitā tika izstrādāta noteikta darbību procedūra šādu analīžu veikšanai (3.3.2. nodaļa; 3.6. attēls; 3.9. attēls). Veicot iegūto datu apstrādi un analīzi un rezultātu salīdzināšanu, tajā skaitā reģionālām korelācijām un plašākām interpretācijām, tika ņemts vērā pielietotais pētniecības režīms, kas pieļauj tiešus salīdzinājumus, tas ir, tika salīdzināti dati, kas iegūti vienādos pētniecības režīmos. Tā ir pētījuma novitāte, jo atspoguļo reģionāli plašā teritorijā (3.15. attēls) ievākta krama paraugu ķīmiskā sastāva raksturīgās vērtības un izmaiņu tendences. Pētījuma galvenie rezultāti ir publicēti (Zariņa, Segliņš, 2014g, Zariņa, *et al.*, 2014o, Zariņa, *et al.*, 2014p, Zariņa, *et al.*, 2015d, Zariņa, *et al.*, 2015e).

Ar XRF metodi iegūtie dati kopumā raksturo pētītos paraugus, un to ķīmiskajā sastāvā pēc noteikto ķīmisko elementu koncentrācijām ir izdalāmas vairākas ķīmisko elementu un to oksīdu grupas (4.3. tabula). Tās var tikt raksturotas kā dominējošie oksīdi, ķīmisko elementu oksīdi, kas sastopami zemās koncentrācijās, retzemju elementi un arī ar metodi atsevišķi izdalītas konstatētās gāzveida vielas.

4.3. tabula. Krama paraugos ar XRF metodi noteiktie ķīmiskie elementi un elementu oksīdi  
Table 4.3. Chemical elements and oxides determined by XRF method

Pamatelementu oksīdi	SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, K <sub>2</sub> O, Mg <sub>2</sub> O, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Mikroelementu oksīdi	CuO, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , SrO, ZnO, Na <sub>2</sub> O, BaO, MnO, TeO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub> , ZrO <sub>2</sub> , MoO <sub>3</sub> , Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Gāzveida vielas	SO <sub>3</sub> , Cl, I
Retzemju elementi un oksīdi	CeO <sub>2</sub> , Cs <sub>2</sub> O, Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Pr <sub>6</sub> O <sub>11</sub> , La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Rh

Veiktais analītiskais pētījums ļauj novērtēt pētīto krama paraugu raksturīgos galveno oksīdu daudzumus pētītajos paraugos un galvenās sastāva atšķirības (4.4.tabula). Iegūtie ķīmisko analīžu rezultāti norāda, ka krams galvenokārt sastāv no silīcija dioksīda, taču konstatējami arī citi galvenie ķīmiskie elementi (pamatelementi) un raksturīgie mikroelementi, kuru klātesamība, daudzums un proporcijas var tikt izmantoti krama raksturīgo pazīmju (t.s. „tipiska paraksta”) noteikšanā, salīdzinot dažādas izcelsmes vai reģionu materiālu.

4.4. tabula. Raksturīgās ķīmiskā sastāva komponentes kramam no dažādām tā izcelsmes vietām\* pēc XRF analīzes datiem  
 Table 4.4. Characteristic chemical composition components of flint from different regions\* after XRF analysis data

Krama parauga izcelsmes vieta*, veikto analīžu skaits (n)	Oksīdi un to noteiktie daudzumi: parādīšanās biežums paraugā, relatīvais maksimālais, minimālais un vidējais daudzums %								Raksturīga mikroelementu klātbūtne, parādīšanās biežums paraugā
	SiO <sub>2</sub>	CaO	Cl	SO <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	
Anglijas paraugi, n=26	100%	73%	73%	58%	58%	58%	31%	42%	Na <sub>2</sub> O 50% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 35% TiO <sub>2</sub> 35% BaO 23%
	99,4	0,31	0,19	0,19	0,68	0,07	0,12	0,26	
	98,3	0,04	0,05	0,05	0,09	0,01	0,04	0,09	
	<b>98,97</b>	<b>0,11</b>	<b>0,13</b>	<b>0,10</b>	<b>0,22</b>	<b>0,03</b>	<b>0,08</b>	<b>0,17</b>	
Dānijas paraugi, n=34	100%	82%	82%	56%	59%	38%	38%	29%	Na <sub>2</sub> O 35% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 29% TiO <sub>2</sub> 21% Cs <sub>2</sub> O 21%
	99,5	1	0,2	0,3	0,54	0,18	0,1	0,2	
	97,8	0,08	0,04	0,05	0,09	0,01	0,06	0,08	
	<b>98,94</b>	<b>0,23</b>	<b>0,11</b>	<b>0,14</b>	<b>0,20</b>	<b>0,05</b>	<b>0,08</b>	<b>0,14</b>	
Latvijas oļi, n=7	100%	100%	29%	57%	100%	100%	29%	100%	Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 57% Na <sub>2</sub> O 43% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 29%
	99,1	1,17	0,17	0,16	0,41	0,22	0,11	0,82	
	96,93	0,11	0,12	0,07	0,11	0,06	0,08	0,05	
	<b>97,91</b>	<b>0,64</b>	<b>0,15</b>	<b>0,12</b>	<b>0,31</b>	<b>0,13</b>	<b>0,10</b>	<b>0,44</b>	
Latvijas paraugi no Daugavas svītas, n=52	100%	100%	69%	62%	65%	94%	77%	90%	MnO 48% SrO 33% V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 23%
	98,4	74,84	2,28	0,42	1,17	0,45	0,26	29,75	
	1,01	0,22	0,02	0,02	0,03	0,03	0,01	0,14	
	<b>58,01</b>	<b>16,62</b>	<b>0,24</b>	<b>0,12</b>	<b>0,32</b>	<b>0,13</b>	<b>0,09</b>	<b>6,75</b>	
Latvijas paraugi no Šķerveļa svītas, n=38	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	MnO 74% TiO <sub>2</sub> 45% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 37% BaO 29% Na <sub>2</sub> O 26% V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 21%
	97,9	50,37	0,16	1,35	3,08	1,19	0,87	30,49	
	5,55	0,62	0,02	0,02	0,07	0,02	0,04	0,09	
	<b>61,17</b>	<b>23,03</b>	<b>0,09</b>	<b>0,31</b>	<b>0,94</b>	<b>0,50</b>	<b>0,29</b>	<b>8,27</b>	
Polijas paraugs, n=15	100%	100%	80%	80%	93%	100%	93%	80%	Na <sub>2</sub> O 40% TiO <sub>2</sub> 33% BaO 33% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 27%
	97	23,96	0,49	0,32	1,78	0,25	0,2	0,22	
	74	0,96	0,1	0,12	0,33	0,06	0,1	0,11	
	<b>90,47</b>	<b>7,45</b>	<b>0,26</b>	<b>0,22</b>	<b>0,84</b>	<b>0,15</b>	<b>0,14</b>	<b>0,17</b>	
Lietuvas paraugi, n=14	100%	88%	84%	76%	100%	100%	84%	96%	BaO 52% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 44% Na <sub>2</sub> O 28% TiO <sub>2</sub> 24%
	98,9	0,34	0,18	0,34	3,02	1,08	0,4	0,59	
	94,4	0,09	0,04	0,07	0,35	0,06	0,06	0,08	
	<b>97,19</b>	<b>0,18</b>	<b>0,12</b>	<b>0,19</b>	<b>1,08</b>	<b>0,38</b>	<b>0,17</b>	<b>0,29</b>	
Krievijas paraugi K1, K2 un K3, n=25	100%	93%	71%	71%	71%	64%	64%	64%	Na <sub>2</sub> O 50% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 36% BaO 36% TiO <sub>2</sub> 36% V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 21% Cs <sub>2</sub> O 21% Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 21%
	99,4	0,74	0,28	0,38	0,66	0,06	0,11	0,32	
	96,1	0,05	0,05	0,07	0,12	0,02	0,03	0,09	
	<b>98,61</b>	<b>0,18</b>	<b>0,16</b>	<b>0,14</b>	<b>0,32</b>	<b>0,03</b>	<b>0,08</b>	<b>0,18</b>	

\*paraugu saraksti un ievākšanas vietu kartes: tabulas 3.2. un 3.3., attēli 3.15. un 3.16.

\*lists of samples and maps with sampling sites: Tables 3.2. and 3.3., Figures 3.15. and 3.16.

No iegūtās analītisko datu kopas tika izslēgti ķīmiskie elementi un elementu oksīdi, kuru koncentrācija ir ļoti zema un kuru klātesamība paraugā nav konstanta, tas ir, netika noteikta regulāri analīžu atkārtojumos. No turpmākās analīzes tika izslēgtas tās ķīmiskā sastāva komponentes, kuru vērtības bija tuvas konstantām vai maz mainīgām visos mērījumos visiem pētītajiem paraugiem, tādējādi nesniedzot lietderīgu informāciju, kas potenciāli ļautu atšķirt paraugus un pēc korelācijas analīzes neuzrādīja statistisku nozīmi datu kopā. Rezultātā no turpmākās datu analīzes tika izslēgti  $\text{La}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{SrO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{BaO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{TeO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{MoO}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{I}$ ,  $\text{CeO}_2$ ,  $\text{Cs}_2\text{O}$ ,  $\text{Sc}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Pr}_6\text{O}_{11}$ ,  $\text{Rh}$ . Kopumā tā ir plaša elementu un oksīdu kopa, kuru kopējais apjoms katra parauga sastāvā bija robežās no 0 % līdz 0,89 %. Tomēr jāņem vērā, ka izvēloties atbilstošu pētniecības režīmu, ir nosakāmi un vērtējami arī komponenti ar nelielu koncentrāciju un retzemju elementi un oksīdi, kas sniedz papildus informāciju par krama iespējamiem veidošanās apstākļiem.

Ar XRF analīzi analītiski iegūtajiem datiem veiktā korelāciju analīze katra parauga ietvaros un paraugu ievākšanas vietas ietvaros, kā arī visiem krama paraugiem kopumā, liecina, ka pastāv cieša korelācija ( $\alpha=0,05$ ) starp atsevišķiem elementu un oksīdu pāriem. Izteiktākā ir negatīvā korelācija starp  $\text{SiO}_2$  un  $\text{CaO}$ . Citi raksturīgi elementu oksīdi, kas raksturīgi korelē, ir  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SO}_3$  un  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Tomēr atzīmējams, ka korelāciju pastāvēšana starp noteiktiem krama sastāva komponentu pāriem reģionāli atšķiras (4.10. attēls).

Mēnas sala, Dānija			
	$\text{SiO}_2$	$\text{CaO}$	$\text{SO}_3$
$\text{CaO}$	-0,763	1,000	
$\text{SO}_3$	-0,869	0,907	1,000
$\text{MgO}$	-0,724	0,812	0,866

Šķerveļa svīta, Lētiņas grīva, Latvija			
	$\text{SiO}_2$	$\text{CaO}$	$\text{Al}_2\text{O}_3$
$\text{CaO}$	-0,979	1,000	
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	-0,822	0,812	
$\text{MgO}$	-0,926	0,834	
$\text{K}_2\text{O}$			0,861

Bīči Heda, Anglija			
	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{SO}_3$
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0,890		
$\text{MgO}$	0,755	0,795	0,810

Baltijas jūras piekraste, Jūrkalne, Latvija			
	$\text{SiO}_2$	$\text{CaO}$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$
$\text{CaO}$	-0,990	1,000	
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	-0,929	0,965	1,000
$\text{MgO}$	-0,975	0,990	0,973

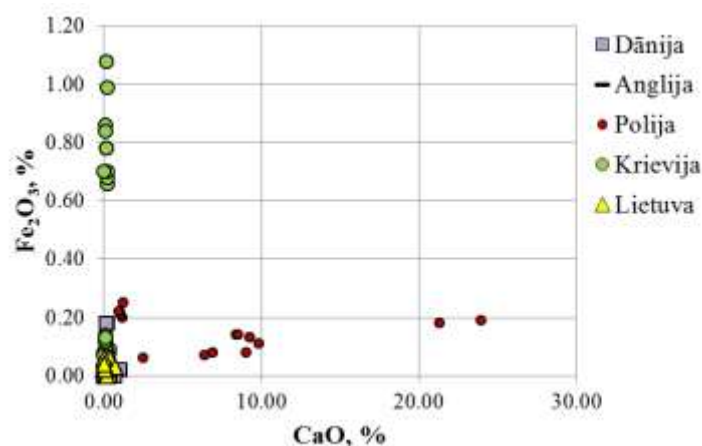
4.10. attēls. Ciešas korelācijas ( $\alpha=0,05$ ) starp ķīmisko elementu pāriem pētītajos krama paraugos no dažādiem ģeogrāfiskiem reģioniem\*.

\*paraugu saraksti un ievākšanas vietu kartes: tabulas 3.2. un 3.3., attēli 3.15. un 3.16.

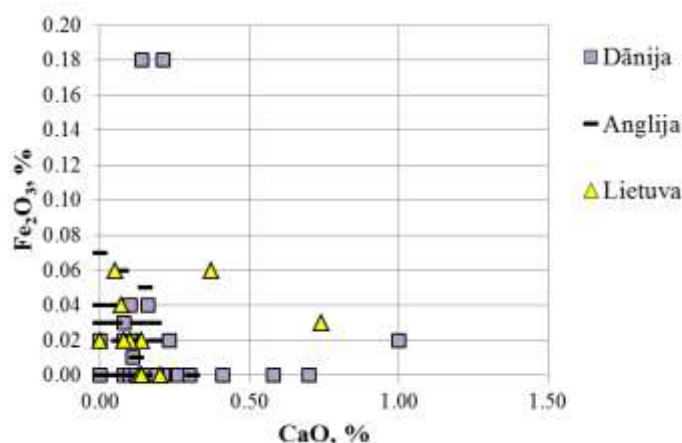
Figure 4.10. Strong correlations ( $\alpha=0,05$ ) between element pairs of the studied flint samples from different geographical areas\*.

\*lists of samples and maps with sampling sites: Tables 3.2. and 3.3., Figures 3.15. and 3.16.

Minētais kopumā norāda, ka šādi XRF analīzes dati, pēc to vērtību korelācijas analīzes var tikt izmantota krama avotu lokalizācijas pētījumos ģeoarheoloģijā, un ir jāņem vērā ticamai statistiskai analīzei nepieciešamais izlases apjoms. Arī citi pētnieki pielieto apzināto koncentrāciju korelācijas (piemēram, elementu  $\text{Ca}$  un  $\text{Fe}$  vai  $\text{Cl}$ ,  $\text{K}$ ,  $\text{Na}$  un  $\text{Mg}$  pāru attiecības) kā norādes uz krama izcelsmes ģeogrāfisko piesaisti (piemēram, Hughes *et al.*, 2010,2011; Högberg *et al.*, 2012; Andreeva *et al.*, 2014). Promocijas darba pētījumā iegūtie dati uzrāda vērtību sadalījumu atšķirības (piemēram, 4.11. attēls), tomēr secinājumus izdarīt būtu priekšlaicīgi.



A



B

4.11. attēls. No dažādiem ģeogrāfiskiem reģioniem pētīto krama paraugu\*  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  un  $\text{CaO}$  attiecība.

\*paraugu saraksts un ievākšanas vietu karte: tabula 3.3., attēls 3.15.

A Paraugi no Dānijas, Anglijas, Polijas, Krievijas, Lietuvas;

B Paraugi no Dānijas, Anglijas, Lietuvas.

Figure 4.11. The ratios of  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  and  $\text{CaO}$  of the studied flint samples\* from different geographical areas.

\*list of samples and map with sampling sites: Tables 3.3., Figure 3.15.

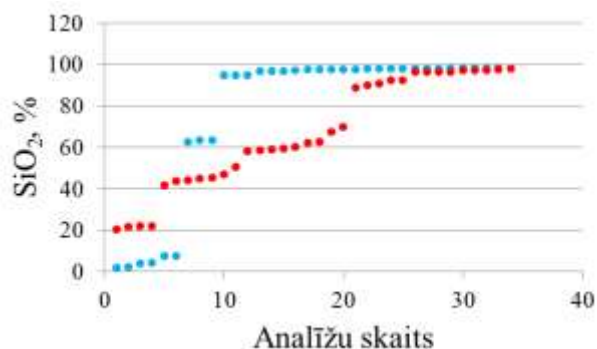
A Samples from Denmark, England, Poland, Russia, Lithuania;

B Samples from Denmark, England, Lithuania.

Veidojot šādus vērtību sadalījuma grafikus, ir viegli pamanāms, ka novērotais sadalījums ir atkarīgs no analizējamo paraugu un analīžu veikšanas skaita.

Atsevišķi apskatāma tā ķīmisko elementu grupa, kura pētījumā tika izslēgta no statistiskās analīzes. Autore rīcībā esošais analītiskais materiāls neļauj šo plašo grupu detalizētāk analizēt un vērtēt, lai gan tajā iekļautie elementi ir saistīti vairākās apakšgrupās un nākotnē būtu atsevišķi detalizētāki pētāmi.

Ar XRF metodi iegūtajos datos, ņemot vērā izlases apjoma ietekmi un izmantoto pētniecības režīmu specifiku (3.3.2. nodaļa), tika novērtēti galvenie komponenti:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  un  $\text{MgO}$  (4.4. tabula). Iegūtie dati norāda, ka silīcija dioksīda relatīvais daudzums analizētajos krama paraugos ir robežās no 94,4 % līdz 99,5 %, un tikai krama paraugos no Polijas ir ievērojami mazāks – no 74,00 % līdz 90,47 %. Attiecībā uz Latvijas pārkratotā dolomīta paraugiem, silīcija dioksīda daudzums ievāktajos un analizētajos paraugos variē no 1,01 % līdz 98,4 % (4.12. attēls).



● – Daugavas svīta, Žagatu klintis pie Virešiem; ● – Šķerveļa svīta, Lēfīzas grīva.

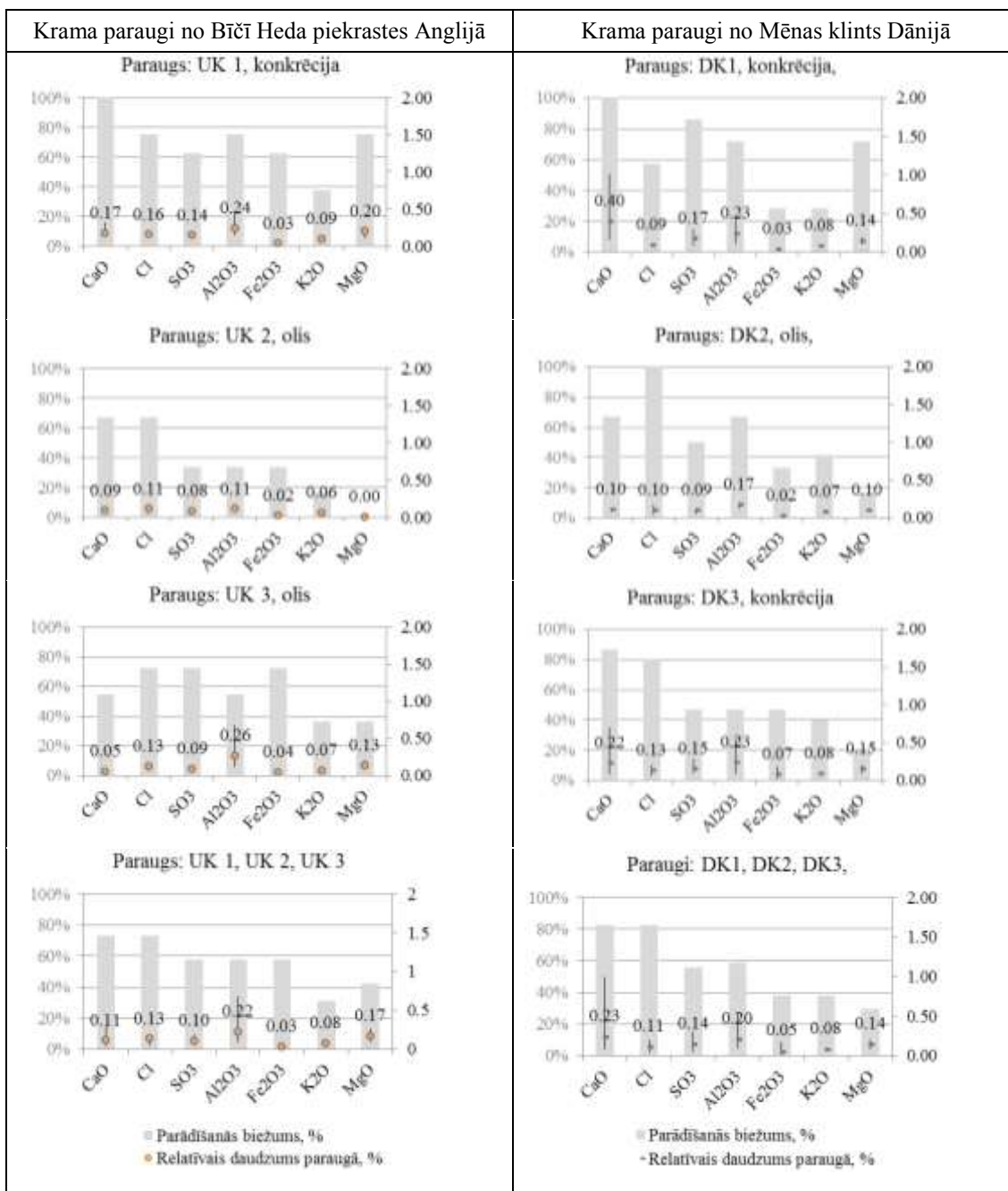
4.12. attēls. SiO<sub>2</sub> koncentrācija pārkrāmota dolomīta paraugos no Latvijas.

Figure 4.12. Concentration of SiO<sub>2</sub> in chalcedony saturated dolomite samples from Latvia.

Visos paraugos ir konstatēta kalcija oksīda klātbūtne un tā saturs ir novērtēts kā konstants daļā paraugu, taču citi analizētie elementi atkārtojumos ir noteikti ievērojami plašākā vērtību intervālā (4.4. tabula; 4.13 A, B, C. attēli). Lietojot aprakstošo statistiku, tika noteikta elementu vidējā vērtība un vērtību amplitūda katrā paraugā un ikkatrā paraugu ņemšanas vietā un aplūkota, ņemot vērā parādīšanās biežumu analīžu atkārtojumos (4.13 A, B, C. attēli). Sekojoši tika salīdzināti iegūtie rezultāti starp paraugiem no ģeogrāfiski dažādām vietām, kā arī artefakti. Veidojot šādus vienkāršus grafikus, vizuāli ir iespējams ātri un ērti salīdzināt sagrupētus datus. Kopumā redzams, ka sastāvu komponentu uzrādīšanās analīzēs ir nevienmērīga, kā arī vērtējama ir vērtību amplitūda ap vidējo vērtību. Krama paraugu no dažādām ieguves vietām sastāvs ir atšķirīgs gan attiecībā uz raksturīgo komponentu koncentrāciju, gan parādīšanās regularitāti analīzēs. Tomēr redzams, piemēram, ka vidējots sastāvs Dānijas un Anglijas kramam ir līdzīgs, taču vienlaikus ir konstatējamas atšķirības katrā analizējamā paraugā (4.13.A attēls).

Līdzīgi novērtētie krama artefakti (4.13.C attēls) karts ir gatavoti no krama, kas atspoguļo dažādu sastāvu. Taču salīdzinoši atsevišķi artefakti raksturojami ar līdzīgāku ķīmisko sastāvu, piemēram, Lap 12, Lap 18, Sloc 4 un Sloc 5. Kopumā tomēr šādi arheoloģiski materiāli, kas analizēti bez papildus parauga apstrādes nebūtu tieši salīdzināmi ar svaigi atšķeltajiem ģeoloģiskajiem paraugiem, jo to virsma parasti ir oksidēšanās procesu ietekmēta, piemēram, klāta ar patinu, uz ko norāda arī citi pētnieki (piemēram, Högberg *et.al.*, 2012), un būtu nepieciešami iespējamie references paraugi, lai turpinātu pētījumus šajā jomā. Redzams, ka vērtību amplitūda ap vidējo vērtību artefaktu ķīmiskās analīzes datus ir salīdzinoši mazāka nekā ģeoloģiskajos paraugos, un tas varētu būt skaidrojams ar patinas ietekmi, paraugu virsmas morfoloģiju vai struktūras viendabīgumu, kas atspoguļojas arī makroskopiskajos un mikroskopiskajos novērtējumos.

Analizētajām sastāva komponentēm tika novērtēta vērtību izkliede ap vidējo vērtību, un tā lielākoties ir vienmērīga, taču datu analīze norāda, ka papildus uzmanība pievēršama Polijas un Krievijas paraugiem, kam CaO un Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> statistiskās vērtības norāda salīdzinoši lielāku izkliedi (>10%), kas varētu liecināt, piemēram, par paraugu nevienmērību vai krama dažādību ievākšanas areālā. Latvijas pārkrāmota dolomīta paraugu sastāva rādītāju vērtībām to izkliede ir ievērojama, un tas saistāms ar krama ģenēzes īpatnībām. Kopumā izkļedes rādītāji atspoguļo atšķirības starp dažādu reģionu un izcelsmes kramu. Tādējādi veiktā analīze norāda, ka pētījumus šajā virzienā pamatoti būtu turpināt, un potenciāli XRF analīzes dati ir vērtējami kā pietiekoši augstvērtīgi, lai turpmāk tiktu izmantoti ģeoarheoloģiskos pētījumos krama izcelsmes vietu lokalizācijai.



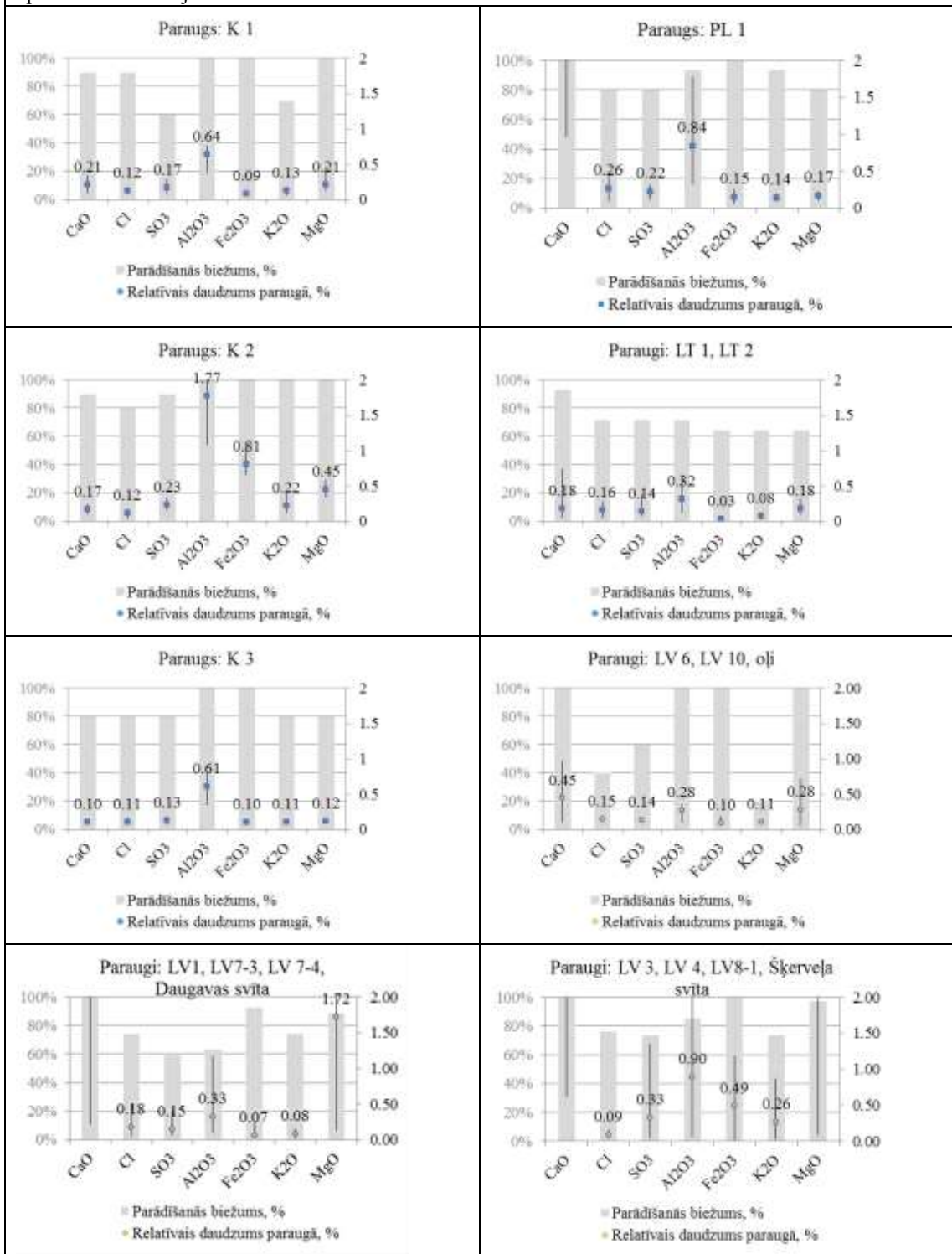
\*paraugu saraksts un ievākšanas vietu karte: tabula 3.3., attēls 3.15.

\*list of samples and map with sampling sites: Table 3.3., Figure 3.15.

4.13.A attēls. Galveno komponentu konstatācijas biežums (%) un daudzums (%) analizētajos krama paraugos\*.

Figure 4.13 A. Frequency(%) and amount(%) of major components in studied flint samples\*.

Krama paraugi no Krievijas, Augšvolgas reģiona, Polijas Busko-Zdruj apkārtnes, Lietuvas, Varenas apkārtnes un Latvijas



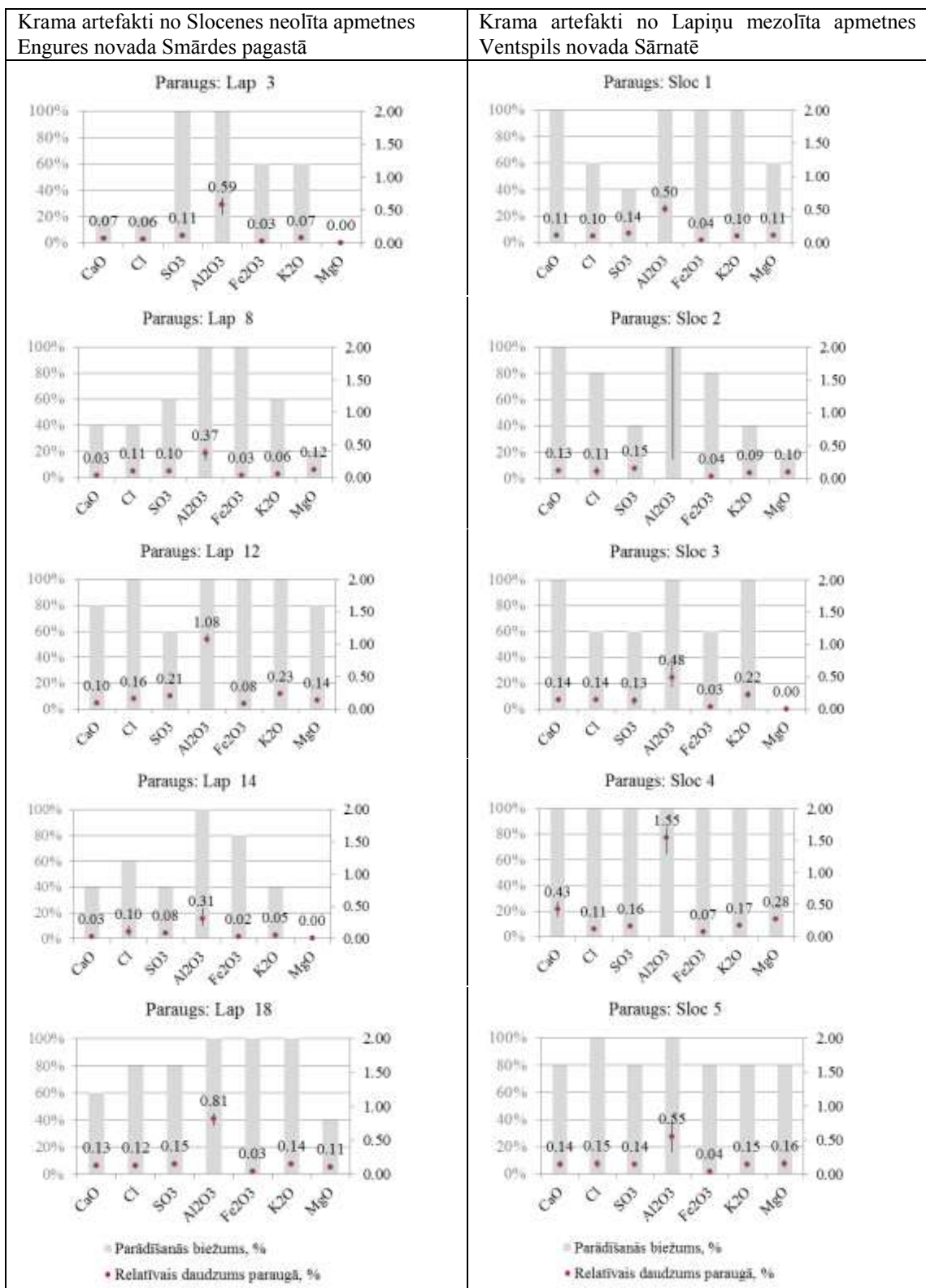
\*paraugu saraksti un ievākšanas vietu kartes: tabulas 3.2. un 3.3., attēli 3.15. un 3.16.

\*lists of samples and maps with sampling sites: Tables 3.2. and 3.3., Figures 3.15. and 3.16.

4.13. B attēls. Galveno komponentu konstatācijas biežums (%) un daudzums (%) analizētajos krama paraugos\*.

Figure 4.13 B. Frequency(%) and amount(%) of major components in studied flint samples\*.





\*paraugu saraksts un ievākšanas vietu karte: tabula 3.2., attēls 3.16.

\*list of samples and map with sampling sites: Table 3.2., Figure 3.16.

4.13 C. attēls. Galveno komponentu konstatācijas biežums (%) un daudzums (%) analizētajos krama paraugos\*.

Figure 4.13 C. Frequency(%) and amount(%) of major components in studied flint samples\*.



Ņemot vērā iepriekš minēto, krama pētījumu metodoloģija pielietojumam un drošām interpretācijām tieši ģeoarheoloģiskos pētījumos ir turpmāk pilnveidojama. Tas attiecas arī uz „šaubīgo” ķīmisko elementu konstatēšanu, kas būtu risināms ar citu metožu, piemēram, XRD metodes pielietošanu, un daudz detalizētāk būtu pētāmas krama dabiskās sastāva variācijas. Tādēļ, kombinējot XRF metodi ar citām analītiskām metodēm, varētu būt iespējams papildināt un uzlabot metodes attiecībā arī uz aizvēstures pētījumiem.

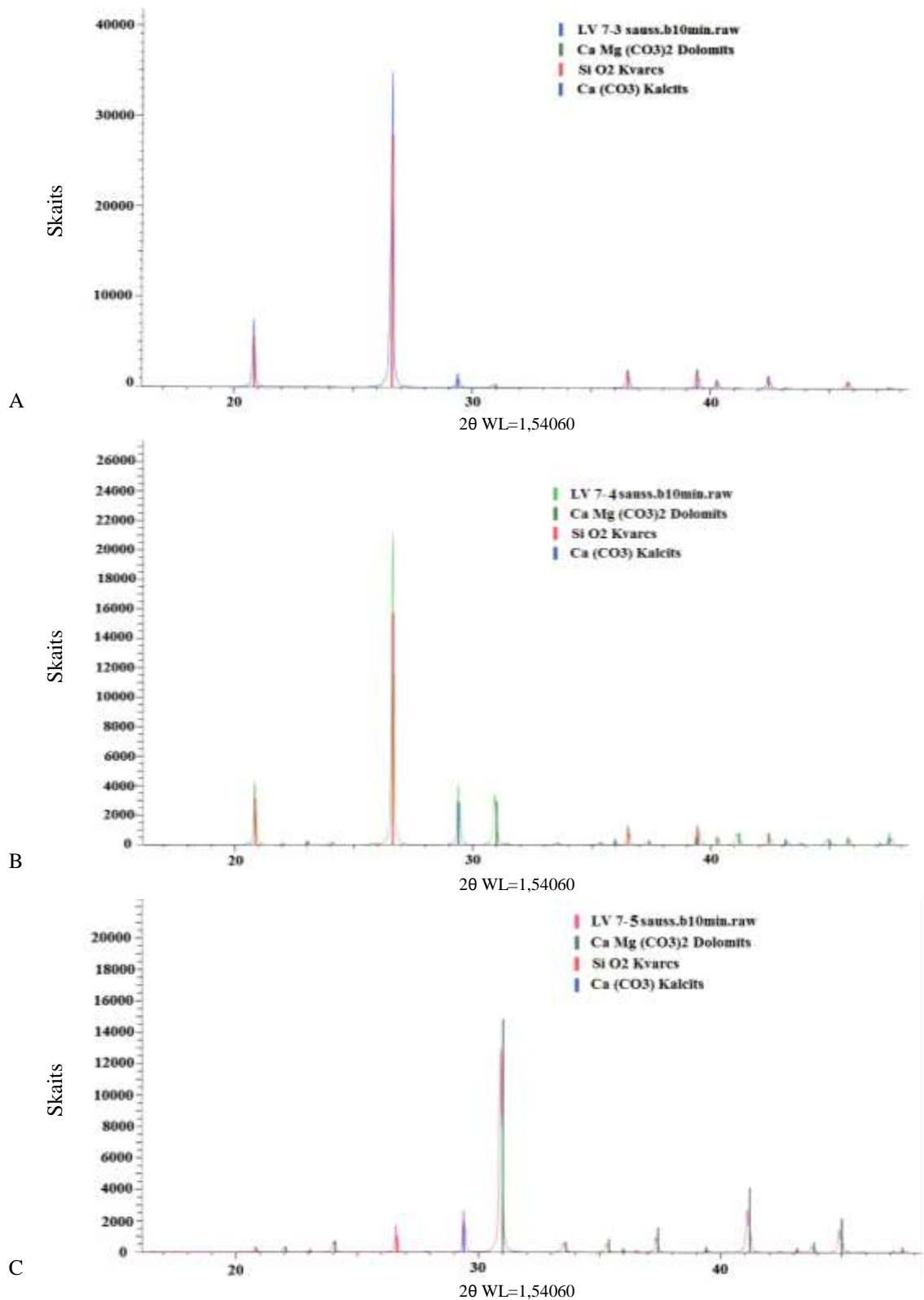
Promocijas darba pētījumā, salīdzinājumam un metodes piemērotības novērtēšanai daļai paraugu tika veikta analīze ar rentgenstaru pulverdifrakcijas (XRD) metodi. Iegūtie dati apstiprināja ar XRF analīzi noteiktās krama sastāva atšķirības (piemēram, 4.12 un 4.14.attēli).

Lai gan pētījumā ar rentgenstaru pulvera difrakcijas (XRD) metodi iegūtie novērtējumi ir virspusēji, jo promocijas darba ietvaros netika padziļināti pētīti, svarīgi ir atzīmēt, ka arī tie satur pietiekoši daudz nepārprotamu norāžu uz atšķirībām, kas nākotnē būtu detalizētāk pētāmas. Vienlaicīgi izceļams, ka pētījumā izmantotais analīzes veids nav piemērots arheoloģiskajos izrakumos atrasto artefaktu, arī muzeju kolekciju izpētei, jo metode balstās uz pētāmā materiāla pulvera analīzi, un tādējādi tā ir destruktīva. Savukārt tās nenoliedzamās priekšrocības ir šādu iekārtu plašāka pieejamība pētījumiem un daudz plašāku analītisko datu pieejamība par iežu un minerālu pētījumiem Ziemeļeiropā, tajā skaitā pētot vēsturiskos objektus (Vecstaudža, Bērziņa-Cimdiņa, 2014).

Vienlaicīgi atzīmējams, ka analizēto paraugu skaits joprojām ir neliels un daži no secinājumiem, kā arī padziļināta statistiska analīze, novērtējot paraugu līdzību vai atšķirību un to ietekmes faktoru (piemēram, krama ģenēzes) nozīmīgumu, var būt nepietiekoši pamatoti. Nākotnē būtu ievērojami jāpaplašina kopējais analizēto paraugus skaits, paplašinot to ģeogrāfiju un izvērtējot arī vietēju dabisko varietāšu nozīmīgumu.

Kopumā vērtējams, ka iegūtie rezultāti ar XRF metodi ir daudzsoļoši, jo ļāva izstrādāt noteiktu pētniecības paņēmieni secīgumu, kas ļauj iegūt savstarpēji salīdzināmus rezultātus. Svarīgi ir izcelt, ka no parauga ir atsevišķi jānodala vai jāizvēlas turpmākajiem pētījumiem pamatots, paraugam tipisks apgabals. Tas ļauj turpmāk iegūt savstarpēji salīdzināmus un pamatotus analītiskus datus.

Akcentējams ar mūsdienu pētniecības iekārtām iegūto datu digitālais formāts, kas ļauj iegūtos datus uzglabāt elektroniskās datu bāzēs un ar šiem digitālajiem datiem veikt nepieciešamās kalkulācijas, dažādus mērķtiecīgus aprēķinus. Vienlaicīgi, autores līdzšinējā pieredze norāda, ka pie salīdzinoši neliela paraugu klāsta šos datus ir pietiekoši ērti uzkrāt un apstrādāt vispārpieejamā MS Excel formātā.



4.14. attēls. Rentgenstaru difrakcijas rentgenogrammas 3 dažādiem pārkrāmota dolomīta paraugiem no Daugavas svītas atseguma Gaujas krastā pie Virešiem, Latvija.

A Paraugs LV 7-3; B Paraugs LV 7-4; C Paraugs LV 7-5.

Figure 4.14. X-ray Diffraction patterns of 3 different rock samples from Daugavas formation, outcrop at the bank of the River Gauja near Vireši, Latvia.

A Sample LV 7-3; B Sample LV 7-4; C Sample LV 7-5.

## 4.2. Oļu un paleolīta akmens rīku morfoloģijas īpašības

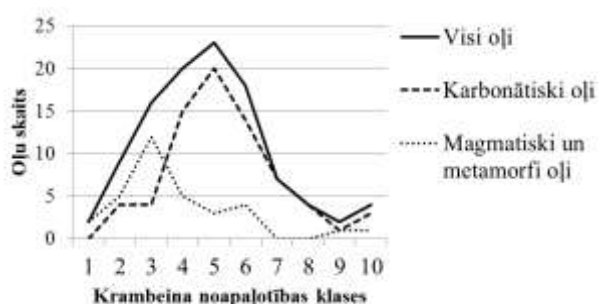
Krama un akmens laikmetā no tā darināto izstrādājumu atpazīšana un pētniecība objektīvi vienmēr tiek uzsākta ar formas un citu makroskopisko pazīmju novērtēšanu, kuras vajadzības gadījumā turpmāk tiek detalizēti un analītiski vērtētas, vai arī šāds iepriekšējs novērtējums ir galīgs un, balstoties uz uz tā, izdarītie secinājumi ir paliekoši. Šāda pētniecības darba organizācija (Andrefsky, 2001, 2008; Odell, 2006) un noteiktās procedūras sevi attaisno vairumā gadījumu, ja pētījuma mērķis ir plašs un vispārināts, artefaktu atradumu ir skaitliski daudz vai atradumu vērtība nav tieši saistīta ar izejmateriālu īpašībām. Tomēr iepriekšējo pētījumu pieredze norāda, ka ir vajadzīga padziļināta izpēte gadījumos, kad nepieciešami plašāki salīdzinājumi un izvērtējuma konteksts, vai pats izejmateriāls ir noteikts par pētījuma mērķi. Plašāki un augstākas detalizācijas akmens materiālu pētījumi attiecībā uz seno akmens laikmetu līdz šim ir veikti ierobežoti, galvenokārt apskatot tikai šāda materiāla atsevišķus aspektus (dimensiju vienkāršoti novērtējumi, makroskopiskas atšķirības ar raksturīgu garoziņu vai patinas klātbūtni, galvenokārt vienkāršots ķīmiskais sastāvs u.tml.) un šo vienkāršojumu dēļ, pētījumos šie dati tiek pieminēti formāli un netiek analītiski vērtēti (piemēram, Bonsall *et al.*, 2010; Nerudová, 2011; Riris, Romanowska, 2014). Šajos pētījumos līdz šim nav apskatīti vairāki jautājumi. Daļa no tiem ir attiecas uz sencilvēka sākotnējo materiāla izvēli rīka pagatavošanai. Pat pieņemot, ka krams kā materiāls senajam cilvēkam ir zināms un ir zināms, kā to makroskopiski var atšķirt, tomēr nav apzināts – kādas priekšrocības attiecībā uz formu senais cilvēks ņēma vērā, veicot izvēli. Cik tālu tas ir mūsdienās zināms (Anoikin, Postnov, 2005; Parés *et al.*, 2011; Zagorska, 2012; Coulthard *et al.*, 2013) seno cilvēku migrācijas ceļi veda galvenokārt pa upju ielejām, kur tika ievākts arī nepieciešamais materiāls rīku izgatavošanai.

Atbilstoši promocijas darba mērķim, uzdevumiem un izvēlētajai pētījuma metodikai (3.3.3. nodaļa) tika veikti oļu formas pētījumi. Pētījuma veikšanas apstākļi un galvenie rezultāti ir publicēti vairākos zinātniskos rakstos (Zariņa, Segliņš, 2012b; Zariņa, Segliņš, 2013a; Zariņa, Segliņš, 2014r; Zariņa, Segliņš, 2013f; Zariņa, Segliņš, 2013e), un turpmāk tiks apskatīti veikto oļu formas pētījumu nozīmīgākie rezultāti.

### 4.2.1. Oļu formas novērtējums

Pētījumam ievāktie oļu paraugi (3.2.2. nodaļa) tika analizēti, sekojot formas novērtējuma procedūrai (3.3.3. nodaļa), un par katru oli tika iegūti kvantitatīvi dati, kas turpmāk tika analizēti statistiski un veikti savstarpēji formas rādītāju salīdzinājumi. Atzīmējams, ka šajā pētījuma sadaļā papildus tika veikta datu kvalitātes pārbaude un veikti atkārtojumi attiecībā uz dimensiju mērījumiem un simetrijas noteikšanu ļāva noteikt subjektivitātes ietekmi.

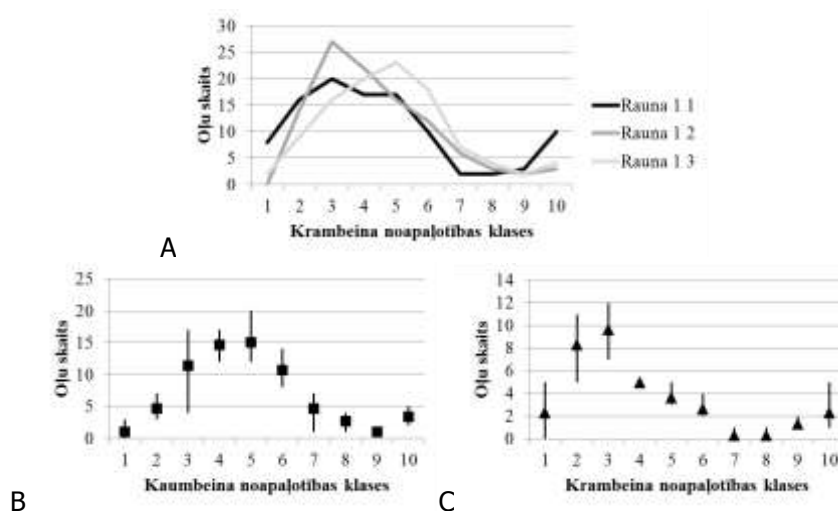
Oļu izmēra drupu materiāla noapaļotības novērtējums pēc V. Krambeina (Krumbein, 1941), pētījumā atspoguļo, ka visos paraugos oļu sadalījums pēc noapaļotības atbilst normālam sadalījumam, taču sadalījums tomēr atšķiras izdalītajiem nekarbonātskajiem oļiem pētītajos paraugos (4.15. attēls). Šajā pētījumā uzmanība tika pievērsta tieši formas pētījumu metodikas izstrādei, vērtējot visu paraugu kopumā, detalizēti nepētot atšķirības, salīdzinot karbonātska sastāva oļus ar pārējiem.



4.15. attēls. Paraugs „Rauna 1 3”. Oļu sadalījums pa Krambeina (Krumbein, 1941) noapaļotības klasēm, ņemot vērā oļu petrogrāfisko sastāvu.  
 Figure 4.15. Sample „Rauna 1 3”. Distribution of pebbles in Krumbein (Krumbein, 1941) roundness classes divided according to pebbles composition.

Atkārtotas parauga sadalīšanas pēc noapaļotības pa Krambeina klasēm liecina, ka vērtējumā subjektivitātes ietekme nav nozīmīga, jo oļu izvietojums mainās 5-7% robežās, turklāt tas vērtējuma skalā notiek pa vienu klasi uz augšu vai uz leju. Atzīmējams, ka problemātiska ir tieši 10. klase ar lauztajiem oļiem. Šajā klasē iekļauto oļu daudzums nereti ir iemesls izmaiņām sadalījumā zemākajās noapaļotības klasēs.

Analizējot iegūtos datus pēc iežu petrogrāfiskā sastāva pamata grupām, novērojams, ka magmatiskajiem un metamorfajiem oļiem lielākās atšķirības, veidojot atkārtotos sadalījumus, ir Krambeina 2.-4. klasēs, taču tas varētu būt skaidrojams ar oļu sadalījumu paraugos, kur raksturīgi, ka minētie oļi ir mazāk noapaļoti – to skaits zemākajās noapaļojuma klasēs ir lielāks. Karbonātiska sastāva oļu vērtējumā subjektivitātes ietekme ir konstatējama gandrīz visās noapaļotības klasēs, tomēr lielākā ietekme novērojama 3.-6. klasēs. Pētījumā iegūtie dati norāda (4.16. attēls), ka augstākas noapaļotības klasēs noapaļotības vizuāla novērtēšana ir viennozīmīgāka, kas kopumā liecina par raksturīgu tendenci – jo augstāka noapaļotības klase, jo mazāka ir novērtējuma subjektivitātes ietekme.



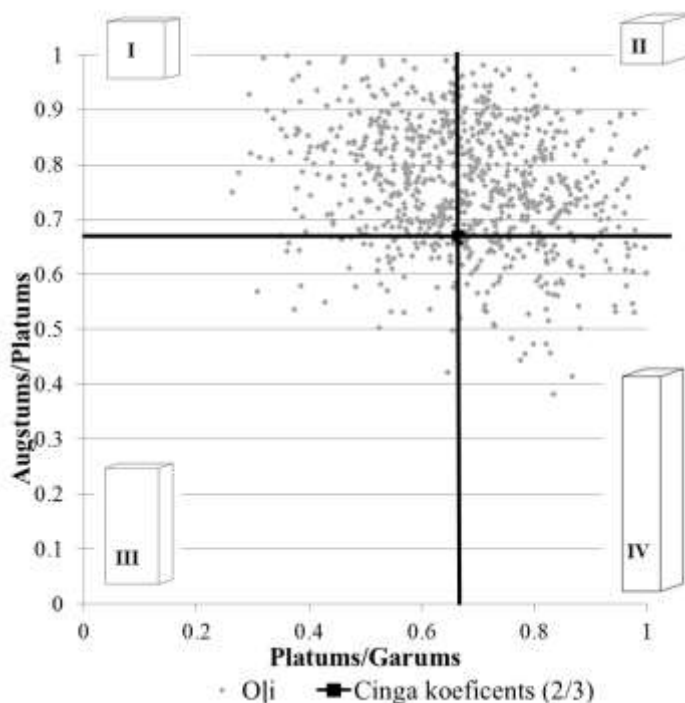
4.16. attēls. Paraugs „Rauna 13” sadalīts pa Krambeina (Krumbein, 1941) noapaļotības klasēm.

A atkārtoti sadalījumi pa Krambeina noapaļotības klasēm; B sadalījuma mainība karbonātiska sastāva oļiem; C sadalījuma mainība magmatiskiem un metamorfiskiem oļiem.

Figure 4.16. Sample „Rauna 1 3”. Distribution of pebbles in Krumbein (Krumbein, 1941) pebble roundness classes.

A distribution of pebbles after repeatedly dividing in Krumbein classes; B changes in distribution of pebbles with carbonate composition; C changes in distribution of pebbles with magmatic and metamorphic origin.

Pētījumā veiktie proporciju novērtējumi pēc Cinga tipa liecina, ka oļiem raksturīgākās ir formas, kas atbilst 1. un 2. tipa Cinga klasēm (4.17. attēls). Tas nozīmē, ka tām raksturīga regulāra ģeometriskā proporcija abās vai vienā raksturīgajā plaknē (garums-platums, platums-augstums).



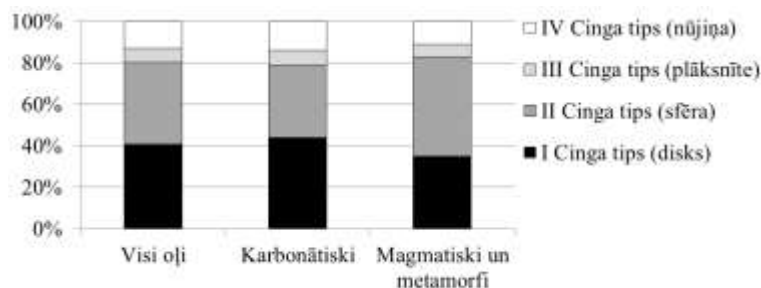
4.17. attēls. Paraugs „Raunis 3 2”. Oļu sadalījums pa Cinga izdalītajiem oļu proporciju tipiem (Zingg, 1935).

Cinga proporciju tipi: I (disks), II (sfēra), III (plāksnīte) un IV (nūjiņa).

Figure 4.17. Sample „Raunis 3 2”. Distribution of pebbles by Zingg (Zingg, 1935) proportion types.

Zingg proportion types: I (disc), II (sphere), III (blade) and IV (rod).

Pētījums norāda, ka izdalīto karbonātiska sastāva iežu oļu proporciju sadalījums atšķiras maz, salīdzinājumā ar cita petrogrāfiskā sastāva iežu oļiem (4.18. attēls), tomēr padziļināta tieši šāda sastāva oļu pētījumi netika veikti.

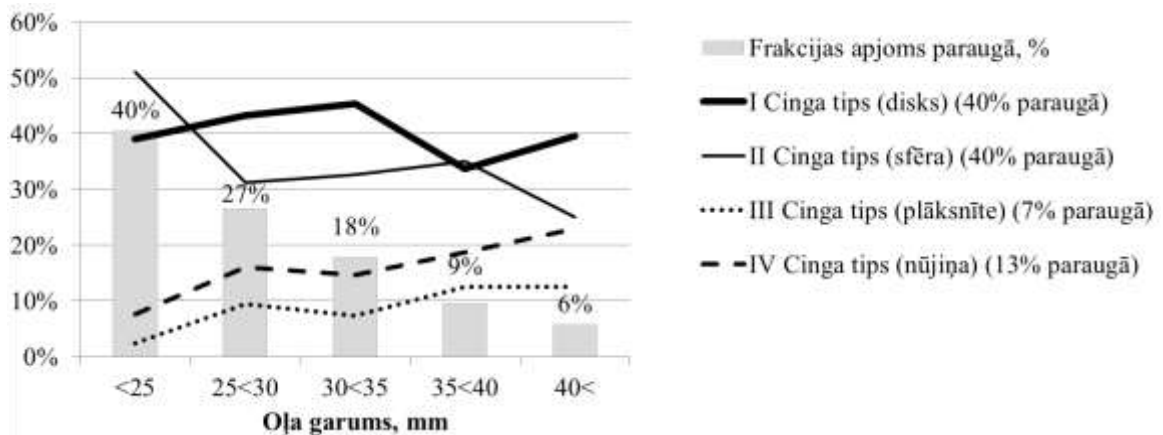


4.18. attēls. Paraugs „Raunis 3 2”. Oļu sadalījums pēc Cinga izdalītajiem oļu proporciju tipiem (Zingg, 1935), ņemot vērā oļu petrogrāfisko sastāvu.

Figure 4.18. Sample „Raunis 3 2”. Distribution of pebbles by Zingg ratios (Zingg, 1935) divided according the pebbles composition.

Pētīto oļu Cinga izmēru proporciju koeficientu analīzes novērtēšanā atzīmējama subjektivitātes ietekme mērīšanas procesā, kad jāatrod maksimālais oļa garums, platums un atbilstošais augstums. Veiktajā pētījumā mērījumi tika veikti, vadoties pēc noteiktas shēmas (3.3.3. nodaļa). Šādā pētījumā iegūto atkārtoto mērījumu analīze liecina, ka ar zināmu pētniecības praktisko pieredzi gandrīz viennozīmīgi ir iespējams noteikt garāko asi, bet biežāk atšķirības ir konstatējamās augstuma ass mērījumos. Šādu subjektivitātes elementu būtu iespējams skaidrot ar rotācijas leņķa atšķirībām, meklējot perpendikulāro asi garuma-platuma plaknei. Vienlaikus atzīmējams, ka mērījumu veikšanā ievērojama nozīme ir lietotajiem instrumentiem – to precizitātei un skaitlisko mērījumu datu nekļūdīgai un ātrai reģistrācijai.

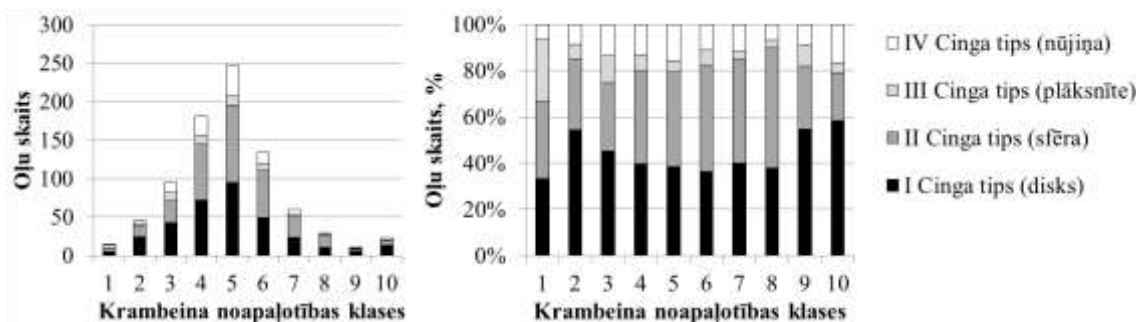
Pētījumā tika aplūkota oļu atbilstība noteiktam Cinga tipam atkarībā no oļu izmēra, kas tika veikts, sadalot sākotnēji izvēlēto oļu frakciju mazākos izmēru intervālos. Detalizēti mērījumi tika veikti vairākām paraugu sērijām un iegūtie rezultāti atspoguļo raksturīgu kopējo tendenci – mazāka izmēra oļiem ir raksturīgāka regulāras proporcijas, bet salīdzinoši lielākiem oļiem proporcijas ir atšķirīgas (4.19. attēls). Vienlaikus atzīmējams, ka nepārprotami pētītajos aluviālo nogulumu frakciju paraugos atpazīstama vispārēja tendence – jo izmēru ziņā lielāki ir mērītie oļi, jo zemāka ir to noapaļojuma klase.



4.19. attēls. Paraugs „Raunis 3 2”. Oļu sadalījums pēc Cinga izdalītajiem oļu proporciju tipiem (Zingg, 1935), ņemot vērā oļu izmēru.

Figure 4.19. Sample „Raunis 3 2”. Distribution of pebbles by Zingg ratios (Zingg, 1935) divided according size of pebbles.

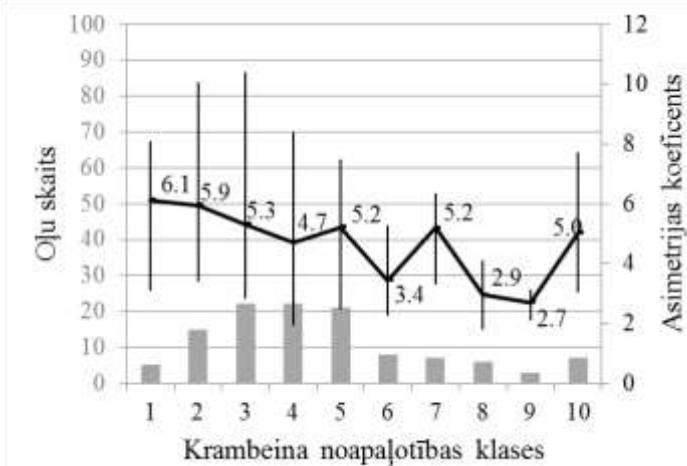
Tika novērtēta saistība starp oļu noapaļotību pēc Krambeina un oļu raksturīgajām proporcijām pēc Cinga. Atbilstoši 1. un 2. Cinga tipu proporciju pārsvaram paraugos, tas atspoguļojas visās oļu noapaļotības Krambeina klasēs. Salīdzinoši 3. un 4. tipa proporcijas ir skaitliski mazākas augstākās Krambeina klasēs (4.20. attēls), kas saistāms ar to, ka noapaļošanās procesā drupu materiāls virzās uz formas pilnveidi, lai iegūtu sfēras formu.



4.20. attēls. Paraugs „Raunis 3 2”. Raksturīgās oļu proporcijas izdalītas pēc Cinga tipa (Zingg, 1935) Krambeina (Krumbein, 1941) noapaļotības klasēs.

Figure 4.20. Sample „Raunis 3 2”. Typical proportions according to Zingg (Zingg, 1935) in the Krumbein roundness classes (Krumbein, 1941).

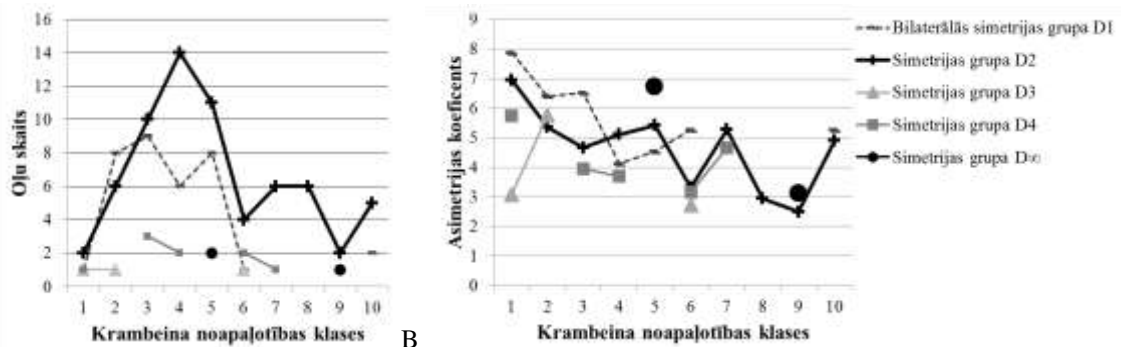
Oļu formas simetrijas novērtējums tika veikts saskaņā ar oļu noapaļotības novērtējumu (4.22 attēls A). Būtiski šajos novērtējumos ir simetrijas precizitātes mērījumi, jo tie atspoguļo oļu noapaļotības ciešo saistību ar simetriju, ko raksturo tendence – jo olis ir noapaļotāks, jo tas ir simetriskāks – tam ir augstāka simetrijas precizitāte (4.21. attēls).



4.21.attēls. Paraugs „Amata 1 2”. Simetrijas precizitātes mērījumi oļiem sadalījumā pa Krambeina noapaļotības klasēm (Krumbein, 1941).

Figure 4.21. Sample „Amata 1 2”. The evaluation of symmetry accuracy measurements in Krumbein classes (Krumbein, 1941).

Papildus tika novērtēts, kurš no simetrijas tipiem oļiem dabā raksturīgi ir precīzāks, vērtējot to noapaļotības kontekstā. Iegūtie dati norāda (4.22. attēls B), ka precīzākas simetrijas īpašības ir regulārām formām ar simetrijas tipu D3, D4 visās noapaļotības klasēs, kur tās parādās, salīdzinot ar citiem simetrijas tipiem. Simetrijas tipiem D1 un D2 raksturīga tendence, ka līdz ar augstāku noapaļotības klasi to simetrijas precizitāte paaugstinās. Simetrijas tips  $D_{\infty}$ , kas atbilst riņķa formai, ir ar augstu simetrijas precizitāti gadījumos, kad oļa forma ir ļoti noapaļota, bet vidējās Krumbeina noapaļotības klasēs simetrijas precizitāte ir zemāka nekā formām, kas atbilst citiem simetrijas grupu tipiem.



4.22. attēls. Paraugs „Amata 1 2”. Simetrijas īpašības oļiem Krambeina noapaļotības klasēs (Krumbein, 1941).

A oļiem raksturīgie simetrijas tipi Krambeina noapaļotības klasēs;

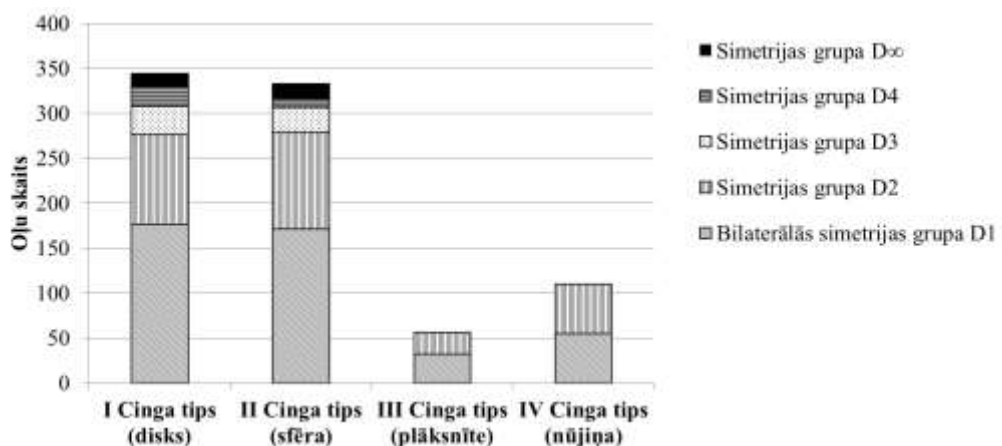
B simetrijas precizitāte oļiem Krambeina noapaļotības klasēs saskaņā ar pieredību noteiktai simetrijas grupai.

Figure 4.22. Sample „Amata 1 2”. Characteristic symmetry properties in Krumbein classes (Krumbein, 1941).

A characteristic symmetry types in Krumbein classes;

B symmetry accuracy in Krumbein classes according to each symmetry type.

Simetrijas īpašības tika novērtētas arī saskaņā ar Cinga proporcijām, lai noteiktu, kādas simetrijas ir raksturīgākas katrā no Cinga tipiem (4.23. attēls). Analīze liecina, ka 3. un 4. Cinga klasēs ir raksturīga bilaterālā simetrija un dihedrāla rotācijas simetrija ar kārtu 2. Savukārt 1. un 2. Cinga klasēs, kaut arī retāk, tomēr ir konstatējami oļi ar rotācijas simetriju ar kārtu 3, 4 un  $\infty$ , kas atbilst to regulārajām proporcijām kādā no raksturīgajām plaknēm.



4.23. attēls. Paraugs „Raunis 3 2”. Raksturīgās simetrijas īpašības Cinga izdalītajos oļu proporciju tipos (Zingg, 1935).

Figure 4.23. Sample „Raunis 3 2”. Characteristic symmetry properties in Zingg pebble proportion types (Zingg, 1935).

Subjektivitātes ietekme arī attiecībā uz simetrijas rādītāju noteikšanu ir mazāka par 10% un raksturīgi, ka, jo oļu noapaļotība ir augstāka, to simetrijas precizitāte ir augstāka, jo vieglāk to viennozīmīgi noteikt. Atzīmējams, ka simetrijas precizitāte ļauj salīdzināt oļus pēc noapaļotības vienas Krumbeina noapaļotības klases ietvaros, tādējādi papildinot informativitāti par oļa noapaļotību ģeoloģiskos pētījumos.

Kopumā veiktie mērījumi un novērtējumi liecina, ka veiktie formas pētījumi ir salīdzinoši vienkārši realizējami, tomēr to vērtība ir pētījuma procedūras ieviešanā un tie ir iespējami apgūstot vērtēšanas pieredzi ilgstošākā laikā posmā. Šādā gadījumā ir



iespējams iegūt augstvērtīgus un savstarpēji salīdzināmus datus, kas ir informatīvi un turpmākās analīzes gaitā ir kvantificējami, sniedzot savstarpēji tieši salīdzināmus un statistiski analizējamus datus.

Iepriekš apskatītais norāda, ka oļi mūsdienu alūvijā ir atšķirīgi pēc to morfoloģiskajām īpašībām un skaidri var tikt nodalītas kopas ar noteiktām formas īpašībām. Svarīgi, ka šīs īpašības ir novērtējams ar atšķirīgiem paņēmieniem un šie vērtējumi ir statistiski analizējami un salīdzināmi. Citās valstīs veiktie pētījumi (piemēram, Dumitriu *et al.*, 2011) norāda, ka konstatētās īpašības ir attiecināmas arī uz plašāku reģionu, dažādos upju tecējumu posmos, un nākotnē varētu tikt uzskatīts par salīdzinoši jutīgu pētniecības rīku.

Zinātniskās literatūras studijas (3.1.2. nodaļa) norāda, ka cilvēkam objektīvi ir noslieces izvēlēties no brīvi izveidotas kopas pie vienāda sastāva un citu īpašību ziņā līdzīga materiāla, vienmēr simetriskāku, ar raksturīgām proporcijām veidotu objektu. Minētais ir nozīmīgi, jo šādus pētījumu rezultātus ir pamats attiecināt arī uz sencilvēka sākotnējo izvēli – rīku gatavošanai izvēlēties dabiski simetriskākus oļus, savukārt alūvija materiāla oļu frakcijas izvērtējums norāda, ka šādi oļi ir pieejami un makroskopiski atpazīstami.

#### 4.2.2. Paleolīta akmens rīku formas novērtējums

Formas novērtējuma piemērojums atsevišķu tipu paleolīta rīkiem liecina (piemēram, Saragusti *et al.*, 2005; Hardaker, 2006; McPherron 2006; Hodgson, 2008; Emery, 2010; Lycett, Chauhan, 2010), ka iegūtie dati ļauj veikt pamatotus rīku savstarpējus salīdzinājumus. Savukārt, palielinot salīdzināmo pazīmju (parametru) skaitu, minētos salīdzinājumus ir iespējams paplašināt. Formas novērtējumus ir iespējams salīdzinoši attiecināt uz pētījumā apskatāmo rīku iespējamiem izejmateriāliem dabā, bet turpmākās analīzes gaitā arī raksturot akmens materiāla izmantošanu aizvēsturē.

Veiktajā pētījumā atbilstoši izvēlētajai metodikai (3.3.4. nodaļa), iegūtos datus apkopojot un sekojoši novērtējot, ir iespējams konstatēt vairākas likumsakarības. Daļa no kopsavilkuma datiem redzama 4.6. tabulā.

Minētā pētījuma daļa ir publicēta, detalizētāk apskatot arī atsevišķus metodikas jautājumus un datu analīzi (Zariņa, Segliņš, 2013d; Zariņa, Segliņš, 2014d; Zariņa, Segliņš, 2014e; Zariņa, Segliņš, 2014f; Zariņa, Segliņš, 2014n).

Apkopojuma tabulā (4.6. tabula) redzams, ka lielākā daļa pētījumā izvēlēto rīku tipu lietoti visā senā akmens laikmeta laikā, kopš tikuši radīti. Dūrescirvi (H), kas raksturīgas pašam senākajam akmens laikmeta posmam, attiecībā uz formu salīdzināmi ar smaiļu tipa (P) rīkiem, taču rīku dimensijas mainījušās, piemērojoties dzīves apstākļiem un apstrādes tehnoloģiju attīstībai. Tabula atspoguļo, ka sencilvēki gatavojuši rīkus ar atsevišķām formas īpašībām, kas tipiskas vēlākam laika posmam un saistāmas ar noteiku tehnoloģiju izmantošanu. Piemēram, ļoti mazi rīki, kas vēlākajos akmens laikmeta posmos ir atbilstoši mikrolītu tehnoloģiju attīstībai, atrodami arī senākās arheoloģiskajās kultūrās un to formas un simetrijas īpašības ir salīdzināmas.

Kopumā veiktie novērojumi norāda, ka ir iespējams noteikt raksturīgu tendenci – attīstību rīku izgatavošanas tehnoloģijās un rīku formās, līdzās pastāvot arī senākām un arī citām mazāk izteiktām dažādām akmens apstrādes tradīcijām, kas šajā pētījumā nav analizētas. Vienlaicīgi konstatējams, ka veiktais novērtējums palīdz noteikt pētīto krama rīku formu īpašību un apstrādes tehnoloģijas savstarpējo saistību un šādā kontekstā iegūtie rezultāti ir visai daudzsoļi izvēlētas pieejas attīstībai par pētniecības metodiku.

4.6. tabula. Paleolīta akmens rīku novērtējums sadalījumā pa arheoloģiskajām kultūrām  
Table 4.6. Assessments of the Palaeolithic stone tools by archaeological cultures

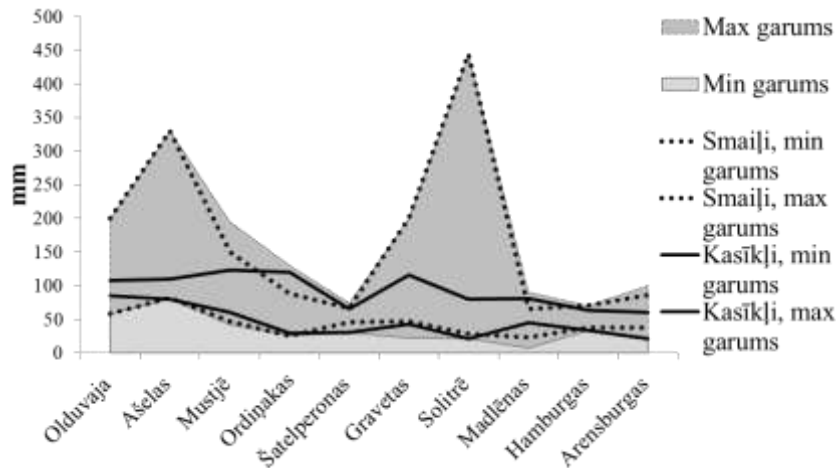
Arheoloģiskā kultūra	Atšķelot veidoti rīki**					Max garums, mm	Min garums, mm	Simetrijas daudzveidība rīkos	Simetriju daudzveidība kasīkliem (S)	Simetriju daudzveidība smailiem*** (P)	Min proporcija (garums-platums) smailiem (P)***	Max proporcija (garums-platums) smailiem (P)***	Vidējā proporcija (garums-platums) smailiem (P)***
	Dūrescirvji (H)*	Kasīkļi (S)*	Smailji (P)*	Naži (K)*	Mikrolīti (M)*								
Olduvaja	x	x				200	58	2	0	0	0,76	0,95	0,87
Ašelas	x	x	x			330	80	10	5	1	0,39	0,91	0,6
Mustjē	x	x	x	x		195	42	14	5	3	0,52	0,85	0,68
Ordiņakas		x	x	x	x	130	25	12	3	4	0,17	0,88	0,41
Šatelperonas		x	x	x		74	30	5	2	2	0,21	0,26	0,24
Gravetas		x	x	x	x	200	22	10	2	4	0,2	0,64	0,4
Solitrē		x	x	x		444	21	7	2	3	0,13	0,75	0,32
Madlēnas		x	x	x	x	90	7	14	4	4	0,12	0,3	0,2
Hamburgas		x	x	x	x	70	33	6	2	3	0,23	0,48	0,34
Arensburgas		x	x	x	x	100	21	12	4	3	0,19	0,4	0,31

\*pēc 2.2. attēla;

\*\*pēc 2.1. attēla;

\*\*\*iekļauti dūrescirvja (H) tipa rīki pēc 2.2.attēla.

Atzīmējams, ka veiktais pētījums norāda, ka paleolītā akmens rīku izmēra izmaiņas laika ritumā nav bijušas lineāras (4.24. attēls). Senākajos paleolīta posmos raksturīgi garāki rīki, tie samazinās līdz ar vidējo paleolītu, taču vēlā paleolīta Gravetas un Solitrē kultūru laikā to izmēri atkal ievērojami palielinās. Vēlāk sākot ar Madlēnas kultūru raksturīgi atkal īsi rīki, kuru dimensijas ir salīdzinoši viendabīgākas attiecībā uz garumu. Novērtējot minimālo rīku garumus, salīdzinoši daudz mazāki rīki tiek izgatavoti līdz ar vēlo paleolītu, un prakse tādus tos izgatavot saglabājas visa paleolīta laikā. Šādi rezultāti norāda, ka mazi specializēti rīki kopš to ieviešanas visu laiku tikuši pārmantoti, pilnveidoti un funkcionāli attīstīti (4.24. attēls; 4.6. tabula). Pētījumā izvēlētajā smaiļu tipa (P) rīku kopā garums saskan ar atbilstošo kultūru rīku maksimālajām un minimālajām dimensijām. Savukārt kasīkļu izmērs visā pētītā paleolīta laika posmā saglabājies salīdzinoši nemainīgs – šīs formas acīmredzot ir pietiekoši universālas un to lietojuma veids ļoti plašs, savukārt izmērs ir saskaņots ar lietotāja rokas anatomiskām īpatnībām. Svarīgi, ka šīs formas rīkus var iegūt no dažādiem materiāliem, bet vēlāko paleolīta arheoloģisko kultūru posmos šādus krama rīkus gatavo no citu rīku pagatavošanas atlikumiem.



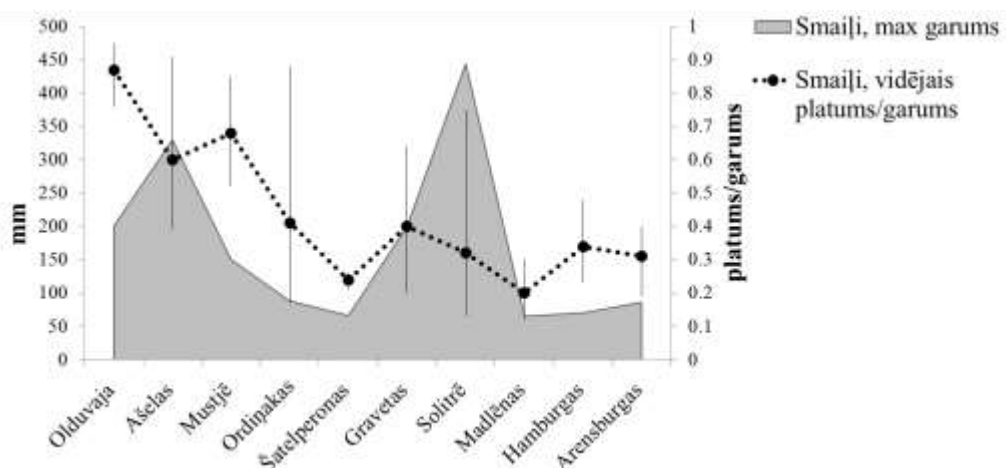
4.24.attēls. Paleolīta arheoloģiskajās kultūrās kasīkļu (SC) un smaļi\* (P) tipa rīkiem raksturīgie izmēri attiecībā uz rīku garumu.

\* grafikā smaļi (P) rīku grupa iekļauj arī dūrescirvjus (H).

Figure 4.24. Characteristic length dimensions of Scraper (SC) type tools and Point (P) type tools\* in the Palaeolithic archaeological cultures.

\* including also Handaxe (H) type tools.

Promocijas darba pētījumā rīku proporciju novērtējums ir apskatāms saistīti ar rīku dimensijām, jo mazākiem rīkiem ir mazākas variāciju iespējas, salīdzinot ar dimensijās lielajiem rīkiem (4.25. attēls). Pētījumā, piemērā aplūkoti smaļi tipa (P) rīki, jo to dimensijas ir salīdzināmas ar atbilstošo kultūru akmens rīku maksimālajām un minimālajām dimensijām (4.24. attēls). Novērtēts rīku garums pret platumu – šādi tiek vērtēta proporcija, kas nosacīti var tikt saukta par formas slaidumu. Jāņem vērā, ka proporciju amplitūda ir mainīga aizvēsturiskās arheoloģiskajās kultūrās – dažās raksturīgi slaidi rīki, bet citās - vērojama formu un proporciju daudzveidība. Tā, attēlā 4.25. redzams, ka smaļi tipa (P) tipa rīkiem izteikta ir tendence, ka rīki ar katru jaunu paleolīta arheoloģisko kultūru jeb laiku paliek aizvien slaidāki, turklāt tas saistāms ar mazu izmēru akmens rīku jeb mikrolītu izgatavošanas uzsākšanu, kas ir uzskatāmi redzams pēc 4.6. tabulā atspoguļotiem datiem.



4.25. attēls. Smaļi (P) tipa rīku\* maksimālās dimensijas un platuma/garuma attiecība.

\* grafikā smaļi (P) rīku grupa iekļauj arī dūrescirvjus (H).

Figure 4.25. Maximal dimensions and length-width ratio of Point (P) type tools\*.

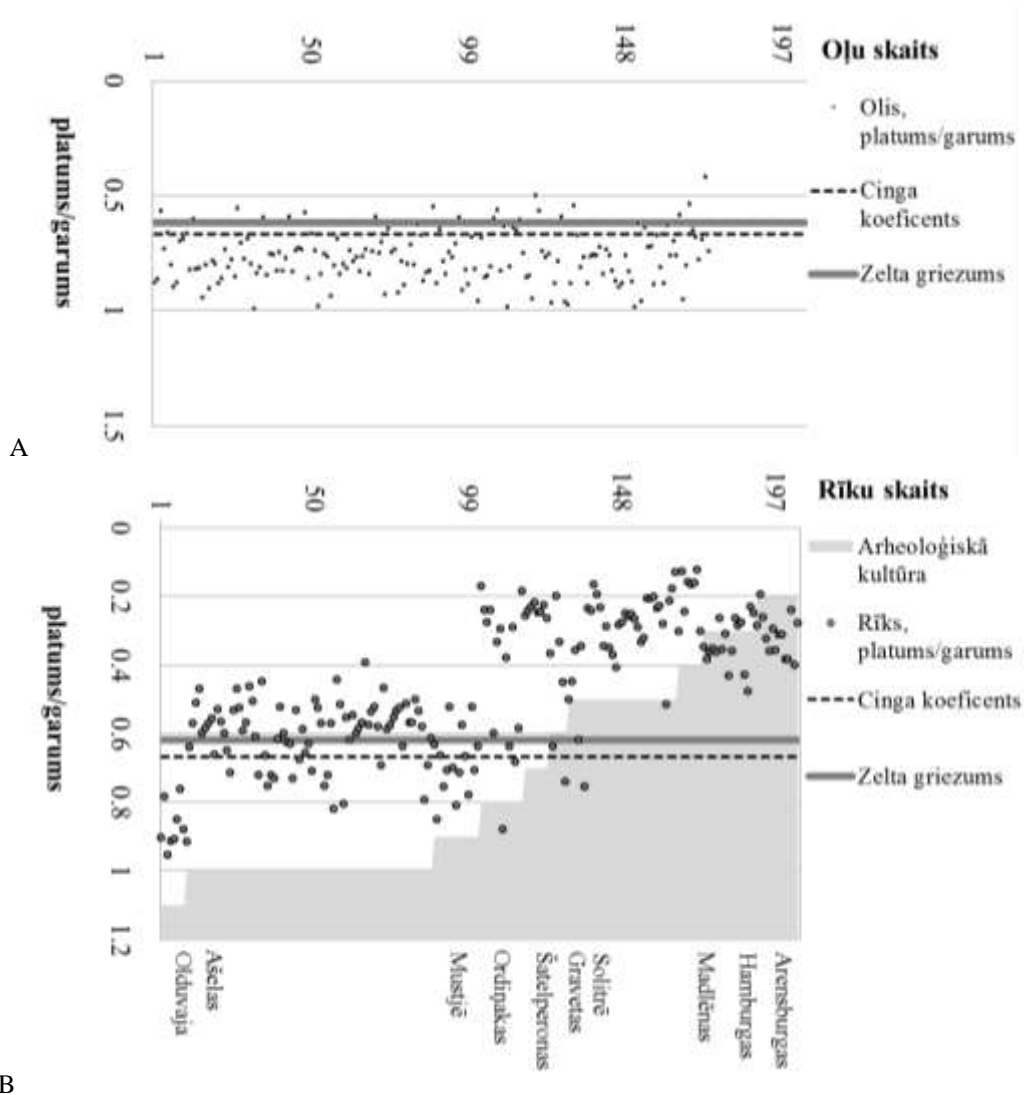
\* including also Handaxe (H) type tools.

Attēlā 4.25 redzams, ka rīku proporciju izmaiņas laika gaitā (starp dažādām arheoloģiskām kultūrām) nav lineāras, tomēr ir nosakāmas tendences – rīku slaidums palielinās.

Vienlaikus ir jāņem vērā, ka disertācijā ietvertajā pētījumā smaiļu rīku tips (P) faktiski ietver dažādu funkciju rīkus, kurus vieno kopēja pazīme – smailums, taču iegūtie rezultāti norāda, ka turpmākos pētījumos lietderīgi būtu izdalīt rīkus ar augstāku detalizācijas pakāpi pēc noteiktiem kritērijiem, piemēram, iespējamās funkcijas. Šāda pieeja ļaus proporciju īpašības padarīt par smalku instrumentu, indikāciju noteicēju. Šajā pētījumā rīku daudzveidīgums izlasē ir viens no iemesliem lielajai proporciju dažādībai aplūkotajās arheoloģiskajās kultūrās.

Zinātniskajā literatūrā (piemēram, Anoikin, Postnov, 2005; Högborg, Olausson, 2007; Adams, Blades, 2009) bieži tiek norādīts, ka senie darbarīki gatavoti galvenokārt no upju nestu vai klinšu pakājē atrastu oļu izmēra akmens materiāla. Autores veiktajā pētījumā oļu un rīku proporcijas garuma-platuma plaknē pielīdzinātas dabas novērojumos nereti pielietotam raksturlielumam – Zelta attiecībai jeb Zelta griezumam (Livio, 2003), kas ir tuvs ģeoloģijā oļu novērtējumos izmantotā T.Cinga koeficienta vērtībai (Zingg, 1935). Pētījumā attiecībā uz Rauņa alūviju un akmens laikmeta smaiļu rīku tipa (P) novērtējumu šie rādītāji grafiski atspoguļo zināmu tendenci datu kopu raksturojumā, kas atspoguļota 4.26. attēlā.

Veiktais pētījums norāda, ka paleolīta sākumā rīku proporcijas bijušas tuvas dabā izplatītajām, taču ar laiku piešķirtās proporcijas kļuvušas iegarenas un neraksturīgas dabīgam akmens materiālam, tuvojoties Zelta griezuma proporcijai. Iespējams tāpēc, ka dabā tā ir novērojama un varēja kalpot kā neapzināts paraugs. Vēlajā paleolītā formas kļūs vēl slaidākas un arī tām ir raksturīgu proporciju koridors. Minētais ir svarīgs novērtējams rādītājs ģeoarheoloģiskos pētījumos attiecībā uz aizvēstures arheoloģisko kultūru pētījumiem, izvērtējot cik nozīmīgi akmens laikmeta darbarīku forma atšķiras no dabā raksturīgām izejmateriāla formām.



4.26.attēls. Cinga koeficients un Zelta griezuma attiecība salīdzinoši ar:

A oļu garuma un platuma proporcijām oļiem Rauņa mūsdienu alūvijā sakārtojumā pēc noapaļotības;

B garuma un platuma attiecību izmaiņām smaiļu (P) tipa rīkiem\* akmens laikmetā.

\* grafikā smaiļu (P) rīku grupa iekļauj arī dūrescirvjus (H).

Figure 4.26. Zingg coefficient and Golden Ratio compared to:

A length-width ratio of pebbles from Raunis modern alluvium, sorted by roundness level after Krumbein;

B length-width ratio changes of Point (P)\* type tools in the Palaeolithic.

\* including also Handaxe (H) type tools.

Veikto simetrijas novērtējumu iegūtie dati tiek sniegti apkopojuma veidā 4.7. tabulā. Tie norāda, ka simetrijas īpašības rīkiem novērojamas visos aplūkoto paleolīta arheolģisko kultūru aptvertajos posmos. Kopumā iegūtie dati atspoguļo, ka katram no izdalītajiem rīku tipiem ir daudzveidīgas simetrijas īpašības, no kurām atsevišķas ir raksturīgākas noteiktās arheolģiskajās kultūrās konkrētiem rīku tipiem, taču simetrijas īpašību dominantes laika gaitā mainās katra tipa rīkiem.

Vienlaicīgi vēsturiskā griezumā visiem apskatītiem aizvēsturisko kultūru attīstības posmiem raksturīgi arī nesimetriski rīki. Pētījums rāda, ka galvenokārt tie ir daļēji saglabājušies rīki, arī nolietoti rīki, bet apzināti arī rīku pagatavošanas brāķi vai speciāli noteiktas asimetriskas formas darināti rīki (piemēram, daļa mikrolīti), kā arī atšķilas, kas atzītas kā izmantojamas bez īpašas pēcapstrādes, tikai mazliet pielabojot iegūto sākotnējo formu.

4.7. tabula. Pētīto rīku tipu (2.2. attēls) simetrijas novērtējums atbilstoši paleolīta arheoloģiskajām kultūrām

Table 4.7. Evaluation of symmetry properties of studied tool types (Figure 2.2.) in various archaeological cultures

Simetrijas grupas	Raksturīgās ģeometriskās formas	Olduvaja	Ašeļas	Mustjē	Ordinākas	Šateperonas	Gravetas	Solitrē	Madlēnas	Hamburgas	Arensburgas
D1 bilaterālās simetrijas grupa 1 refleksijas ass		H	H	H							
		S	S	S	s	s	s	s	S	S	
		P	P	P	P	P	P	P	p	P	
			k	K		k	k	k		k	
				m*		m*		m		m	
D2 dihedrāla simetrijas grupa ar kārtu 2 Rotācija ar kārtu 2, 2 refleksijas assis		h	H	H							
		S	S	S	s	s	s	S	S	S	
			P	P	p	P	P	P	p	p	
			k	K	k	k	k	k	k	k	
				m*		m*		m		m	
D3 dihedrāla simetrijas grupa ar kārtu 3 Rotācija ar kārtu 3, 3 refleksijas assis		h	h								
		s	s					s			
			P	p							
D4 dihedrāla simetrijas grupa ar kārtu 4 Rotācija ar kārtu 4, 4 refleksijas assis			s	s							S
Dn, dihedrāla simetrijas grupa ar kārtu n=∞ Rotācija ar kārtu ∞, ∞ refleksijas assis		H	h								
		s	s	s				s		S	
C2cikliska simetrijas grupa ar kārtu 2 Rotācija ar kārtu 2,							p		p	p	P
Nepiemīt simetrija		h	h	h							
		S	S	S	s	s	s	S	s	S	
		P	P	P	p	P	P	P	P	P	
			k	K	k	k	k	k	k	K	
				m*		m*		M		M	
D2 dihedrāla simetrijas grupa ar kārtu 2 Adatveida					P		P	p	P		
					m*		M*		M		
p111 - translācijas simetrija									m		

\* – ļoti mazi rīki, taču nav gatavoti ar mikrolītu tehnoloģiju.

Lielie burti – raksturīgāk, salīdzinot ar citām simetrijas īpašībām, kas tipiskas izdalītajiem rīku tipiem atbilstoši katrā arheoloģiskajā kultūrā.

Autores veiktais pētījums norāda, ka atsevišķas simetrijas īpašības var būt izteikti raksturīgas tikai noteiktam rīku tipam. Piemēram, cikliskā simetrijas grupa C2 ir novērtējama smaiļu tipa (P) rīkiem atsevišķās arheoloģiskajās kultūrās vēlajā paleolītā, turklāt pētījumā tika konstatēts, ka tā raksturīga gandrīz tikai griežņiem. Minētais norāda, ka turpmākos pētījumos būtu smalkāk jāizdala rīku veidi pirms to apvienošanas rīku tipos, lai izvairītos no iespējami maldīgas interpretācijas. Tāpat mazāk raksturīgas ir rīku formas ar simetrijas īpašībām atbilstošām D3, D4 un  $D_{\infty}$  simetrijas grupām (tas ir saistāms ar rīku proporcijām, jo šīs simetrijas īpašības nav atbilstošas cilvēku apstrādātiem raksturīgi slaidiem rīkiem). Atzīmējams, ka tās nav tipiskas visās akmens laikmeta kultūrās, tāpēc iespējams, ka norādītās simetrijas īpašības var būt vērtīgas pazīmes atšķirot rīku piederību noteiktai paleolīta arheoloģiskajai kultūrai. Šādas pazīmes var būt īpaši noderīgas gadījumos, ja pētāmais akmens rīks ir saglabājies nepilnīgi, bet pietiekami labi tikai simetrijas īpašību novērtēšanai un sekojošai artefakta grupēšanai kā iespējami piederīga tai vai citai aizvēsturiskai arheoloģiskai kultūrai.

Pētījuma gaitā papildus atsevišķi vienā rīku grupā tika izdalīti adatveida rīki, kam simetrijas īpašības nav salīdzinoši formu raksturojošas. Svarīgi atzīmēt, ka šādas formas rīku lietojums akmens laikmetā raksturīgs ne visām paleolīta arheoloģiskajām kultūrām, tāpēc izdalītā forma kopā ar dimensiju, apstrādes un citām īpašībām var tikt indikatīvi izmantota rīku raksturojumos.

Translācijas simetrija raksturīga vēlajā paleolītā kaula un raga rīkiem (piemēram, harpūnām, tām raksturīga arī slīdošās refleksijas simetrija), tomēr, lai arī ne tipiski, šī formas simetrijas īpašība novērojama arī akmens rīkiem. It īpaši tas attiecas uz atpazīstamām apstrādes pēdām, kas saistītas ar retušētām rīku malām, kas veidotas izpildot vienādus cirtienus virknē vienu aiz otra, tomēr šajā pētījumā tas netiek aplūkots.

Līdzšinējie pētījumi (1.3. nodaļa) norāda, ka bilaterāla simetrija pamatoti tradicionāli tiek vērtēta kā nozīmīga rīku pazīme. Autores veikto pētījumu rezultāti, kas apkopoti 4.7. tabulā, norāda, ka bilaterālā simetrija ir izteikta un raksturīga noteiktiem rīku tipiem ilgstoši visā senā akmens laikmeta aizvēsturiskajā laika posmā. Tā bilaterālā simetrija piemīt un ir īpaši raksturīga dūrescirvjēm (H), smaiļiem (P) un kasīkļiem (S), kas norāda uz šī simetrijas veida nozīmi šo rīku identifikācijai. Jāpievērš uzmanība, ka bilaterālās simetrijas īpašības ir iekļautas arī dihedrālajās simetrijas grupās, kas, papildus rotācijas simetrijai, ietver arī refleksijas simetriju. Tabula 4.7. parāda, ka līdzās bilaterālai simetrijai, akmens laikmetā no akmens izgatavotiem rīkiem raksturīgas ir formas, kas atbilst dihedrālai simetrijas grupai D2. Līdz ar to, paplašinot simetrijas īpašību novērtējumu, promocijas darba pētījums papildina informativitāti par rīku formas īpašībām, precizējot tās, jo rīki, kas līdz šim vērtēti kā simetriski atbilstoši bilaterālās simetrijas noteikšanai, šajā pētījumā tiek pārbaudīti arī attiecībā uz rotācijas simetriju.

Simetrijas īpašības pētījumā izvēlēto rīku tipiem ir mainīgas, un atbilstoši mainīgas ir paleolīta arheoloģiskajās kultūrās novērojamās simetrijas pazīmes. Tā dažās aizvēsturiskās arheoloģiskās kultūrās simetrijas īpašības ir daudzveidīgas (piemēram, Mustjē un Madlēnas (4.7. tabula), taču citās ar tiem pašiem rīku tipiem izdalāmas mazāk simetrijas veidu (piemēram, savstarpēji salīdzinot Madlēnas un Hamburgas kultūras (4.7. tabula)). Aplūkojot noteiktu rīku tipu mainību cauri senajam akmens laikmetam redzams, ka raksturīgais attiecībā uz formu simetrijas īpašībām nav vienvēidīgs (piemēram, salīdzinot kasīkļus (S) Mustjē un Aurignācijas kultūrās vai smaiļus (P) Šatelperonas un Gravetas kultūrās (4.7. tabula)) un šajā paleolīta akmens rīku simetrijas īpašību pētījumu virzienā nākotnē būtu nepieciešami mērķtiecīgi virzīti ievērojami plašāki pētījumi.

Tāpat tika konstatēts, ka izdalītajos laika posmos pastāv rīki, kas pēc dimensiju vai formas pazīmēm ir līdzīgi, taču iegūti dažādos tehnoloģijas attīstības laikos, piemēram, atsevišķi mikrolītu (M) tipa rīki (4.6. tabula; 4.7. tabula). Formas īpašību novērtēšana kopā

ar pielietoto tehnoloģiju ir informatīva, jo palīdz pārbaudīt, vai simetriju darbarīkos nosaka izvēlēta materiāla īpašības un tehniskās iespējas ar zināmo tehnoloģiju piešķirt darbarīkiem simetrisku formu vai arī simetrijas piešķiršanu noteica darbarīku izmantošanas veids, kas radīja nepieciešamību piešķirt simetrisku vai no tās apzināti atšķirīgu formu. Minēto rādītāju analīzes apkopojums ir atspoguļots sekojošā tabulā (4.8. tabula).

4.8. tabula. Paleolīta nozīmīgāko aizvēsturisko arheoloģisko kultūru novērtējums saistībā ar darbarīku formu un to virsmas apstrādi

Table 4.8. The assessment of the major Palaeolithic archaeological cultures in connection with the tools shapes and their surface processing

Aizvēsturiskās kultūras	
Formas īpašības	Apstrādes pēdas
Olduvaja (pirms 2,6-1,5 milj. g.)	
Rīkiem piemīt bilaterālā un rotācijas simetrija, kas ir mazāk izteikta senākajos rīkos. Simetrija ir nosacīta, lai gan forma ir pielīdzināma izliektai ģeometriskai figūrai, kam piemīt nosacītā simetrijas ass – tā visbiežāk iet platuma virzienā (garuma-platuma projekcijas plaknē).	Apskaldot ar atsevišķiem atšķelumiem, pārveidota dabiska iežu forma Izmantotas iežu dabiskās lauzumu un plīsumu virsmas, nereti papildus piešķirtas izteiktākas ģeometriskās formas – ar lauzuma līnijām noteiktos vēlamos virzienos. Apskaldīta tikai viena vai dažas puses un nav iespējams novērtēt, vai artefakts ir izgatavots konkrētai darbībai vai vairākkārtīgai izmantošanai.
Ašelas (pirms 1,7 milj.-100 000 g.)	
Senākiem rīkiem formu proporcijas ir tuvākas dabā raksturīgajām oļu un nelielu akmeņu proporcijām. Ar laiku formas tiek veidotas garenākas, un pabeigtajiem rīkiem piemīt izteikta forma un simetrijas īpašības. Šādiem rīkiem piemīt izteikta bilaterālā simetrija – garuma-platuma plaknē, retāk ir konstatējama rotācijas simetrija. Senākajiem rīkiem simetrija izteiktāka ir vienā rakursā, bet citos – forma ir nosacīti simetriska. Pakāpeniski formām piešķirtā simetrija kļūst arvien izteiktāka un tā no bilaterālās pāriet uz rotācijas simetriju. Sākotnēji raksturīgi, ka bilaterālā simetrija novērojama gan garuma-platuma projekcijas plaknē, gan garuma-augstuma un platuma-augstuma projekcijās, tad kādā no rakursiem parādās rotācijas simetrija. Vēlāk izgatavoti rīki, kam rotācijas simetrijas īpašības piemīt visās trīs raksturīgo dimensiju projekciju plaknēs.	Novitāte – tiek izgatavoti abpusēji apskaldīti rīki. Daudzi savstarpēji nesaskaņoti apskaldījumi, kas veikti ar aptuveni vienādu spēku un mēģināts iegūt piemērotu formu, kam piemīt noteiktas īpašības. Attīstoties apstrādes prasmēm, vēlamās formas iegūšanai tiek veikti daudzi nelieli atskaldījumi un dabiskas formas tiek rūpīgi apstrādātas, iegūstot rīkam vēlamu formu. Kopš šī laika darbarīki mērķtiecīgi tiek izgatavoti vairākkārtīgai izmantošanai.



Tabulas turpinājums

Aizvēsturiskās kultūras	
Formas īpašības	Apstrādes pēdas
Mustjē (pirms 300 000-30 000 g.)	
Tipiskas vienkāršas, izteiktas, izliektas formas – atbilstošas dažādām ģeometriskām formām, bet ar raksturīgu bilaterālo simetriju garuma-platuma projekcijas plaknē. Arī atšķilās pielāgotas ar raksturīgu bilaterālu simetriju, taču, neveidojot rīkus ar izteiktām simetrijas īpašībām.	Tiek vienkāršota formas ieguve ar mazāku atskaldījumu skaitu, bet ar mēģinājumiem iegūt izmantojamas atšķilās. Vienlaikus ir gan mērķtiecīgi apstrādāti rīki – lai iegūtu izteiktu formu, gan rupji apstrādāti rīki – iegūtas plakanas atšķilās, tikai ar dažiem cirtieniem, kam veikti pielabojumi noslēdzošā posmā.
Oriņakas (pirms 40 000-25 000 g.)	
Raksturīgas formas ar nepārprotami nosakāmām bilaterālās simetrijas asīm garuma-platuma plaknē, tomēr precizitāte pret simetrijas asi variē atkarībā no rīka tipa un apstrādes pakāpes.	Plāni un izteikti iegareni rīki, iegūti ar nelielu atšķēlumu skaitu. Forma papildus pilnveidota un ar sīkiem apskaldījumiem piešķirtas asas griežņa īpašības šķautnē. Divi posmi instrumentu izgatavošanā. Sākotnēji pamatformas iegūšana ar dažiem atšķēlumiem, lai iegūtu plānus rīkus. Otrā posmā labots, pielabots, asināts rīks – iegūts ar sīkiem apskaldījumiem. Rīku izgatavošanā iespējama darba dalīšana.
Šatelperonas (pirms 45 000-40 000 g.)	
Iegarenas vienvēidīgas formas rīki, kam garuma-platuma projekcijas plaknē piemīt vairāk vai mazāk izteikta bilaterālā simetrija. Simetrijas nosacītību nosaka veidotā forma, nevis apstrādes pakāpe.	Raksturīgi ar 6-8 šķēļiem iegūti izstieptas formas rīki. Pirmoreiz atsevišķas asās šķautnes apdarina ar 1-3 apskaldījumiem uz šķautnes 1 cm.
Gravetas (pirms 29 000-21 000 g.)	
Rīku formām garuma-platuma plaknē raksturīga otrās kārtas dihedrāla rotācijas simetrija, kā arī bilaterāla simetrija. Rīki nav mērķtiecīgi precīzi apstrādāti, lai iegūtu izteiktas simetrijas īpašības, bet lai iegūtu noteiktas formas rīku, kas, atkarībā no pielietojuma, var būt nepieciešamas simetriskas formas.	Profesionāli izgatavoti rīki ar dažu šķēļiem palīdzību. Rīku proporcijas variē, taču formas ir vienvēidīgas noteiktiem rīku tipiem. Pirmās apstrādes “darbnīcas” – nosacīti var saukt par amatniecības iesākumiem.
Solitrē (pirms 22 000-16 500 g.)	
Formas mērķtiecīgi veidotas ļoti izteikti simetriskas. Raksturīga bilaterālā, kā arī otrās kārtas dihedrāla rotācijas simetrija. Raksturīgi rīki, kas ir simetriski visās dimensijas nosakošajās plaknēs. Atsevišķiem rīkiem piešķirta rūpīgi apstrādātas formas, kas garuma-platuma vai citā dimensijas raksturojošā plaknē nav novērtējama kā simetriska, taču ir simetriska citos rakursos.	Veikti 8-12 šķēļiem pamatformas izgatavošanai, tālāk tās labošana un formas pilnveide ar nelieliem piesitieniem, atšķēlumiem. Virsmas nav pulētas vai īpaši izlīdzinātas. Harmoniski, simetriski, proporcionāli veidoti darbarīki.

Tabulas turpinājums

Aizvēsturiskās kultūras	
Formas īpašības	Apstrādes pēdas
Madlēnas (pirms 18 000-11 000 g.)	
Daudzveidīgas rīku formas, izmēru un proporciju ziņā. Arī simetrijas īpašības atbilstoši ir dažādas – bilaterālā simetrija, dihedrāla rotācijas simetrija, kā arī garuma-platuma plaknē noteiktas labi izstrādātas formas bez simetrijas īpašībām. Pirmo reizi tipisku akmens rīku formās novērojama translācijas simetrija.	Dažādas apstrādes pakāpes un veidi atšķirīgu tipu un formas rīkiem. Tiek apgūti daudzi jaunu formu rīki.
Hamburgas (pirms 13 000-12 000 g.)	
Rīkiem piešķirtas dažādas tipiskas formas, kas garuma-platuma projekcijas plaknē ir gan simetriskas, gan ar vāji izteiktām simetrijas īpašībām, gan bez simetrijas īpašībām. Atsevišķām formām piešķirtas precīzas ģeometrijas figūrām atbilstošas formas - riņķis, taisnstūris, trīsstūris. Dominē bilaterālā simetrija, taču tā ir nosacīta, piemītoša rīkam atbilstošajai ģeometriskajai formai. Tikai reti forma ir mērķtiecīgi veidota, lai pats rīks būtu simetrisks. Smaiļu tipa rīku pilnveide, rīku izmēru krasa samazināšanās.	Forma iegūta ar dažiem atšķēlumiem, rīku maliņas pielabo ar sīkiem atskaldījumiem (7-10 formas labojumi uz 1 cm maliņas). Formas ir tipiskas, dažādu veidu, tomēr variē nelielās robežās attiecībā uz izmēriem, malu garumu un proporcijām. Tās ir norādes uz rīku ražošanas aizsākumiem, bet tehnoloģiskās prasmes un iespējas norāda uz zināšanām iegūt vēlamu formu.

Tabulā aprakstītās akmens rīku formas un virsmas apstrādes īpatnības ir atpazītas kā raksturīgākās, izvērtējot daudzus simtus paleolīta akmens laikmeta rīkus, un šajā pētījumā ir konstatētas vairākas akmens rīku formas un apstrādes virsmu iezīmes, kas piemīt konkrētiem paleolīta arheoloģisko kultūru posmiem. Vienlaicīgi konstatēts, ka, jo īpaši paleolīta beigu posmā, ir nošķirami un atsevišķi vērtējami akmens darbarīki, kas darināti vienkāršu darbību veikšanai (šie rīki ir vienkārši gatavoti un grūti atšķirami no līdzīgiem ievērojami senāk darinātiem) un tādi, rīki, kas ir tikuši izgatavoti kādām specializēti noteiktām funkcijām. Pēdējie ir darināti iespējami pilnīgi izmantojot uzkrātās prasmes, tie ir gatavoti profesionāli ar visai nelielu kļūdu un formas labojumu skaitu. Tomēr atzīmējams, ka visās jaunākajās paleolīta arheoloģiskajās kultūrās blakus sastopami ir savi šo rīku paveidi, un kādas no minētas grupas rīku iztrūkums konkrētajos arheoloģiskajos izrakumos var būt maldinošs attiecībā uz aizvēsturiskas kultūras vecuma novērtējumu.

Vienlaicīgi izceļama arī kāda cita nozīmīga tendence, kas tika atpazīta, izstrādājot promocijas darbu, un tā attiecas uz rīku izgatavošanai izvēlēta izejmateriāla (krama) īpašībām. Apzināto paleolīta akmens rīku izvērtējums norāda, ka līdz pat izdalītās Mustjē arheoloģiskās kultūras uzplaukumam, akmens rīki tiek gatavoti no atšķirīgiem izežiem, un aizvien precīzāk tiek atpazīti un biežāk izmantoti slēptkristāliski ieži, starp tiem arī krams. Jau pirms Mustjē arheoloģiskās kultūras krams tiek visai plaši izmantots rīku izgatavošanai, un pakāpeniski šis izejmateriāls rīku gatavošanai kļūst par dominējošo un gandrīz vienīgo turpmāk visā paleolīta laikā.

Vienkāršām vajadzībām no vienas vai abām pusēm apskaldīti krama gabali vai to atšķilas ir kasīkli un tiek izgatavoti visā senā paleolīta laikā. Šādi rīki tiek gatavoti no jebkura pieejamā vietējā materiāla un tā izvēle ir salīdzinoši pavisam. Sarežģītāku rīku

izgatavošanai Mustjē arheoloģiskās kultūras aizsākumos tiek izmantots rūpīgāk izvēlēts krama izejmateriāls – tie ir lieli upju alūvijā atrasti krama oļi, izvēlētam kramam ir vienmērīgāka krāsa, nav plaisu un vizuāli atpazīstamu ieslēgumu. Tomēr izgatavotie rīki norāda, ka izmantotajam kramam ir atšķirīgas mehāniskās īpašības – iezis ne vienmēr ir vienmērīgi slēptkristālisks, gliemežnīcas laužums piemīt tikai daļai no izgatavotajiem rīkiem. Bet vēlāk šīs minētās ir krama īpašības, kuras sencilvēki apgūst atpazīt un spēj novērtēt, kā rezultātā kļūst iespējams veikt tehnoloģiski arvien sarežģītāku rīku izgatavošanu no augstas kvalitātes krama. Kopējā izgatavoto akmens rīku klāstā aizvien izteiktāk pieaug specializēto rīku proporciju raksturojošās attiecības un kļūst dominējošas, salīdzinot ar vienkāršiem rīkiem, kas darināti no visai daudzveidīgiem iežiem.

Šādas tendences, pēc pētījuma autores domām, norāda uz ģeoloģisko zināšanu apguvi un šo zināšanu palielināšanos paleolīta laikā, jo šādu piemērotu kramu sarežģītu rīku izgatavošanai, ir nepieciešams atrast, lokalizēt, kā arī pakāpeniski uzkrāt zināmas iemaņas līdzīgu jaunu krama ieguves vietu atrašanai, kas ir svarīgi, jo paleolīta laika sencilvēki ir aktīvi migrējuši, un iespējas pārnēsāt no vienas vietas uz otru ievērojamus krama izejvielu daudzumus ir ierobežotas.

Iepriekšējās kopsavilkuma tabula (4.8. tabula) sniedz apkopojumu par autores līdzšinēji veiktajiem paleolīta akmens rīku pētījumiem par izdalītajām aizvēsturiskajām arheoloģiskām kultūrām un apraksta formā sniedz atbilstoša laika akmens (krama) rīku raksturīgākās formas īpašības. Tabulas dati norāda, ka ir atpazīstamas un izsekojamas tām raksturīgas iezīmes, un vairākas pazīmes var tikt izmantotas artefaktu hronoloģizācijas mērķiem. Vienlaicīgi pētījuma rezultāti norāda, ka salīdzinoši neliels pazīmju skaits var tikt uzskatīts par pietiekoši jutīgiem krama rīku indikatoriem jeb norādēm uz piederību konkrētām arheoloģiskām kultūrām visā paleolīta laikā. Vairums no šādām pazīmēm ir attiecināms tikai uz dažu aizvēsturisko arheoloģisko kultūru akmens rīkiem.

## 5. Diskusija

Veiktais pētījums ir veikts ģeoloģijā, tomēr jau no paša sākuma ir attīstīts kā starpdisciplinārs un, izmantojot eksakto zinātņu metodes un humanitāro zinātņu pētījumu rezultātus, vērsts aizvēstures izpētes virzienā. Arheoloģiskās izpētes pirmsākumos iegūto liecību skaits ir ierobežots, taču aizvēstures pētījumi mūsdienās aptver gandrīz visu pasauli un iekļauj nesalīdzināmi plašāku pētniecībā pielietoto metožu skaitu, nekā tas bija vēl pirms dažiemi desmitiem gadu. Pētījumu daudzpusības rezultātā pēdējā pusgadsimta laikā ir būtiski mainījušies priekšstati par senāko aizvēstures posmu – paleolītu, un iegūtās zināšanas ļauj raksturot ne tikai konkrētus atradumus un tos savstarpēji salīdzināt un vērtēt, bet arī raksturot atbilstošā laika dzīvesveidu un sabiedrību. Veiktais pētījums norāda, ka šajā nozīmē ģeoloģiskie pētījumi var sniegt būtisku ieguldījumu. Tā paleolīta laikmetu raksturojošie akmens rīki ir informatīvi, sniedzot informāciju par rīku izejmateriālu, apstrādes tehnoloģijām, rīku morfoloģiju, to iespējamo pielietojumu (1.3. nodaļa).

Mūsdienīgi aizvēsturisko akmens rīku pētījumi balstās ne tikai uz aizvien pilnveidotām analītisko pētījumu metodēm un iegūto datu interpretāciju, bet arī plašāka konteksta salīdzinājumiem, ņemot vērā, ka arī mūsdienās materiālā kultūra lielā mērā ir tā, kas nosaka cilvēces eksistenci, kāda tā ir. Tādējādi paši senākie zināmie akmens rīki, kas pagatavoti aptuveni pirms 2,6 miljoniem gadu (1.2. nodaļa), ir uzskatāmi kā zināms atskaites sākumpunkts, sākot ar kuru ir iespējams savstarpēji salīdzināt un vērtēt attīstību rīku izgatavošanai nepieciešamā materiāla apzinātā un mērķtiecīgā izvēlē, lietotajās apstrādes tehnoloģijās, rīku izmantošanas veidā u.tml., kas vēsturiskā secībā ļauj izsekot galvenās tendences, izmaiņu ātrumu, kā arī novērtēt šo izmaiņu ietekmējošos faktoros. Vienlaikus ir ņemams vērā, ka šādi analītiski salīdzinājumi nereti ir vienkāršoti un vienuspusīgi, ja netiek ņemti vērā pētījumu rezultāti citās zināšanu jomās, kas ļauj apzināt aizvēsturisko akmens rīku izgatavotāju un lietotāju fiziskās spējas un prasmes, arī mentālo un garīgo pasauli jeb iespējamo priekšstatu sistēmas (Zariņa, Segliņš, 2015g), vismaz tik tālu, cik par to ir saglabājušās aizvēsturiskās materiālās un arī nemateriālās liecības.

Vispārīgā nozīmē arheoloģiskajos un jo īpaši aizvēstures pētījumos nav iespējams iegūt ticamus datus un pamatotu interpretāciju, neiesaistot dažādas citas zinātņu jomas (1.3. nodaļa), un tas ir raksturīgs daudzām mūsdienu zinātņu jomām – tās kļūst aizvien izteiktāki multidisciplināras (piemēram, Doran, Palmer, 1995; Ramalingam *et al.*, 2008).

Savukārt, aizvien paplašinoties pielietoto pētniecības metožu spektram un palielinoties iegūto analītisko datu daudzumam, to interpretācijai ir nepieciešamas ļoti plašas speciālās zināšanas, kas atrodas attāli no humanitārām zinātnēm, un tādēļ jauno eksakto zinātņu pētniecības metožu ieviešana kavējas, kā arī kavējas šādu jauniegūto datu integrācija esošo humanitāro zināšanu kopumā. Rezultātā starpdisciplināritāte ir gandrīz vienīgais iespējamais risinājums, kurā ir iespējams balansēt starp atšķirīgām eksakto un humanitāro zinātņu pētniecības un datu interpretācijas metodoloģijām. Tomēr minētajai pieejai ir sava veida „blaknes”, kas visbiežāk izpaužas kā plašāki izklāsti un skaidrojumi, kas apskata šādi paplašināto pētījumu jomu un datu interpretācijas loku.

Šajā kontekstā ir izstrādāta disertācija, balstoties uz līdz šim veikto pētījumu paplašinātu apskatu (1. nodaļa; 2. nodaļa; 3.1 nodaļa) un pieņemot, ka akmens rīku detalizēti pētījumi kādā no analītisko pētījumu virzieniem, nedrīkst tikt interpretēti atrauti no kopējā zināšanu konteksta par atbilstošā laika sabiedrību un to veidojošiem indivīdiem.

Disertācijas izstrādes gaitā autore savos pētījumos un literatūras studijās ir apzinājusi jautājumus, kas attiecībā uz paleolīta akmens rīku pētījumiem būtu diskutējami ievērojami plašākā kontekstā, nekā to pieļauj disertācijas formāts. Daļa no tiem, kas galvenokārt attiecas uz iegūtajiem oriģinālajiem datiem un novitāti pētījumos, ir tikusi

diskutēta autore publicētajos zinātniskajos rakstos un ir aprobēta ziņojums zinātniskajās konferencēs. Savukārt turpmāk būtu lietderīgi diskutēt tos jautājumus, kas tieši attiecas uz disertācijai izvirzītā pētījuma mērķa sasniegšanu un aizstājamo tēžu pamatojumu.

### 5.1. Ģeoloģisko zināšanu pazīmes un to novērtēšana

Cilvēkiem ir izcilas adaptīvās spējas pielāgoties dzīvei visdažādākajos dabas apstākļos (Mascie-Taylor, Bogin, 1995; Ulijaszek, Huss-Ashmore, 1997), un mūsdienās pastāvīgi nav apdzīvota tikai Antarktīda, bet šīs spējas ir iegūtas daudzās migrācijās ļoti ilgstošā akmens laikmeta posmā. Izšķirošas adaptācijas spēju attīstībā ir spējas apgūt jaunus objektus, saistīt tos ar noteiktām īpašībām, papildināt esošās zināšanas, pasivizēt mazāk noderīgās un spējas analizēt ar dažādu detalizācijas pakāpi. Minētais attiecināms ne tikai uz pārtikas meklēšanu, novērojumiem dabā, bet arī pielāgošanas spēju attīstību, meklējot piemērotus materiālus rīku izgatavošanai un mēģinot tiem piešķirt vēlamu formu (Butzer, 1993).

Vienkāršāko ģeoloģisko novērojumu, lietišķo zināšanu un to pielietojuma pirmsākumi nav zināmi, taču tie ir saistīti ar sencilvēku pašos senākajos aizvēstures posmos (piemēram, Piperno *et al.*, 2008; Schick, Toth, 2009). Tas ir laika posms, kas ir aptvēris vairākus simtus tūkstošu gadu un kurā vienkāršu, neapstrādātu akmens materiālu izmantošanas vietā aizvien biežāk izmantotajiem akmeņiem tiek mēģināts piešķirt kādu formu, tad tos aizvieto paši vienkāršākie mērķtiecīgi veidoti akmens rīki ar atpazīstamām noteiktām īpašībām.

Darbarīkus raksturo izmantotais izejmateriāls, kura izvēli noteikušas zināšanas vai sākotnēji gadījums, ņemot vērā vizuāli novērtējamās īpašības – izejmateriāla (drupu materiāla, visbiežāk oļa) izmēru (nosaka nepieciešamība atkarībā no veicamās funkcijas), proporcijas (ērts rokai, funkcionāli piemērots noteiktai darbībai), tāpat arī krāsa, tekstūra un struktūra, kas ļāva atšķirt viena veida iežus no citiem, un ar laiku – „kļūdu un mēģinājumu” veidā, tika iegūta pieredze un zināšanas meklēt un izvēlēties piemērotāko akmens izejmateriālu, kas aizvien papildinātas ar novērojumiem – kur un kādos apstākļos ir atrodamas piemērotākās akmens materiāla (visbiežāk iežu) izejvielas. Pēdējas no minētajām zināšanām nav drošas, jo paleolītā izteikti dominē sencilvēku mobils dzīvesveids. Līdz ar to ilgtsoši noderīgas akmens materiāla ieguves vietas netiek veidotas – katrā jaunā vietā tiek meklētas un atrastas jaunas izejvielas un to petrogrāfiskais sastāvs ir visai atšķirīgs, līdz daudzu meklējumu gaitā tiek atrast reģionā piemērotākais. Krams šajā nozīmī nebūt nav vienīgais materiāls un tas savu lomu iegūst tikai laika gaitā. Bet nebūt ne visur, jo daudzviet šādas izejvielas dabā ir ļoti retas un tā vietā plaši tiek izmantoti citie ieži (2.1. nodaļa).

Tajā pašā laikā, aizvien pieaugot zināšanām par materiālu īpašībām, nav vērojama tendence izmantot aizvien augstākas kvalitātes krama izejvielas, bet gan ar labākām prasmēm kļūst iespējams izgatavot aizvien kvalitatīvākus un specializētus rīkus, kā arī pagatavot tos no sliktākām (nepiemērotākām) izejvielām (Adams, Blades, 2009; Zariņa, Segliņš, 2014h). Papildus jāņem vērā, ka laika gaitā sencilvēku darinātie rīki un to daudzveidība ievērojami mainās, piemēram, mainoties medījumu izmēriem un uzvedībai, apgūstot jaunus pārtikā izmantojamus sakņaugus u.tml., kā arī dzīvesveida izmaiņu dēļ, kas liek meklēt, atrast un lietot dažādas kvalitātes izejvielas. Tādējādi ne tikai akmens rīku apstrādes veidi un izmantotais materiāls norāda uz pieaugošām adaptācijas spējām (piemēram, Adams, Blades, 2009; Woods, 2011), bet arī rīku formu īpašības, kas ir saistāmas gan ar rīku funkcionālu specializēšanos, gan pielāgošanos jauniem vides apstākļiem un dzīvesveidam (Zariņa, Segliņš, 2013b).

Veiktais pētījums norāda, ka, lai novērtētu sencilvēku zināšanu un prasmju attīstību paleolītā, nepieciešams pētīt un analizēt vairākus akmens rīku raksturojošos aspektus – izejmateriālu, apstrādes tehnoloģiju un piešķirto formu. Šajā kontekstā izejmateriālu akmens rīku izgatavošanai raksturo noteiktas īpašības un atrašanās dabā (Odell, 2006; Högberg, Olausson, 2007), kam aizvēstures posmā atbilst pieejamība, atpazīšanas iespējas, piemērotība noteiktam pielietojumam pēc kvalitātes un formas, jeb vienkāršojot – izvēle ietver zināšanas par materiāla īpašībām (ko no kā var iegūt) un kur nepieciešamās kvalitātes akmens materiālu meklēt. Daļa no šīm pazīmēm raksturojamas ar materiāla vizuālām un fizikālām īpašībām, kuru diagnosticēšana saistīta ar ģeoloģiskām zināšanām.

Disertācijā parādīts (4. 2. nodaļa), kā pašas vienkāršākās ģeoloģiskās zināšanas par akmens materiālu kopumā veidojas un nostiprinās līdz ar prasmēm noderīgu izejmateriālu atpazīt un atrast dabā, iegūt un apstrādāt, jo materiāla īpašības galvenokārt nosaka, ko no tā var pagatavot un kādā veidā. Jau iepriekš veiktie pētījumi norāda (piemēram, Wright, 1992; Anoikin, Postnov, 2005), ka krams kā piemērotākais un plašāk lietotais izejmateriāls rīku gatavošanai akmens laikmetā izvēlēts, jo tam ir noteiktas īpašības, kas ļauj šķeļot radīt asas malas un salīdzinoši vieglāk piešķirt noteiktu formu. Krams bija visai plaši pieejams izejmateriāls senajiem cilvēkiem un, uzkrājoties un palielinoties zināšanām par to, varēja progresēt tehnoloģiskās prasmes, gan attīstoties prasmēm, gan pielāgojoties situācijās, kad kvalitatīvs izejmateriāls nav bijis pieejams (4.2.2. nodaļa 4.6. tabula).

Rīku izgatavošanas mērķis ir noteiktu funkciju veikšanas atvieglošana, šīs funkcijas laika gaitā dažādojas, un atbilstošu rīku izgatavošanai ir nepieciešams ne tikai atšķirīga izmēra (lieluma) sākotnējais izejmateriāls, bet arī pieļaujama atšķirīga tā kvalitāte. Tādēļ arheoloģisko izrakumu vietās nereti blakus krama rīkiem ir sastopami arī izstrādājumi no citiem akmens materiāliem, jo īpaši vietās, kur krama pieejamība ir ierobežota (Andrefsky, 1994; Anoikin, Postnov, 2005; Terry *et al.*, 2009).

Disertācijā ir noskaidrots, ka paleolītā rīka forma ir tieši atkarīga no apstrādes tehnoloģijas zināšanām un prasmēm (4.2.2. nodaļa). Pēc autores domām tieši zināšanas nosaka, kādas formas rīkus ir iespējams iegūt ar zināmajām apstrādes tehnoloģijām, savukārt prasmes ļauj praktiski gatavot rīkus, turklāt ar specifiskām īpatnībām, piemēram, izteiktu simetrijas precizitāti. Formas nozīme atspoguļojas arī rīka gatavošanas procesā, ik brīdi analizējot esošo rezultātu un tuvinot to vēlamajam rezultātam, novērtējot, kas derīgs un kas nav derīgs. Pagatavotā rīka forma savukārt ir tieši saistāma ar rīka iespējamo funkciju, piemēram, duršanai nepieciešama smaile forma vai griešanai asa mala, un šajā ziņā tradicionāli līdzšinējos pētījumos daļa rīku arheoloģijā tiek klasificēti, kā atbilstoši noteiktu funkciju veikšanai pēc formas īpašībām, piemēram, bultu uzgaļi. Minētais atspoguļojas daudzu pētnieku arī iepriekš veiktos pētījumos (piemēram, Andrefsky, 1997; Iovita, 2011; Turner, 2013). Tomēr vairāku formas īpašību kompleksa sasaiste apstrādes tehnoloģijas procesa izziņā netiek pētīta kognitīvo spēju kontekstā. Līdzīgi arī rīku funkciju interpretācijā, pēc autores domām (Zariņa, Segliņš, 2014e) senajiem darbarīkiem piešķirtai formai ir vairākas nozīmes un, blakus pragmatiskiem apsvērumiem ir bijuši impulsi mākslinieciskai jaunradei un estētiskām vēlmēm. Piemēram, simetriskuma ievērošana daudzos gadījumos ir bijusi saistīta ar neracionālu vērtīgā krama materiāla izmantošanu, daudzi nepabeigti darbarīki un izgatavošanas brāķi ir radušies formāli nevajadzīgas darbarīku formas pilnveides rezultātā.

Tādējādi iepriekš izklāstītais norāda, ka sencilvēku ģeoloģisko zināšanu un prasmju pazīmes atbilst un savstarpēji saista visus minētos aspektus – izejmateriālu, apstrādes tehnoloģiju un rīkam piešķirto formu, un tās ir atzīstamas par jutīgiem rādītājiem, kas ļauj iegūt papildus ziņas un norādes par laiku, kad rīks ticis gatavots (Zariņa, Segliņš,

2015c). Šo pazīmju novērtēšana, ja lūkojas no sencilvēku skatupunkta, balstās uz makroskopiskiem un morfoloģiskiem novērojumiem, kā arī vienkārši realizējamiem fizikālo pazīmju novērtējumiem. Mūsdienu pētījumu kontekstā izpēte notiek detalizētāk, lai novērtētu un salīdzinātu šīs pazīmes, iekļaujot pētījumos papildus optiskus novērojumus, analītiskus mērījumus un eksperimentālās arheoloģijas pētījumus. Šī pieeja tika realizēta arī promocijas darba ietvaros, lai gan ar mūsdienu analītiskām metodēm iegūtie dati un to saturiskā interpretācija nav nepastarpināti saistāmi ar sencilvēka izvēli attiecībā uz izejmateriālu un izvēlētiem paņēmieniem, kā no sākotnējā dabiskā akmens materiāla izgatavot noteiktu funkciju veikšanai piemērotu rīku.

Lai arī līdz šim zināmo akmens rīku skaits un to daudzveidība dažādās aizvēstures kultūrās ir atšķirīga, tomēr ir izsekojama sencilvēku prasmju attīstība (Zariņa, Segliņš, 2014d). Attiecībā uz formu izgatavotie darbarīki kļūst aizvien slaidāki, to simetrijas īpašības un izmēri dažādojas. Tikai sasniedzot noteiktu prasmju līmeni akmens materiāla formas pilnveides un apdares vietā, mērķtiecīgi tiek iegūtas atšķilās daudzveidīgu darbarīku izgatavošanai (4.2.2. nodaļa 4.8. tabula). Autores pētījums apstiprina, ka jāizmanto seno rīku tipoloģiska klasifikācija, lai veiktu formas īpašību salīdzinošus novērtējumus (4.2.2. nodaļa). Arī veiktais līdzšinējo pētījumu apskats norāda, ka artefaktu klasifikācija un sekojošā tipoloģija ir nozīmīgs arheoloģijas rīks, kas ļauj savstarpēji salīdzināt un novērtēt izdalītās aizvēsturiskās arheoloģiskās kultūras, veidojot dažādas pazīmju kopas (1.3.2. nodaļa). Tomēr joprojām, balstoties uz līdzšinējām pētniecības metodēm, iegūtajiem datiem un rezultātiem, nav iespējams pamatot un izskaidrot rīku daudzveidību viena senvēstures posma (arheoloģiskās kultūras) ietvaros. Tā var tikt skaidrota kā atsevišķu amatnieku prasmes, tradīcijas, arī novitātes, un vienlaicīgi atrastie dažādās tehnikās izgatavoti rīki – kā apmaiņas produkti starp ciltīm vai atsevišķām sencilvēku grupām. Autores veiktais pētījums neļauj spriest par rīku gatavošanas intensitāti, mērogiem, tomēr šis minētais daudzveidīgums ir atpazīstams. Visticamāk tas atspoguļo dažādu faktoru kombinācijas, kas atšķiras atkarībā no laika un telpas, taču veiktā akmens rīku analīze, papildināta ar jauniem novērtējumiem attiecībā uz formas īpašībām, pastarpināti norāda, ka senās akmens laikmeta kultūras ir bagātas, un tajās ir vēl vairāk to mijiedarbības elementu, kā tas līdz šim tiek minēts (Zariņa, Segliņš, 2013b). Pētījums ļauj senās arheoloģiskās kultūras grupēt pēc papildus raksturojošām pazīmēm, izmantojot tās kopā ar jau līdz šim lietotajām tradicionālajām pazīmēm un atbilstošu klasifikāciju un tipoloģiju, raksturojot seno amatnieku prasmju attīstību, izgatavoto darbarīku pielāgošanu, specializāciju, un šāda pieeja ļauj pilnīgāk vērtēt senās kultūras. Pēc autores domām atzīmējams, ka, salīdzinot aizvēsturiskās arheoloģiskās kultūras, ir izvērtējamas un akcentējamas ne tikai atšķirības starp šīm senajām kultūrām, bet arī līdzības, kas tādējādi ļauj atpazīt daudzus pārmantojamības un attīstības elementus (4.2.2. nodaļa; Zariņa, Segliņš, 2013b), kas kopumā ir raksturīgs process cilvēces attīstībā līdz mūsdienām.

## **5.2. Oļu un paleolīta akmens rīku forma un simetrija**

Rīku izgatavošanai paleolītā senajam cilvēkam nav bijis daudz uzskatāmu piemēru un kopēšanai piemērotu objektu dabā, kas varētu kalpot par nosacītiem prototipiem vienkāršo darbarīku pagatavošanai. Tādēļ nav pārsteidzoši, ka senā akmens laikmeta arheoloģiskajās kultūrās visā pasaulē, kur vien tās ir apzinātas, senie rīki ir ļoti līdzīgi, kā arī līdzīgi ir veikta to uzlabošana un dažādošana (Otte, 2007, 2009; Cunliffe, 2011; Scarre 2013). Šādi procesi notiek visos kontinentos, bet tos laika ziņā šķir tūkstoši un pat desmitiem tūkstošu gadu. Tādējādi ir pamats pieņemt, ka šajā aizvēstures posmā senākas akmens laikmeta kultūras attīstās salīdzinoši autonomi un raksturīga vispārējā

virzība rīku pilnveidē, bet katrā no tām pēc darbarīkiem ir atpazīstama arī savdabība. To apliecina akmens rīku formas analīze, kas tiek izmantota gan pētot izmantotās apstrādes tehnoloģijas, gan veidojot rīku tipoloģiju un iespējamo rīku izmantošanas klasifikāciju (piemēram, Dibble, 1987; Marks *et al.*, 2001).

Pētījumā norādīts, ka, vērtējot rīkus, būtiski ir tiem piešķirto formu raksturojošie elementi – līdzība (formas mēroga izmaiņas), leņķiskie lielumi (piemēram, smails gals), paralēlisms (piemēram, nažveida šķila), proporcijas un simetrijas īpašības, kas sasaucas ar cilvēkam piemītošiem vizuālo uztveri raksturojošiem aspektiem (1.3.2. nodaļa; 3.1. nodaļa). Rīku izgatavošanai piemērotu izejmateriālu izvēles kritēriju apzināšanai un noteiktas formas piešķiršanas veidu apguvei atbilst ārkārtīgi ilgstošs senvēstures periods, kur liecībām arheoloģiskajos izrakumos vajadzētu apliecināt ievērojamu skaitu neveiksmīgu mēģinājumu un izmantošanai nepiemērotu rīku izgatavošanu, tomēr līdz šim arheoloģiskie izrakumi un muzejos ievāktās kolekcijas to neapstiprina. Minētais netieši norāda uz seno cilvēku spējām abstrakti domāt, radīt domu tēlu, kas ļāva jau pašos aizvēstures sākumos iedomāties vēlamo rīka formu, izmērus, kādas noteiktas mehāniskās īpašības. Tā kā dabā nav zināmi šādu rīku paraugi un piemēri, tad, pēc autores domām, jaunrade visdrīzāk ir tikusi vērsta nevis un kāda dabas veidojuma atdarināšanu, bet uz dabas veidojumu kādām īpašībām.

Disertācijas izstrādes gaitā iegūto datu analīze, gan aplūkojot izejmateriālu dabā, gan analizējot pašus rīkus, norāda (4.2. nodaļa), ka ir bijušas noteiktas formas īpašības, ko cilvēki cauri laikiem ir centušies piešķirt rīkiem. Līdzīgi, ne tikai fizikālās īpašības, bet arī izejmateriāla forma ir ietekmējusi seno cilvēku izvēli izejmateriāla atrašanās un novērtēšanā sekojošai apstrādei un lietošanai. Formas raksturīga pazīme, kas ir izteikta un atpazīstama gan dabā, gan cilvēku darinātos rīkos cauri visam akmens laikmetam, ir simetrija (Weyl, 1983; Saragusti *et al.*, 1998; Hodgson, 2011; Zariņa, Segliņš, 2014d). Tāpēc pētījumā viens no uzdevumiem bija aplūkot simetriju kā dabā plaši novērojamu atdarināšanas vērtu īpašību, kuras apguvei ir veltīti tūkstošiem gadu, līdz tā kļūst par dominējošo pazīmi cilvēka darinātajos rīkos, kas vērojams arī mūsdienās. Simetriju raksturojošs mērs – tās precizitāte, saistot to ar simetrijas tipu, ir izmantojama kā jūtīgs instruments gan oļu noapaļotības mērījumiem, gan akmens rīku raksturošanai un salīdzinājumiem, liecinot par to gatavotāju prasmēm un zināšanām (4.2. nodaļa).

Pētījumā konstatētās tendences norāda, ka līdzšinējie akmens rīku tradicionālie morfoloģijas novērtējumi ir ne tikai papildināmi ar svarīgām jaunām īpašībām, bet ir iespējams gūt papildus ziņas arī no jau esošiem datiem (Zariņa, Segliņš, 2014f). Proporcijas, kas arī ir viena no formas pamatīpašībām, un to novērtējums ir tradicionāls gan ģeoloģijā, gan arheoloģijā attiecībā uz artefaktu dokumentēšanu, ir ļoti informatīvs mērs dažādās interpretācijās, piemēram, salīdzinot arheoloģiskās kultūras savstarpēji vai akmens rīkus ar dabā raksturīgām formām (4.2.2. nodaļa).

Tradicionāli akmens rīku pētījumos tieši forma ir noteikusi rīku klasifikāciju, un rīku tipoloģijai lielākoties ir nozīmīga loma aizvēsturisko kultūru dažādas ievirzes pētījumos (1.3. nodaļa). Tā ir tikusi izmantota interpretācijās, piemēram, attiecībā uz rīku funkciju vai apstrādes tehniku, atbilstību noteiktam laika posmam vai reģionam, un kopumā akmens rīku formu dimensiju un to atsevišķu daļu dažādu proporciju noteikšana ir attīstīta pieeja, tā ir darbietilpīga, bet ļauj veikt detalizētus viena tipa rīku pamatotus nepastarpinātus salīdzinājumus (piemēram, Rots, 2009). Kaut arī ne vienmēr tikai formas īpašības norāda uz artefakta piederību noteiktai kultūrai, jo, piemēram, atkārtota izmantošana un pielabošana, atjaunošana var būt ietekmējusi sākotnējo izskatu (Dibble, 1987; McPherron 2000), tomēr, daudzie labi izgatavotie un pabeigtie rīki tipiskās formās disertācijas autorei ļauj atbalstīt ideju, ka senie rīku izgatavotāji prātā turējuši iepriekš izveidotu formu. Savukārt, aplūkojot jau pašus senākos rīkus, formas novērtējums atklāj



cilvēka izvēli attiecībā uz izejmateriāla izmēru, proporcijām, noapaļotību (Zariņa, Segliņš, 2013b, 2013f). Šajā kontekstā atzīmējamas arī iespējas pētījumus vērst uz citām seno rīku un izejmateriāla īpašībām, kas saistītas ar materiāla atpazīšanas un novērtēšanas procesu, piemēram, izvēle pēc skaņas vai struktūras pēc taustes. Vienlaicīgi izceļams, ka autores pētījumā izstrādātā formas īpašību mērījumu un noteikšanas metodika (3.3.3. nodaļa; 3.3.4. nodaļa) ir pielietojama ne tikai krama, bet arī cita akmens materiāla pētījumiem, un atzīstams, ka nav zināmi kādi šķēršļi šo metodiku izmantot arī no citiem materiāliem izgatavotu artefaktu dokumentēšanā un novērtēšanā.

Kaut arī joprojām ir nepieciešams paplašināt un uzlabot iespējas morfoloģiskās īpašības novērtēt vienkāršoti, kā piemēram, ar Flip Test datorprogrammu (Hardaker, Dunn, 2005) bilaterālās simetrija mērīšanai, ir iespējams datorprogrammu turpmāk attīstīt līdz ar tās palīdzību būtu iespējams noteikt arī citu simetrijas īpašību izteiktību objektam. Pēc autores domām lietderīgi būtu to papildināt un ietvert novērtējumus arī 3 dimensijās, ņemot vērā mūsdienīgās artefaktu dokumentēšanas tendences. Minētais ir svarīgi ne tikai seno darbarīku dokumentācijas pilnveidei, bet arī to padziļinātai to analīzei, akcentējams, ka simetrijas īpašību novērtēšana var tikt pielietota, analizējot daļēji saglabājušos rīkus, lai rekonstruētu to formu. Veicot minētos papildinājumus un uzlabojumus, nākotnē kļūtu iespējams daudz pamatotāk izmantojot ģeoloģiskās zināšanas un simetrijas īpašības, rekonstruēt materiālu, kas ticis izvēlēts darbarīku izgatavošanai.

### **5.3. Datu pietiekamība un kvalitāte arheoloģiska akmens materiāla pētījumos**

Aizvēstures pētījumos krama rīku pētniecībā tiek izmantotas daudz un dažādas metodes daudzveidīgiem pētniecības mērķiem (1.3. nodaļa; 3.nodaļa). Metodes tiek kombinētas, un rezultāti vai starprezultāti var tikt izmantoti arī citu pētniecības mērķu sasniegšanai, ne tikai sākotnēji veiktam pētījumam. Tāpēc, izvēloties metodiku, ir jānovērtē iegūstamo datu precizitāte un jāņem vērā, vai tie tiks izmantoti tikai tipveida pētījumā, reģionālā kontekstā vai plašākām interpretācijām. Jebkurā no šiem gadījumiem ir svarīgi ievērot un precīzi dokumentēt procedūru un iegūt viennozīmīgus un kvantitatīvus datus. Šāda pieeja turpmākos pētījumos ļauj arī aizvietot vai papildināt iepriekš izmantotās metodes un procedūras ar citām. Arī krama dabiskās īpašības (2.2. nodaļa; 4.1. nodaļa) nosaka nepieciešamību pēc procedūras ievērošanas salīdzināmu datu iegūšanai. Veiktajā pētījumā piedāvāta izstrādāta pētniecības darbu organizācija un gaita – no sākotnējas makroskopiskas analīzes un pārbaudēm ultravioletā apgaismojumā, detalizētiem pētījumiem nodalītā laukuma izpētes līdz nedestruktīvām krama paraugu ķīmiskā sastāva analīzēm (3.3.1. nodaļa; 3.3.2. nodaļa). Šādi sistemātiski pētījumi ļaus nākotnē veidot izvērstus akmens materiāla artefaktu savstarpēji salīdzināmu īpašību datu katalogus. Tie var kļūt par svarīgu pētniecības instrumentu, ja, ar līdzīgu detalitāti un ievērojot noteiktu procedūru, tiks pētīti arī dabiskie krama veidojumi. Šāda pieeja nav jauna un ir atzīstami pirmie rezultāti apkopojošu datu bāzu izveidē (2.2.1. nodaļa), tomēr pagaidām tie aptver tikai dažu muzeju vai reģionu kolekciju bāzi un atsevišķus salīdzinošos pētījumus (piemēram, Biró, 2011; Andreeva *et al.* 2014), un tajās iekļauto datu informativitāte ir ļoti atšķirīga.

Paleolīta akmens rīku pētījumi ir jāattīsta, lai iegūtu jaunus datus no esošā materiāla, ņemot vērā tā pieejamības ierobežojumus (1.3. nodaļa), kā arī uzlabotu artefaktu informativitāti nākotnes atradumos. Mūsdienu plašās tehnoloģiskās iespējas un attīstītās metodiskās pieejas ļauj optimizēt gan līdzšinēji jau izmantotās metodes, gan palīdz izstrādāt jaunas un uzlabot līdzšinējo pētījumu datu precizitāti, gan iegūt jauna veida datus. Vienlaikus jāņem vērā, ka izmantojamās pētniecības metodes lielākajā daļā gadījumu

nedrīkst būt destruktīvas, un tas nosaka, ka tieši šāda veida metodes ir jāattīsta, kas ticis veikts arī promocijas darba pētījumā.

Autores pieredze norāda, ka arheologiem artefakts maksimāli jāapraksta, jāklasificē jau lauka apstākļos, kur tas uzreiz tiek sagatavots arī arhivācijai. Tāpēc svarīgi pilnveidot esošās un izstrādāt jaunas pētniecības metodes, kas ir pieejamas izmantošanai uz lauka – ātras un pēc iespējas pilnvērtīgas attiecībā uz informativitāti un datu kvalitāti. Šajā ziņā jāuzsver dokumentēšanas nozīmība un jāatzīmē akmens rīku pētījumos pastāvošie ierobežojumi (1.3. nodaļa). Veiktajā promocijas darba pētījumā līdz šim veikto pētījumu dokumentācija noteica atsevišķus ierobežojumus pietiekami daudzpusīgas un pilnīgas analīzes veikšanai, jo nereti publicētie artefaktu attēli nav mērogā, kā arī tie ir novērtējami tikai no atsevišķām projekcijām – parasti garuma-platuma plaknē, retāk platuma-augstuma un garuma-augstuma plaknēs. Iespējams, ka nākotnē šos trūkumus atrisinās 3-dimensionālā artefaktu dokumentēšana un arhivēšana publiskās zinātniskās datu bāzēs, kas ļaus atbilstoši papildināt izstrādāto metodoloģiju, kas ietvertu arī speciālas datorprogrammas izstrādi objektu morfoloģijas pētījumiem 2 un 3 dimensiju telpā.

Jau līdz šim izmantotās un piedāvātās akmens rīku pētniecības metodes sniedz iespējas iegūt ļoti plašu informāciju (piemēram, dažādi formu koeficienti, izejmateriāla ķīmiskā sastāva komponentes ar fragmentāru parādīšanos un ļoti mazu koncentrāciju, neviennozīmīgi nosakāmas izejmateriāla fizikālās īpašības, ja materiāls ir neviendabīgs, makroskopiskās un mikroskopiskās vizuāli nosakāmās pazīmes) (1.3. nodaļa), taču pirms konkrētu rādītāju izvēles pētniecībā būtu kritiski jāizvērtē un pēc pamatotiem kritērijiem jāizvēlas metodes, kas ir informatīvākās un efektīvākās. Pēc autores domām šādiem izvērtējumiem jābalstās uz mūsdienīgiem pētījumu virzieniem, līdzšinējiem rezultātiem un pieejamām metodēm, lai dokumentētu informāciju, kas var tikt turpmāk lietota arī citos pētījumos, salīdzinošā analīzē vai izmantojot kopsakarībās ar citām zinātņu jomām. Iegūtos datus ir nepieciešams kvantificēt, lai varētu pielietot matemātiskas metodes to analīzē. Tomēr šāda analīze nedrīkst būt mehāniska, bet jāņem vērā iesaistīto zinātņu jomu, piemēram, ķīmijas vai ģeoloģijas, specifiskas zināšanas un pieeju matemātiskai datu analīzei un interpretācijai. Jāņem vērā, ka ne tikai skaitliski dati ir matemātiski apstrādājami. Ir ļoti plaša un daudzveidīga informācija, ko ir iespējams kvantificēt grupējot. Šajā pētījumā tās ir, piemēram, neviendabības vai tipiskas materiāla pazīmes dažādos apgaismojuma režīmos, simetrijas īpašības.

Analītiskos pētījumos jāņem vērā krama vai cita pētāmā akmens materiāla dabiskā daudzveidība vai neviendabība. Savā ziņā arheoloģijas jomā krama daudzveidība ir priekšrocība, jo ļauj noteikt dažādas izcelsmes vietas, taču uzmanība jāpievērš metodes izvēlei un tās pielietošanas organizācijai, lai iegūtu salīdzināmus datus, ņemot vērā krama fizikālās un ķīmiskās īpašības (3.1. nodaļa). Ģeoķīmiskās metodes var būt maldinošas dēļ krama neviendabīgās struktūras un tekstūras, jo analizējamie parauga iecirkņi ir ļoti mazi (4.1.3. nodaļa). Tomēr tās ir jutīgas, var tikt izvēlētas nedestruktīvas un pat piemērojamas lauka apstākļiem (Dybowski, 2012; Shackley, 2012; Wolff *et al.*, 2014; u.c.).

Krama paraugu novērtēšana ultravioletā apgaismojumā sniedz vērtīgu informāciju (Zariņa, Segliņš, 2014j), un tā ir salīdzināma ar tādu, kas iegūstama ar tradicionālām petrogrāfiskām metodēm. Tomēr tās ir destruktīvas metodes un nav piemērojamas arheoloģisko materiālu pētniecībā. Lai arī ne vienmēr tehniski vienkārši ir noteikt pētījumiem ultravioletā apgaismojumā optimālos parametrus (izstarotā viļņa garumu, pielietojamos gaismas filtrus u.tml.), metode ļauj iegūt augstvērtīgus papildus datus par pētāmo krama objektu.

Autores veiktas pētījums liecina, ka akmens rīku un krama izpētē jāņem vērā pētījuma novērtēto pazīmju variācijas, un no tā izrietošā nepieciešamība pēc pietiekami

lielas paraugu izlases. Tikpat svarīga ir pamatota datu kopas un salīdzināmo lielumu izvēle statistiskai analīzei.

#### 5.4. Pētījumu procedūras

Krama ģeoarheoloģiskiem pētījumiem ar mērķi noteikt to iespējamo cilmes vietu ir veltīts ne mazums zinātnisko pētījumu, tajā skaitā plaši zinātniski forumi (piemēram, Duke, Steele, 2010; Crandell, Cotiugā, 2013). Vairums no pētījumiem apskata dažādu izmantoto metožu klāstu, kas ļauj noteikt vai pieļaut kāda vietējā krama avota izejmateriālu izmantošanu rīku pagatavošanai (piemēram, Bonsall *et al.*, 2010) akmens laikmeta izdalītajās arheoloģiskajās kultūrās. Tomēr šo pētījumu zinātniskā novitāte ir neliela, ja to atkārtošana ir neiespējama (izmantotā metode ir destruktīva) un arī pētītie paraugi ir augstvērtīgi muzeju eksponāti, kuru atkārtotas pētīšanas iespējas ir ierobežotas. Pētot kramu, jo īpaši salīdzinošos reģionālos pētījumos, nereti tiek pieņemts, ka konkrētais paraugs ir tipisks, raksturīgs, un šādā paraugā konstatētās fizikālās īpašības un ķīmiskais sastāvs ir izmantojams plašākā kontekstā. Taču jāņem vērā krama fizikālās un sastāva īpašības un dabiskā daudzveidība arī ierobežotā teritorijā (piemēram, Hughes *et al.*, 2010; Gurova, 2011; Högberg *et al.*, 2012). Arī veiktais promocijas darba pētījums ir reģionāls, un lielākā uzmanība tik pievērsta tieši pētījumu metodoloģijai, kas ļautu rast pieeju drošākai krama avotu lokalizācijai nekā līdz šim.

Uzkrātā pieredze norāda, ka svarīga ir iegūto paraugu makroskopiska analīze un novērtējums, tajā skaitā atzīmējot raksturīgus ieslēgumus, struktūras neviendabības, raksturīgas plaisas. Šīs īpašības ir svarīgas, jo satur norādes un ieža slēptkristāliskās struktūras īpašībām, kā arī ir svarīga norāde senajam cilvēkam par iespējam šādu materiālu izmantot rīka pagatavošanai. Šajā pētījuma posmā svarīgi ir novērtēt neviendabības, jo, neņemot tās vērā, iegūtie detalizētāku ķīmisko un fizikālo analīžu rezultāti var raksturot tikai vērtību variācijas, nevis raksturīgās īpašības. Vispārzināmās krama paraugu nelielās ķīmiskā sastāva atšķirības, kas izriet no silīcija oksīda dominējošās koncentrācijas un citu elementu oksīdu nelielās lomas, nosaka, ka krama paraugu sastāvokorelācijām visbiežāk tiek izmantotas tieši tie ķīmiskie elementi, kuru koncentrācijas ir noteiktas ppm līmenī (4.1.3. nodaļa). Šo ļoti zemās koncentrācijas konstatēto ķīmisko elementu noteikšanas iespējas ir atkarīgas no izvēlētās pētījumu metodes. Bieži šādās analīzēs paraugu pētītā laukuma lielums ir neliels un tādēļ, ņemot vērā krama dabisko neviendabību, šo analīžu reprezentativitāte nav augsta, ja nav pietiekoši liels mērījumu skaits, un uz tām balstīto dažādo, tajā skaitā paleoģeogrāfisko rekonstrukciju vērtība ir visai nosacīta, un tas ir jāņem vērā vērtējot līdzšinējo pētījumu rezultātus (piemēram, Baltrūnas *et al.*, 2006b; Wolff *et al.*, 2014).

Promocijas darba pētījumā izvēlētā pieeja – pēc paraugu makroskopiskas analīzes novērtēt iespējas un lietderību veikt papildus novērojumus ultravioletā apgaismojumā, sevi attaisno, jo konstatētas ievērojamas atšķirības pat makroskopiski viendabīgos krama veidojumos to struktūrā, ieslēgumu izvietojumā un citās pazīmēs (Segliņš, Zariņa, 2014a; 4.1.2.nodaļa). Tas skaidro, kāpēc līdz šim kramam noteiktās īpašības ir atšķirīgas un ļauj izvēlēties raksturīgas vietas turpmākā sastāva pētījumiem pamatotu un salīdzināmu datu ieguvei.

## 5.5. Latvijā sastopamā krama piemērotība akmens laikmeta rīku izgatavošanai

Latvijā krams sastopams reti un dabā ir atpazīstams tikai ar noteiktām ģeoloģiskām zināšanām. Dabā tas atrodams kā pārkrāmots dolomīts, kas eksponējas pamatiežu atsegumos, daudz retāk tas sastopams kā atsevišķi krama oļi ledāja nogulumos un no tiem veidojušos upju un jūras piekrastes nogulumos. Līdz šim Latvijā nav tikuši veikti detalizēti un mērķtiecīgi krama pētījumi, taču krams ir pieminēts vairākos valsts teritorijas reģionālos ģeoloģiskos raksturojumos (piemēram, Vides pārskats Virešu pagasta teritorijas plānojuma 2003.-2015. gada grozījumiem, 2010; Skrundas novada teritorijas plānojums, 2013) un tiek izmantots kā raksturojoša un identifikācijas pazīme nogulumos (piemēram, Stinkulis, 1998; Dēliņa, 2012).

Latvijā aizvēstures atradumi ietver artefaktus, sākot jau no vēlā paleolīta beigām, kas atbilst aptuveni 13 000 gadu senai pagātnei (1.2.3. nodaļa). Tomēr Latvijā paleolīta pētījumi un tam atbilstošo krama rīku pētījumi līdz šim nav bijuši daudzskaitliski, kas varētu būt saistīts, gan ar atradumu vietu skaitu un atradumu kopu apjomu, gan pētnieku plašāku interesi par citiem vēstures un aizvēstures periodiem.

Krama īpašības ģeoarheoloģiskā aspektā līdz šim detalizēti nav pētītas ne Latvijā dabā atrodamam kramam, ne kādām konkrētām arheoloģisko atradumu kopām. Savukārt veikto pētījumu rezultāti un apraksti, atbilstoši tradicionālām arheoloģijas metodēm, balstās uz vizuāliem novērtējumiem un salīdzinājumiem (Zagorska, 2012). Vispārpieņemti tiek atzīts, ka akmens laikmetā Latvijā ticis izmantots vietējais materiāls, kas atrodams Baltijas jūras krastā oļu formā, kaut arī tas vērtēts kā zemas kvalitātes (Bērziņš, 2001). Tomēr Latvijas paleolīta pētniekiem jāsaskaras ar krama rīku izejmateriāla lokalizācijas jautājuma risināšanu, ja atradumu izejmateriāls nav vietējas izcelsmes. Tas visā pasaulē ir aktuāls un ne būt ne vienkārši risināms (1.3. nodaļa) dēļ krama dabiskās daudzveidības un neviendabīgās struktūras, gan tā izmaiņām laikā, ko rada apkārtējā vide. Līdzšinējie pētījumi norāda, ka arheoloģijā krama lokalizācijas jautājumu risināšanai vispamatotāk un plašāk tiek lietotas izejmateriāla analītiskās izpētes metodes, un visbiežāk tās ir ģeoķīmiskās metodes. Pētījumā autores iegūtie jaunie analītiskie dati par Latvijas krama raksturīgajām īpašībām un ķīmisko sastāvu ir vērtīgi, jo var būt izmantojami salīdzinošos pētījumos.

Atzīmējams, ka Latvijas krama ķīmiskās īpašības ievērojami atšķiras, salīdzinot ar kramu, kas ievākts vietās, kas zināmas kā akmens laikmeta krama ieguves vietas Dānijā un Lielbritānijā (3.2.1. nodaļa; 4.1.3. nodaļa). Sevišķi atšķirīgs ķīmiskais sastāvs ir pārkrāmota dolomīta paraugiem, un tas raksturojams ar ļoti mainīgu kvarca daudzumu un atšķirīgu citu raksturīgo elementu un minerālelementu piejaukumu un to proporcijām (Zariņa *et al.*, 2015e). Veiktās analīzes norāda, ka kvarca daudzums analizējamā akmens materiālā norāda uz krama kvalitāti – jo vairāk kvarca, jo mazāk piemaisījumi un viendabīgāks sastāvs. Minēto apstiprina arī krama un pārkrāmota dolomīta paraugu pētījumi ultravioletā apgaismojumā, un tādējādi atpazīstamā materiāla viendabība ir netieša norāde krama kvalitātei un piemērotībai izmantošanai rīku izgatavošanai (Zariņa, Segliņš, 2014a). Tomēr atzīmējams, ka šajā jomā pētījumi ir jāturpina, jāpapildina datu apjoms un jāņem vērā, ka pašreizējā pētniecības posmā autorei ir izdevies konstatēt tikai pašas vispārīgākās sakarības, un turpmākā detalizācija ir nepieciešama ar instrumentālām metodēm nosakot krama fizikālās īpašības, ieslēgumus, plaisainību u.tml. Šajā ziņā jau pētījuma sākuma posmā apstiprinājās autores izdarītais pieņēmums (3.3.1. nodaļa; 4.1.1. nodaļa; 4.1.2. nodaļa), ka ievāktie Latvijas dabā atrodami krama ieži nav piemēroti akmens rīku gatavošanai. Uz to norādīja gan fizikālās īpašības – graudainā struktūra, cietība, laužums un tekstūra, gan makroskopiskie un mikroskopiskie novērtējumi (Zariņa, Segliņš, 2014l).

## Secinājumi

Nozīmīgākā daļa promocijas darba pētījuma izstrādes gaitā iegūto rezultātu ir publicēta zinātniskos rakstos un aprobēta zinātniskās konferencēs, kas ļauj autorei izdarīt pietiekoši pamatotus secinājumus, kas apliecina pētījumam izvirzītā mērķa un uzdevumu izpildi. Starp tiem būtiskākie attiecināmi uz darba hipotēzes apstiprināšanu.

1. Veiktais pētījums ļauj secināt, ka paleolīta rīkiem piešķirtā forma un rīku darināšanai izvēlētais izejmateriāls ir indikatīvi un saistāmi ar rīku izgatavošanas tehnoloģijām. Rīku izgatavošanai izmantotās apstrādes tehnoloģijas ir pielietojamas tikai izejmateriālam ar noteiktām īpašībām un atbilstošu kvalitāti, bet rīkam vēlāmā forma var tikt piešķirta ar noteiktu tehnoloģiju, tādējādi vēlme vai nepieciešamība radīt noteiktas formas rīkus noteikusi tehnoloģijas attīstību, ņemot vērā uzkrātās zināšanas par izejmateriālu. Atbilstoši apstrādes tehnoloģijas attīstībai rīku darināšanai izvēlētais izejmateriāls katrā jaunā paleolīta posmā ticis izvēlēts aizvien rūpīgāk.
2. Veiktie laboratoriskie pētījumi apstiprina, ka krama īpašību mainīgums ir augsts pat neliela virsmas laukuma ietvaros, un tipiski un salīdzinoši viendabīgi iecirkņi ir nosakāmi ultravioletā apgaismojumā. Pētījumā iegūtie rezultāti ļauj secināt, ka, lai iegūtu savstarpēji salīdzināmus datus par krama fizikālām īpašībām, ķīmisko sastāvu un no tā izgatavoto rīku formām, pētījumus ir nepieciešams veikt sistemātiski un mērķtiecīgi, ievērojot noteiktu pētījuma organizāciju un gaitu. Šajā ziņā līdz šim veiktie krama analītiskie pētījumi ir kritiski izvērtējami salīdzinājumu veikšanai.
3. Veiktais pētījums norāda, kādi būtu minimāli nepieciešamie analītiskie dati, veicot paleolīta krama rīku analīzi, un atspoguļo to organizācijas iespējas autores izstrādātās vienkāršās datu bāzēs turpmākajiem savstarpējiem salīdzinājumiem un sekojošai matemātiskai analīzei.
4. Veiktie akmens materiāla morfoloģijas pētījumi norāda, ka formu proporcijas un simetrijas īpašības izmantojamas kā indikatori, lai salīdzinātu akmens artefaktus un dabiskus veidojumus, un cilvēku veidotos rīkos tās ļauj novērtēt prasmes un zināšanas. Pētījuma rezultāti norāda, ka jau paši senākie akmens rīki ļauj spriest par sencilvēka izvēli, arī pieredzi un zināšanām, uz ko norāda izejmateriāla sākotnējās formas īpašības – izmērs, proporcijas, noapaļotība un simetriskums. Minētie rādītāji ir indikatīvi paleolīta krama rīku savstarpējiem salīdzinājumiem un novērtējumiem. Pētījumā apstiprinās klasifikācijas nozīmīgums, jo formas detalizēta analīze ir veicama, aplūkojot noteikta tipa rīkus, izdalītus salīdzināmās kopās, piemēram, pēc materiāla, apstrādes tehnoloģijas vai citām pazīmēm.
5. Pētījumā iegūtie analītiskie dati norāda, ka Latvijā dabā atrodamais krams nav piemērots akmens rīku izgatavošanai. Minētais attiecas kā uz pārkramotiem dolomītiem, kas eksponējas pamatiežu atsegumos, tā arī uz atsevišķiem krama oļiem, kas reti sastopami ledāja nogulumos un no tiem veidojušos upju un jūras piekrastes nogulumos. Tomēr nav izslēdzams, ka aizvēsturē no Latvijas dabā sastopama krama rīki ir izgatavoti.

Promocijas darbā tika apskatīti arī citi jautājumi, kas izriet no pētījuma starpdisciplinārā rakstura, un tos kopsavelkot atzīmējams, ka nākotnē prioritāri būtu nepieciešams attīstīt nedestruktīvas analītiskās pētījumu metodes arheoloģiska akmens materiāla pētniecībā. Daļa no šādiem pētījumiem ir veicami muzejos izveidotām kolekcijām un vākumiem, kas kalpo par pamatu pieņemtai rīku tipoloģijai un aizvēsturisko arheoloģisko kultūru relatīvai hronoloģizācijai. Šajā nozīmē svarīgi būtu turpināt rīku formas un simetrijas īpašību pētījumus. Formas pētījumu metodika būtu jāpiemēro

noteiktām atradumu kopām, to papildus raksturošanai un savstarpējo salīdzinājumu iespēju paplašināšanai. Formas novērtēšanas metodika iekļaujama arī eksperimentālās arheoloģijas pētījumos, kas nodarbojas ar izejmateriāla izvēles un apstrādes procesa rekonstrukcijas kognitīvo aspektu jautājumiem. Atzīmējams, ka šajā jomā būtu attīstāma specializētas datorprogrammas izveide, kas lietotājam ērtā veidā ļautu noteikt formas īpašības, turklāt virzoties uz formas novērtējumu veikšanu 3D vidē, kas kļūst arvien aktuālāk mūsdienu arheoloģiskos pētījumos.

Pētījumā veiktās krama fizikālo īpašību un ķīmiskā sastāva analīzes daļā izveidotās procedūras un izmantoto metodiku sniegtie dati norāda uz iespējām turpināt un paplašināt krama raksturojošu īpašību un pazīmju izdalīšanu un grupēšanu ar mērķi veikt tiešus materiāla salīdzinājumus gan attiecībā uz fizikālām īpašībām, gan ķīmiskā sastāva īpašībām. Minēto pētījumu dati būtu uzkrājami pētniekiem publiski pieejamās datu bāzēs, kas varētu kalpot par salīdzinoši drošu pamatu šo datu padziļinātai matemātiskai analīzei un plašākiem reģionāliem izvērtējumiem un ļautu nozīmīgi tuvināties iespējām lokalizēt rīku izgatavošanai izmantotā akmens materiāla izcelsmes vietas.

## Izmantotā literatūra

### Publicētā literatūra

- Aber, J. S. 1980. Kineto-stratigraphy at Hvideklint, Møn, Denmark and its regional significance. *Geological Society Denmark, Bulletin* 28, 81-93.
- Abu El Ghar, M. S., Hussein, A.V. 2005. Post-depositional changes of the Lower-Middle Eocene limestone of the area between Assiut and Minia, west of the Nile Valley, Egypt. *First International Conference on the Geology of the tethys, November, Cairo*. University Cairo, 37-57.
- Abuodha, J. O. Z. 2003. Grain size distribution and composition of modern dune and beach sediments, Malindi Bay coast, Kenya. *Journal of African Earth Sciences* 36, 41-54.
- Adams, W.Y., Adams, E. W. 2008. *Archaeological Typology and Practical Reality. A Dialectical Approach to Artifact Classification and Sorting*. Cambridge University Press, 452 p.
- Adams, B., Blades, B. S. 2009. *Lithic Materials and Paleolithic Societies*. Wiley-Blackwell, 312 p.
- Adkins, L., Adkins, R. 2009. *Archaeological Illustration*. Cambridge University Press, 276 p.
- Agar, S. M., Geiger, S. 2015. *Fundamental Controls on Fluid Flow in Carbonates: Current Workflows to Emerging Technologies*. Geological Society of London, 373 p.
- Akimova, E., V. 2006. *Tehnika obrabotki kamnja i kosti v paleolite*. Krasnojarsk, 59 p.
- Albert, R. M., Cabanes, D. 2007. Fire in prehistory: An experimental approach to combustion processes and phytolith remains. *Isr. J. Earth Sci.* 56, 175–189.
- Altantsetseg, E., Muraki, Y., Matsuyama, K., Chiba, F., Konno, K. 2013. Feature Extraction and Modification for Illustrating 3D Stone Tools from Unorganized Point Clouds. *The Journal of Art and Science* 12(1), 36-47.
- Ambrose, S. H. 2001. Paleolithic Technology and Human Evolution. *Science* 291(5509), 1748-1753.
- American Geological Institute 2011. *Laboratory Manual in Physical Geology*. Prentice Hall, 9th Edition, 384 p.
- Ammerman, J., Kintigh K. W., Simek, J. F. 2012. Recent developments in the application of the k-means approach to spatial analysis. In: Sieveking, G.de C., Newcomer, M. H. (eds.), *Human Uses of Flint and Chert: Proceedings of the Fourth International Flint Symposium Held at Brighton Polytechnic 10-15 April 1983*. Cambridge University Press, Reissue edition 2012, 211-216.
- Andreeva, P., Stefanova, E., Gurova, G. 2014. Chert raw materials and artefacts from NE Bulgaria: A combined petrographic and LA-ICP-MS study. *Journal of Lithic Studies* 1(2), 25-45.
- Andrefsky, W. J. 1994. Raw Material Availability and the Organization of Technology. *American Antiquity* 59(1), 21-34.
- Andrefsky, W. J. 1997. Thoughts on stone tool shape and inferred function. *Journal of Middle Atlantic Archaeology* 13, 125-143.
- Andrefsky, W. 2001. *Lithics: Macroscopic Approaches to Analysis*. Cambridge University Press, 258 p.
- Andrefsky, Jr. W. 2008. *Lithic Technology. Measures of Production, Use and Curation*. Cambridge University Press, 360 p.
- Andrefsky, W. J. 2009. The Analysis of Stone Tool Procurement, Production, and Maintenance. *J Archaeol Res* 17, 65–103.
- Anoikin, A. A., Postnov, A.V. 2005. Features of raw material use in the palaeolithic industries of the mountainous Altai, Siberia, Russia. *Indo-Pacific Prehistory Association Bulletin* 25, 49-56.
- Arefifard, S., Isaacson, P. E. 2011. Permian Sequence stratigraphy in east-central Iran: Microplate records of Peri-Tethyan and Peri-Gondwanan events. *Stratigraphy* 8(1), 61-83.
- Armstrong, M. A. 1988. *Groups and symmetry*. Springer, 187 p.
- Aspinall, A., Feather S. W. 1972. Neutron Activation Analysis of Prehistoric Flint Mine Products. *Archaeometry* 14(1), 41-53.
- Audouze, F. 1987. The Paris basin in Magdalenian times. In: Soffer, O (ed.), *The Pleistocene Old World*. Plenum Press, 183-200.
- Bae, K., Bae, C. J., Kim, K. 2012. The age of the Paleolithic handaxes from the ImjineHantan River Basins, South Korea. *Quaternary International* 281, 14-25.
- Bailey, G. 2009. *Hunter-Gatherer Economy in Prehistory. A European Perspective*. Cambridge University Press, 256 p.
- Bakken, K. 1999. Lithic Raw Material Resources in Minnesota. *Minnesota Archaeologist*, 51-83.
- Baldwin, G. J., Thurston, P., C., Kamber, B. S. 2011. High-precision rare earth element, nickel, and chromium chemistry of chert microbands pre-screened with in-situ analysis. *Chemical Geology* 285 (1-4), 133–143.
- Ballin, T.B. 2006. Re-examination of the Early Neolithic pitchstone-bearing assemblage from Auchatagan, Argyll, Scotland. *Lithics* 27, 12-32.

- Baltrūnas, V., Karmaza, B., Kulbickas, D., Ostrauskas, T. 2006a. Distribution of raw material for prehistoric flint artefacts in South Lithuania. *Geografija* 42(2), 41-47.
- Baltrūnas, V., Karmaza, B., Kulbickas, D., Ostrauskas, T. 2006b. Siliceous rocks as a raw material of prehistoric artefacts in Lithuania. *Geologija* 56, 13-26.
- Banning, E. B. 2000. *The Archaeologist's Laboratory. The Analysis of Archaeological Data*. Springer Science & Business Media, 316 p.
- Barceló, J. A. 2008. *Computational Intelligence in Archaeology*. IGI Global, 436 p.
- Barceló, J. A. 2010. Visual Analysis in Archaeology. An Artificial Intelligence Approach. In: Elewa, A.M. T. (ed.), *Morphometrics for Nonmorphometricians*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 95-157.
- Barkai, R., Gopher, A. 2011). Innovative human behavior between Acheulian and Mousterian: A view from Qesem Cave, Israel. *Etudes et Recherches Archéologiques de l'Université de Liège* 999, 12 p.
- Barker W.H, Howe, R. 2007. *Continuous symmetry: from Euclid to Klein*. American Mathematical Soc., 546 p.
- Barket, T. M., Yohe II, R. M. 2011. A Technological Evaluation of the Flint Blade-Core Reduction Sequence at Wadi El-Sheikh, Middle Egypt. *Lithic Technology* 36(1), 27-38.
- Barnard, A. 2012. *Genesis of Symbolic Thought*, Cambridge University Press, 208 p.
- Barnes, A.S. 1939. The Differences between Natural and Human Flaking on Prehistoric Flint Implements. *American Anthropologist*, 41(1), 99--112.
- Barton, C. M. 1990. Beyond Style and Function: A View from the Middle Paleolithic. *American Anthropologist* 92, 57-72.
- Barton, C. M. 2008. Stone Tools, Style, and Social Identity: an Evolutionary Perspective on the Archaeological Record. *Archeological Papers of the American Anthropological Association*, 141-156.
- Bar-Yosef, O. 2002. The Upper Paleolithic Revolution. *Annu. Rev. Anthropol.* 31, 363-393.
- Bar-Yosef, O., Belfer-Cohen, A. 2011. From Africa to Eurasia - early dispersals. *Quaternary International* 75, 19-28.
- Bar-Yosef, O., Bordes, J.-G. 2010. Who were the makers of the Châtelperronian culture? *Journal of Human Evolution* 59, 586-593.
- Bar-Yosef, O., Van Peer, P. 2009. The Chaîne Operatoire Approach in Middle Paleolithic archaeology. *Current Anthropology* 50(1), 103-131.
- Bar-Yosef, O., Zilhão, J. (eds.) 2006. *Towards a Definition of the Aurignacian: Proceedings of the Symposium Held in Lisbon, Portugal, June 25-30, 2002*. Instituto Português de Arqueologia, 377 p.
- Baylis, G.C., Driver J. 2001. Perception of symmetry and repetition within and across visual shapes: Part-descriptions and objectbased attention. *Visual Cognition* 8(2), 163-196.
- Becker, C. J. 1959. Flint Mining in Neolithic Denmark. *Antiquity* 33, 87-92.
- Behl, R. J. 2011. Chert spheroids of the Monterey Formation, California (USA): early-diagenetic structures of bedded siliceous deposits. *Sedimentology* 58(2), 325-351.
- Bello, S.M., Soligo, C. 2008. A new method for the quantitative analysis of cutmark micromorphology. *Journal of Archaeological Science* 35, 1542-1552.
- Berleant, R. 2007. Paleolithic Flints: Is an Aesthetics of Stone Tools Possible? *Contemporary Aesthetics* 5, 18 p.
- Bertamini, M. 2010. Sensitivity to reflection and translation is modulated by objectness. *Perception* 39, 27-40.
- Bertamini, M., Farrant, T. 2005. Detection of change in shape and its relation to part structure. *Acta Psychologica* 120(1), 35-54.
- Bertamini, M., Farrant, T. 2006. The perceived structural shape of thin (wire-like) objects is different from that of silhouettes. *Perception* 35(12), 1679-1692.
- Bertamini, M., Friedenberg, J. D., Kubovy, M. 1996. Detection of symmetry and perceptual organization: The way a lock-and-key process works. *Acta Psychologica* 95(2), 119-140.
- Bertamini, M., Friedenberg, J., Argyle, L. 2002. No within-object advantage for detection of rotation. *Acta Psychologica* 111(1), 59-81.
- Bertamini, M., Helmy M. S., Hulleman, J. 2013a. The role of convexity in perception of symmetry and in visual short-term memory. *Quarterly journal of experimental psychology* 66(4), 767-785.
- Bertamini, M., Makin, A., Rampone, G. 2013b. Implicit association of symmetry with positive valence, high arousal and simplicity. *i-Perception* 4(5), doi:10.1068/i0601jw, 317-327.
- Berthelet, A., Chavaillon, J. 1993. *The use of tools by human and non-human primates*. Oxford University Press, 424 p.
- Bettermann, P., Liebau, F. 1975. The transformation of amorphous silica to crystalline silica under hydrothermal conditions. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 53, 25-36.
- Beyene, Y., Katoh, S., WoldeGabriel, G., Hart, W.K., Uto, K., Sudo, M., Kondo, M., Hyodo, M., Renne, P.R., Suwa, G., Asfaw, B. 2012. The characteristics and chronology of the earliest Acheulean at Konso,



- Ethiopia. *PNAS* 110(5), 1584-1591.
- Bērziņš V. 2001. Vendzavu mezolīta apmetne. *Ventspils muzeja raksti*, 29-43.
- Bērziņš, V. 2008. *Sārņate: living by a coastal lake during the East Baltic Neolithic*. Oulu University Press, Finland, 473 p.
- Bērziņš V., Vasks A. 2014. Latvijas aizvēsture (līdz 800. gadam). *Grām.: Stradiņš, J. (Izd.) Latvija un latvieši*, I sēj, LZA Baltijas stratēģisko pētījumu centrs, 61-74.
- Binford, L.R., Binford S.R. 1966. A Preliminary Analysis of Functional Variability in the Mousterian of Levallois Facies. *American Anthropologist* 68, 238-295.
- Biró, K. 2011. Comparative raw material collections in support of petroarchaeological studies: an overview. In: Biró, K. (ed.) *Emlékkönyv Violának*. Magyar Nemzeti Múzeum Budapest Magyar Nemzeti Múzeum Budapest, 225-244.
- Blatt, H., Tracy, R. J., Owens, B.E. 2006. *Petrology - Igneous, Sedimentary, and Metamorphic*. New York, W.H. Freeman and Co, 530 p.
- Blott, S. J., Pye, K. 2001. GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms* 26, 1237-1248.
- Bocquet-Appel, J.-P. 2008. *Recent Advances in Palaeodemography: Data, Techniques, Patterns*. Springer Science & Business Media, 294 p.
- Boggs, S. 2009. Evaporites, cherts, iron-rich sedimentary rocks, and phosphorites. In: Boggs, Jr. S., *Petrology of Sedimentary Rocks*. Cambridge University Press, 461-526.
- Bonsall, C., Gurova, M., Hayward, C., Nachev, C., Pearce, N. 2010. Characterization of 'Balkan flint' artefacts from Bulgaria and the Iron Gates using LA-ICP-MS and EPMA. *Интердисциплинарни изследвания (Interdisciplinary Studies)* 22, 9-18.
- Bordes, F. 1961. Mousterian Cultures in France. *Science* 134(3482), 803-810.
- Boyce, J. A., Mascie-Taylor, C. G. N. (eds) 2005. *Molecular Biology and Human Diversity*. Cambridge University Press, 324 p.
- Boyle, K. V., Gamble, C., Bar-Yosef, O. (eds.) 2010. *The Upper Palaeolithic Revolution in global perspective*. McDonald Institute for Archaeological Research, 177 p.
- Brandl, M. 2010. Classification of rocks within the chert group: Austrian practice. *Archeometriai Műhely*, 183-190.
- Brasier, M. D., Green, O. R., Lindsay, J. F., McLoughlin, N., Steele, A., Stoakes, C. 2005. Critical testing of Earth's oldest putative fossil assemblage from the ~3.5 Ga Apex chert, Chinaman Creek, Western Australia. *Precambrian Research* 140(1-2), 55-102.
- Brenninkmeyer, B. M., Nwankwo, F. 1987. Source of Pebbles at Mann Hill Beach, Scituate, Massachusetts. In: Fitzgerald, D. M., Rosen, P. S. (eds.), *Glaciated Coasts*. Coastal Research Institute, Department of Geology and Geophysics, Boston College, 251-277.
- Bromley, R. G., Ekdale, A. A. 2011. Flint and fabric in the European chalk. In: Sieveking, G.de C., Hart, M.B. (eds.), *The Scientific Study of Flint and Chert: Proceedings of the Fourth International Flint Symposium Held at Brighton Polytechnic 10-15 April 1983*. Cambridge University Press, Reissue edition 2011, 99-103.
- Brosowske, S. D. 2009. *Guide to the identification of prehistoric artifact classes of the Southern High Plains*. Courson Archaeological Research, 32 p.
- Buchanan, B., Collard, M. 2010. An Assessment of the Impact of Resharpener on Paleoindian Projectile Point Blade Shape Using Geometric Morphometric Techniques. In: Lycett, S.J., Chauhan, P. R. (eds.), *New Perspectives on Old Stones: Analytical Approaches to Paleolithic Technologies*. Springer Science+Business Media, 255-273.
- Bulteel, D., Riche, J., Garcia-Diaz, E., Rafai, N., Degrugilliers, P. 2004. Better understanding of ARS mechanism thanks to petrography study on altered flint aggregate. *12th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction in Concrete*, 69-78.
- Bunch, B. 1989. *Reality's Mirror: Exploring the Mathematics of Symmetry*. Wiley, 286 p.
- Burroni, D., Donahue, R. E., Pollard, A. M. 2002. The Surface Alteration Features of Flint Artefacts as a Record of Environmental Processes. *Journal of Archaeological Science* 29, 1277-1287.
- Burton, J. 2012. Exchange pathways at a stone axe factory in Papua New Guinea. In: Sieveking, G.de C., Newcomer, M. H. (eds.), *Human Uses of Flint and Chert: Proceedings of the Fourth International Flint Symposium Held at Brighton Polytechnic 10-15 April 1983*. Cambridge University Press, Reissue edition 2012, 183-191.
- Bush, P.R. 1976. The use of trace elements in the archaeological classification of cherts. *Staringia* 3, 47-48.
- Bustillo, M. A. 2010. Silicification of continental carbonates. In: Alonso-Zarza A. and Tanner L. H. (eds.) *Carbonates in Continental Settings: processes, facies and applications. Developments in Sedimentology Series 62*. Elsevier, 153-174.
- Butzer, K. W. 1993. The realm of cultural-human ecology: adaptation and change in historical perspective.

- In.: Turner, B.L. et al. (eds.), *The Earth as Transformed by Human Action: Global and Regional Changes in the Biosphere Over the Last 300 Years*. Cambridge University Press, 685-701.
- Byrne, R. W. 2004. The Manual Skills and Cognition That Lie behind Hominid Tool Use. In: Russon, A. E., Begun, D. R. (eds.), *The Evolution of Thought: Evolutionary Origins of Great Ape Intelligence*. Cambridge University Press, 31-44.
- Cahen, D. 2012. Refitting stone artefacts: why bother? In.: Sieveking, G.de C., Newcomer, M. H. (eds.), *Human Uses of Flint and Chert: Proceedings of the Fourth International Flint Symposium Held at Brighton Polytechnic 10-15 April 1983*. Cambridge University Press, Reissue edition 2012, 1-9.
- Calvert, S. 1971. Composition and origin of North Atlantic deep sea cherts. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 33(4), 273-288.
- Camps, M., Chauhan, P. 2009. *Sourcebook of Paleolithic Transitions: Methods, Theories, and Interpretations*. Springer Science & Business Media, 600 p.
- Capote, M., Castañeda, N., Consuegra, S., Criado, C., Díaz-del-Río, P. 2008. Flint mining in early neolithic Iberia: a preliminary report on 'Casa Montero' (Madrid, Spain)". In: Allard, P., Bostyn, F., Giligny, F., Lech, J. (eds.) *Flint mining in prehistoric Europe: interpreting the archaeological records*. Papers presented at the 12th Annual Conference of the European Association of Archaeologists, Cracow, Poland. British Archaeological Reports International Series, 123-137.
- Cardillo, M. 2010. Some Applications of Geometric Morphometrics to Archaeology. In: Elewa, A. M. T. (ed.), *Morphometrics for Nonmorphometricians Lecture Notes in Earth and Planetary Sciences 124*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 325-341.
- Carmichael, R. S. 1988. *Practical Handbook of Physical Properties of Rocks & Minerals*. CRC Press, 760 p.
- Carr, A. P., Gleason, R., King, A. 1970. Significance of pebble size and shape in sorting by waves. *Sedimentary Geology* 4(1-2), 89-101.
- Cattelain, P. 1997. Hunting during the Upper Paleolithic: Bow, Spearthrower, or Both? In: Knecht, H. (ed.), *Projectile Technology*. Springer US, 213-240.
- Cecil, C. B. 2004. *Eolian Dust and the Origin of Sedimentary Chert*. U.S. Geological Survey, 15 p.
- Cham, T.-J., Cipolla, R. 1995. Skewed Symmetry Detection Through Local Skewed Symmetries. *Image and Vision Computing* 13(5), 439-450.
- Clark, J. D. 1988. The Middle Stone Age of East Africa and the Beginnings of Regional Identity. *Journal of World Prehistory* 2(3), 235-305.
- Clark, P. U., Dyke, A.S., Shakun, J.D., Carlson, A.E., Clark, J., Wohlfarth, B., Mitrovica, J.X., Hostetler, S.W., McCabe, A.M., 2009. The Last Glacial Maximum. *Science* 325(5941), 710-714.
- Clarkson, C. 2007. *Lithics in the Land of the Lightning Brothers: The Archaeology of Wardaman Country, Northern Territory*. Canberra: Australian National University E Press, 238 p.
- Conard, N. J., Bolus, M. 2003. Radiocarbon dating the appearance of modern humans and timing of cultural innovations in Europe: new results and new challenges. *Journal of Human Evolution* 44, 331-371.
- Conneller, C., Milner, N., Taylor, B., Taylor, M. 2012. Substantial settlement in the European Early Mesolithic: new research at Star Carr. *Antiquity* 86(334), 1004-1020.
- Cook, J. 2013. *Ice Age art: the arrival of the modern mind*. The British Museum Press, 288 p.
- Cook, J., Dumont, J. 2012. The development and application of microwear analysis since 1964. In.: Sieveking, G.de C., Newcomer, M. H. (eds.), *Human Uses of Flint and Chert: Proceedings of the Fourth International Flint Symposium Held at Brighton Polytechnic 10-15 April 1983*. Cambridge University Press, Reissue edition 2012, 53-61.
- Cook, J., Martingell, H. E. 1994. *The Carlyle Collection of Stone Age Artefacts from Central India*. British Museum Press, 123 p.
- Coulthard T. J., Ramirez J. A., Barton N., Rogerson M., Brücher T. 2013. Were Rivers Flowing across the Sahara During the Last Interglacial? Implications for Human Migration through Africa. *PLoS ONE* 8(9), doi:10.1371/journal.pone.0074834.
- Crandell, O.N. 2014. Knappable materials in the Criş Valley, Romania. *Journal of Lithic Studies* 1, 47-62.
- Crandell, O. 2006. Macroscopic and Microscopic Analysis of Chert. A Proposal for Standardisation of Methodology and Terminology. *Buletinul Cercurilor Stiintifice Studentesti, Arheologie - Istorie - Muzeologie* 12, 7-30.
- Crandell, O.N., Cotiugă, V. 2013. 'Stories Written in Stone'. *International Symposium on Chert and Other Knappable Materials. Programme and Abstracts*. Editura Univrsităţii „Alexandru Ioan Cuza” din Iaşi, 102 p.
- Cressman, E. R. 1962. *Bibliographic Details Nondetrital siliceous sediments: chemical analyses*. Washington: U.S. Govt. Print. Off., 23 p.
- Cronyn, J.M. 1990. *The Elements of Archaeological Conservation*. Routledge, 347 p.
- Cross, I., Zubrow, E., & Cowan, F. 2002. Musical behaviours and the archaeological record: A preliminary

- study. In: J. Mathieu (ed.), *Experimental Archaeology. British Archaeological Reports International Series* 1035, 25-34.
- Croucher, C.J., Bertamini, M., Hecht, H. 2002. Naive Optics: Understanding the Geometry of Mirror Reflections. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 28(3), 546-562.
- Cummings, V., Jordan, P., Zvelebil, M. 2014. *The Oxford Handbook of the Archaeology and Anthropology of Hunter-Gatherers*. Oxford University Press, 1360 p.
- Cunliffe, B. 2001. *The Oxford Illustrated History of Prehistoric Europe*. Oxford University Press, 568 p.
- Currie, G. 2009. Art for art's sake in the Old Stone Age. *Postgraduate Journal of Aesthetics*. 6(1), 1-23.
- Curry, D. 1963. On rotten flint pebbles in the Palaeogene of Southern England. *Proceedings of the Geologists' Association* 74(4), 457-460.
- Curry, D. 2011. Foraminiferids from decayed chalk flints and some examples of their use in geological interpretation. In: Sieveking, G.de C., Hart, M.B. (eds.), *The Scientific Study of Flint and Chert: Proceedings of the Fourth International Flint Symposium Held at Brighton Polytechnic 10-15 April 1983*. Cambridge University Press, Reissue edition 2011, 99-103.
- Debera, J., Sherriff, B. L. 2007. Raspadita: a new lithic tool from the Isthmus of Rivas, Nicaragua. *Journal of Archaeological Science* 34(11), 1889-1901.
- D'Errico, F., Henshilwood, C., Lawson, G., Vanhaeren, M., Tillier, A.-M., Soressi, M., Bresson, F., Maureille, B., Nowell, A., Lakarra, J., Backwell, L., Julien, M. 2003. Archaeological Evidence for the Emergence of Language, Symbolism, and Music-An Alternative Multidisciplinary Perspective. *Journal of World Prehistory* 17(1), 70 p.
- Dani, A. H., Masson, V. M. 1993. *History of Civilizations of Central Asia. Volume I: The Dawn of Civilization: Earliest Times to 700 B.C.* Unesco Publishing, 536 p.
- Darmark, K. 2010. Measuring skill in the production of bifacial pressure flaked points: a multivariate approach using the flip-test. *Journal of Archaeological Science* 37(9), 2308-2315.
- Das, N. 2007. *Modeling Three-dimensional Shape of Sand Grains Using Discrete Element Method*. ProQuest, University of South Florida, 148 p.
- De Juana, S., Galan, A.B., Dominguez-Rodrigo, M. 2010. Taphonomic identification of cut marks made with lithic handaxes: an experimental study. *Journal of Archaeological Science*, 1-10.
- De la Torre, I., McHenry, L, Njau, J, Pante, M. 2012. The Origins of the Acheulean at Olduvai Gorge (Tanzania): A New Paleoanthropological Project in East Africa. *Archaeology International* 15, 89-98.
- Deiviss, N. 2009. *Eiropas vēsture*. Jumava, 1380 lpp.
- Delage, C. 2003. *Siliceous rocks and prehistory: bibliography on geo-archaeological approaches to chert sourcing and prehistoric exploitation*. Oxford John and Erica Hedges, 222 p.
- DeMaster, D. J. 2003. The Diagenesis of Biogenic Silica: Chemical Transformations Occurring in the Water Column, Seabed, and Crust. In: Holland, H. D., Turekian, K. K. (eds.), *Treatise on Geochemistry*. Elsevier, 87-98.
- Desrosiers, P. M., (ed.) 2012. *The Emergence of Pressure Blade Making*. Springer-Verlag New York, 536 p.
- Dēliņa, A., Kalvāns, A., Saks, T., Bethers, U., Virčavs, V. 2012. *Highlights of Groundwater Research in the Baltic Artesian Basin*. University of Latvia, 155 p.
- Dibble, H. L. 1987. The interpretation of Middle Paleolithic scraper morphology. *American Antiquity* 52(1), 109-117.
- Dibble, H. L. 1989. The Implications of Stone Tool Types for the Presence of Language During the Lower and Middle Palaeolithic. In: Mellars, P., Stringer, C. (eds.) *The Human Revolution: Behavioural and Biological Perspectives on the Origins of Modern Humans*. Princeton University Press, 415-431.
- Dibble, H. L. 1991. Mousterian Assemblage Variability on an Interregional Scale. *Journal of Anthropological Research* 47(2), 239-257.
- Dibble, H. L. 2003. *The Middle Paleolithic: Adaptation, Behavior, and Variability*. University of Pennsylvania Museum of Archaeology and Anthropology, 217 p.
- Dmochowski, P. 2006. A new classification of erratic flint from western Poland. In: Wiśniewski, A. et al. (eds.) *The Stone: Technique and Technology*. Uniwersytet Wrocławski Instytut Archeologii, 225 p.
- Dobosi, V. T. 2011. Obsidian use in the Palaeolithic in Hungary and adjoining areas. *Natural Resource Environment and Humans* 1, 83-95.
- Doehne, E., Price, C.A. 2010. *Stone Conservation. An Overview of Current Research*. Getty Conservation Institute, 164 p.
- Domokos, G., Gibbons, G.W. 2012. The evolution of pebble size and shape in space and time. *Proc. Roy. Soc. A* 468, 2146, 3059-3079.
- Domokos, G., Sipos, A., Szabo, T., Varkonyi, P. 2010. Pebbles, shapes and equilibria. *Mathematical Geosciences* 42(1), 29-47.
- Doran, J. E., Palmer, M. 1995. The EOS Project: Integrating Two Models of Palaeolithic Social Change. In:

- Gilbert N., Mellars, P. (eds.), *Artificial Societies: The Computer Simulation of Social Life*. Edition: 1<sup>st</sup>. UCL Press, London, 103-125.
- Dornbusch, U., Moses, C. A., Robinson, D. A. Williams, R. B. G. 2004. Laboratory abrasion tests on beach flint shingle. In: Mortimore, R.N., Duperré, A. (eds.), *Engineering Geology Special Publications*. Geological Society 20, 131-138.
- Doronichev, V.B. 2008. The Lower Palaeolithic in Eastern Europe and the Caucasus: a reappraisal of the data and new approaches. *PaleoAnthropology*, 107-157.
- Duke, C., Steele, J. 2010. Geology and lithic procurement in Upper Palaeolithic Europe: a weights-of-evidence based GIS model of lithic resource potential. *Journal of Archaeological Science* 37(4), 813-824.
- Dumitriu, D., Niculiță, M., Condorachi, D. 2011. Downstream Variation in the Pebble Morphometry of the Trotuș River, Eastern Carpathians (Romania). *Forum geografic. Studii și cercetări de geografie și protecția mediului* 10(1), 78-90.
- Dybowski, D. G. 2012. PXR/WDXRF Inter-Unit Data Comparison of Arizona Obsidian Samples. *Journal of Arizona Archaeology* 2(1): 15-21.
- Edwards, I. E. S., Gadd, C. J., Hammond, N. G. L. (eds.) 2008. *The Cambridge Ancient History Volume 1, Part 1: Prolegomena and Prehistory*. Third Edition. Cambridge University Press, 758 p.
- Einsele, G., Ricken, W., Seilacher, A. 1991. *Cycles and Events in Stratigraphy*. Springer-Verlag, 955 p.
- Eker, C. S., Sipahi, F., Kaygusuz, A. 2012. Trace and rare earth elements as indicators of provenance and depositional environments of Lias cherts in Gumushane, NE Turkey. *Chemie der Erde - Geochemistry* 72(2), 167-177.
- Elias, S. 2012. *Origins of Human Innovation and Creativity*. Elsevier, 132 p.
- Ericson, J. E., Purdy, B. A. 2009. *Prehistoric Quarries and Lithic Production (New Directions in Archaeology)*. Cambridge University Press, 160 p.
- Faisal, A., Stout, D., Apel, J., Bradley, B. 2010. The Manipulative Complexity of Lower Paleolithic Stone Toolmaking. *PLoSone* 5(11), doi: 10.1371/journal.pone.0013718, 11 p.
- Farmer, D. W. 1996. *Groups and symmetry: a guide to discovering mathematic*. American Mathematical Society, 102 p.
- Féblot-Augustins, J. 1993. Mobility Strategies in the Late Middle Palaeolithic of Central Europe and Western Europe: Elements of Stability and Variability. *Journal of Anthropological Archaeology* 12(3), 211-265.
- Feliks, J. 2008. Phi in the Acheulian: Lower Palaeolithic intuition and the natural origins of analogy. In: Bednarik, R. G., Hodgson D. (eds.), *Pleistocene palaeoart of the world. Proceedings of the XV UISPP World Congress (Lisbon, 2006)*. British Archaeological Reports International Series 1804, Oxford, 11-31.
- Foley, R., Gamble, C. 2009. The ecology of social transitions in human evolution. *Phil. Trans. R. Soc. B* 364, 3267-3279.
- Folk, R. L. 1974. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Publishing Company, 182 p.
- Font, B., Lopez-Polin, L., Olle, A. 2010. Description and characterization of the natural alteration of chert artefacts from Atapuerca (Burgos, Spain), Cansaladeta (Tarragona, Spain) and Orgnac 3 (Ardèche, France). *Annali dell'Università di Ferrara Museologia Scientifica e Naturalistica* 6, 103-110.
- Frederick, C.D., Glascock, M. D., Hector Neff, K., Stevenson, C.M. 1994. *Evaluation of Chert Patination as a Dating Technique: A Case Study from Fort Hood, Texas*. Research Report No. 32, Fort Hood Archaeological Resource Management Series, 102 p.
- Freyd, J., Tversky, B. 1984. Force of symmetry in form perception. *The American Journal of Psychology* 97(1), 109-126.
- Friedberg, S. A. 1984. Finding Axes of Skewed Symmetry. *TR* 127, 30 p.
- Friedenberg, J., Bertamini, M. 2000. Contour symmetry detection: the influence of axis orientation and number of objects. *Acta Psychol (Amst)* 105(1), 107-118.
- Gamble, C. 1999. *The Palaeolithic Societies of Europe*. Cambridge University Press, 505 p.
- Gamble, C., Davies, W., Pettitt, P., Richards M. 2004. Climate change and evolving human diversity in Europe during the last glacial. *The Royal Society Publishing* 359(1442), 243-254.
- Gao, G., Land, L. S. 1991. Nodular chert from the Arbuckle Group, Slick Hills, SW Oklahoma: a combined field, petrographic and isotopic study. *Sedimentology* 38(5), 857-870.
- Garcia, T., Féraud, G., Falguères, C., De Lumley, H., Perrenoud, C., Lordkipanidze, D. 2010. Earliest human remains in Eurasia: New <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar dating of the Dmanisi hominid-bearing levels, Georgia. *Quaternary Geochronology* 5(4), 443-451.
- Gauthiera, G., Burkeb, A. L., Leclerc, M. 2012. Assessing XRF for the geochemical characterization of radiolarian chert artifacts from northeastern North America. *Journal of Archaeological Science* 39(7), 2436-2451.

- Gebel, H. G., Kozłowski, S. K. 1994. *Neolithic Chipped Stone Industries of the Fertile Crescent*. Zakład Graficzny, Uniwersytet Warszawski, 612 p.
- Geilert, S., Vroon, P.Z., Van Bergen, M. J. 2014. Silicon isotopes and trace elements in chert record early Archean basin evolution. *Chemical Geology* 386, 133-142.
- Gilboa, A., Tal, A., Shimshoni, I., Kolomenkin, M. 2012. Computer-based, automatic recording and illustration of complex archaeological artifacts. *Journal of Archeological Science* 40(2), 1329-1339.
- Glaubergerman, P.J. Thorson, R. M. 2012. Flint Patina as an Aspect of "Flaked Stone Taphonomy": A Case Study from the Loess Terrain of the Netherlands and Belgium. *Journal of Taphonomy* 10, 21-43.
- Goffer, Z. 2007. *Archaeological Chemistry*. 2nd Edition. John Wiley & Sons, 656 p.
- Goldberg, P., Macphail, R. I. 2006. *Practical and Theoretical Geoarchaeology*. Wiley-Blackwell, 468 p.
- Goldstein, E. B. 2004. *Blackwell Handbook of Sensation and Perception*. Wiley-Blackwell, 804 p.
- Goodale, N., Andrefsky, W. Jr. (eds.) 2015. *Lithic Technological Systems and Evolutionary Theory*. Cambridge University Press, 312 p.
- Gordon, I. E. 2004. *Theories of Visual Perception*. Psychology Press, 288 p.
- Goren-Inbar, N. 2011. Culture and cognition in the Acheulian industry: a case study from Gesher Benot Ya'aqov. *Phil. Trans. The Royal Society Publishing* 366, 1038-1049.
- Götze, J. 2010. Origin, mineralogy, nomenclature and provenance of silica and SiO<sub>2</sub> rocks. *Archeometriai Műhely* 3, 163-175.
- Götze, J., Möckel, R. 2012. *Quartz: Deposits, Mineralogy and Analytics*. Springer Science & Business Media, 360 p.
- Graetsch, H. 1994. Structural characteristics of opaline and microcrystalline silica minerals. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* 29, 209-232.
- Graetsch, H., Flörke, O. W., Miehe, G. 1987. Structural defects in microcrystalline silica. *Physics and Chemistry of Minerals* 14(3), 249-257.
- Graham, J.H., Raz, S., Hagit H.-O., Eviatar, N. 2010. Fluctuating Asymmetry: Methods, Theory, and Applications. *Symmetry* 2, 466-540.
- Graslund, B. 1987. The Birth of Prehistoric Chronology. Dating methods and dating systems in nineteenth-century Scandinavian archaeology, 1st edition, Cambridge University Press, 132.
- Graudonis J. 1994. *Arheoloģijas terminu vārdnīca*. Rīga, "Zinātne", 450 lpp.
- Graudonis J. 2003. *Lielupes krastos pirms gadu simtiem: arheoloģiskie pētījumi Jaunsvirlaukas pagastā*. Latvijas vēstures institūta apgāds, 87 lpp.
- Graudonis, J., Apals, J. 2001. *Latvijas senākā vēsture 9. g. t. pr. Kr. - 1200. g.* Rīga, Latvijas vēstures institūta apgāds, 463 lpp.
- Grayson, D. K., Delpech, F. 2002. Specialized Early Upper Palaeolithic Hunters in Southwestern France? *Journal of Archaeological Science* 29, 1439-1449.
- Green, C. D. 1995. All that glitters: a review of psychological research on the aesthetics of the golden section. *Perception* 24, 937-968.
- Griffiths, D., Woodman, P. C. 2012. Cretaceous chert sourcing in north east Ireland: preliminary results. In: Sieveking, G.de C., Newcomer, M. H. (eds.), *Human Uses of Flint and Chert: Proceedings of the Fourth International Flint Symposium Held at Brighton Polytechnic 10-15 April 1983*. Cambridge University Press, Reissue edition 2012, 249-252.
- Grimm, S. B., Weber, M.-J. 2008. The chronological framework of the Hamburgian in the light of old and new 14C dates. *Quartär* 55, 17-40.
- Gordus, A. A., Fink, W. C., Hill, M. E., Purdy, J. C., Wilcox, T.R. 1967. Identification of the geologic origins of archaeological artifacts an automated method of Na and Mn Neutron activation analysis. *Archaeometry* 10(1), 87-96.
- Grosman, L., Goldsmith, Y., Smilansky, U. 2011. Morphological Analysis of Nahal Zihor Handaxes: A Chronological Perspective. *PaleoAnthropology*, 203-215.
- Grosman, L., Smikt, O., Smilansky, U. 2008. On the application of 3-D scanning technology for the documentation and typology of lithic artifacts. *Journal of Archaeological Science* 35, 3101-3110.
- Gruenbaum, B., Shephard, G. C. 1987. *Tilings and patterns*. W.H. Freeman, New York, 700 p.
- Gunes, C., Meric, N. 2011. Comparison of Sample Preparation Techniques Used in Luminescence Dating Methods. *Cankaya University Journal of Science and Engineering Volume* 8(1), 15-25.
- Gurova, M. 2011. Prehistoric flint assemblages from Bulgaria: a raw material perspective. *Magyar Nemzeti Múzeum Budapest*, 96-115.
- Hardaker, T. 2005. Present-day Lower Palaeolithic land surfaces in Britain: two examples from the Upper Thames. *Lithics* 25, 22-38.
- Hardaker, T. 2006. Two sets of twins re-united in Oxfordshire. *Lithics: The Journal of the Lithic Studies Society* 27, 74-82
- Hardaker, T., Dunn, S. 2005. The Flip Test - a new statistical measure for quantifying symmetry in stone

- tools. *Antiquity* 79 (306), <http://antiquity.ac.uk/projgall/hardaker/>.
- Hardy B. L., Raff, R. A. 1997. Recovery of Mammalian DNA from Middle Paleolithic Stone Tools. *Journal of Archaeological Science* 24(7), 601-611.
- Hardy, B. L., Svoboda, J. A. 2009. Mesolithic stone tool function and site types in Northern Bohemia, Czech Republic. *Terra australis* 30, 159-174.
- Harmand, S., Lewis, J. E., Feibel, C. S., Lepre, C. J., Prat, S., Lenoble, A., Boës, X., Quinn, R.L., Brenet, M., Arroyo, A., Taylor, N., Clément, S., Daver, G., Brugal, J.-P., Leakey, L., Mortlock, R. A., Wright, D., Lokorodi, S., Kirwa, C., Kent, D. V., Roche, H. 2015. 3.3-million-year-old stone tools from Lomekwi 3, West Turkana, Kenya. *Nature* 521, 310–315.
- Hassler, E. H., Swihart, G. H., Dye, D. H., Li, Y.S. 2013. Non-destructive Provenance Study of Chert using Infrared Reflectance Microspectroscopy. *Journal of Archaeological Science* 40 (4), 2001-2006.
- Hatfield, G., Pittman, H. 2013. *Evolution of Mind, Brain, and Culture*. University of Pennsylvania Press, 476 p.
- Hawker, J. M. 2001. *A Manual of Archaeological Field Drawing*, Rescue, 70 p.
- Hayakawaa, Y., Oguchib, T. 2005. Evaluation of gravel sphericity and roundness based on surface-area measurement with a laser scanner. *Computers & Geosciences* 31, 735-741.
- Heaney, P. J., Prewitt, C. T., Gibbs, G. V. (eds.) 1994a. *Silica: Physical Behavior, Geochemistry and Materials Applications*. Princeton, 906 p.
- Heaney, P. J., Veblen, D. R., Post, J. E. 1994b. Structural disparities between chalcedony and macrocrystalline quartz. *American Mineralogist* 79, 452-460.
- Henshilwood, C. S., d'Errico, F., Watts, I. 2009. Engraved ochres from the Middle Stone Age levels at Blombos Cave, South Africa. *Journal of Human Evolution* 57, 27-47.
- Hermon, F. N. 2002. Estimating subjectivity of typologists and typological classification with Fuzzi logic. *Archeologia e Calcolatori* 13, 217-232.
- Herries, A. I. R. 2011. A Chronological Perspective on the Acheulian and Its Transition to the Middle Stone Age in Southern Africa: The Question of the Fauresmith. *International Journal of Evolutionary Biology*, <http://dx.doi.org/10.4061/2011/961401>, 25 p.
- Hesse, R. 1989. Silica diagenesis: origin of inorganic and replacement cherts. *Earth-Science Reviews* 26, 253-284.
- Heyman, B. M., Heyman, J., Fickert, T., Harbor J. M. 2013. Paleo-climate of the central European uplands during the last glacial maximum based on glacier mass-balance modeling. *Quaternary Research* 79, 49-54.
- Higham, T. et al. 2014. The timing and spatiotemporal patterning of Neanderthal disappearance. *Nature* 512, 306-309.
- Hodgson, D. 2008. An "aesthetic" explanation for the symmetry of Acheulian handaxes: some neuropsychological insights. *PLASTIR* 12, 12 p.
- Hodgson, D. 2011. The First Appearance of Symmetry in the Human Lineage: Where Perception Meets Art. *Symmetry* 3(1), 37-53.
- Högberg, A., Olausson, D. S. 2007. *Scandinavian Flint: An Archaeological Perspective*. Aarhus University Press, 158 p.
- Högberg, A., Olausson, D., Hughes, R. 2012. Many Different Types of Scandinavian Flint – Visual Classification and Energy Dispersive X-ray Fluorescence. *Fornvännen* 107(4), 225-240.
- Hori, R. S. 1997. The Toarcian radiolarian event in bedded cherts from southwestern Japan. *Marine Micropaleontology* 30(1-3), 159-169.
- Horne, C. E. 2000. *Geometric symmetry in patterns and tilings*. Woodhead Publishing, 238 p.
- Horning, A. 2012. *Achill Archaeological Field School. Introductory Material And Field Manual*. Achill Archaeological Field School, 59 p.
- Hovers, E., Braun, D. R. (eds.) 2009. *Interdisciplinary Approaches to the Oldowan*, Springer Netherlands, 164 p.
- Hovers, E., Ilani, S., Bar-Yosef, O., Vandermeersch, B. 2003. An Early Case of Color Symbolism. *Current Anthropology* 44(4), 491-522.
- Hovers, E., Vandermeersch, B., Bar-Yosef, O. 1997. A Middle Palaeolithic engraved artefact from Qafzeh Cave, Israel. *Rock Art Research* 14, 79-87.
- Hughes, R., Baltrūnas, V., Kulbickas D. 2011. Comparison of two analytical methods for the chemical characterization of flint from Lithuania and Belarus. *Geologija* 53(2), 69-74.
- Hughes, R., Högberg, A., Olausson, D. 2010. Sourcing flint from Sweden and Denmark: A pilot study employing non-destructive energy dispersive X-ray fluorescence spectrometry. *Journal of Nordic Archaeological Science* 17, 15-25.
- Hussain, S. T., Floss, H. 2012. The role of river courses in organizing the cultural space of the Upper Paleolithic: examples from the Rhine, Rhône, Danube and Garonne. In: M. Otte (ed.), *Modes de*

- contact et déplacements au Paléolithique eurasiatique*. Colloque UISPP, 307-320.
- Iakovleva, L., Djindjian, F. 2005. New data on Mammoth bone settlements of Eastern Europe in the light of the new excavations of the Gontsy site (Ukraine). *Quaternary International*, 195-207.
- Inizan, L.-M., Reduron-Ballinger, M., Roche, H., Tixier, J. 1999. *Technology and Terminology of Knapped Stone*. Maison de l'Archéologie et de l'Ethnologie, 193 p.
- Iovita, R. 2011. Shape Variation in Aterian Tanged Tools and the Origins of Projectile Technology: A Morphometric Perspective on Stone Tool Function. *PLoS ONE* 6(12), doi: 10.1371/journal.pone.0029029.
- Jackson, R., Boynton, M., Olsen, W., Weaver, R. 1988. *California Archeological Resource Identification and Data Acquisition Program: Sparse Lithic Scatters: A Program for the Identification and Management of an Archaeological Resource Class*. Report on file at the Office for Historic Preservation, Sacramento, 41 p.
- James, S. R., Dennell, R. W., Gilbert, A.S., Lewis, H., T., Gowlett, J. A. J., Lynch, T. F., McGrew, W. C., Peters, C. R., Pope, G. G., Stahl, A. B. 1989. Hominid Use of Fire in the Lower and Middle Pleistocene: A Review of the Evidence. *Current Anthropology* 30(1), 1-26.
- Jansen, L., Boon, M. 1967. *Theory of finite groups. Applications in physics*. North-Holland Pub. Co, 373 p.
- Jeans, C.V., 1978. Silicifications and associated clay assemblages in the Cretaceous marine sediments of southern England. *Clay Minerals* 13, 101-126
- Jochim, M. A. 1998. *A Hunter-Gatherer Landscape. Southwest Germany in the Late Paleolithic and Mesolithic*. Springer US, 250 p.
- Jones, C., Jones, N. 2012. *Laboratory Manual for Physical Geology*. McGraw-Hill Science/Engineering/Math, 8 edition, 368 p.
- Jussila, T., Kriiska, A., Rostedt, T. 2012. Saarenoja 2 - an Early Mesolithic Site in South-Eastern Finland: Preliminary Results and Interpretations of Studies Conducted in 2000 and 2008-10. *Fennoscandia archaeologica* XXIX, 3-28.
- Kadowaki, S., Omori, T., Nishiaki, Y. 2015. Variability in Early Ahmarian lithic technology and its implications for the model of a Levantine origin of the Protoaurignacian. *Journal of Human Evolution* 82, 67-87.
- Kalnina, L. 2012. Environment and Vegetation Changes During the Neolithic Settlement at Sarnate Site, Western Latvia. *Quaternary International* 279-280, 232.
- Karasik, A., Smilansky, U. 2008. 3D scanning technology as a standard archaeological tool for pottery analysis: practice and theory. *Journal of Archaeological Science*, 1148-1168.
- Karavanic, I., Smith, F. H. 1998. The Middle/Upper Paleolithic interface and the relationship of Neanderthals and early modern humans in the Hrvatsko Zagorje, Croatia. *Journal of Human Evolution*. 34, 223-248.
- Katsianis, M., Tshipidis, S., Kotsakis, K., Koussoulakou, A., Manolopoulos, Y. 2005. Integrating excavation recording, data management and object representation through GIS. *CD Proceedings International Congress. Cultural Heritage and New Technologies*, 12 p.
- Katsianis, M., Tshipidis, S., Kotsakis, K., Kousoulakou, A. 2008. A 3D digital workflow for archaeological intra-site research using GIS. *Journal of Archaeological Science* 35(3), 655-667.
- Keller, W. D. 1968. Flint clay and a flint facies. *Clays and Clay Minerals* 16, 113-128.
- Kendall, D. G. 1984. Shape manifolds, procrustean metrics, and complex projective spaces. *Bulletin London Mathematical Society* 16, 81-121.
- Khanehbad, M., Moussavi-Harami, R., Mahboubi, A., Nadjafi, M., Mahmoudi-Gharaee, M.H. 2010. *The study of chert nodules in the Sardar Formation, Ozbak-Kuh Mountains (North Tabas)*. The 1st International Applied Geological Congress, 1601-1605.
- Kingma, K. J., Helmey, R. J. 1994. Raman spectroscopic study of microcrystalline silica. *American Mineralogist* 79, 269-273.
- Kinnunen, K., Tynni, R., Hokkanen, K., Taavitsainen, J.-P. 1985. *Flint raw materials of prehistoric Finland: rock types, surface textures and microfossils*. Geological Survey of Finland, Bulletin - Bulletin de la Commission Géologique de Finlande. 334, 102 p.
- Klein, R. G. 2000. Archeology and the Evolution of Human Behavior. *Evolutionary Anthropology* 9(1), 17-36.
- Klingenberg, C. P. 2011. MORPHOJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular Ecology Resources* 11, 363-357.
- Klokkernes, T. 2007. *Skin processing technology in eurasian Reindeer cultures*. Doctoral thesis, The Royal Danish Academy of Fine Arts The School of Conservation, 236 p.
- Kobusiewicz, M., Kabacinski, J. (eds.) 2007. *Studies in the Final Palaeolithic Settlement of the Great European Plain*. Institute of Archaeology and Ethnology, Polish Academy of Sciences, 208 p.
- Kokins, A., Zariņa, L. 2015. Fotogrammetrijas metodes ģeoarheoloģijā un to pielietojums rekonstrukcijām

- virtuālā realitātē. *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: referātu tēzes / Latvijas Universitātes 73. zinātniskā konference*. Latvijas Universitāte, Rīga, 287-289.
- Kokins, A., Zariņa, L., Segliņš, V. 2013. Microsoft Kinect Fusion tehnoloģijas nelielu ģeoloģisku un arheoloģisku objektu 3D attēlu iegūšanai un apstrādei. *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: referātu tēzes / Latvijas Universitātes 71. zinātniskā konference*. Latvijas Universitāte, Rīga, 318-320.
- Kotsakis, K. 1988. RUNSECT: A Computer Program for the Analysis of Excavation Data. *Journal of Field Archaeology* 16(3), 369-375.
- Kriiska, A., Hertell, E., Manninen, M. A. 2011. Stone Age Flint Technology in South-western Estonia - Results from the Pärnu Bay Area. In.: Rankama, T. (ed.), *Mesolithic Interfaces - Variability in Lithic Technologies in Eastern Fennoscandia*. Monographs of the Archaeological Society of Finland 1, 64-93.
- Kröger, B. 2007. Concentrations of juvenile and small adult cephalopods in the Hirnantian cherts (Late Ordovician) of Porkuni, Estonia. *Acta Palaeontologica Polonica* 52(3), 591-608.
- Krumbein, W. C. 1938. Graphic presentation and statistical analysis of sedimentary data. *Sedimentary Petrology* 6, 558-591.
- Krumbein, W. C. 1941. Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Petrology* 11(2), 64-72.
- Krumbein, W. C., Pettijohn, F.J. 1938. *Manual of Sedimentary Petrography*. Appleton Century Crofts, New York, 549 p.
- Kufel-Diakowska, B. 2011. The Hamburgian Zinken perforators and burins – flint tools as evidence of antler working. In: Baron, J. Kufel-Diakowska, B. (eds.), *Written in Bones*. Institute of Archaeology, University of Wrocław, 233-240.
- Kurshs V. 1992. *Devonskoje terigennoje osadkonakoplenije na Glavnom Devonskom Pole*. Zinātne, Rīga, 208 s.
- Lambecka, K., Yokoyama, Y., Purcella, T. 2002. Into and out of the Last Glacial Maximum: sea-level change during Oxygen Isotope Stages 3 and 2. *Quaternary Science Reviews* 21, 343-360.
- Lamdin-Whymark, H. 2009. Sir John Evans: experimental flint knapping and the origins of lithic research. In: Hosfield, R., Wenban-Smith, F., Pope, M. *Great Prehistorians: 150 Years of Palaeolithic Research*. Lithic Studies Society, 45-52.
- Larick, R. 2012. Circulation of Solutrean foliate points within the Perigord. In.: Sieveking, G.de C., Newcomer, M. H. (eds.), *Human Uses of Flint and Chert: Proceedings of the Fourth International Flint Symposium Held at Brighton Polytechnic 10-15 April 1983*. Cambridge University Press, Reissue edition 2012, 217-230.
- Laschet, C. 1984. On the origin of cherts. *Facies* 10(1), 257-289.
- Lavin, L., Porthero, D. R. 1992. Prehistoric procurement of secondary sources: the case for characterization. *North American Archaeologist* 13(2), 97-113.
- Lawrence, M. J. F. 2010. Sedimentology and petrography of early diagenetic chert and dolomite in the Late Cretaceous-early Tertiary Amuri Limestone Group, eastern Marlborough, New Zealand. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics* 36, 9-25.
- Lee, D. R. 2007. *Characterisation and the diagenetic transformation of nonand micro-crystalline silica minerals*. Master Research, University of Liverpool, 20 p.
- Leroi-Gourhan, A. 1989. *The Hunters of Prehistory*. Atheneum, 158 p.
- Lepre, C. J., Roche, H., Kent, D. V., Harmand, S., Quinn, R. L., Brugal, J.-P., Texier, P.-J., Lenoble, A., Feibel, C. S. 2011. An earlier origin for the Acheulian. *Nature* 477, 82-85.
- Levson, V., Pyle, L., Fournier, M. 2012. *Identification of Potential Silica Sand Deposits in Northwest Territories*. Northwest Territories Geoscience Office, NWT Open File 2012-06, 76 p.
- Light, R. B., Roberts, D. A., Stewart, J. D. 1986. *Museum Documentation Systems: Developments and Applications*, Butterworth-Heinemann, 288 p.
- Liiva, A., Loze, I., 1993. Mesolithic and Neolithic habitation of the Eastern Baltic. *Radiocarbon* 35(3), 503-506.
- Liritzis, I., Singhvi, A. K., Feathers, J. K., Wagner, G. A., Kadereit, A., Zacharias, N., Li, S.-H. 2013. *Luminescence Dating in Archaeology, Anthropology, and Geoarchaeology*. Springer International Publishing, 70 p.
- Livio, M. 2003. *The Golden Ratio: The Story of PHI, the World's Most Astonishing Number*. Broadway Books, 294 p.
- Llach, J. M. 2006. Flint sources and petrographical identification in the Late Magdalenian and Epipalaeolithic levels from Parco Cave (Spanish Eastern Pyrenees). *Stone Age - Mining Age - Der Anschnitt* 19, 145-152.
- Lobley, J. L. 1888. On the formation of rounded flint pebbles. *Proceedings of the Geologists' Association* 10(5-6), 226-233.



- Lohse, E. S. 2002. Measuring Prehistoric Strategies: Flakes, symmetries and balance in stone tools. *9th International Conference on Hunting and Gathering Societies, Heriot-Watt University*. Edinburgh, Scotland, 46 p.
- Lollar, B. S. 2005. *Environmental Geochemistry*, Elsevier, 630 p.
- Long, J. 2011. *The New Munsell Student Color Set*. 3rd Edition. Fairchild Books. 64 p.
- Low, B. 2013. *Bipolar Technology and Pebble Stone Artifacts: Experimentation in Stone Tool Manufacture*. LAP Lambert Academic Publishing. 228 p.
- Lozny, L. 2004. *Use-wear analysis of the lithic tools from the Puncheon Run Site. Technical Appendices*. Archaeology of the Puncheon Run Site, 71 p.
- Luedtke, B. E. 1992. *An Archaeologist's Guide to Chert and Flint*. Cotsen Institute of Archaeology Press, 172 p.
- Lycett, S., Chauhan, P. (eds.) 2010. *New Perspectives on Old Stones*. Springer-Verlag New York, 345 p.
- Lynn, M. 2010a. *Flint Knapping: Articles, Tips, and Tutorials from the Internet*. Michael Lynn, 342 p.
- Lynn, M. 2010b. *Flint Knapping: Pressure Flaking*. Michael Lynn, 61 p.
- Lyons, W. H., Glascock, M.D., Mehringer Jr.P. J. 2003. Silica from sources to site: Ultraviolet fluorescence and trace elements identify cherts from Lost Dune, southeastern Oregon, USA. *Journal of Archaeological Science* 30(9), 1139-1159.
- Machilsen, B., Pauwels, M., Wagemans, J. 2009. The role of vertical mirror symmetry in visual shape detection. *Journal of Vision* 9(12), doi: 10.1167/9.12.11, 1-11.
- Mączyński, P. 2014. One of the flint tool production strategies based on erratic flint, exemplified by Mesolithic materials from the Dobryń Mały 7 site (central-eastern Poland). *Journal of Lithic Studies* 1(1), 187-195.
- Madsen, H. B., Stemmerik, L. 2010. Diagenesis of Flint and Porcellanite in the Maastrichtian Chalk at Stevns Klint, Denmark. *Journal of Sedimentary Research* 80(6), 578-588.
- Makin, A., Pecchinenda, A., Bertamini, M., 2012a, Grouping by closure influences subjective regularity and implicit preference. *i-Perception* 3(8), doi:10.1068/i0538, 519-527.
- Makin, A., Pecchinenda, A., Bertamini, M., 2012b. Symmetry perception and affective responses: a combined EEG/EMG study. *Neuropsychologia* 50(14), 3250-3261.
- Makin A., Rampone, G., Bertamini, M. 2015. Conditions for view invariance in the neural response to visual symmetry. *Psychophysiology* 52(4), doi: 10.1111/psyp.12365, 532-43.
- Malainey, M.E. 2011. *A Consumer's Guide to Archaeological Science*. Springer, 603 p.
- Maliva, R. G., Knoll, A. H., Siever, R. 1989. Secular Change in Chert Distribution: A Reflection of Evolving Biological Participation in the Silica Cycle. *PALAIOS* 4(6), 519-532.
- Mannermaa, K. 2008. Birds and burials at Ajvide (Gotland, Sweden) and Zvejnieki (Latvia) about 8000–3900 BP. *Journal of Anthropological Archaeology* 27(2), 201-225.
- Manninen, M. A. 2007. Non-flint pseudo-lithics:some considerations. *Fennoscandia archaeologica* XXIV, 76-83.
- Marks, A. E., Hietala, H. J., Williams, J. K. 2001. Tool Standardization in the Middle and Upper Palaeolithic: a Closer Look. *Cambridge Archaeological Journal* 11(1), 17-44.
- Marks, A. E., Shokler, J., Zilhlo, J. 1991. Raw Material Usage in the Paleolithic. The Effects of Local Availability on Selection and Economy. *Publications in Anthropology* 19, 127-139.
- Marks, E., Volkmen, P. 2012. Technological variability and change seen through core reconstruction Anthony. In.: Sieveking, G.de C., Newcomer, M. H. (eds.), *Human Uses of Flint and Chert: Proceedings of the Fourth International Flint Symposium Held at Brighton Polytechnic 10-15 April 1983*. Cambridge University Press; Reissue edition 2012, 11-20.
- Marreiros, J. M., Gibaja Bao, J. F., Bicho, N. F. 2015. *Use-Wear and Residue Analysis in Archaeology*, Springer International Publishing, 223 p.
- Martingell, H., Saville, A. 1988. The Illustration of Lithic Artefacts: a guide to drawing stone tools for specialist reports., *Lithic Studies Society* 147, 30 p.
- Martini, M., Sibilia, E., Croci, S., Cremaschi, M. 2001. Thermoluminescence (TL) dating of burnt flints: problems, perspectives and some examples of application. *Journal of Cultural Heritage* 2, 179-190.
- Mascie-Taylor, N. C. G., Bogin, B. 1995. *Human Variability and Plasticity*, Cambridge University Press, 241 p.
- May, V. J. 2007. Beachy Head – Seaford Head. In. Geological Conservation Review. *Coastal Geomorphology of Great Britain, Soft-rock cliffs*. Geological Conservation Review Series, No. 28, Joint Nature Conservation Committee, Peterborough, 1-10.
- McBrearty, S; Brooks, A. S. 2000. The revolution that wasn't: a new interpretation of the origin of modern human behavior. *Journal of Human Evolution* 39, 453-563.
- McManus, I. C., Weatherby P. 1997. The Golden Section and the Aesthetics of Form and Composition: A Cognitive Model. *Empirical studies of the arts* 15(2), 209-232.

- McNabb, J., Binyon, F., Hazelwood, L. 2004. The Large Cutting Tools from the South African Acheulean and the Question of Social Traditions. *Current Anthropology* 45, 653-677.
- McPherron, S. P. 2000. Handaxes as a Measure of the Mental Capabilities of Early Hominids *Journal of Archaeological Science* 27, 655-663.
- McPherron, S. P. 2006. What typology can tell us about Acheulian handaxe production. In: Goren-Inbar, N., Sharon, G. (eds.), *Axe Age Acheulian Tool-making from Quarry to Discard.*, Equinox Publishing Ltd., 21 p.
- McPherron, S. P., Alemseged, Z., Marean, C. W., Wynn, J. G., Reed, D., Geraads, G., Bobe, R., Béarat, H. A. 2010. Evidence for stone-tool-assisted consumption of animal tissues before 3.39 million years ago at Dikika, Ethiopia. *Nature* 466, 857-860.
- McPherron, S. P., Dibble, H. L. 1999. Stone Analysis using digitized images: examples from the Lower and Middle Paleolithic. *Lithic Technology*. 24(1), 38-52.
- Mellars, P., 1996. *The Neanderthal Legacy*. Princeton University Press, 480 p.
- Mercer, J. 1970. *Flint Tools from the Present Tidal Zone, Lussa Bay, Isle of Jura, Argyll*. National Museum of Antiquities, 32 p.
- Mesoudi, A., Aoki, K. (eds.) 2015. *Learning Strategies and Cultural Evolution during the Palaeolithic*. Springer Tokyo, 169 p.
- Mester, Z. (ed.) 2013. *The lithic raw material sources and interregional human contacts in the Northern Carpathian regions*. Polska Akademia Umiejętności, 151 p.
- Metzger, W. 2006. *Laws of Seeing*. England, The MIT Press, 203 p.
- Micheelsen, H. 1966. The structure of dark flint from Stevns, Denmark. *Meddelelser fra Dansk Geologisk Forening* 16(3), 113 p.
- Milisauskas, S. 2012. *European Prehistory: A Survey*. Springer Science & Business Media, 449 p.
- Minichillo, T. 2006. Raw material use and behavioral modernity: Howiesons Poort lithic foraging strategies. *Journal of Human Evolution* 50(3), 359-364.
- Mithen, S.J. 2009. *Thoughtful Foragers. A Study of Prehistoric Decision Making*. Cambridge University Press, 304 p.
- Mizutani, S. 2011. Silica minerals in the early stage of diagenesis. *Sedimentology* 15(3-4), 419-436.
- Modenov, P. S., Parkhomenko, A. S. 2014. *Euclidean and Affine Transformations: Geometric Transformations*. Academic Press, 170 p.
- Moiler, A. E., Pomiankowski, A. 1993. Fluctuating asymmetry and sexual selection. *Genetica* 89, 267-279.
- Morley, I. 2013. *The Prehistory of Music. Human Evolution, Archaeology, and the Origins of Musicality*. Oxford University Press, 464 p.
- Mortimore, R.N., Wood, C.J., Gallois, R.W. 2001. *British Upper Cretaceous Stratigraphy Geological Conservation Review Series 23*. Joint Nature Conservation Committee, 558 p.
- Murray, R. W., Jones, D. L., Buchholtz Ten Brink, M. R., Gerlach, D. C., III Russ, . P., 1991. Rare earth, major, and trace elements in chert from the Franciscan Complex and Monterey Group, California: Assessing REE sources to fine-grained marine sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 55(7), 1875-1895.
- Natividad Fuertes-Prieto, M., Neira-Campos, A., Fernández-Martínez, E., Gómez-Fernández, F., Alonso-Herrero, E. 2014. Mucientes Chert" in the Northern Iberian Plateau (Spain). *Journal of Lithic Studies* 1(1), 117-135.
- Neagu, R. C. 2011. *The relationship between biogenic silica diagenesis and the physical properties of sediments studied using seismic and well data*. Doctoral thesis, Cardiff University, 263 p.
- Nelson, S. M. 2006. Introduction. Archaeological Perspectives on Gender. In: Nelson, S. M., *Handbook of Gender in Archaeology*, 913 p.
- Nerudová, Z. 2011. Analysis of bifacial artefacts from the Palaeolithic site of Trboušany IIB (South Moravia, Czech Republic). *Anthropologie* 49(1), 59-78.
- Neustupa, J. 2013. Patterns of symmetric and asymmetric morphological variation in unicellular green microalgae of the genus *Micrasterias* (Desmidiaceae, Viridiplantae). *Fottea, Olomouc* 13, 53-63.
- Neustupny, E. 2009. *Archaeological Method*. Cambridge University Press, 204 p.
- Newnham, R. E. 2005. *Properties of Materials: Anisotropy, Symmetry, Structure*. Oxford University Press, 390 p.
- Nowell, A., Chang, M. L. 2009. The Case Against Sexual Selection as an Explanation of Handaxe Morphology. *PaleoAnthropology*, 77-88.
- Nowell, A., Davidson, I. (eds.), 2010. *Stone Tools and the Evolution of Hominin and Human Cognition*. University Press of Colorado, 320 p.
- Odell, G. H. 2006. *Lithic Analysis (Manuals in Archaeological Method, Theory and Technique)*. Springer, 262 p.
- Oldershaw, A. E. 2006. Electron microscopic examination of Namurian bedded cherts in North Wales

- (Great Britain). *Sedimentology* 10(4), 255 - 272.
- Osborn, H. F. 1915. *Men of the Old Stone Age*. Charles Scribner's Sons, 586 p.
- Otte, M. 2007. *Vers la préhistoire: Une initiation.*, De Boeck, 432 p.
- Otte, M. 2009. *La préhistoire*. De Boeck 303 p.
- Paolini, A. (ed.) 2007. *Cultural Heritage Protection Handbook. Documentation of Artefacts' Collections*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 38 p.
- Parés, J.M., Duval, M., Arnold, L.J. 2011. New views on an old move: Hominin migration into Eurasia. *Quaternary International* 295, 5-12.
- Park, K., Nowell, A., Metaxas, D. 2003. Deformable Model Based Shape Analysis Stone Tool Application. *Proceedings of the 2003 Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshop*. Madison, Wisconsin. June 16-22, 2003, p. 6.
- Pastors, A., Weniger, G.-C. 2011. Graphical documentation of lithic artefacts: traditional hand craft versus 3-D mechanical recording. In: Macchiarelli, R., Weniger, G.-C. (eds.), *Pleistocene Databases: Acquisition, Storing, Sharing*. Neanderthal-Museum. Wissenschaftliche Schriften des Neanderthal Museums 4, 121 p.
- Pecchinenda, A., Bertamini, M., Makin, A. D. J., Ruta, N. 2014. The Pleasantness of Visual Symmetry: Always, Never or Sometimes. *PLoS ONE* 9(3): e92685, doi:10.1371/journal.pone.0092685.
- Perry, E., Lefticariu, L., 2014. Formation and Geochemistry of Precambrian Cherts. In. Holland H., Turekian K. (eds.), *Treatise on Geochemistry*. Elsevier, 113-139.
- Persall, D. M. 2008. *Encyclopedia of Archaeology*. Academic Press, New York, 2209 p.
- Petegrine P.N. et.al. (eds.). 2001. *Encyclopedia of Prehistory*, Springer US, 475 p.
- Phillipson, L. 1997. Edge Modification as an Indicator of Function and Handedness of Acheulian Handaxes from Kariandusi, Kenya. *Lithic Technology* 22, 171-175.
- Picin, A., Peresani, M., Vaquero, M. 2011. Application of a new typological approach to classifying denticulate and notched tools: the study of two Mousterian lithic assemblages. *Journal of Archaeological Science* 38, 711-722.
- Piperno, M., Collina, C., Gallotti, R., et.al., 2008. Obsidian exploitation and utilization during the Oldowan at Melka Kunture (Ethiopia). In: Hovers, E., Braun, D.R. (eds.), *Interdisciplinary Approaches to the Oldowan*. Springer, 111-128.
- Pipira, D., Jurševska, L., Stinkulis, Ģ., Virčava, I. 2015. Karbonātsko augšņu pazīmes Šķerveļa svītas nogulumiežos. *LU 73. Zin. konference. Ģeoloģija. Tēzes*. LU Akadēmiskais apgāds, Rīga, 216-218.
- Pirie, A., Mellars, P.A., Mithen, S.J. 2006. Cnoc Coig:: A Mesolithic Shell Midden Assemblage. *Lithics: The Journal of the Lithic Studies Society* 27, 4-11.
- Pizlo, Z. 2008. *3D Shape. Its Unique Place in Visual Perception*. The MIT Press, England, 296 p.
- Plisson, H., Dubreuil, L., Guilbert, R. 2008. The functional significance of Sauveterrian microlithic assemblages: broadening the focus of investigation. In: Longo, L., Skakum, N. (eds.), *"Prehistoric Technology" 40 years later: Functional studies and the Russian legacy*. British Archaeological Reports, 147-157.
- Pollard, A. M., Batt, C. M., Stern, B., Young, S. M. M. 2007. *Analytical Chemistry in Archaeology*. Cambridge University Press, 420 p.
- Pooltona, N.R.J., Bøtter-Jensen, L., Rink, W. J. 1995. An optically stimulated luminescence study of flint related to radiation dosimetry. *Radiation Measurements* 24(4), 551-555.
- Pope, M. 2008. West Sussex Coastal Plain Period Summaries. Period summary: the Palaeolithic. In: The Sussex Archaeological Society (ed.), *Fishbourne research and conservation framework*, 17-40.
- Pope, M., Russel, K., Watson, K. 2006. Biface form and structured behaviour in the Acheulean. *Lithics: The Journal of the Lithic Studies Society* 27, 44-57.
- Preusser, F., Degering, D., Fuchs, M., Hilgers, A., Kadereit, A., Klasen, N., Krbetschek, M., Richter, D., Spencer, J. 2008. Luminescence dating: Basics, methods and applications. *Quaternary Science Journal* 57, 95-149.
- Prinsloo, L. C., Wadley, L., Lombard, M. 2014. Infrared reflectance spectroscopy as an analytical technique for the study of residues on stone tools: potential and challenges. *Journal of Archaeological Science* 41, 732-739.
- Prothero, D.R., Lavin, L. 1990. Chert petrography and its potential as an analytical tool in archaeology. *Geological Society of America, Centennial Special* 4, 561-584.
- Pryor, A. J. E. 2008. Following the fat: food and mobility in the European Upper Palaeolithic 45,000 to 18,000 BP. *Archaeological Review from Cambridge* 23(2), 161-179.
- Ramachandran, V. S., Hirstein, W. 1999. The Science of Art. *Journal of Consciousness Studies*, 15-51.
- Ramalingam, B., Jones, H., Reba, T., Young, J. 2008. *Exploring the science of complexity Ideas and implications for development and humanitarian efforts*. Second Edition. Working Paper 285, Overseas Development Institute, London, 78 p.

- Rapp, G. 2009. *Archaeomineralogy*. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 336 p.
- Reed, D. L., Smith, V. S., Hammond, S. L., Rogers, A. R., Clayton, D. H., 2004. Genetic Analysis of Lice Supports Direct Contact between Modern and Archaic Humans. *PLoS Biol.* 2(11), doi: 10.1371/journal.pbio.0020340, e340.
- Rees, D., Wilkinson, G.G., Orton, C.R., Grace, R. 1988. Fractal Analysis of Digital Images of Flint Microwear. In: Rahtz, S.P.Q. (ed.), *Computer and Quantitative Methods in Archaeology* 1988. CAA88 (BAR International Series 446 (i)). B.A.R., Oxford, 177-183.
- Reibel, D. B. 2008. *Registration Methods for the Small Museum*. AltaMira Press, 187 p.
- Renfrew, C., Bahn, P. 2008. *Archaeology: Theories, Methods and Practice*. London, Thames and Hudson Ltd, 656 p.
- Renfrew, C., Bahn, P. (eds.) 2014. *The Cambridge World Prehistory*. Cambridge University Press, 2049 p.
- Rice, P.C., Moloney, N. 2005. The Emergence of Culture in Early Hominid Societies in the Old World. In: Rice, P.C., Moloney, N. (eds.), *Biological Anthropology and Prehistory: Exploring Our Human Ancestry*. Boston, Allyn & Bacon, 243-273.
- Richter, D. 2007. Advantages and Limitations of Thermoluminescence Dating of Heated Flint from Paleolithic Sites. *Geoarchaeology: An International Journal* 22(6), 671-683.
- Richter, D., Temming, H. 2006. Testing heated flint palaeodose protocols using dose recovery procedures. *Radiation Measurements* 41, 819-825.
- Richter, J. 2011. When did the Middle Paleolithic begin? In: Conard, N. J., Richter, J. (eds.), *Neanderthal Lifeways, Subsistence and Technology: One Hundred Fifty Years of Neanderthal Study*. Springer Science & Business Media, 7-14.
- Riede, F. 2010. Hamburgian weapon delivery technology: a quantitative comparative approach. *Before Farming* 1, 1-18.
- Riel-Salvatore, J., Clark, G. A. 2001. Grave Markers: Middle and Early Upper Paleolithic Burials and the Use of Chronotypology in Contemporary Paleolithic Research. *Current Anthropology* 42(4), 449-479.
- Riris, P., Romanowska, I. 2014. A reconstructed reduction sequence for curved bifacial stone tools from the eastern La Plata basin, Argentina. *LITHICS* 35, 5-17.
- Robbins, M. A. 1983. *The Collector's Book of Fluorescent Minerals*, Springer, 289 p.
- Roberts, B. W., Vander Linden M. 2011. *Investigating Archaeological Cultures: Material Culture, Variability, and Transmission*. Springer Science & Business Media, 393 p.
- Robinson, D.A., Williams, R. B. G. 1983. The Sussex coast past and present. In: Sutton, A. (ed.), *Sussex: Environment, Landscape and Society*. The Geography Editorial Committee, University of Sussex, 50-66.
- Rodriguez, J. M., Johansson, J.M.A., Edeskär, T. 2012. Particle Shape Determination by Two-Dimensional Image Analysis in Geotechnical Engineering. *Conference: Nordic Geotechnical Meeting*: 12 p.
- Roe, D. 1968. British Lower and Middle Palaeolithic handaxe groups. *Proceedings of the Prehistoric Society* 34, 1-82.
- Roosevelt, C. H. 2014. Mapping site-level microtopography with Real-Time Kinematic Global Navigation Satellite Systems (RTK GNSS) and Unmanned Aerial Vehicle Photogrammetry (UAVP). *Open Archaeology* 1, 29-53.
- Rossoa, D. E., d'Errico, F., Zilhão, J. 2014. Stratigraphic and spatial distribution of ochre and ochre processing tools at Porc-Epic Cave, Dire Dawa, Ethiopia. *Quaternary International* 343, 85-99.
- Rots, V. 2009. The functional analysis of the Mousterian and Micoquian assemblages of Sesselfsgrotte, Germany: Aspects of tool use and hafting in the European Late Middle Palaeolithic. *Quartär* 56, 37-66.
- Rots, V., Peer, P. V., Vermeersch, P. M. 2011. Aspects of tool production, use, and hafting in Palaeolithic assemblages from Northeast Africa. *Journal of Human Evolution* 60, 637-664.
- Rottlander, R. 1975. The formation of patina on flint. *Archaeometry* 17, 106-110.
- Roussillon, T., Piegay, H., Sivignon, I., Tougne, L., Lavigne, F. 2009. Automatic computation of pebble roundness using digital imagery and discrete geometry. *Computers & Geosciences* 35, 1992-2000.
- Ruebens, K. 2006. A typological dilemma: Micoquian elements in continental Northwestern Europe during the Last Glacial Cycle (MIS 5d-3). *Lithics: The Journal of the Lithic Studies Society* 27, 58-73.
- Sackett, J. 2011. François Bordes and the Old Stone Age. *Backdirt* 2011, *Bulletin of the History of Archaeology* 24(3), <http://dx.doi.org/10.5334/bha.243>, 15 p.
- Samuel, E. K. 1988. Documenting Our Heritage. *Library Trends* 37(2), 142-153.
- Saragusti, I., Karasik, A., Sharon, I., Smilansky, U. 1998. Quantitative Analysis of the Symmetry of Artefacts: Lower Paleolithic Handaxes. *Journal of Archaeological Science* 25, 817-825.
- Saragusti, I., Karasik, A., Sharon, I., Smilansky, U. 2005. Quantitative analysis of shape attributes based on contours and section profiles in artifact analysis. *Journal of Archaeological Science* 32, 841-853.
- Savriama, Y., Klingenberg, C. P. 2006. Geometric morphometrics of complex symmetric structures: Shape

- analysis of symmetry and asymmetry with Procrustes methods. *Conference: LASR*, 4 p.
- Savriama, Y., Klingenberg, C. P. 2011. Beyond bilateral symmetry: geometric morphometric methods for any type of symmetry. *BMC Evolutionary Biology*, doi:10.1186/1471-2148-11-280.
- Sawada, T. 2010. Visual detection of symmetry of 3D shapes. *Journal of Vision* 10(6), doi: 10.1167/10.6.4, 22 p.
- Sawada, T., Pizlo, Z. 2008. Detection of skewed symmetry. *Journal of Vision* 8(5), doi:10.1167/8.5.14, 18 p.
- Scandinavian Colour Institute AB 2008. *NCS INDEX 1950 Original*, Scandinavian Colour Institute AB, 216 p.
- Scarre, C. 2013. *The Human Past World Prehistory & the Development of Human Societies*. Thames and Hudson Ltd., 784 p.
- Scerri, E. M. L. 2012. The Aterian and its place in the North African Middle Stone Age. *Quaternary International*, 1-20.
- Schick, K., Toth, N. 2009. *The cutting edge: New Approaches to the Archaeology of Human Origins*. (Stone Age Institute Publication Series). Stone Age Institute Press, 300 p.
- Segliņš, V. 2012. *Megalīti Latvijā un pasaulē*. LU Akadēmiskais apgāds, 439 lpp.
- Semaw, S., Rogers, M. J., Quade, J., Renne, P. R., Butler, R. F Dominguez-Rodrigo, M., Stout, D., Hart, W.S., Pickeringg, T., Simpson, S. W. 2000. The World's Oldest Stone Artefacts from Gona, Ethiopia: Their Implications for Understanding Stone Technology and Patterns of Human Evolution Between 2.6–1.5 Million Years Ago. *Journal of Archaeological Science* 27(12), 1197-1214.
- Semaw, S., Rogers, M. J., Quade, J., Renne, P. R., Butler, R. F., Dominguez-Rodrigo, M., Stout, D., Hart, W. S., Pickeringg, T., Simpson, S. W. 2003. 2.6-Million-year-old stone tools and associated bones from OGS-6 and OGS-7, Gona, Afar, Ethiopia. *Journal of Human Evolution* 45, 169-177.
- Semaw, S., Rogers, M. J., Stout, D. 2009. The Oldowan-Acheulian Transition: Is there a “Developed Oldowan” Artifact Tradition? In: Camps, M., Chauhan, P. (eds.), *Sourcebook of Paleolithic Transitions*. Springer, 173-193.
- Shackley, M. S. 2011. An Introduction to X-Ray Fluorescence (XRF) Analysis in Archaeology. In: Shackley M.S. (ed.), *X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) in Geoarchaeology*. Springer Science+Business Media, LLC, 231 p.
- Semenov, S.A. 1964. *Prehistoric Technology*. Translated by M.W.Thompson. Cory, Adams and MacKay, London, 211 p.
- Shackley, M. S. 2012. Portable X-ray Fluorescence Spectrometry (pXRF): The Good, the Bad, and the Ugly. *Archaeology Southwest Magazine*. 26(2), 8 p.
- Sharon, G. 2007. *Acheulian Large Flake Industries: Technology, Chronology and Significance*. Oxford: Archaeopress, 236 p.
- Shea J. J. 2013. *Stone Tools in the Paleolithic and Neolithic Near East: A Guide*, Cambridge University Press, 408 p.
- Sheperd, R. 1980. *Prehistoric Mining and Allied Industries (Studies in archaeological science)*. London, Academic Press, 272 p.
- Shepherd, R.1994. Mining in Europe during the Neolithic and the Chalcolithic. In: De Leat S.J. (ed.) *History of Humanity: Volume I: Prehistory and the Beginnings of Civilization*. Routledge, 786 p.
- Shepherd, W. 1972. *Flint: Its Origin, Properties and Uses*. London, Faber and Faber, 255 p.
- Sherwani, G. H., Balaky, S. M. 2006. Black chert, an interesting petrographic component within the upper part of Sargelu formation (Middle Jurassic) – North part Northeastern Iraqi Kurdistan. *Iraqi Bulletin of Geology and Mining* 2(2), 77-88.
- Sholtsa, S. B., Stanford, D.J., Flores, L. M., Wärmländer, S. K.T.S. 2012. Flake scar patterns of Clovis points analyzed with a new digital morphometrics approach: evidence for direct transmission of technological knowledge across early North America. *Journal of Archaeological Science Volume* 39(9), 3018-3026.
- Sieveking, G. de G., Bush, P., Ferguson, J., Craddock, P. T., Hughes, M. J., Cowell, M. R. 1972. Prehistoric flint mines and their identification as sources of raw material. *Archaeometry* 14(2), 151-176.
- Sieveking, G. de G., Hart, M. B. (eds.), 2011. *The Scientific Study of Flint and Chert: Proceedings of the Fourth International Flint Symposium Held at Brighton Polytechnic 10-15 April 1983*. Reissue edition. Cambridge University Press, 306 p.
- Sieveking, G. de G., Newcomer, M. H. (eds.) 2012. *Human Uses of Flint and Chert: Proceedings of the Fourth International Flint Symposium Held at Brighton Polytechnic 10-15 April 1983*. Reprint edition. Cambridge University Press, 278 p.
- Siever, R., 1962. Silica solubility, 0°–200° C, and the diagenesis of siliceous sediments. *Journal of Geology* 70, 127–150.
- Skinner, A. R. 2015. Studying chert with electron-spin resonance. *Quaternary International*, In Press. DOI: 10.1016/j.quaint.2015.02.057
- Smith, A. B., Batten D. J. (eds). 2002. *Fossils of the Chalk. Palaeontological Association Field Guide to*

- Fossils: Number 2*. London, The Palaeontological Association, 374 p.
- Smolla, G. 2012. Prehistoric flint mining: the history of research - a review. *In.*: Sieveking, G.de C., Newcomer, M. H. (eds.), *Human Uses of Flint and Chert: Proceedings of the Fourth International Flint Symposium Held at Brighton Polytechnic 10-15 April 1983*. Cambridge University Press; Reissue edition 2012, 127-129.
- Soressi M. 2005. Late Mousterian lithic technology. Its implications for the pace of the emergence of behavioural modernity and the relationship between behavioural modernity and biological modernity. *In.*: Backwell, L., d'Errico, F. (eds.), *From Tools to Symbols*. Johannesburg University of Witwatersand Press: 389-417.
- Soressi, M., Dibble, H. L. 2003. *Multiple Approaches to the Study of Bifacial Technologies*. University of Pennsylvania Museum of Archaeology and Anthropology, 290 p.
- Soressi, M., Geneste J.-M. 2011. The History and Efficacy of the Chaîne Opératoire Approach to Lithic Analysis: Studying Techniques to Reveal Past Societies in an Evolutionary Perspective. *PaleoAnthropology: Special Issue: Reduction Sequence, Chaîne Opératoire, and Other Methods: The Epistemologies of Different Approaches to Lithic Analysis*, 334–350.
- Soressi, M., Roussel, M. 2014. European Middle to Upper Paleolithic Transitional Industries: Châtelperronian. *In.*: Smith, C. (ed.), *Encyclopedia of Global Archaeology*. Springer New York, 2679-2693.
- Spence, G. H., Redfern, J., Aguilera, R., Bevan, T.G., JCosgrove, W. G., Couples, D., Daniel, J.-M. 2014. *Advances in the Study of Fractured Reservoirs*. Geological Society of London, 425 p.
- Stančikaitė, M., Daugnora, L., Hjelle, K., Hufthammer, A. K. 2009. The environment of the Neolithic archaeological sites in Šventoji, Western Lithuania. *Quaternary International* 27, 117-129.
- Stevenson, A. 2013. Artefacts of excavation. The British collection and distribution of Egyptian finds to museums, 1880 -915. *Journal of the History of Collections*, doi:10.1093/jhc/fht017, 14 p.
- Stefanski, D., Wilczynski, I. 2012. Extralocal raw materials in the Swiderian culture. Case study of Kraków-Bieżanów sites. *Anthropologie* 7, 427-442.
- Stefurak, E.J.T., Lowe, D.R., Zentner, D., Fischer, W.W. 2014. Primary silica granules—A new mode of Paleoproterozoic sedimentation. *Geology*, doi:10.1130/G35187.1, 4p.
- Stinkulis, G., Indāns, I., Ignāte, L. 2007. Devona Šķerveļa svītas nogulumi un to veidošanās apstākļi. *LU 65. zinātniskā konference. Ģeogrāfija, ģeoloģija, vides zinātne*. LU Akadēmiskais apgāds, Rīga, 202-204.
- Stinkulis Ģ., Spruženiece L. 2011, Dolocretes as indicators of the subaerial exposure episodes in the Baltic Devonian palaeobasin. *In.*: Lukševičs E., Stinkulis Ģ., Vasiļkova J. (eds.), *The Eighth Baltic Stratigraphical Conference. Abstracts*. Riga, 62-63.
- Stout, D. 2011. Stone toolmaking and the evolution of human culture and cognition. *Phil. Trans. R. Soc. B* 366, 1050-1059.
- Stout, D., Quade, J., Semaw, S., Rogers, M., Levin, N.I E. 2005. Raw material selectivity of the earliest stone toolmakers at Gona, Afar, Ethiopia. *Journal of Human Evolution* 48, 365-380.
- Straus, L. G. 2013. After the Deep Freeze: Confronting “Magdalenian” Realities in Cantabrian Spain And Beyond. *Journal of Archaeological Method and Theory* 20, 236-255.
- Straus L. G., Morales, M. R. G. 2012. The Magdalenian settlement of the Cantabrian region (Northern Spain): The view from El Miron Cave. *Quaternary International* 272-273, 111-124.
- Stringer, C. 2012. *The Origin of Our Species*, Penguin Books Ltd, 352 p.
- Ströbele, F., Heinz, G., Zhiyong, L. (eds.) 2014. *Sustainable documentation in archaeology*. Verlag des Römisch-Germanischen Zentralmuseums, 55 p.
- Sugitani, K., Yamamoto, K., Adachi, M., Kawabe, I., Sugisaki, R. 1998. Archean cherts derived from chemical, biogenic and clastic sedimentation in a shallow restricted basin: examples from the Gorge Creek Group in the Pilbara Block. *Sedimentology* 45(6), 1045-1062.
- Sulgostowska Z. 2006. Final Palaeolithic Societies' Mobility in Polans as Seen From the Distribution of Flints. *Archaeologia Baltica* 7, 36-42.
- Svahn, H. 2006. *Non-Destructive Field Tests in Stone Conservation: Final Report for the Research and Development Project: Literature Study*. Riksantikvarieämbetet, 118 p.
- Swisher C. C., Curtis, G. H., Jacob, T., Getty, A.G., Suprijo, A., Widiasmoro 1994. Age of the earliest known hominids in Java, Indonesia. *Science* 263(5150), 1118-1121.
- Symons, M. C. R. 2011. Applications of magnetic resonance in the study of cherts. *In.*: Sieveking, G.de C., Hart, M.B. (eds.), *The Scientific Study of Flint and Chert: Proceedings of the Fourth International Flint Symposium Held at Brighton Polytechnic 10-15 April 1983*. Cambridge University Press, Reissue edition 2011, 249-257.
- Szakmány, G., Kasztovszky, Z., Szilágyi, V., Starnini, E., Friedel, O., Biró, K. T. 2011. Discrimination of prehistoric polished stone tools from Hungary with non-destructive chemical Prompt Gamma Activation Analyses (PGAA). *European Journal of Mineralogy* 23(6), 883-893.

- Tarriño Vinagre, A. 2006. *El sílex de la Cuenca Vasco Cantábrica y del Pirineo Navarro: caracterización y su aprovechamiento en la Prehistoria*. Madrid, Museo Nacional y Centro de Investigación de Altamira, 264 p.
- Terry, K., Andrefsky W. Jr C., Konstantinov, M.V. 2009. Raw material durability, function, and retouch in the Upper Paleolithic of the Transbaikalian region, Siberia. In: Adams, B., Blades, B. S. (eds.), *Lithic Materials and Paleolithic Societies*. Wiley-Blackwell, 256-269.
- Thiry, M., Fernandes, P., Milnes, A., Raynal J.-P. 2014. Driving forces for the weathering and alteration of silica in the regolith: implications for studies of prehistoric flint tools. *Earth-Science Reviews*, 141-154.
- Thurston, D. R. 1972. Studies on bedded cherts. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 36(4), 329-334.
- Tomaskova, S. 2005. What is a Burin? Typology, Technology, and Interregional Comparison. *Journal of Archaeological Method and Theory* 12(2), 79-115.
- Tostevin, G. B. 2011. Levels of Theory and Social Practice in the Reduction Sequence and Chaîne Opératoire Methods of Lithic Analysis. *PaleoAnthropology: Special Issue: Reduction Sequence, Chaîne Opératoire, and Other Methods: The Epistemologies of Different Approaches to Lithic Analysis*, 351-375.
- Trampisch, C. 2007. Melanosclerites from the Öjlemyr Cherts, Gotland. *Comunicações Geológicas* 94, 93-107.
- Trigger, B. G. 2006. *A History of Archaeological Thought*. Cambridge University Press, 730 p.
- Tryon, C. A., McBrearty, S., Texier, P.-J. 2006. Levallois Lithic Technology from the Kapthurin Formation, Kenya: Acheulian Origin and Middle Stone Age Diversity. *African Archaeological Review* 22(4), 199-229.
- Turner, R. 2013. *Flint Knapping: A Guide to Making Your Own Stone Age Toolkit*. The History Press, 168 p.
- Tykot, R. H. 2004. Scientific methods and applications to archaeological provenance studies. *Proceedings of the International School of Physics "Enrico Fermi"*. Amsterdam, 407-432.
- Tyldesley, J. A., Bahn, P. G. 1983. Use of plants in the European Palaeolithic: A review of the evidence. *Quaternary Science Reviews* 2(1), 53-81
- Tyler, C. W. 2000. The Human Expression of Symmetry: Art and Neuroscience. In *proceedings of the ICUS Symmetry Symposium*, Seoul, 17 p.
- Uliaszek, S. J., Huss-Ashmore, R. 1997. *Human Adaptability: Past, Present, and Future: The First Parkes Foundation Workshop*. Oxford University Press, 336 p.
- Underhill, D. 2007. Subjectivity Inherent In By-Eye Symmetry Judgements and the Large Cutting Tools at the Cave of Hearths, Limpopo Province, South Africa. *Papers from the Institute of Archaeology* 18, 12 p.
- Urbanowski, M. 2009. Middle Palaeolithic Handaxes: The case of Wylotne Rockshelter. In Krzysztof, C. Et al. (eds.), *Understanding the Past*, 365-376.
- Vahur, S, Kriiska, A., Leito, I. 2011. Investigation of the adhesive residue on the flint insert and the adhesivelump found from the Pulli Early Mesolithic settlement site (Estonia) by MICRO-ATR-FT-IR spectroscopy. *Estonian Journal of Archaeology* 15, 3-17.
- Valentin, B. 2008. Magdalenian and Azilian Lithic Productions in the Paris Basin: Disappearance of a Programmed Economy. *The Arkeotek Journal* 2(3), 54 p.
- Valois, K. K. D. 2000. *Seeing. Handbook of Perception and Cognition*, Academic Press, 418 p.
- Vecstaudža, J., Bērziņa-Cimdiņa, L. 2014. Analytical Techniques Employed in Provenance Studies of Archaeological Ceramics. In: *Latvijas derīgā izrakteņi, jaunas tehnoloģijas, materiāli un produkti*. Rīga, 138-146.
- Villa, P., Sorresi, M. 2000. Stone tools in carnivore sites: the case of Bios Roche. *Journal of Anthropological Research* 56, 187-215.
- Von Rad, U., Riech, V., Rösch, H. 1977. Silica Diagenesis in Continental Margin Sediments off Northwest Africa. In: Lancelot, Y., Seibold, E., et al. (eds.), *Deep Sea Drilling Project Volume XLI*. U.S. Government Printing Office, 879-905.
- Wagemans, J. 1993. Skewed Symmetry: A Nonaccidental Property Used to Perceive Visual Forms. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 19(2), 364-380.
- Wagemans, J. 1995. Detection of visual symmetries. *Spatial Vision* 9(1), 9-32.
- Wagemans, J. 1997. Characteristics and models of human symmetry detection. *Trends in Cognitive Sciences* 1(9), 346-352.
- Wang, J., Chen, D., Wang, D., Yan, D., Zhou, X. and Wang, Q. 2012. Petrology and geochemistry of chert on the marginal zone of Yangtze Platform, western Hunan, South China, during the Ediacaran-Cambrian transition. *Sedimentology* 59, 809-829.
- Wąs, M. 2006. Raw materials and flint processing strategy in the Late Mesolithic in Poland. Results of refitting. In: Wiśniewski, A., Plonka, T., Burdukiewicz, J.M.(eds.) *The Stone: Technique and*

- Technology*. Wrocław, Uniwersytet Wrocławski, 173-178.
- Washington State University 1997. Appendix G List of Abbreviations and Glossary of Terms Lithic Analysis, Washington State University, 10 p.
- Webster, M., Sheets, H. D. 2010. A Practical introduction to landmark-based geometric morphometric. *The Paleontological Society Papers* 16, 163-188.
- Wentworth, C. K. 1922. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *The Journal of Geology* 30(5), 377-392.
- Werth, E. 1921. Der fossile Mensch. Grundzüge einer Paläanthropologie. Berlin, Gebrüder Borntraeger, 898 p.
- Weyl, H. 1983. *Symmetry*. Princeton University Press, 176 p.
- Weymouth, J.H., Williamson, W.O, 1951. *Some physical properties of raw and calcined flint*, 573-593.
- Whittaker, J. C. 2004. *American Flintknappers*. University of Texas Press, 375 p.
- Wickham-Jones, C.R., Collins, G.H. 1977. The sources of flint and chert in northern Britain. *Proceedings of the Society of Antiquaries of Scotland* 109, 7-21.
- Wilcock, J. D. 1973. Getting the Best Fit? 25 Years of Statistical Techniques in Archaeology. *CAA*, 35- 51.
- Williams, R. B. G. 2011. Periglacial phenomena in the South Downs. In.: Sieveking, G.de C., Hart, M.B. (eds.), *The Scientific Study of Flint and Chert: Proceedings of the Fourth International Flint Symposium Held at Brighton Polytechnic 10-15 April 1983*. Cambridge University Press, Reissue edition 2011, 161-167.
- Williams, L.A., Crerar, D.A., 1985, Silica diagenesis, II. General mechanisms. *Journal of Sedimentary Petrology* 55, 312-321.
- Wilson, R. A., Keil, F.C. 1999. *The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences*. Bradford Book, 964 p.
- Wolff, C. B., Speakman R. J., Fitzhugh W.W. 2014. Assessment of portable X-ray fluorescence analysis for the evaluation of slate procurement and exchange: a Maritime Archaic case study from Newfoundland and Labrador. *Open Journal of Archaeometry* 2(1), DOI: 10.4081/arc.2014.5460.
- Woods, A. D. 2011. *The effects of lithic raw material quality on Aurignacian blade production at Abri Cellier*. Dissertation, University of Iowa, 182 p.
- Wright, K. 1992. A Classification System for Ground Stone Tools from the Prehistoric Levant. *Paléorient* 18(2), 53-81.
- Wynn, T. 2002. Archaeology and cognitive evolution.. *Behavioral and Brain Sciences* 25, 389-438.
- Xu, H., Buseck, P. R., Luo, G. 1998. HRTEM investigation of microstructures in length-slow chalcedo. *American Mineralogist* 83, 512-545.
- Yang, X., Adluru, N., Latecki, L. J., Bai, X., Pizlo, Z. 2008. Symmetry of Shapes via Self-Similarity. Lecture Notes in Computer Science Volume 5359, 561-570.
- Yerkes, R. W., Kardulias, P. N. 1993. Recent Developments in the Analysis of Lithic Artifacts. *Journal of Archaeological Research* 1( 2), 89-119.
- Yoo, Y. 2007. *Long-Term Changes in the Organization of Lithic Technology: A Case Study from the Imjin-Hantan River Area, Korea*. Doctoral thesis, McGill University, Montreal, 403 p.
- Yu, B., Dong, H., Widom, E, Chen, J, Lin, C. 2009. Geochemistry of basal Cambrian black shales and cherts from the Northern Tarim Basin, Northwest China: Implications for depositional setting and tectonic history. *Journal of Asian Earth Sciences* 34(3), 418-436.
- Zabrodsky, H., Peleg, S., Avnir, D. 1992. A Measure of Symmetry Based on Shape Similarity. *Computer Vision and Pattern Recognition. Proceedings CVPR '92*, 703-706.
- Zagorska, I. 1974. Vēlā paleolīta dzīvesvieta Salaspils Laukskolā. *ASM 1973*, 99-101.
- Zagorska, I. 1975. Akmens laikmeta atradumi Salaspils Laukskolā. *ASM 1974*, 81-84.
- Zagorska, I. 2012. *Senie ziemeļbriežu mednieki Latvijā*. Zinātne, 206 lpp.
- Zagorska, I., Winiarska-Kabacinska, M. 2012. A first glimpse of the organisation of space in the Late Palaeolithic of Latvia. *Latvijas Vēstures Institūta Žurnāls* 3, 5-21.
- Zariņa, A. 1973. Izrakumi Salaspils Laukskolā 1972. gadā. *ASM 1972*, 76-80.
- Zhilin, M.G. 1997. Flint raw material from the Upper Volga basin and its use in the Final Palaeolithic-Neolithic. In: Schild, R., Sulgostowska, Z. (eds.) *Man and Flint. Proceedings of the VIIIth International Flint Symposium Warszawa – Ostrowiec Świętokrzyski*. Polish Academy of Sciences, Warszawa, 331-333.
- Zingg, T. 1935. *Beitrag zur Schotteranalyse*. Protions arbeit. Doktors der Naturwissenschaften. Leemann & Co, Zurich, 140 p.



## Nepublicētā literatūra

- Ahmad, G. S. 2009. *The Middle Paleolithic Stone Tool Assemblage from Ar Rasfa: Reconstructing Late Pleistocene Human Behavior in the Jordan Rift Valley*. Doctoral thesis, Stony Brook University, 159 p.
- Alexandru-Viorel, C. 2013. *Raw-material sources, supply strategies and technological organization in the Palaeolithic from Valahian Sector of the Moesian Platform*. Doctoral thesis, University of Bucharest, 57 p.
- Almeida, V. M. 2013. *Towards Functional Analysis of Archaeological Objects through Reverse Engineering processes*. Doctoral thesis, Universitat Autònoma de Barcelona, 289 p.
- Clayton, C. J. 1984. *The geochemistry of chert formation in Upper Cretaceous cherts*. Doctoral Thesis, King's College London, 394 p.
- Couzens, R. A. 2012. *An Analysis of the Symmetry of Large Cutting Tools within the South African Acheulean*. Master thesis, University of the Witwatersrand, 64 p.
- Duffy, C. J. 1993. *Kinetics of Silica-Phase Transitions*. Master Thesis, Los Alamos, New Mexico, 22 p.
- Emery, K. 2010. *A re-examination of variability in handaxe form in the British Palaeolithic*. Doctoral thesis, Archaeology, University College London, 403 p.
- French, M. W. 2013. *Quartz growth: understanding porosity-preserving microcrystalline quartz through EBSD, TEM, and NanoSIMS examination of low temperature silica*. Doctoral thesis, University of Liverpool, 174 p.
- Graves-Brown, C. A. 2010. *The Ideological Significance of Flint in Dynastic Egypt*. Doctoral thesis, University College London, 581 p.
- Kukela, A., 2013. *Ģeoloģisko zināšanu attīstība Senās Valsts Ēģiptē*. Disertācija, Latvijas universitāte, Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, 136 lpp.
- Parish, R. M. 2013. *The application of reflectance spectroscopy to chert provenance of Mississippian symbolic weaponry*. Doctoral thesis, The University of Memphis, 295 p.
- Stinkulis, Ģ. 1998. *Latvijas devona klastisko-karbonātiežu un kaļķakmeņu-dolomītu pārejas zonu sedimentoloģija un mineraloģija*. Disertācija, Latvijas Universitāte, 228 lpp.

## Interneta resursi

- Elburg, R., Kroft, P.V.D. 2008. *FlintSource.NET*. from <http://www.flintsource.net/> (01.05.2015.)
- Encyclopedia Britannica <http://www.britannica.com> (01.05.2015.)
- Harrod, J. B. 2001. Categories and Principles of Proto-Art: Hypotheses on Early and Middle Palaeolithic Art, Symbol and Religion. Available: <http://www.originsnet.org/protoartprinciples.pdf> (01.05.2015.)
- Harrod, J. B. 2002. Notes on Middle Acheulean spirituality: stone tool logic structures and analogies of the soul. 20 p. <http://www.originsnet.org/machultool1183k.pdf> (01.05.2015.)
- Oxford Dictionaries. <http://www.oxforddictionaries.com> (01.05.2015.)
- Scandinavian Colour Institute AB 2015. *Logic Behind the System*. From: <http://www.ncscolor.com/en/natural-colour-system/logic-behind-the-system/> (01.05.2015.)
- Phillips, M. 1996. Java Kali. From: <http://www.geom.uiuc.edu/java/Kali/welcome.html> (01.05.2015.)
- Schoeni, N., Hardaker, W., Chapuis, G. 2004. Escher Web Sketch. The Swiss Federal Institute of Technology (EPFL). From: <http://escher.epfl.ch/escher/> (01.05.2015.)
- Skeen, R. 2012. Recognising man-made flints: a short guide. *Cambridge Archaeology Field Group*. <http://www.cafg.net/docs/articles/FlintGuide.pdf> (01.05.2015.)
- Skrundas novada teritorijas plānojums. Paskaidrojuma raksts. 2013. [http://www.skrundasnovads.lv/Teritorialais\\_planojums/new/Skrundas\\_Novada\\_TP\\_PR\\_2R\\_v1.pdf](http://www.skrundasnovads.lv/Teritorialais_planojums/new/Skrundas_Novada_TP_PR_2R_v1.pdf) (01.05.2015.)
- Virešu pagasta teritorijas plānojuma 2003.-2015. gada grozījumiem. 2010. [http://videseksperti.lv/PDF\\_01/Viresu\\_VP\\_1.pdf](http://videseksperti.lv/PDF_01/Viresu_VP_1.pdf) (01.05.2015.)
- Bradshaw Foundation 2015. *Exploring the Fossil Record. Human Evolution*. <http://www.bradshawfoundation.com/origins/index.php> (01.08.2015.)



ISSN .....  
ISBN .....

