

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE
ĢEOLOĢIJAS NODAĻA

AVOTU ŪDENS ĶĪMISKAIS SASTĀVS MAZSALACAS APKĀRTNE

BAKALaura DARBS

Autore: Karīna Skuķe

Stud. apl. Ks 08305

Darba vadītāja: Docents, Dr. ģeol. Aija Dēliņa

RĪGA 2013

ANOTĀCIJA

Bakalaura darba mērķis ir apzināt avotu raksturlielumus Mazsalacas apkārtnē: temperatūru, elektrovadītspēju (EVS), vides reakciju (pH), debītu un ūdens ķīmisko sastāvu. Aprakstīt ģeoloģisko uzbūvi un hidroģeoloģiskos apstākļus. Kopumā tika apsekoti 12 avoti, kas atrodas Mazsalacas apkārtnē. Tika veikti laboratorijas darbi, kā rezultātā noteikta galveno katjonu (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) un anjonu (SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^-) koncentrācija ievāktajos ūdens paraugos. Raksturots avotu ūdeņu ķīmiskais sastāvs, analizēta avotu ūdens piederība konkrētam ūdens horizontam. Secināts, ka pēc ķīmiskā sastāva visi avoti barojas no devona ūdeņiem- Arukilas ūdens horizonta. Krasas atšķirības starp visiem avotu ūdeņiem nav vērojamas.

Atslēgas vārdi: temperatūra, elektrovadītspēja, pH, katjoni, anjoni, Paipera diagramma.

ANNOTATION

The aim of the Bachelor Paper is to explore the properties of springs in Mazsalaca town vicinity such as water temperature, electric conductivity (EC), pH, yield of the springs and basic chemical composition of water. To describe geological structure and hydrogeological conditions of Mazsalaca vicinity. Totally 12 springs located around Mazsalaca have been observed. Water samples laboratory analysis has been performed, obtaining concentration of major cations (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) and anions (SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^-). Chemical composition of the spring water is described, possible aquifer sources of the springs is assessed. Based on chemical composition it was concluded that all the springs are feeding from Devonian water- Arukila aquifer. No extreme differences among all water springs were observed.

Keywords: temperature, electric conductivity, pH, cations, anions, Piper plot.

SATURS

IEVADS	4
1. PAZEMES ŪDEŅU VEIDI, SASTĀVS UN ĪPAŠĪBAS	5
1.1. PAZEMES ŪDEŅU VEIDOŠANĀS	5
1.1.1. Pazemes ūdeņu klasifikācija.....	5
1.2. AVOTI.....	6
1.3. PAZEMES ŪDEŅU FIZIKĀLĀS ĪPAŠĪBAS UN ĶĪMISKAIS SASTĀVS	7
1.3.1. Pazemes ūdeņu fizikālās īpašības.....	8
1.3.2. Pazemes ūdeņu ķīmiskais sastāvs	8
1.3.3. Pazemes ūdeņu mineralizācija	10
1.3.4. Pazemes ūdeņu cietība	11
1.3.5. Pazemes ūdeņu agresivitāte	11
2. PĒTĪTĀS TERITORIJAS RAKSTUROJUMS	13
2.1. KLIMATS MAZSALACAS APKĀRTNĒ.....	13
2.2. SALACAS UPES ĪSS RAKSTUROJUMS	14
2.3. TERITORIJAS ĢEOLOĢISKĀ UZBŪVE UN RELJEFS	14
2.4. RAJONA HIDROĢEOLOĢISKAIS APSTĀKĻI	15
3. MATERIĀLI UN METODES	19
3.1. LITERATŪRAS STUDIJAS.....	19
3.2. LAUKA DARBI	19
3.3. LABORATORIJAS DARBI	20
3.3.1. Turbimetriskā SO_4^{2-} jonu daudzuma noteikšana	21
3.3.2. Titrimetriskā hlorīdjonu (Cl^-) noteikšana ar sudrabu.....	21
3.3.3. Titrimetriskā kopējās cietības noteikšana ar trilonu B	22
3.3.4. Ūdens cietības noteikšana HCO_3^-	22
3.3.5. Titrimetriskā kalcija jonu (Ca^{2+}) noteikšana ar trilonu B	23
3.4. KAMERĀLIE DARBI	24
3.4.1. Kartogrāfiskā materiāla sagatavošana	24
3.4.2. Jonu bilances aprēķins	24
3.4.3. Paipera diagrammas sastādīšana	25
4. PĒTĪTIE AVOTI UN TO ŪDENS ĶĪMISKAIS SASTĀVS	26
4.1. AVOTU DEBITS UN ŪDENS FIZIKĀLI ĶĪMISKAIS PARAMETRI.....	28
4.2. AVOTU ŪDENS ĶĪMISKAIS SASTĀVS	29
4.2.1. Jonu bilance.....	29
4.2.2. Ūdens ķīmiskā sastāva atšķirības avotos	30
MAZSALACAS APKĀRTNES AVOTUS VEIDOJOŠIE ŪDENS HORIZONTI.....	32
4.3.	32
SECINĀJUMI	35
IZMANTOTĀS LITERATŪRAS SARAKSTS	36

IEVADS

Pazemes ūdeņi ir nozīmīgs apkārtējās vides elements ar lielu saimniecisko nozīmi. Pazemes ūdeņi ir vairāku zinātnes nozaru redzeslokā: ģeoloģijas, augsnes zinātnes un hidroloģijas. Pazemes ūdens ir neaizstājams avots kvalitatīva ūdens ūdensapgādes sistēmām. Pazemes ūdeņu hidroloģija aplūko pazemes ūdeņus kopsakarā ar ūdens apriti dabā. Zināšanas par pazemes ūdeņiem nepieciešamas arī daudzu ekoloģijas jautājumu izpratnei un risināšanai.

Salacas un to pieteku ielejās samērā bieži izplūst avoti, piemēram, Skābumbalļas avots Mazsalacā, un daudzi bez nosaukuma avoti, kuru ūdeni iedzīvotāji izmanto dzeršanai. Kurša darba tēmu „Avotu ūdens ķīmiskais sastāvs Mazsalacas apkārtnē” izvēlējies, jo šie avoti ir maz pētīti un zināšanas par tiem un avotu ūdeņu ķīmisko sastāvu ļautu labāk spriest par avotu izcelsmi, horizontiem, no kuriem tie izplūst.

Pētījuma **mērķis** ir izpētīt Mazsalacas apkārtnē esošo avotu ūdens ķīmisko sastāvu, kā arī, analizējot ūdens sastāvu, mēģināt noteikt, kuriem ūdens horizontiem šie avoti pieder.

Bakalaura darba mērķa sasniegšanai tika izvirzīti šādi **uzdevumi**:

1. apsekot Salacas ieleju Mazsalacas apkārtnē, noteikt tur esošo avotu atrašanās vietu, izvēlēties avotus detalizētai izpētei;
2. iepazīt literatūru par teritorijas ģeoloģisko uzbūvi un hidroģeoloģiskajiem apstākļiem;
3. izvēlētajiem avotiem aprakstīt to izplūdes vietu, noteikt avota debītu, ūdens fizikāli ķīmiskos parametrus un ņemt ūdens paraugus ķīmisko analīžu veikšanai;
4. veikt ūdens paraugu ķīmiskās analīzes;
5. veikt datu apstrādi un analīzi, salīdzināt iegūtos ūdens ķīmiskā sastāva datus ar datiem par kvartāra un Arukilas ūdens horizontu ķīmisko sastāvu Mazsalacas apkārtnē.

Izpildot šos uzdevumus, tika iegūta informācija par avotu izplatību Salacas ielejas posmā Mazsalacas apkārtnē, tika apzinātas lielāko avotu atrašanās vietas, no kāda vecuma iežiem tie izplūst. Divpadsmit avotiem tika noteikta ūdens temperatūra, vides reakcija (pH), elektrovadītspēja (EVS) un ņemti ūdens paraugi, kuriem veiktas ūdens ķīmiskā sastāva analīzes LU ĢZZF vides ķīmijas laboratorijā. Salīdzinot avotu ūdens un kvartāra un Arukilas ūdens horizontu ūdeņu ķīmisko sastāvu, precizēts horizonts, no kura barojas pētītie avoti.

Darbu veido ievads, četras nodaļas ar apakšnodaļām, secinājumi, izmantotās literatūras saraksts ar desmit publicētajiem un četriem npublicētajiem darbiem, un viens pielikums, kopā uz trīsdesmit deviņām lapām. Darbu papildina četras tabulas un divpadsmit attēli.

1. PAZEMES ŪDEŅU VEIDI, SASTĀVS UN ĪPAŠĪBAS

Pazemes ūdeņi sastopami iežu porās, ūdensnesēj slāņos, plaisās un dzīslās. Un to sastāvu un īpašības ietekmē gan plūsmas intensitāte, gan ietverošo iežu sastāvs.

1.1. Pazemes ūdeņu veidošanās

Gruntsūdens lielākā (dominējošā) daļa veidojas infiltrējoties nokrišņu ūdeņiem vai iesūcoties pazemes slāņos citiem virszemes ūdeņiem (no ūdenstilpnēm un ūdenstecēm). Gruntsūdens veidošanās procesā no nokrišņu ūdeņiem izšķirami divi etapi: pirmais ir nokrišņu ūdens iesūkšanas (infiltrācija) augsnē, otrajā etapā pēc augsnes piesātināšanās ar ūdeni sākas tā pārtecēšana uz gruntsūdens horizontu. Šo etapu pieņemts saukt par perkolāciju.

Pazemes ūdeņi ir aktīvi iesaistīti kopējā ūdens aprites procesā dabā. Latvijā visu veidu virszemes ūdeņi, kas infiltrējoties papildina gruntsūdeņus, bet pēc tam drenējās hidrogrāfiskajā tīklā, vidēji gadā sastāda aptuveni 4,7 km³, kas ir apmēram trešā daļa no Latvijas teritorijā veidojošās upju noteces (15,7 km³/gadā) (Zīverts, 2001).

Daudz mazāka gruntsūdens daļa veidojas kondensējoties ūdens tvaikiem. Šim ūdeņu avotam vērā ņemama nozīme ir tikai runājot par augsnes ūdeņiem.

Relatīvi pavisam nedaudz laika vienība pazemes ūdeņu veidojas, ūdenim izdaloties no magmas (juvelīnie ūdeņi). Tie ir jauni ūdeņi, kas papildina hidrosfēru (Zīverts, 2001).

1.1.1. Pazemes ūdeņu klasifikācija

Pazemes ūdeņu klasifikāciju, vadoties pēc dažādām pazīmēm (ķīmiskā sastāva, veidošanās mehānisma, saguluma, hidrauliskām īpašībām, kustības režīma, temperatūras u.c.), izstrādājuši daudzi zinātnieki. Vispārpieņemtas vienotas pazemes ūdeņu klasifikācijas hidroģeoloģijā nav, bet esošās var iedalīt 3 grupās:

- Pazemes ūdeņus klasificē pēc ķīmiskā sastāva (V. Verdanskis, C. Palmers, V.Aļeksandrovs, O. Aļonkins u.c.)
- Pazemes ūdeņus klasificē pēc izcelšanās, sagulumu vai citām pazīmēm (O.Lange, F. Savarenskis u.c.)
- Pazemes ūdeņus klasificē pēc vienas vai nedaudzām raksturīgām pazīmēm (A.Dzenis, N.Plotņikovs).

Pēc ūdens horizontu veidojošo nogulumu vecuma pazemes ūdeņus var iedalīt kvartāra ūdeņos, devona ūdeņos un citos.

Pēc atrašanās iežos tos var iedalīt šādi:

- Poru ūdeņi, kuri saguļ un cirkulē augšņu ģenētisko horizontu sīkajās porās un ir dažādi pēc ģenēzes, līdz ar to arī pēc granulometriskā un mineralogiskā sastāva,
- Ūdens nesējslāņu ūdeņi, kuri saguļ un cirkulē irdenos nogulumiežu slāņos,
- Plaisu ūdeņi, kuri saguļ un pa plaisām cirkulē brīvos nogulumiežos, magmatiskajos vai metamorfajos,
- Plaisu- dzīslu ūdeņi, kuri saguļ un cirkulē pa tektonisko procesu izveidotām dzīslām un plaisām.

Pēc hidrauliskajām īpašībām pazemes ūdeņos iedala spiediena un bezspiediena ūdeņos (Bamberg, 1993).

1.2. Avoti

Avoti izveidojas vietās, kur kādu ģeoloģisko faktoru ietekmē pazemes ūdeņu nesējslāņi atsedzas vai caur plaisām savienojas ar zemes virsu. Avotu rašanos veicina šādi ģeoloģiskie faktori:

- Upes ielejās, gravās, balkās, ezeru ielejās šķērsotā reljefā ir atsegti ūdens horizonti;
- Dažādas ģeoloģiskas struktūras (antiklināles, nomati, atklātās plaisas u.c.)
- Intruzīvo procesu rezultātā izveidotās daikas, plaisas u.c. (Bamberg, 1993).

Šo faktoru mijiedarbība rada pazemes ūdeņu resursu un to ķīmiskā sastāva daudzveidību griezumā un vērsumā. Pie tam, gruntsūdeņus ietekmē galvenokārt vietējie faktori, bet palielinoties ūdens horizonta iegulumam dziļumam pieaug reģionālo faktoru nozīmīgums (Raga, 2008).

Avots ir vieta, kur pazemes ūdeņi brīvi izplūst Zemes virspusē. Visbiežāk tie izveidojas upju ielejās, gravās, aizās, ezeru ieplakās vai arī tektonisko plaisu zonās, antiklināļu kupolos. Avotos var izveidot kā gruntsūdeņi un artēziskie ūdeņi, kā arī maldu gruntsūdeņi.

Visstabilākais režīms ir tiem avotiem, kurus baro artēziskie ūdeņi. Parasti šādi avoti veidojas artēzisko ūdens horizontu drenāžas (noplūdes) apgabalos. Gruntsūdeņu avotu režīms ir mazāk pastāvīgs, un to debītiem raksturīgas sezonālās svārstības. Visvairāk režīms mainās maldu gruntsūdeņu avotiem, kuri atrodas aerācijas zonā, t.i., virs gruntsūdeņa līmeņa. Tos ietekmē hidrometeoroloģiskie un citi apstākļi, dažreiz tie var izsīkt. Stipri mainīgs ir arī šo avotu ūdeņu ķīmiskais sastāvs un temperatūra (Indāns, 1979).

.Avotus iedala pēc šādām pazīmēm:

- Pēc to piederības dažādiem pazemes ūdeņu veidiem,

- Pēc režīma,
- Pēc debīta izmaiņas pakāpēm,
- Pēc temperatūras,
- Pēc ķīmiskā sastāva.

Avotus, kuri veidojas bezspiediena ūdeņiem izplūstot no smilšainu, grantainu vai plaisainu iežu slāņa, sauc par lejupplūsmu vai krītošiem vai bezspiediena avotiem, un tie lielākoties sastopami līdzenumu apgabalos, upju ieleju, gravu un citās nogāzēs. Ja nogāze ir pārklāta ar delūvija slāni, kas avotus nosedz, ūdens izplūst deluviālās nogāzes pakājē zemāk par pazemes ūdeņu nesējslāni. Šādus avotus sauc par ekranētiem avotiem (Bamberg, 1993, Indāns, 1979).

Bieži vien vietās, kur ūdens necaurļaidīgais slānis ir ieliekts, virs tā veidojas avoti, kuri darbojas tikai periodiski, gruntsūdens līmenim paaugstinoties. Tie ir pārplūstošie avoti. Pazemes ūdeņi var izplūst Zemes virspusē kādā atsevišķā vietā vai punktā vai arī veidot dažāda garuma avotainu joslu, piemēram, upes ielejas nogāzē.

Samēra bieži ielejās avoti izplūst no aluviālajiem nogulumiem, kuriem raksturīgs viendabīgs litoloģiskais sastāvs. Vietās, kur smilšainu alūviju nomainu smilšaini mālaini, samazinās gruntsūdens plūsmas ātrums, līdz ar to paaugstinās tā līmenis un reljefa zemākajās vietās Zemes virspusē izplūst avoti. Avoti, kuriem ir lieli debīti, var dot iesākumu strautiem un upēm.

Ja avotus veido artēziskie ūdeņi, tad tos sauc par augšupplūsmas vai kāpjošiem, vai spiedienūdens avotiem (Bamberg, 1993, Indāns, 1979).

Pēc pazemes ūdeņu barošanās veida izšķir avotus, kurus baro aerācijas ūdeņi, gruntsūdeņi, plaisu ūdeņi, karsta ūdeņi vai mūžīga sasaluma ūdeņi.

Aerācijas ūdeņu avotiem ir raksturīgas krasas debīta, temperatūras, sastāva maiņas, ko nosaka vietas meteoroloģiskie apstākļi.

Gruntsūdens avoti jeb erozijas avoti parasti izveidojas, ūdensnesējhorizontiem atsedzoties upju ielejās, gravās, ezeru ielejās. Upju ielejās gruntsūdens avoti bieži izplūst arī no aluviāliem nogulumiem, īpaši tad, ja iežu sastāva maiņas. Dažreiz tie izplūst arī no upju gultnes. Šķēršļus var radīt arī iežu faciālās izmaiņas ūdens nesošajos horizontos. Vietās, kur ūdens necaurļaidīgais slānis ir ieliekts, gruntsūdens līmenim paaugstinoties, virs tā veidojas periodiskas darbības pārplūstošais avots (Bamberg, 1993).

1.3. Pazemes ūdeņu fizikālās īpašības un ķīmiskais sastāvs

Pazemes ūdeņu fizikālās un ķīmiskās īpašības, kā arī baktēriju klātbūtne ūdenī ir galvenie kritēriji, kas nosaka ūdeņu kvalitāti. Patogēno baktēriju klātbūtne parasti liecina par tiešu

piesārņojumu, tā dabas pazemes ūdeņiem nav raksturīga. Tāpēc turpmākā izklāstā raksturotas tikai dabas pazemes ūdeņu fizikālās un ķīmiskās īpašības.

1.3.1. Pazemes ūdeņu fizikālās īpašības

Temperatūra pazemes ūdeņiem līdz 10- 20 m dziļumam ir padota nelielām sezonālām svārstībām un tā ir tuvu konkrētās vietas klimatisko apstākļu noteiktai gaisa gada vidējai temperatūrai, tikai nedaudz pārsniedzot gaisa ilggadīgo vidējo temperatūru.

Krāsa (krāsainība). Destilēts ūdens ir bezkrāsains. Krāsu ūdenim piedot izšķīdušās vielas un citi piemaisījumi. Krāsas noteikšanai ūdeni iepilda stikla cilindrā ar plakanu dibenu un skatās no augšas cauri ūdens stabiņam uz baltu papīru. Salīdzināšanai tādā pat veidā skatās caur tīru destilētu ūdeni un īpaši sagatavotu standartkrāsu skalu, kas iegūta izšķīdinot noteiktu daudzumu platīna- irīdija sāļu. Brūnos toņus ūdenim piedot humusa vielas, brūnā krāsa raksturīga purva ūdeņiem. Zaļgani zilu nokrāsu ūdenim piedot sērūdeņradis un divvērtīgās dzelzs savienojumi. Divvērtīgai dzelzij oksidējoties, turpretī ūdenī var parādīties brūngani toņi.

Dzidrums (dzidrība, caurredzamība, duļķainums). Dzidrā ūdenī nav koloidālu vai suspendētu piemaisījumu un otrādu šo savienojumu klātbūtne ūdeni padara duļķainu. Vienkāršākais paņēmiens dzidruma novērtēšanai ir caurredzamības noteikšana. Dzidrumu nosaka speciālā cilindrā ar plakanu dibenu. Nosaka ūdens staba biezumu, caur kuru (skatoties no augšas) iespējams salasīt speciālu dzidruma noteikšana sagatavotu rakstu.

Smaka un garša ir atkarīga no dažu vielu piemaisījuma. Šīs īpašības nosakāmas, vadoties no cilvēka fizioloģiskās izjūtas. Smaku nosaka, ūdeni slēgtā traukā uzsildot līdz apmēram 60 grādu temperatūrai; tad to raksturo: bez smakas, purva smaka, sērūdeņraža (puvušu olu) smaka, pelējuma smaka u.c. Smakas intensitāti var raksturot subjektīvi, izvēloties, piemēram, 6 baļļu skalu, vai arī nosakot nepieciešamo atšķaidījuma pakāpi ar destilētu ūdeni, pie kuras smaka vairs nav sajūtama.

Garšu un piegaršu nosaka līdz 30 gr C sasildītam ūdenim, to dažas sekundes paturot mutē. Izšķir sāļu, rūgtu, saldu, skābu, metālisku, hlora un citas piegaršas, Palielināts ūdens blīvums un elektrovadītspēja ir netieši rādītāji, kas liecina par paaugstinātu ūdens mineralizāciju (Zīverts, 2001).

1.3.2. Pazemes ūdeņu ķīmiskais sastāvs

Pazemes ūdeņu ķīmisko sastāvu, galvenokārt, nosaka atmosfēras nokrišņu un ūdeni saturošo iežu mijiedarbība (Levins u.c., 1998):

- Nogulumu mineralogiskais sastāvs, galvenokārt, viegli šķīstoši sāļu saturs,

- Infiltrācijas ūdeņu agresivitāte,
- Ūdens apmaiņas ātrums slānī,
- Dažādas ģenēzes un sastāva ūdeņu sajaukšana (Levins, 1998).

Upju, ezeru, strautu un pazemes ūdeņu sastāvs var būt ļoti dažāds. Tajos var būt:

- gāzes (O₂, N₂, CO₂, H₂S u.c.),
- sāļi jonu veidā (katjoni Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca⁺ un anjoni Cl⁻, SO₄²⁻, CO₃²⁻, HCO₃⁻),
- biogēnie elementi (N, P),
- mikroelementi, t. i. elementi, kuru daudzums ūdenī ir ļoti mazs,
- organiskās vielas (Mežaraups, 1995).

Ūdens ir ļoti labs šķīdinātājs. Tāpēc ūdenī var atrasties ļoti dažādas ķīmiskās vielas. Pazemes ūdeņu ķīmiskais sastāvs formējās visā to garajā veidošanās ceļā sākot no atmosfēras nokrišņiem, procesiem augsnē un beidzot ar ūdens mijiedarbību ar pazemes ūdeņu horizontu iežiem. Jo ilgāk ūdens atrodas pazemes ūdeņu horizontā, jo tā sastāvu arvien vairāk nosaka konkrētā pazemes slāņa iežu īpašības.

Ūdens ķīmiskā sastāva raksturošanai visbiežāk izmanto divus koncentrācijas izteiksmes veidus – molāro koncentrāciju milimolus litrā (mol/l) un masas koncentrāciju miligramos litrā (mg/l). Dažkārt pazemes ūdeņu ķīmisko sastāvu izsaka arī daļu (mol daļu, masas daļu vai tilpuma) daļu veidā (Todd, Mays, 2005).

Kopējais izšķīdušo vielu daudzums (mineralizācija) ir visu izšķīdušo vielu koncentrācijas kopējs rādītājs un to izsaka mg/l (g/l) vai arī promilēs. Pēc kopējā izšķīdušo vielu daudzuma var dot šādu vienkāršotu pazemes ūdeņu klasifikāciju (1. tabula): saldūdens, ja šo vielu ir mazāk par 1000 mg/l mazāk par vienu promili, iesāļi ūdeņi ar mineralizāciju līdz 10 promilēm, sāļūdeņi ar mineralizāciju līdz 35 promilēm un sālsūdens, ja mineralizācija ir vēl lielāka.

1. tabula

Saldūdens mineralizācijas grupas (Mežaraups, 1995)

Nr.p.k.	Nosaukums	Izšķīdušo minērālvielu masas koncentrācija, mg/l
1.	Maz mineralizēts ūdens	< 200
2.	Vidēji mineralizēts ūdens	200-500
3.	Ūdens ar paaugstinātu mineralizāciju	500- 1000
4.	Stipri mineralizēts ūdens	> 1000

Joni pazemes ūdeņos. Lielākā daļa piemaisījumu ūdenī ir jonu formā. Galvenie anjoni, kas sastopami pazemes ūdeņos ir Hidrogēnkarbonātu, karbonātu, sulfātu un hlora joni. Izplatītākie katjoni ir kālijs, nātrijs, kalcijs un magnijs.

Katjoni pazemes ūdeņos. Nātrija jonu ūdeni ir visvairāk no visiem katjoniem, apmēram puse. Vāji mineralizētos ūdeņos to var būt tikai daži miligrami litrā. Kālija jonu ūdenī ir mazāk, tādēļ ka kālija jonus saista augsne, kā arī augi, un tādejādi tie mazāk nokļūst ūdensbaseinos. Galvenā metode nātrija un kālija jonu noteikšanai ir liesmas fotometrija. Sārmzemju metālu joni, it sevišķi kalcijs joni, šo noteikšanu traucē. To novērš, pievienojot ūdenim $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ šķīdumu. Dažreiz kālija masas koncentrāciju ūdenī nosaka, izmantojot to, ka kālijs satur 0.0119% radioaktīvā izotopa K^{40} , kas dod β un γ starojumu. Mērot starojumu intensitāti, var noteikt K^{40} un tad aprēķināt kopējo kālija koncentrāciju ūdenī. (Mežaraups 1995). Kalcijs jonu masas koncentrācija dabas ūdeņos ir 16- 47 mg/l, magnija jonu -17- 19 mg/l, stroncija jonu koncentrācijas noteikšanai izmanto liesmas fotometriju. Lielākus kalcijs un magnija jonu daudzumus nosaka, titrējot ar kompleksonu III (indikators eriohrommelnais T), kā arī plaši izmantojot atomabsorbciometrisko metodi. (Mežaraups, 1995).

Vides reakcija, pH. Lielumu pH definē kā jonu H^+ (vai jonu H_3O^+) decimālo logaritmu ar pretēju zīmi; to praksē bieži lietoto, lai raksturotu ūdens vides reakciju. Pazemes ūdeņiem pH parasti ir no 5,5 (vāji skābs) līdz 7,3 (aptuveni neitrāls). Purvu ūdeņos pH ir zem 6,0.

Slāpekļa un fosfora savienojumi. N un P ir biogēni elementi. Nitrātu slāpekļi pazemes ūdeņos ir organiskas izcelsmes un tā koncentrācija gruntsūdeņu virsējā slānī gada laikā var mainīties ļoti plašās robežās. Nitrātu slāpekļa koncentrācija ūdenī, kas pārsniedz 10 mg/l. Ir ļoti bīstama veselībai. Fosfors dabā ūdeņos sastopams nelielā koncentrācijā; ja fosfora saturs pārsniedz 0.1 mg/l, tad tas liecina par mākslīgi radītu piesārņojumu.

Organiskās vielas dabas ūdeņos rodas vai nu kā dzīvo organismu darbības produkti, vai arī to sadalīšanās rezultātā.

Gāzes ūdenī. Neskatoties uz to, ka pazemes ūdeņi nav tiešā sakarā ar atmosfēras gaisu, tie vienmēr satur zināmu daudzumu izšķīdušu gāzu (Zīverts, 2001). Visos ūdeņos var būt izšķīdis O_2 , N_2 , CO_2 , pazemes ūdeņos- arī H_2S un CH_4 . Gāzu šķīdība ūdenī ir atkarīga no: temperatūras, gāzes parciālā spiediena, ūdens mineralizācijas pakāpes, gāzes molekulu polaritātes. Paugstinoties temperatūrai, visu gāzu šķīdība samazinās (Mežaraups, 1995).

1.3.3. Pazemes ūdeņu mineralizācija

Pazemes ūdeņu sausais atlikums raksturo kopējo minerālsāļu daudzumu ūdenī. To nosaka, ūdenī pilnīgi iztvaicējot un sauso atlikumu izžāvējot 110 grādu temperatūrā. Iegūto

sauso masu izsaka miligramos vai gramos 1 litrā ūdens. Minerālsāļu masas daļa izsaka dotā pazemes ūdens mineralizācijas pakāpi. Kopējo mineralizāciju saldūdeņos izsaka miligramos litrā, bet minerālūdeņos – gramos litrā. Pēc mineralizācijas pazemes ūdeņus iedala 7 sāļuma grupās:

- Saldūdeņi- kopējā minerālsāļu masas koncentrācija < 1 g/l
- Vāji sāļaini ūdeņi – kopējā minerālsāļu masas koncentrācija 1-2 g/l
- Mazsāļaini ūdeņi – kopējā minerālsāļu masas koncentrācija 2- 5 g/l
- Vidēji sāļaini ūdeņi – kopējā minerālsāļu masas koncentrācija 5- 15 g/l
- Stipri sāļaini ūdeņi – kopēja minerālsāļu masas koncentrācija 15 – 35 g/l
- Sāļi ūdeņi – kopējā minerālsāļu masas koncentrācija 35- 150 g/l
- Sālījums- kopējā minerālsāļu masas koncentrācija > 150 g/l

1.3.4. Pazemes ūdeņu cietība

Ūdens cietība ir īpašību kopums, ko nosaka Ca un Mg sāļu saturs ūdenī. Raksturojot ūdens cietību, izšķir šādus cietības veidus: kopējo, karbonātisko (pārejošo), nekarbonātisko (pastāvīgo).

Kopējo ūdens cietību nosaka visu izšķīdušo Ca un Mg sāļu klātbūtne ūdenī – $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, CaSO_4 , MgSO_4 , CaCl_2 , MgCl_2 .

Karbonātisko cietību izsauc hidrogēnkarbonātu saturs ūdenī. Ūdens paraugu ilgstoši vārot, hidrogēnkarbonāti pārvēršas nešķīstošos karbonātos un cietības samazinās:

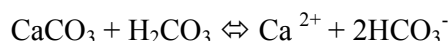


Nekarbonātisko cietību parasti rada sulfāti, un to ar vārīšanu nevar novērst. Pēc Valsts standarta cietību izsaka ar Ca^{2+} un Mg_2^{+} milimolekvivalentiem 1 litrā ūdens (Bamberg, 1993).

1.3.5. Pazemes ūdeņu agresivitāte

Par pazemes ūdeņu agresivitāti sauc ūdens spēju ārdoties uz ēku pamatiem, dažiem būvmateriāliem, dzelzs konstrukcijām. Svarīgākā iedarbība ir uz betona galveno sastāvdaļu- cementu. Izšķir ogļskābes, šķīdinošo, kopskābuma, sulfātu, magnija un skābekļa agresivitāti (Bamberg, 1993).

Ogļskābes agresivitāte izraisa pazemes ūdenī esošais paaugstinātais ogļskābes saturs, kas šķīdina cementā esošo kalcija karbonātu:



Ja ūdenī ir vairāk H_2CO_3 , tad šī agresīvā ogļskābe, nonākot saskarē ar karbonātiem, to šķīdina. Agresīvās ogļskābes daudzums ūdenī, no kā gatavo cementa javas lielākām celtnēm, nedrīkst pārsniegt 8 mg/l, bet atbildīgu objektu būvniecība- 3 mg/l.

Kopskābuma agresivitātes cēlonis ir palielināts brīvo ūdeņraža jonu H^+ saturs ūdenī, tas sekmē $CaCO_3$, šķīdināšanu. Kopskābuma agresivitāte ir bīstama, jo ūdens reakcija ir pH 5- 6,8 (Bamberg, 1993).

2. PĒTĪTĀS TERITORIJAS RAKSTUROJUMS

Mazsalacas novada teritorija atrodas Ziemeļvidzeme. Salacas upes baseins atrodas Latvijas Ziemeļu daļā, Ziemeļvidzemes zemienē, Idumejas augstienē, Piejūras zemienē un augštecē arī Sakalas augstienē. Baseins sastāv no Burtnieku ezera sateces baseina, ko veido Seda, Rūja, un Briede, un no Salacas upes, kas iztek no Burtnieku ezera, ar tās pietekām Ramatu, Korģi un Iģi. Baseins atrodas Gaujas upju baseinu apgabalā. Teritorija sāka pētīta no baznīcas ielas līdz Salacas ielejas dabas parkam (1. att.).



1. att. Pētījumu teritorija Mazsalacas apkārtnē. Ar sarkano līniju iezīmēts pētījuma laukums (sastādījusi autore, izmantojot <http://mazsalaca.webs.com>).

2.1. Klimats Mazsalacas apkārtnē

Mazsalaca atrodas Vidzemes ziemeļos. Salacas upes baseinā ir mērens klimats, ko ietekmē Rīgas līča tuvums no vienas puses, un Vidzemes centrālā augstienes no otrās puses.

Vidējā gaisa temperatūra $-5,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, viskarstākās dienas ap vidus jūliju, ar vidējo gaisa temperatūru $+17\text{ }^{\circ}\text{C}$, caurmēra temperatūru pavasarī, marta beigās, bet rudenī ap 20.novembri, gada caurmēra temperatūra $+5,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Lai gan gaisa līnijā pagasta centrs no jūrmalas 60 km attālu, tomēr vietējais klimats vēl no jūras top ietekmēts, ziemā maz sniega, pavasaros un rudenos miglas, bet vasarā t mazāk karsta, nekā valsts austrumu daļā. Vasarā lietus mākoņu virziena noteikšanā liels iespaids ir Burtnieku ezeram un Salacas upei. Valdošie vēji pavasarī un rudenī no ZR, vasarā no D un DR, ziemu no D un DA. Nokrišņu daudzums: ziemu decembrī 53,6 mm,

snieg 18 d., pavasari aprīlī 38,3 mm, līst 12 d., vasaru augustā 89,9 mm, ar lietu 17 dienas, rudeni novembrī 58,9 mm, līst 18 d (Cukurs, 2011).

2.2. Salacas upes īss raksturojums

Salaca ir upe Ziemeļvidzemē. Tā ir 96 km gara, iztek no Burtnieku ezera un ietek Baltijas jūrā, Rīgas jūras līcī. Salacas krastos vairākās vietās ir skaisti sārta smilšakmens atsegumi, piemēram Sarkanās klintis un Skaņaiskalns.

Vasaras beigās ūdens līmenim krītoties, dziļums dažās platākajās vietās ir tikai ap 15 cm. Upei ir arī dziļi, lēni posmi (Mazsalaca, 2011). Senlejas nogāzēs ir atrodami daudzi avoti, kuri ir tikuši un vēl tagad tiek izmantoti dzeramā ūdens ņemšanai.

Vidējais caurplūdums grīvā: 31,3 m³/s, maks. 184 m³/s, min. 4,4 m³/s (Mazsalacas avoti, 2011).

2.3. Teritorijas ģeoloģiskā uzbūve un reljefs

Kvartāra nogulumi veido gandrīz nepārtrauktu, nevienmērīga biezuma segu, ar dažāda vecuma, ģenēzes un sastāva nogulumu slāņiem (2. att). Tie pārklāj erodēto, ledāja pārveidoto devona iežu virsu, kuras raksturīgākās īpatnības daļēji saglabājas arī mūsdienā reljefā.

Kvartāra nogulumu slāņi izplatīti visā izpētes teritorijā. Bet ledāja galveno aktīvo plūsmu zonās pat 100 un vairāk metru (Āboltiņš, 2000). Īpašu vietu starp kvartār nogulumiem ieņem eluviālie veidojumi, pēc morfoloģiskā un litoloģiskā sastāva pieder pie bezūdens nogulumiem (Tratsevskij, 1965).

Vidzemes piekrastē atrodas: Salacas ielejas lieguma rietumu daļa ar Mērnīku krācēm un Burtnieku svītas aleirolītu atsegumiem upes labajā krastā un 300 m garo, 6 m augsto Sarkano klinšu krauju.

Devona nogulumi ar stratigrāfisku un leņķisku diskordanci pārsedz silūra Landoveras un Venlokas, vietām (Valmieras valnī) arī ordovika iežus. Devona slāņkopas virsma ir denudēta, visvairāk šie procesi ir skāruši teritorijas ziemeļu daļu.

Devona ieži visā kartes teritorijā veido zemkvartāra virsu un daudzās vietās, galvenokārt Daugavas, Gaujas, Lielās un Mazās Juglas, Salacas un citu mazāko upju krastos, ir vērojami atsegumos. Devona virsa kopumā pazeminās rietumu virzienā, ziemeļos tās atzīmes mainās no +20 līdz -40 m, bet kartes dienvidu daļā no +140 - +151 līdz 5- -85 m zjl. Vecākie šīs sistēmas nogulumi kartes teritorijā ir apkašdevona Ķemeru svītas smilšakmeņi, aleirotlīti un māli (Āboltiņš, Kuršs, 2000).



Apzīmējumi:

HOLOCĒNS		HOLOCENE	
bQ₁	Purvu nogulumi. Kūdra Mire deposits. Peat		
lQ₁	Ezeru nogulumi. Smilts, aleirīts, sapropelis, saldūdens kalķiežis Lacustrine deposits. Sand, silt, gyttja, freshwater limestone		
aQ₁	Aluviālie nogulumi. Smilts, grants, oļājs, aleirīts Alluvial deposits. Sand, gravel, pebble, silt		
a^ΔQ₁	Aluviālie deltas nogulumi. Smilts Alluvial deltaic deposits. Sand		
vQ₁	Eolie nogulumi. Smilts Eolian deposits. Sand		
mQ₁^{pr}	Pēclitorīnas jūras nogulumi. Smilts, grants, aleirīts Post-Litorina Sea deposits. Sand, gravel, silt		
mQ₁^{li}	Litorīnas jūras nogulumi. Smilts, grants, aleirīts Litorina Sea deposits. Sand, gravel, silt		
mQ₁^{ym}	Joldijas jūras un Ancilus ezera nogulumi. Smilts, aleirīts, māls Yoldia Sea and Ancilus Lake deposits. Sand, silt, clay		
		AUGŠPLEISTOCĒNS	
		Latvijas svīta	
		aQ_{2, ltv}	Aluviālie nogulumi. Smilts, grants, oļājs Alluvial deposits. Sand, gravel, pebble
		vQ_{2, ltv}	Eolie nogulumi. Smilts Eolian deposits. Sand
		lgQ_{2, ltv}^b	Baltijas ledus ezera nogulumi. Smilts, grants, oļājs, aleirīts, māls Baltic Ice Lake deposits. Sand, gravel, pebble, silt, clay
		lgQ_{2, ltv}	Limnogiāciālie nogulumi. Smilts, aleirīts, māls Glaciolacustrine deposits. Sand, silt, clay
		fQ_{2, ltv}	Fluviogiāciālie nogulumi. Smilts, grants, oļājs Glaciofluvial deposits. Sand, gravel, pebble
		gQ_{2, ltv}	Glaciģēnie nogulumi. Morēnas mālsmilts un smiismāls Glacigene deposits. Till
		UPPER PLEISTOCENE	
		Latvian Formation	

2. att. Kvartāra nogulumi Mazsalacas apkārtnē (sagatavojuši autore, izmantojot Āboltiņš, Kuršs 2000)

2.4. Rajona hidroģeoloģiskie apstākļi

Mazsalacas teritorijas apgabalā izdalās divi galvenie ūdens horizontu kompleksi:

1. Kvartāra nogulumu ūdeņi
2. Devona nogulumu ūdeņi.

Kvartāra nogulumu ūdeņi ir izplatīti visā Mazsalacas teritorijā un tie iedalās 4 sekojošos tipos (Pēc I.L. Dzilas klasifikācijas, 1970. g)

- a) Purvu nogulumu ūdeņi,
- b) Nesadalījušies mūsdienu un seno aluviālo nogulumu ūdeņi,
- c) Sporādiskās izcelsmes ūdeņi smilts un mālsmilts lēcās, kas atrodamas valdavas morēnas virshorizontā
- d) Fluvioglaciālo nogulumu ūdeņi nogulumos virs augšējās morēnas nogulumiem.

Pirmie trīs ūdeņu tipi attiecās uz gruntsūdeņiem, tie iegūļ ļoti tuvu zemes virsmai un var ietekmēt inženierbūves.

Purvu nogulumu gruntsūdeņi ir organiskas izcelsmes. Reljefa pazeminājumā ir veidojies purvs. Kur kūdras biezums nepārsniedz 1,5 m. Tie ir hidrokarbonāt- kalcija ūdeņi, to mineralizācija pakāpe ir 0,2 g/l. Purva barošanās avots ir vienīgi atmosfēras nokrišņi. Šie nokrišņi nonāk Salacā pa nelieliem grāvīšiem.

Aluviālo nogulumu gruntsūdeņi izplatīti smilšainajos nogulumos un Salacas upes terasēs. Šie ūdeņi pieder hidroģēnkarbonātskajai klasei un kalcija-magnija grupai, ar mineralizācijas pakāpi 0,12 g/l. Šo nogulumu barošanās ir jaukta, bet galvenā nozīme ir atmosfēras nokrišņiem un Salacas upes ūdeņiem, palu periodā. Upes nogāzēs ir sastopami ļoti daudzi avoti, kuri iztek kā no kvartāra nogulumiem, tā arī no devona iežiem.

Sporādiskās izcelsmes smilšu un mālsmilšu lēcu ūdeņi ir izplatīti visā Mazsalacas apkārtnē. Lielākā daļa ir nosepta ar morēnas kārtu. Lēcas un starpslāņi, saturoši ūdeņi, ir diezgan nenosakāma rakstura un strauji atšķiras pēc biezuma. Sausuma periodos augšējie ūdens starpslāņi izkalst un nelielās, gruntsūdenī izveidotajās, akās pazūd ūdens. Šie gruntsūdeņi pēc ķīmiskā sastāva pieder pie hidroģēnkarbonātu – kalcija tipa ūdeņiem, viegli cieti ar mineralizācijas pakāpi līdz 1,5 g/l (2. tabula). Atsevišķi ūdens paraugi rāda vāju un vidēju ogļskābo agresivitāti (Мисанс, 1965).

Kvartāra un Devona nogulumu ūdens horizonti līdz pirmajam no zemes virsmas reģionālajam ūdens vāji caurlaidīgajam nogulumu sprostslnim, ko veido vidus devona Narvas svīta, satur samērā jaunus pazemes ūdeņus, kuru vecums kopš infiltrācijas laika svārstās no desmit gadiem līdz dažiem simtiem gadu. Aktīvās ūdens apmaiņas zonas jeb jauno pazemes ūdeņu zonas biezums ir 80 m Salacas upes baseina ziemeļrietumu daļā un 180 m Salacas upes baseina dienvidu daļā. Visi aktīvās ūdens apmaiņas zonas horizonti Salacas upes baseina kontūrā ir apvienoti pazemes ūdensobjektā D5. Galvenais no tiem ir Arukilas - Burtnieku ūdens horizonts (D_{2ar+br}) (James, 2006).

Arukilas - Burtnieku horizonta biezums svārstās no 150 m Salacas upes baseina dienvidu daļā līdz 50 m tā ziemeļu daļā. Ūdeni saturošie ieži ir smilšakmeņi ar aleirolītu un mālu starpslāņiem. Smilšakmeņu īpatsvars horizonta griezumā parasti svārstās no 45 līdz 65%, tāpēc ūdens horizonta efektīvais biezums ir 30 – 80 m. Smilšakmeņu filtrācijas koeficients mainās no 5 līdz 10 m/dnn, ūdens horizonta caurplūdes koeficients (ūdens vadāmības koeficients) – no 200 līdz 350 m²/dnn. Arukilas – Burtnieku ūdens horizonts satur maz mineralizētus hidroģēnkarbonātu kalcija un kalcija – magnija ūdeņus ar kopējo mineralizāciju 0,3-0,4 g/l (2. tabula).

Visā Salacas upes baseina teritorijā ir bieži sastopamas apraktās ielejas, kas izveidojās pirms pēdējā apledojuma. Aprakto ieleju šaurajās joslās Arukilas-Burtnieku ieži ir daļēji vai pilnīgi izskaloti un aizvietoti ar glacigēno smilšmāla un smilts-grants slāņojumu. Tomēr ūdeni saturošie smilts-grants slāņi apraktajās ielejās ir tieši hidrauliski saistīti vērsumā ar Arukilas – Burtnieku ūdens horizontu un faktiski veido vienu ūdens bilances sistēmu (vienu ūdens horizontu). Arukilas – Burtnieku ūdens horizonta ūdeņi ir spiediena ūdeņi, kuru līmenis stabilizējas urbumos par 13 - 90 m virs urbuma filtra daļas, jeb absolūtajās atzīmēs no 2 līdz 95 m v.j.l., jeb dziļumā no - 5 līdz 45 m no zemes virsmas (James, 2006).

2. tabula

Arukilas un kvartāra horizontu pazemes ūdeņu fizikāli ķīmiskie parametri un ķīmiskais sastāvs (LVĢMC, bez dat.)

Urbuma nr.	Cl, mg/l	HCO ₃ , mg/l	SO ₄ , mg/l	Na, mg/l	K, mg/l	Na+K, mg/l	Ca, mg/l	Mg, mg/l	EVS, μS/cm	pH	Kopējā cietība, mg-ekv/l	Karbonātu cietība, mg-ekv/l	Sausne, mg/l	Ūdens horizonts
5611	54	298,9	24,3	0	0	49,7	63,9	18,9	0	7	4,74	4,74	396	D 2 ar
5611	54	300	24	48	2,8	0	64	19	610	7,09	4,75	4,75	0	D 2 ar
6306	9	331,2	19,1	0	0	3,7	61,2	34,5	0	7,4	5,9	5,4	337	D 2 ar
6306	9	331,2	19,1	0	0	3,7	61,2	34,5	0	7,4	5,9	5,4	337	D 2 ar
6679	8	333,7	3,6	0	0	5,8	69,5	26	0	7,5	5,61	5,47	278	D 2 ar
6679	5	360	23	3,9	2,7	0	82	26	486	7,5	6,2	0	310	D 2 ar
9595	26	170,8	45	0	0	12,9	50,1	17	0	8,1	3,9	2,8	270	g Q3 ltv
9595	30	146,4	28,4	0	0	6,2	40,1	17	0	7,6	3,4	2,4	245	g Q3 ltv
9596	54	244	55,5	0	0	47,8	52,1	24,3	0	0	4,6	4	342	g Q3 ltv
9596	34	237,9	18,5	0	0	12	52,1	24,3	0	7,2	4,6	3,9	303	g Q3 ltv
9596	78	262,3	11,1	0	0	5,3	60,1	42,6	0	8	6,5	4,3	352	g Q3 ltv
9596	28	353,7	12,3	0	0	4,1	74,2	36,5	0	7,3	6,8	5,8	339	g Q3 ltv
9596	16	402,6	38,7	0	0	15,2	86,2	35,3	0	7,5	7,2	6,6	400	g Q3 ltv

3. MATERIĀLI UN METODEDES

3.1. Literatūras studijas

Vispirms tika apzināta un studēta literatūra par avotu veidošanos, avotu veidotajiem nogulumiem, teritorijas ģeoloģisko uzbūvi, hidroģeoloģiskajiem apstākļiem, karšu materiāli par avotu iespējamās izvietojumu Mazsalacas teritorijā.

Tika apmeklēts Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrā (LVĢMC) esošais Latvijas ģeoloģijas fonds (LĢF). LĢF tika apskatīta ģeoloģiskā kartēšanas atskaite kartes lapai 0- 35- XX (M 1:200 000), kura tika veikta no 1963- 1965. gadam (Tratsevskij, 1965), no tās tikai iegūta informācija par iespējamo avotu atrašanās vietām. Tāpat tika apkopota informācija par teritorijas hidroģeoloģiskajiem apstākļiem: pazemes ūdeņu horizontiem un gruntsūdeņiem Mazsalacas apkārtnē. Pētāmās teritorijas ģeoloģiskā un hidroģeoloģiskā uzbūve, tika izzināta izmantojot Valsts ģeoloģijas dienesta sagatavoto atskaiti par komplekso ģeoloģisko-hidroģeoloģisko karti M 1: 200 000 (Āboltiņš, Kuršs 2000).

Pazemes ūdeņu veidošanās, sastāva un īpašību dziļākai izpratnei tika izmantota literatūra par Latvijas pazemes ūdeņiem (Levins u.c. 1998). Bija svarīgi izprast pazemes ūdeņu un avotu raksturlielumus, ūdeņu tipus, un to veidošanos apstākļus. Lai izprastu šos parametrus, tika izmantota literatūra par avotu veidošanās faktoriem (Bamberg, 1993, Indāns, 1979). Kā arī mācības palīg līdzeklis vides un ūdenssaimniecības specialitātes studentiem (Zīverts, 2001).

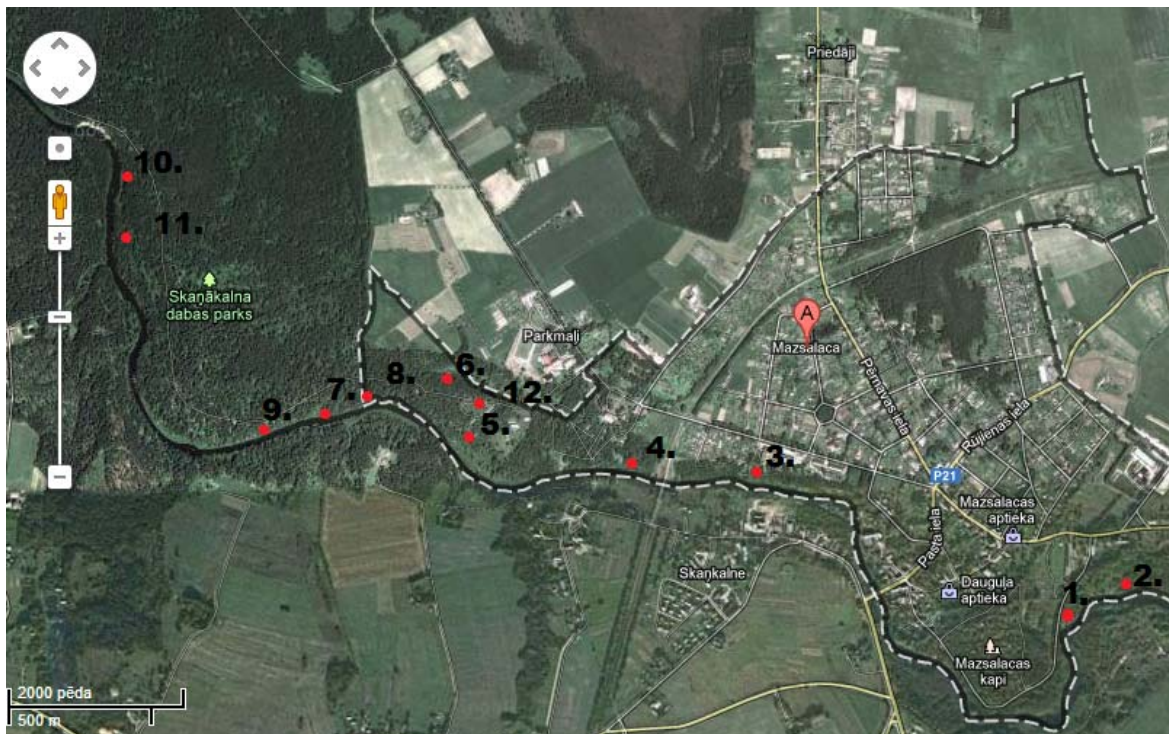
Pazemes ūdeņu ķīmiskā sastāva analīzei no datu bāzes „Urbumi” (LVĢMC, bez dat.) tika atlasīti ķīmisko analīžu rezultāti paraugiem, kas ņemti Arukilas un kvartāra ūdens horizonta urbumos Mazsalacas apkārtnē.

3.2. Lauka darbi

Studējot literatūru, tikai noteiktas iespējamās avotu atrašanās vietas. kuras pēc tam tika apsektas dabā un izvēlēti 12 avoti turpmākiem pētījumiem (skat. 3. att.).

Izvēlētie avoti tika apsekti 2011. gada 23. maijā. Katram no izvēlētajiem avotiem tika aprakstīta tā apkārtnē, nogulumā, no kuriem izplūst avots, nofotografēts avots, noteiktas avotu ģeogrāfiskās koordinātas, izmantojot GPS uztvērēju MAGELLAN EXPLORIST 600. Katrā no avotiem *in situ* tika noteikti ūdens fizikāli – ķīmiskie parametri: temperatūra °C, ūdens pH un elektrovadītspēja (EVS) μS/cm, izmantojot Hanna Instruments HI- 98129 portatīvo mēraparātu (darbības diapazons: pH- 0,00 – 14,00 pH, EVS- 0 - 3999 μS/cm , temperatūrai – 0,0 līdz +60,0 °C, mērījumu precizitāte: pH – ±0,05 pH, EVS – ±2%, temperatūrai – ±0,5 °C). Pēc mērījumu

veikšanas tika noņemti ūdens paraugi ķīmisko analīzē veikšanai. Ūdens paraugi tika pildīti 1 L plastmasas pudelēs un līdz analizēšanai laboratorijā uzglabāti ledusskapī. Kopā tika ievākti divpadsmit avotu ūdens paraugi.



3. att. Pētīto avotu atrašanās vietas Mazsalacas apkārtnē (sastādīja autore, izmantojot Google Earth)

Katram no avotiem tika noteikts tā debīts, izmantojot tilpuma metodi (Bamberg, 1993). Tika izmantots 0,5 L trauks un hronometrs, nosakot, cik ilgā laikā tas piepildās. Un pēc tam aprēķināts avota debīts. Vienam avotam veikti vairāki mērījumi, lai novērstu gadījuma kļūdas. Pēc tam tika izrēķināts vidējais avota debīts. Lauka mērījumu dati sniegti 4.2. tabulās.

3.3. Laboratorijas darbi

Laboratorijas darbi tika veikti vides ķīmijas laboratorijā. Darba mērķis bija noteikt katjonu (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) un anjonu (SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^-) koncentrācijas ievāktajos paraugos. Laboratorijā tika veikta turbimetriskā SO_4^{2-} jonu daudzumu noteikšana, titrimetriskā hlorīdjonu (Cl^-) noteikšana ar sudrabu, titrimetriskā kopējās cietības noteikšana ar trilonu B, ūdens cietības noteikšana HCO_3^- , titrimetriskā kalcija jonu (Ca^{2+}) noteikšana ar trilonu B. Savukārt, Na un K jonu koncentrācija noteikta ar PerkinElmer Instrumentu Analyst 200 un to veica laborants K. Vilgurs 13.06.2012.

Tālāk tiks sīkāk aprakstīts viss darba process laboratorijā.

3.3.1. Turbimetriskā SO_4^{2-} jonu daudzuma noteikšana

Metode pamatojas uz BaSO_4 veidošanos un ka sulfāt joni ar bārija joniem veido duļķainu šķīdumu, jo BaSO_4 ir nešķīstošs. Kondencējošo reaģentu lieto, lai stabilizētu ūdens paraugu kamēr nosaka parauga duļķainību.

Darba gaita: 25 ml parauga

2,5 ml kondencionētais reaģents

BaCl_2 skalpeļa gals

Metode: 680 ($\lambda = 450$ nm), kur rezultāts tiek uzreiz uzrādīts- mg/l. Salej reaģentus un pēc pāris minūtēm kolorimetrē destilētu ūdeni. Spektrometrijā vispirms ņiveti nomēra pret destilētu ūdeni. Destilēta ūdens iestatījums 0. Rezultāti var atšķirties, ja ņivetei ir netīri stikli.

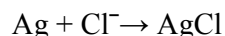
Reaģentu pagatavošana:

Kondencionējošs reaģents

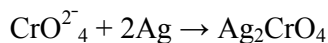
1. 300 ml destilēta ūdens
2. 30 ml konc. HCl
3. 100 ml 95% etanola
4. 75 g NaCl
5. 50 ml glicerīna

3.3.2. Titrimetriskā hlorīdjonu (Cl^-) noteikšana ar sudrabu

Hlorīdjonu daudzuma noteikšana pamatojas uz sudraba nitrāta mazo šķīdību, kurš ar Cl^- joniem veido baltās mazšķīstošas sudraba hlorīda (AgCl) nogulsnes.



Ņemot kā indikatoru kālija hromātu (K_2CrO_4), titrējot veidojas sarkanas krāsas sudraba hromāts:



Līdz ar to analizējamā ūdens dzeltenā krāsa mainās uz sārti brūnu.

Darba gaita: 50 ml parauga

1 ml K_2CrO_4

Titrē ar 0,02 N AgNO_3 šķīduma no dzeltenas krāsas līdz sarkanbrūnai.

Rezultātu apstrāde:

5 pilieni metiloranža

Titrē ar 0,1 NHCl no dzeltena līdz oranžam

Rezultātu apstrāde:

$$C_{\text{HCO}_3} = \frac{\text{ml}_{\text{HCl}} * N_{\text{HCl}} * 1000 * 61 \text{ g/mol}}{50 \text{ ml}} = \text{ml}_{\text{HCl}} * 122 = \text{mg/l}$$

3.3.5. Titrimetriksā kalcija jonu (Ca²) noteikšana ar trilonu B

Kalcija jonu daudzumu ūdenī nosaka ar trilonometrisko metodi, lietojot trilona B šķīdumu. Kā indikātoru ņem mureksīdu, kas ar kalcija joniem sarmainā vidē veido sarkanās krāsas kompleksu savienojumu, kurš ir mazāk stabils nekā kompleksas kalcija un trilona savienojums. Tādēļ titrējot analizējamo ūdeni ar trilonu B, tas saaista kalcija jonus, sašķeļot kalcija mureksīda savienojumu. Titrēšanas nobeigumā mureksīdu krāsa izmainās no sarkanās uz violētu.

Darba gaita: 20 ml parauga

50 ml destilēta ūdens

1 ml NaOH (30%)

Mureksīds (intensīvs) krāsojums

Titrē ar trilona B no violeti rozā līdz violētam

Rezultātu apstrāde:

$$C_{\text{Ca}^2} = \text{ml trilona B} * N_{\text{trilona B}} \frac{1000 \text{ ml} * 20,04 \text{ g/ml}}{20 \text{ ml}} = \text{ml trilona B} * N_{\text{trilona B}} *$$

$$1002 = \text{mg/l}$$

Trilons B aprēķināšana:

$$N_{\text{trilona}} = 0,0200$$

$$\text{Kopējā cietība} = \text{mg ekv/l} = \text{ml trilona}$$

$$\text{Ca}^2, \text{ mg/l} = \text{ml trilona} * 20,04$$

Mg² jonu daudzumu analizējamā ūdenī nosaka kā starpību starp kopējā ūdens cietību (mg * ekv/l) un Ca² joniem (mg * ekv/l)

Aprēķina formula:

$$CMg^2 = \{ \text{kopējā cietība (mg * ekv/l) - Ca}^2 \text{ (mg * ekv/l)} \} * 12,16 = \text{mg/l}$$

$$Ca^2 \text{ (mg * ekv/l)} = \text{ml trilons B * N trilons B} * 50$$

$$Mg = \left(\text{kopējā cietība} - \frac{Ca^2}{20,04} \right) * 12,16$$

3.4. Kamerālie darbi

3.4.1. Kartogrāfiskā materiāla sagatavošana

Tika sastādītas vairākas kartes. Latvijas ģeoloģiskā karte par kvartāra nogulumiem Mazsalacas apkārtnē Salacas ielejā, kas tik sastādīta ArcGis programmā (2. att.). Autores 12 pētīto avotu izvietojums kartē tika apkopots kartē ar Google Earth programmas palīdzību (3. att.).

3.4.2. Jonu bilances aprēķins

Jonu bilance ir viens no veidiem, kā parbaudīt ūdens ķīmiskās analīzes rezultātu pareizību (Todd, Mays 2005).

Katjonu summai mg-ekv/l jābūt vienādei ar anjonu summu mg-ekv/l. Cik katjonu – anjonu bilance ir precīza, to nosaka pēc procentuālās atšķirības.

$$\% \text{atšķ} = \frac{\Sigma \text{katjoni} - \Sigma \text{anjoni}}{\Sigma \text{katjoni} + \Sigma \text{anjoni}} \cdot 100\%$$

Ja rezultāts ir pozitīvs, tad ir vairāk katjoni vai trūkst kādi anjoni, bet ja, negatīvs – tad ir anjonu pārsvars vai trūkst katjoni. Pieļaujamā kļūda ir <5%, bet ieteicamā ir <2%. Disbalances iemesli ir dažādi, bet daži ir sekojoši: kāds no galvenajiem joniem nav ticis analizēts, laboratorijas kļūdas (neprecīzas analīzes), paraugs ir saturējis daļiņas, kas izšķīdušas ūdenī analīzes laikā, analīzes laikā no parauga ir izgulsnējušies kādi savienojumi, kādi analizētie joni nav izmantoti bilances aprēķinā (Todd, Mays 2005).

3.4.3. Paipera diagrammas sastādīšana

Lai izveidotu paipera diagrammu, tika izmantota Gw_chart programma (Winston, 2000). Programmā ievadīti iegūtie anjonu un katjonu daudzumi mg/l. Tika nemti 12 avotu ūdens ķīmiskais sastāvs. Tad, lai varētu veikt salīdzinājumus, tika pievienota informācija no Mazsalacas apkārtnē veikto urbumu ūdens ķīmisko analīžu rezultātiem. Izmantoju 5 rezultātus no horizonta D2ar un 6 rezultātus no kvartāra horizonta gQ3ltv (2. tabula).

4. PĒTĪTIE AVOTI UN TO ŪDENS ĶĪMISKAIS SASTĀVS

Avotu raksturošanai tika noteiktas to koordinātas (3. tabula), ūdens fizikāli ķīmiskie parametri (4. tabula), aprakstītas avotu izplūdes vietas, no kāda vecuma iežiem tie izplūst (3. tabula).

3. tabula

Pētīto avotu koordinātas un nogulumu

Avotu Nr.	X koordinātas	Y koordinātas	Nogulumu, no kuriem iztek avoti
1.	25° 3 ' 57,46 '' E	57° 51 ' 24,84'' N	Kvartāra nogulumu
2.	25° 4 ' 15,56'' E	57° 51 ' 24,35'' N	Kvartāra nogulumu
3.	25° 2 ' 54,99'' E	57° 51 ' 37,04'' N	Kvartāra nogulumu
4.	25° 2 ' 25,70'' E	57° 51 ' 37,52'' N	Devona nogulumu. Arukilas ūdens horizonts.
5.	25° 1 ' 39,69'' E	57° 51 ' 41,83'' N	Devona nogulumu. Arukilas ūdens horizonts.
6.	25° 1 ' 33,67'' E	57° 51 ' 48,08'' N	Devona nogulumu. Arukilas ūdens horizonts.
7.	25° 1 ' 7,76'' E	57° 51 ' 45,03'' N	Devona nogulumu. Arukilas ūdens horizonts
8.	25° 1 ' 20,41'' E	57° 51 ' 46,96'' N	Devona nogulumu. Arukilas ūdens horizonts
9.	25° 0 ' 51,89'' E	57° 51 ' 42,45'' N	Devona nogulumu. Arukilas ūdens horizonta .
10.	25° 0 ' 28,15'' E	57° 52 ' 14,12'' N	Devona nogulumu. Arukilas ūdens horizonts .
11.	25° 0 ' 27,44'' E	57° 52 ' 6,31'' N	Devona nogulumu. Arukilas ūdens horizonts .
12.	25° 1 ' 39,39'' E	57° 51 ' 46'' N	Devona nogulumu. Arukilas ūdens horizonts.

Pētītie avoti izvietoti Salacas un tās pieteku Aurupītes ielejā, upes labajā krastā, 4 km garā posmā leļpus un 2 km augšpus Mazsalacai (3. att., 3. tabula). Avoti veidojas no bezspiediena ūdens plūsmām. Nosakot avotu novietojumu reljefā un izpētot ģeoloģiskās nogulumu kartes, avoti iespējams, veidojas izplūstot no kvartāra nogulumiem (4. un 5. att.).



4. att. Avota nr. 4 izplūdes vieta (fotografēja Karīna Skuķe, 2010.08.31.)



5. att. Avots nr. 2 (fotografēja Karīna Skuķe, 2010.08.31.)

4.1. Avotu debīts un ūdens fizikāli ķīmiskie parametri

Avotu raksturošanai lauka apstākļos tika noteikti ūdens fizikāli ķīmiskie parametri (3.2. nodaļa, 4. tabula).

4. tabula

Avotu ūdens fizikāli ķīmiskie parametri (autores dati, 23.05.2011.)

Avota Nr.	pH	Temperatūra, °C	EVS, $\mu\text{S/cm}$	Debits, l/s
1.	8,6	12,7	592	0,59
2.	8,90	12,0	452	1,25
3.	7,80	10,2	325	0,62
4.	8,10	11,3	295	0,73
5.	9,66	12,3	182	1
6.	7,12	10	607	1,23
7.	8,44	10,1	540	0,71
8.	8,05	13	480	1,66
9.	8,45	15	423	0,62
10.	7,57	10,5	339	0,69
11.	8,32	13,1	327	0,92
12.	7,27	10	200	0,66

Avotu ūdens elektrovadītspēja ir robežās no 182 - 607 $\mu\text{S/cm}$. Viszemākā elektrovadītspēja ir avotam ar kārtas numuru 5. Visaugstākā elektrovadītspēja ir avotam ar kārtas numuru 6, tas liecina par to, ka šim avotam ir visaugstākā mineralizācijas pakāpe.

Avotu temperatūra tika mērīta pavasarī, un temperatūras svārstās 10 – 15 °C robežās. Augstākā temperatūra varētu būt raksturīga avotiem, kas veidojas lietus ūdeņiem filtrējoties cauri kvartāra nogulumu augšējai, sasilušākajai daļai. Savukārt zemākās temperatūras vērtības saskan ar temperatūrām, kādas ir raksturīgas gan artēziskajiem ūdeņiem (+8-10 °C), gan gruntsūdeņiem (+6-12 °C) Latvijā (Levina, Levins 2006).

Katram avotam tika mērīts debīts ar tilpuma metodi. Ūdeņiem visbagātākais ir avots ar kārtas numuru 8. Un mazākie debīti ir avotiem ar kārtas numuriem 1, 3, 9, 10 un 12 (Skatīt 4.2 tabulu). Pēc iegūtajiem datiem var redzēt, ka visi avoti pieder I tipam (0,001- 1,0 l/s), atšķiras tikai to klases. Puse no avotiem pieskaitāmi 4. klasei (0,1- 1,0 l/s) . Visi avoti ir pastāvīgi avoti (Bamberg, 1993). Avoti 1., 3., 4., 7., 9., 10., 11., 12. pieskaitāmi 3. klasei, jo to debīti ir robežās 0,01- 0,1 l/s. Savukārt avoti 2., 5., 6., 8. pieskaitāmi 5.klasei, jo to debīti ir robežās 1,0-10 l/s.

Pēc vides reakcijas apsekoto avotu ūdens ir vai nu tuvs neitrālam, vai vāji bāzisks. Jo pH pakāpe ir sākot no 7- 8. Vāji bāzisks ūdens ir avotiem ar kārtas numuriem 1., 2., 4., 5., 7., 8., 9., 11. Tas izskaidrojams ar to, ka šo avotu ūdenī ir nelielā pārkumā bāziskie joni. Viszemākais pH līmenis ir avotiem ar kārtas numuriem 3., 6., 10., 12. Avotu pH līmeni ietekmē kalcija sulfātu daudzums ūdenī. Avotam ar kārtas numuru 5. pH līmenis sastāda 9,66, kas visticamāk skaidrojams ar mērparātu kļūdu.

4.2. Avotu ūdens ķīmiskais sastāvs

Laboratorijas apstākļos tika noteikta galveno jonu koncentrācija (mg/l) katra avota ūdens paraugā, iegūtie rezultāti apkopoti 5. tabulā..

5. tabula

Galveno jonu saturs avotu ūdeņos Mazsalacas apkārtņē (autores un K. Viligura ķīmisko analīžu rezultāti)

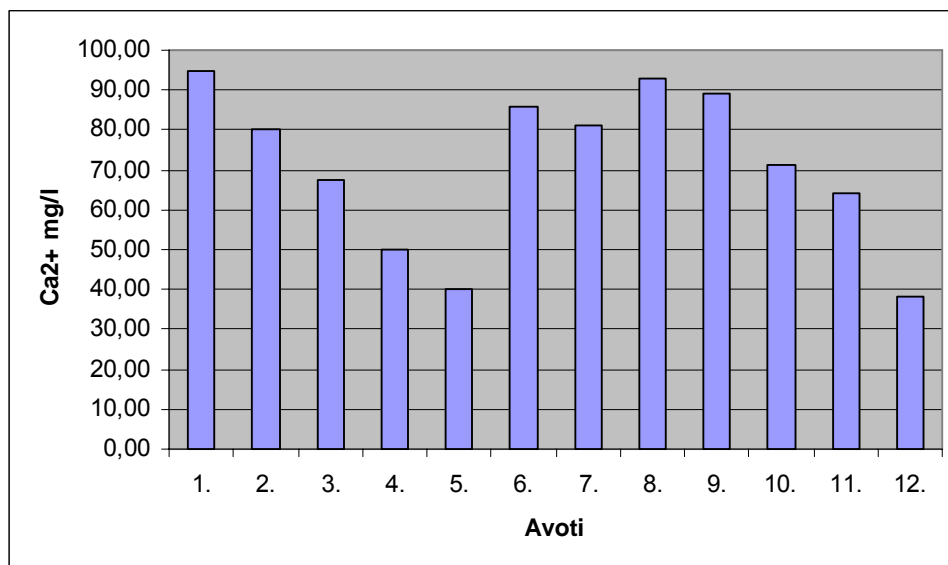
Avotu Nr.	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	Kopējā cietība (C) mmol*ekv/l
1.	94,80	28,3	26,7	1,79	381	8,50	15,5	7,06
2.	80,20	19,8	6,15	1,69	332	10,35	7,20	5,63
3.	67,5	23,7	3,33	1,61	303	11,34	14	5,32
4.	50,10	4,74	2,3	0,97	177	11,91	2,08	2,89
5.	39,90	4,74	2,71	0,64	121	12,40	3,42	2,38
6.	85,80	13,9	20,76	2,91	378	15,10	18,10	5,42
7.	81,00	35,5	5,5	1,06	342	16,09	18,80	6,96
8.	92,80	1	7,43	6,52	383	16,37	14,2	4,59
9.	89,00	6,81	4,34	2,35	288	17,15	13	5
10.	71,10	11,6	2,81	0,76	253	17,44	0	4,5
11.	64,10	9,97	2,18	0,47	249	17,25	6,2	4,02
12.	38,30	8,88	1,91	0,64	148	0,03	4,13	2,64

4.2.1. Jonu bilance

Jonu bilance ir tikusi rēķināta, jo hlorīdu vērtības, salīdzinājumā ar reģionāliem datiem bija stipri augstas, un titrimetriskā hlorīdu koncentrācijas noteikšana var būt analītisks kļūdas iemesls.

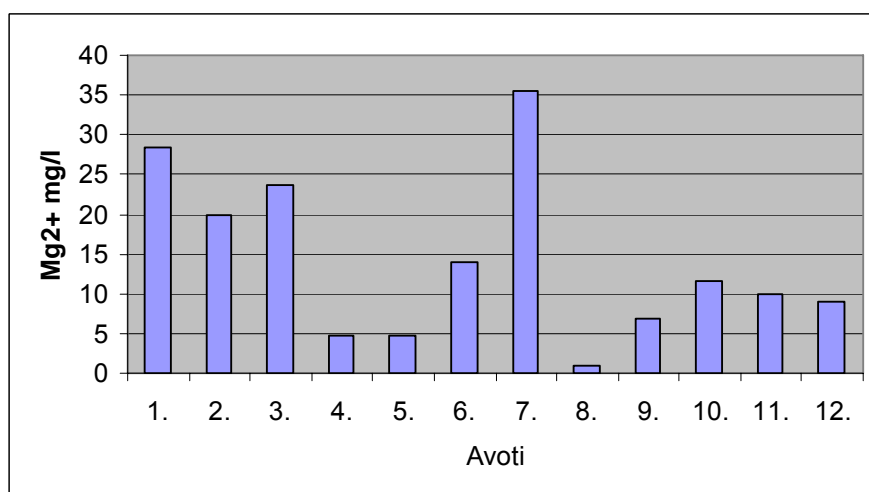
4.2.2. Ūdens ķīmiskā sastāva atšķirības avotos

Ir redzama detalizēta informācija, par katra avotu ķīmiskā sastāva koncentrāciju atšķirībām.



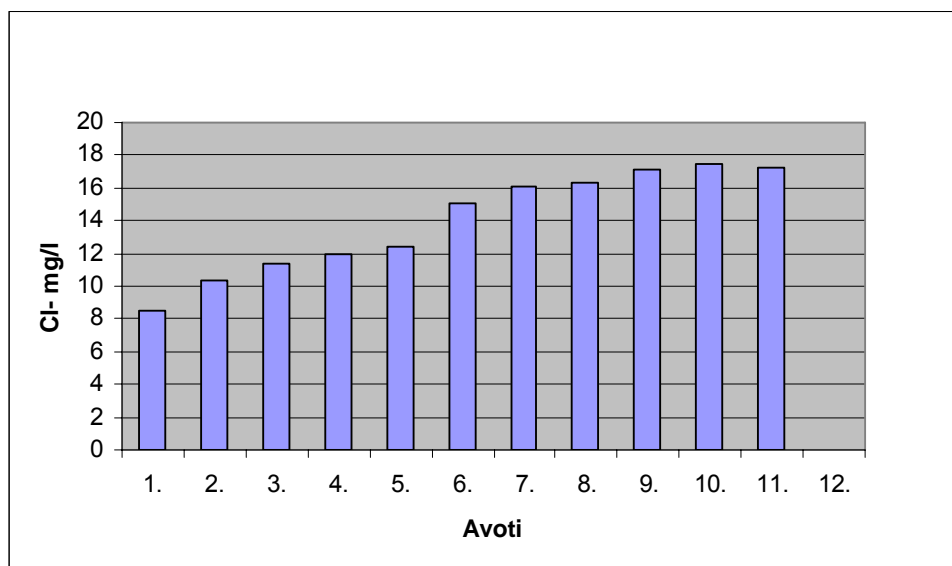
6. att. Kalcija jonu koncentrācija avotu ūdeņos.

Pēc iegūtajiem rezultātiem var redzēt, Kalciju vismazāk satur avoti ar kārtas numuriem 4., 5., 12. Pārējiem deviņiem Kalcija saturs ūdenī ir diezgan liels. Ūdeņi ir bagāti ar Kalciju.



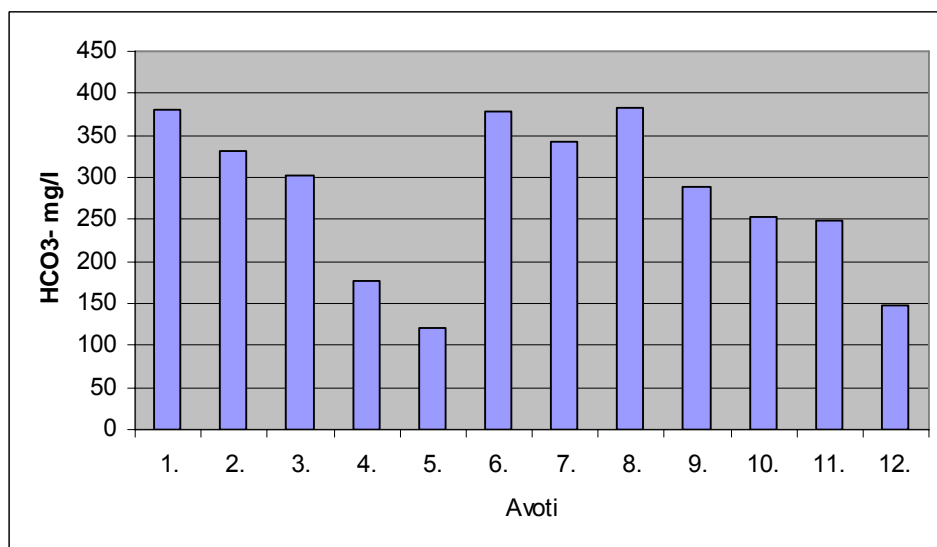
7.att. Magnija jonu daudzums avotu ūdeņos.

Avotos ar kārtas numuriem 4., 5., 8., 9. ir vismazākais Magnija saturs. Visaugstākā magnija koncentrācija ir avotam ar kārtas numuru 7.



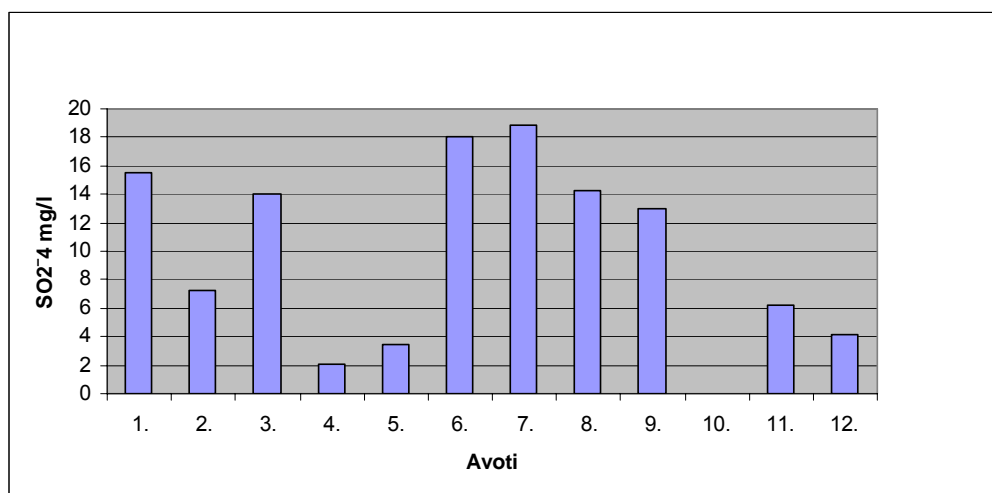
8.att. Hlorīdjonu saturs avotu ūdeņos.

Avotam ar kārtas numuru 1. ir pavisam minimāla hlorīda jonu koncentrācija 0,03 mg/l. Tas nozīmē, ka šis avots ir vismazāk piesārņots.



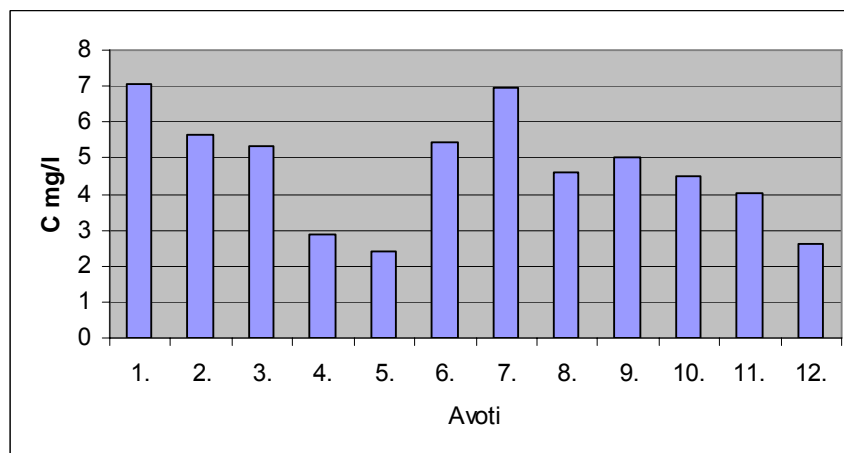
9.att. HCO₃⁻ daudzums avotu ūdeņos.

Koncentrācija visos ievāktajos paraugos ir samērā vienāda. Tikai avotiem ar kārtas numuriem 4., 5., 12 ir vismazākā HCO₃⁻ koncentrācija.



10.att. Sulfāta jonu daudzuma avotu ūdeņos.

Mazākais Sulfāta jonu saturs ir avotos ar kārtas numuriem 2., 4., 5., 11., 12. Pilnība Sulfāt jonus nesatur avots nr. 10. Avoti ar kārtas numuriem 1., 3., 6., 7., 8., 9. visvairāk satur sulfāt jonus.



11.att. Kopējās cietības vērtības avotu ūdeņos (mmol-ekv/l)

Avotiem krāsas atšķirības nav manāmas. Pēc visiem parametriem vislīdzīgākie avoti ar kārtas numuriem 8., 9., 11. Tiem ir gandrīz vienādas katjonu un anjonu koncentrācijas ūdeņos. Šiem avotiem pH līmenis arī vienāds. Avots ar kārtas numuru 12. atšķiras no visiem, jo tam hlorīda jonu koncentrācija ir pavisam minimāla.

4.3. Mazsalacas apkārtnes avotus veidojošie ūdens horizonti

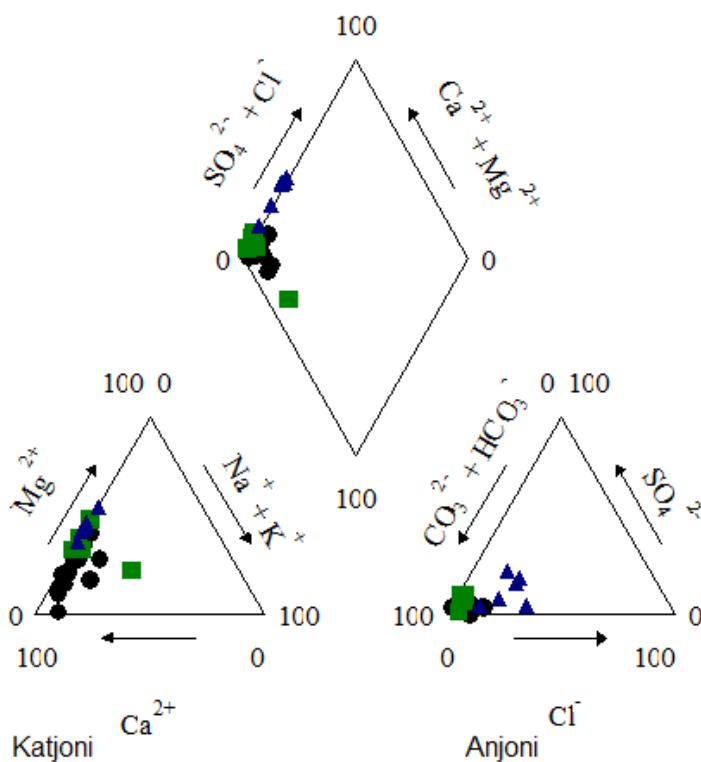
Avotu apsekošanas gaitā tika konstatēts, ka daļa avotu izplūst no smilšakmeņiem, kas ir tieša norāde par to, ka konkrētie avoti veidojas Arukilas ūdens horizonta ūdeņiem noplūstot

Salacas ielejā. Savukārt daļai avotu to izcelsme nebija tik vienozīmīgi skaidra, jo vizuālā apsekošana liecināja, ka tie izplūst no kvartāra nogulumiem. Arī avotu ūdens ķīmiskā sastāva analīze nesniedza vienozīmīgu atbildi par avotus barojošo ūdens horizontu.

Tāpēc, izmantojot LVGMC datu bāzes „Urbumi” informāciju par kvartāra un Arukilas horizontu ūdeņu ķīmisko sastāvu urbumos Mazsalacas apkārtnē, un šajā pētījumā iegūtos datus par avotu ūdens ķīmisko sastāvu, tika salīdzinātas galveno jonu koncentrācijas šiem ūdeņiem (12. att.).

Apzīmējumi:

- Avoti
- D2 ar
- ▲ gQ3ltv



12. att. Pazemes ūdeņu ķīmiskais sastāvs Mazsalacas apkārtnē (galveno jonu koncentrācija ekv%)

Pēc katjonu sastāva D2ar un kvartāra ūdeņi ir līdzīgi. Pēc anjonu sastāva kvartāra ūdeņi skaidri nodalāmi no Arukilas horizonta ūdeņiem. Kopējā grafikā redzams, ka devona un kvartāra ūdeņiem ir atšķirīgs sastāvs, Avotu ūdeņi pēc sastāva ir tuvāki D2ar horizonta ūdeņiem – tātad gan tie avoti, kur redzms, ka tie izplūst no smilšakmeņiem, gan pārējie – visi barojas no Arukilas ūdens horizonta. Un cauri kvartāram plūst tikai pašā ielejas nogāzē, kur devona iežus sedz

kvartāra nogulumi. Na un K jonu paaugstinātās koncentrācijas avotu ūdeņos, salīdzinājumā ar D2ar ūdeņiem, varētu liecināt par kvartāra ūdeņu nelielu piejaukumu.

SECINĀJUMI

Izstrādājot bakalaura darbu „ Avotu ūdens ķīmiskais sastāvs Mazsalacas apkārtnē”, ieguvu zināšanas par avotu veidošanās faktoriem. Caur kādiem vecuma iežiem tie izplūst. Un ūdens svarīgākajiem raksturlielumiem, temperatūru, elektrovadītspēju, ūdens vides reakciju.

Kursa darbā izvirzītie uzdevumi ir izpildīti un mērķis ir sasniegts, un galvenie secinājumi ir šādi:

- Pēc ķīmiskā sastāva visi avoti barojas no devona ūdeņiem- Arukilas ūdens horizonta,
- Savukārt daļai avotu to izcelsme nebija tik viennozīmīgi skaidra, jo vizuālā apsekošana liecināja, ka tie izplūst no kvartāra nogulumiem. Avotu ūdens ķīmiskā sastāva analīze nesniedza viennozīmīgu atbildi par avotus barojošo ūdens horizontu,
- Avotu ūdens elektrovadītspēja ir robežās no 182 - 607 $\mu\text{S}/\text{cm}$, diezga dažāda katram avotam. Temperatūra no 10 līdz 13 grādiem un pH līmenis 7- 9, nav vērojamas lielas atšķirības starp avotiem.

IZMANTOTĀS LITERATŪRAS SARAKSTS

Publicētā literatūra

1. Āboltiņš O., Kuršs V. 2000. Latvijas ģeoloģiskā karte. 53. lapa – Ainaži. Rīga, Valsts ģeoloģijas dienests. 9- 11., 15- 20. lpp.
2. Bambergs K., 1993. Ģeoloģija un hidroģeoloģija. Rīga, „Zvaigzne”. 229- 231., 230-245., 250- 255. lpp.
3. Dēliņa A., 2007. Kvartārsegas pazemes ūdeņi Latvijā. Doktora grāda iegūšanai ģeoloģijas nozares lietišķās ģeoloģijas apakšnozarē. Rīga, LU. 24. lpp.
4. Indāns A. (Red.), 1979. Ģeoloģija. Rīga, „Zvaigzne”. 150- 153. lpp.
5. Levina N., Levins I. 2006. Pazemes ūdeņu pamatmonitorings, 2005.gads. Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūra, Rīga, 335 lpp.
6. Levins I., Levina I., Gavena I., 1998. Latvijas pazemes ūdeņu resursi. Rīga, Valsts ģeoloģijas dienests. 10. lpp.
7. Mežaraups G., 1995. Ūdeņi un to ķīmiskā kontrole. Rīga „Mācību grāmata”. 8- 24. lpp.
8. Todd D.K., Mays L.W., 2005. Groundwater Hydrology. Third edition. John Willey & Sons. 67.- 68.lpp.
9. Winston, R.B., 2000, Graphical User Interface for MODFLOW, Version 4: U.S. Geological Survey Open-File Report 00-315, 27 p.
10. Zīverts A., 2001. Pazemes ūdeņu hidroģeoloģija. Mācības palīglīdzeklis vides un ūdenssaimniecības specialitātes studentiem. Jelgava, LLU. 12- 13., 68- 72., lpp.

Nepublicētā literatūra

1. Raga B. 2008. Lielākie avoti abavas senlejas posmā Kandava – Sable./ vad. A. Dēliņa. LU, Rīga. 9.,12. lpp.
2. Мисанс Я.П., Курш В.М., Стпгоноб М.А., Ларский В.Н. 1965. Отчет о комплексной геолого - гидрогеологической карте масштаба 1: 200 000 на территории листа 0-35-xx. северо- латвийская 2 СП 1963-1965. ТОМ 1- текст отчета.
3. Трацевский Ф.Д., Поливко Ю.Л., Трацевская Л.П.. 1965. Геологоразведочная экспедиция. Материали к государственной геологической карте СССР масштаба 1: 200 000 (серия прибалтийская). Государственный геологический комитет Латвиской СССР.

4. LVĢMC [Bez dat.] DB "Urbumi" (Latvijas urbumu datu bāze). Atsauce tekstā (LVĢMC, bez. dat.).

Interneta resursi

1. Reinis Cukurs, [Bez dat.] Mazsalacas novada hronika. Sk. 04.05.2011. Pieejams http://www.sauleskoks.lv/dk/biblioteka/mazsalacas_chronika.pdf
2. Salaca, 2011. Vikipēdija: brīva enciklopēdija. Sk. 04.05.2011. Pieejams <http://lv.wikipedia.org/wiki/Salaca>
3. James Hunt 2006. Salacas upes baseina apsaimniekošanas plāns. Sk. 26.05.2013. Pieejams <http://kalme.daba.lv/faili/LVAF...dok/.../Salaca%20UBAP-gala%20versija.doc>

Kartes

1. Mazsalacas Tūrisma informācijas centrs, 2009. <http://mazsalaca.webs.com>

PIELIKUMI

Pielikums Nr.1. Nātrija un Kālija ūdens analīzes rezultāti

Ūdens analīzes rezultāti

Paraugus analīzēm nodeva: Karīna Skuķe, 3.kursa studente
 Paraugi saņemti analīzēm: 11.06.2011 g
 Darba vadītājs: Aija Dēliņa

Paraugs	Na, mg/l	K, mg/l
1	26,78 ± 0,80	1,79 ± 0,05
2	6,15 ± 0,18	1,69 ± 0,05
3	3,33 ± 0,10	1,61 ± 0,05
4	2,30 ± 0,07	0,97 ± 0,03
5	2,71 ± 0,08	0,64 ± 0,02
6	20,76 ± 0,62	2,91 ± 0,09
7	5,50 ± 0,16	1,06 ± 0,03
8	7,43 ± 0,22	6,52 ± 0,20
9	4,34 ± 0,13	2,35 ± 0,07
10	2,81 ± 0,08	0,76 ± 0,02
11	2,18 ± 0,07	0,47 ± 0,01
12	1,91 ± 0,06	0,64 ± 0,02

Metrologiskie radītāji no kalibrēšanas šķīdumus merījumiem:

MDL=3*StDev, mg/l :	0,01	0,01
QL=10*StDev, mg/l :	0,03	0,03
Nenoteiktība, % :	3	3
Spektrālas līnijas, nm:	589,0	766,5

Mērišanas veikti ar PerkinElmer Instrumentu AAnalyst 200

Atomu emisija tika mērīta Gaisa-C₂H₂ liesmā.

Ionizācijas kontrolei šķīdumiem bija pievienots CsCl₂ līdz 0,1% Cs.

Datums: 13.06.2011.

Analīzes izpildītājs : laborants K.Vilgurs

Bakalaura darbs „ Avotu ūdens ķīmiskais sastāvs Mazsalacas apkārtnē” izstrādāts LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie informācijas avoti un iesniegtā darba elektroniskā kopija atbilst izdrukai.

Autors: Karīna Skuķe _____ ./. /2013.
paraksts datums

Rekomendēju darbu aizstāvēšanai

Zinātniskais vadītājs: docents, Dr. ģeol Aija Dēliņa
_____ ./. /2013.
paraksts datums

Recenzents: amats, zinātn. grāds Vārds Uzvārds

Darbs iesniegts Ģeoloģijas nodaļas lietvedībā datums

Nodaļas lietvede _____ ./. /2013.
paraksts datums

Noslēguma darba aizstāvēšanas rezultāti:

Bakalaura darbs aizstāvēts ģeoloģijas bakalaura gala pārbaudījumu komisijas sēdē

2013./__./___. protokola nr. vērtējums
gads, datums, mēnesis

Sekretārs Vārds Uzvārds _____ ./. /2013.
paraksts datums