Hidroloģiskā režīma atjaunošanas ietekme uz sērūdeņu resursiem Ķemeru Nacionālajā parkā

Projekts „Ķemeru nacionālā parka hidroloģiskā režīma atjaunošana"
LIFE10 NAT/LV/000160 HYDROPLAN

Pasūtītājs:
Dabas aizsardzības pārvalde
12-Jūn-2013 Līgums Nr. 1.17.9.2/4/2013-P (0613/1-b)
Identifikācijas Nr. DAP 2013/41

Rīga, Jūlijs – 2013

Procesu analīzes un izpētes centrs
PAIC

SATURS

1. IEVADS 4
2. MATEMĀTISKAIS MODELIS 6
3. ĶEMERU TĪREĻA ĢEOLOĢISKAIS MODELIS 9
4. HIDROĢEOLOĢISKAIS MODELIS 17
4.1. Patreizējā situācija 17
4.2 Paredzamās izmaiņas 23
5. SĒRŪDEŅRAŽA MODELIS 35
5.1. Patreizējā situācija 35
5.2 Paredzamās izmaiņas 37
6. SECINĀJUMI 42
LITERATŪRA 43

1. IEVADS

Šis darbs ir veikts, balstoties uz 2013. gada 12. jūnija Līgumu Nr. 1.17.9.2/4/2013-P (0613/1-b), kas tika noslēgts starp **Dabas aizsardzības pārvaldes** administrāciju (Pasūtītājs) un SIA „**Procesu analīzes un izpētes centrs**" (Izpildītājs). Līgumdarba uzdevumi:

1. **Izstrādāt hidroģeoloģisko modeli mitrāju teritoriju hidroloģiskā režīma atjaunošanas vietām Ķemeru Nacionālajā parkā**):
   1.1. Zaļais purvs izstrādāto kūdras karjeru rajonā (Engures novada Smārdes pagasts), projekta C.1 aktivitātes norises vieta;
   1.2. meži Ķemeru tīreļa R malā (Tukuma novada Džūkstes un Slampes pagasti), projekta C.2.1 aktivitātes norises vieta;
   1.3. Skudrupītes paliene (Tukuma novada Džūkstes pagasts), projekta C.2.2 aktivitātes norises vieta.
2. Balstoties uz izstrādāto hidroģeoloģisko modeli, **sniegt pamatotas prognozes** par mitrāju teritoriju hidroloģiskā režīma atjaunošanas ietekmi un ietekmes būtiskumu **uz pazemes ūdens plūsmu un sērūdeņraža minerālūdeņu veidošanās procesiem** mitrāju teritoriju hidroloģiskā režīma atjaunošanas vietās Ķemeru Nacionālajā parkā, kā arī pieguļošajās teritorijās ietekmes izplatības robežās – veikt pazemes ūdens plūsmu un sērūdeņraža koncentrāciju aprēķinus bāzes situācijai un pazemes ūdens plūsmu un sērūdeņraža izmaiņām pēc plānotās mitrāju teritoriju atjaunošanas, noteikt iespējamo pārmaiņu apmērus, attālumu un izplatību:
   2.1. Izveidot un kalibrēt 1. punktā minēto teritoriju hidroģeoloģisko modeli un sērūdeņraža veidošanās un transporta modeli;
   2.2. Veikt aprēķinus bāzes un paredzamajai situācijai pēc mitrāju atjaunošanas darbu veikšanas;
   2.3. Izvērtēt hidroloģiskā režīma atjaunošanas darbu 1. punktā minētajās teritorijās ietekmi uz pazemes ūdeņu plūsmām, sērūdeņraža minerālūdeņu veidošanos, transportu un resursiem.

Darbā izmantotie hidroģeoloģiskā un sērūdeņraža veidošanās/transporta matemātiskie modeļi formulēti 2. nodaļā. Trīsdimensionālais hidroģeoloģiskais (filtrācijas) modelis tika pārņemts no „PUMA" („Starpnozaru zinātnieku grupas un modeļu sistēmas izveide pazemes ūdeņu pētījumiem", www.puma.lu.lv) projektā izstrādātā reģionālā trīsdimensionālā Baltijas artēziskā pazemes ūdens filtrācijas modeļa (Virbulis et al., 2012), izgriežot un precizējot pētījumu apgabalu. Sērūdeņraža veidošanās un transporta modelis formulēts divās dimensijās visbūtiskākajā – Devona svītas Salaspils ūdensnesošajā horizontā.

Izvēlētais modeļapgabals un tā trīsdimensionālā ģeoloģiskā struktūra aprakstīta 3. nodaļā. Modeļapgabals veidots aptuveni 750 km^2 teritorijā, kas ietver visu Lielo Ķemeru tīreli un tam piegulošo rietumu teritoriju un Zaļo purvu. No apakšas to norobežo vidusdevona Narvas svītas reģionālais sprostslānis. Modeļstruktūra veidota ar galīgo elementu metodi. Ģeoloģiskā struktūra izveidota ar projekta „PUMA" ietvaros izstrādātajiem ģeoloģiskās struktūras manipulācijas rīkiem (Virbulis et al., 2012).

Hidroģeoloģiskā režīma aprēķini aprakstīti 4. nodaļā. Modeļa kalibrācija veikta, balstoties uz atskaites materiāliem (atsauce) un LVĢMC veiktajiem pazemes ūdens

līmeņa novērojamiem pētījumu teritorijā (Takčidi, 1999). Modeļa kalibrācijas rezultāts ir pašreizējās hidroģeoloģiskās situācijas modeļaprēķins, kas analizēts sadaļā 4.1. Sadaļā 4.2 aprakstīti prognostiskie hidroģeoloģiskā režīma aprēķini pēc projektēto darbu veikšanas un izvērtētas pazemes filtrācijas režīma izmaiņas.

Sērūdeņraža veidošanās un transporta matemātiskais modelis kalibrēts, un aprēķini pašreizējai un paredzamajai situācijai aprakstīti 5. nodaļā. Aprēķinu veikšanai izmantoti 4. nodaļā aprakstītie filtrācijas lauki, aprēķini veikti ar oriģinālu programmatūru.

2. MATEMĀTISKAIS MODELIS

Pazemes filtrācijas režīma modelēšanai izmantota standarta pieeja, risinot stacionāru trīsdimensionālu filtrācijas vienādojumu ūdenspiesātinātā vidē:

$$\frac{d}{dx}\left(K_{xy}\frac{dh}{dx}\right)+\frac{d}{dy}\left(K_{xy}\frac{dh}{dy}\right)+\frac{d}{dz}\left(K_{z}\frac{dh}{dz}\right)=0 \qquad (1)$$

Vienādojumā (1) x, y ir horizontālās, bet z – vertikālā koordinātes, h ir pjezometriskais ūdenslīmenis, bet K ir (katram ģeoloģiskajā struktūrā pārstāvētajam materiālam atšķirīgs) filtrācijas koeficients. Modelī ievērota materiālu anizotropija, filtrācijas koeficients horizontālajā virzienā ir K_{xy}, bet vertikālajā – K_z.

Vienādojums (1) tiek papildināts ar pirmā veida robežnosacījumiem uz ūdenspiesātinātajām modeļapgabala sānu robežām, kas tika pārņemti no kalibrētā Baltijas Artēziskā Baseina filtrācijas modeļa versijas V2 kalibrētajiem filtrācijas laukiem. Uz modeļapgabala augšējās robežas tiek uzdoti sekojoši robežnosacījumi:

1. Zem ūdenstilpnēm ar noteiktu līmeni $z_ū$ tiek uzdots pirmā veida robežnosacījums $h=z_ū$.
2. Uz ūdens nepārklātās apgabala virsmas, apgabalos, kur pazemes ūdeņi neizplūst virszemē (h<z), tiek uzdota infiltrācija: infiltrācijas parametri tiek pārņemti no kalibrētā Baltijas Artēziskā Baseina filtrācijas modeļa.
3. Uz ūdens nepārklātās apgabala virsmas, apgabalos, kur pazemes ūdeņi izplūst virszemē (h>z), tiek uzdoti brīvas izplūšanas nosacījumi h=z.
4. Uz Purvu pārklātajām teritorijām infiltrācijas parametrs tika palielināts, tādējādi kompensējot ūdens noteces komponenti, kas purvos ir daudz zemāka.
5. Ūensnesošajos horizontos ir uzdoti ūdensguves urbumi ar debitiem atbilstoši 2008. gada situācijai.

Sērūdeņraža modelēšanai tiek lietota vienkāršota Bethke (1996) pieeja, aplūkojot trīs principiālās ķīmiskās reakcijas – divu veidu organiskās vielas dekompozīciju un sērūdeņraža oksidēšanu. Šāda pieeja aplūko 3 stāvokļa mainīgos – organiskā oglekļa, skābekļa un sērūdeņraža koncentrācijas. Alternatīvi būtu iespējams neaplūkot organiskā oglekļa koncentrāciju, bet modelēt sulfātreducējošo *Desulphovibrio* baktēriju koncentrāciju sadalījumu, taču šādai pieejai trūkst novērojumu datu. Modelī ietvertās ķīmiskās reakcijas ir:

1) aerobā dekompozīcija ar skābekli:

$$C_{org}+O_2 \rightarrow CO_2 \qquad (2)$$

2) sulfātredukcijas:

$$2C_{org}+2H^{+}+SO_4^{2-} \rightarrow H_2S+2CO_2 \qquad (3)$$

3) sērūdeņraža oksidēšana:

$$H_2S+2O_2 \rightarrow SO_4^{2-}+2H^{+} \qquad (4)$$

Šajos vienādojumos C_{org} ir organiskais ogleklis, neaplūkojot specifiskas organiskās vielas, kuru sastāvā tas ietilpst. Kalyuzhnyi (1998) aplūko precīzas dažādu organisko vielu sulfātredukcijas reakcijas, bet Ķemeru tīreļa gadījumā šāda pieeja informācijas

trūkuma dēļ radītu nepamatojamus pieņēmumus gan par organisko vielu sastāvu ūdenī, gan par virkni reakciju ātrumiem.

Apzīmējot vielu molāro koncentrāciju ar [viela], reakciju (2-4) kinētikas vienādojumi attiecīgi ir:

$$
\begin{aligned}
&-\frac{d[C_{org}]}{dt} = -\frac{d[O_2]}{dt} = R_{C/O2} \\
&\frac{d[H_2S]}{dt} = -\frac{1}{2}\frac{d[C_{org}]}{dt} = \frac{1}{2}R_{C/H2S} \\
&-\frac{d[H_2S]}{dt} = -\frac{1}{2}\frac{d[O_2]}{dt} = \frac{1}{2}R_{S/O2}
\end{aligned}
\qquad (5)
$$

Reakciju ātrumi (5) tiek izteikti ar Michaelis-Menton kinētiskajām izteiksmēm, Monod (1949). Turklāt tiek pieņemts, ka sulfātjonu un sulfātreducējošo baktēriju daudzums ir pietiekams, un to koncentrācijas neietekmē atbilstošās reakcijas (3) ātrumu:

$$
\begin{aligned}
R_{C/O2} &= R_{0C/O2}\frac{[C_{org}]}{K_2+[C_{org}]}\frac{[O_2]}{K_3+[O_2]} \\
R_{C/H2S} &= R_{0C/H2S}\frac{[C_{org}]}{K_1+[C_{org}]} \\
R_{S/O2} &= R_{0S/O2}\frac{[H_2S]}{K_5+[H_2S]}\frac{[O_2]}{K_4+[O_2]}
\end{aligned}
\qquad (6)
$$

Apzīmējot molmasas ar μ, vielu bilanci var pierakstīt masas koncentrācijām (mg/l) kā:

$$
\begin{aligned}
\frac{dC_{Corg}}{dt} &= \mu_C(-R_{C/O2} - R_{C/H2S}) \\
\frac{dC_{H2S}}{dt} &= \mu_{H2S}(\frac{1}{2}R_{C/H2S} - R_{S/O2}) \\
\frac{dC_{O2}}{dt} &= \mu_{O2}(-R_{C/O2} - 2R_{S/O2})
\end{aligned}
\qquad (7)
$$

(7) veido avotus un noteces koncentrāciju pārneses vienādojumu sistēmā:

$$
\begin{aligned}
\frac{\partial C_{Corg}}{\partial t} + \frac{1}{\alpha}\rho\vec{v}\nabla C_{Corg} &= \mu_C(-R_{C/O2} - R_{C/H2S}) + Q_{Corg} \\
\frac{\partial C_{H2S}}{\partial t} + \frac{1}{\alpha}\rho\vec{v}\nabla C_{H2S} &= \mu_{H2S}(\frac{1}{2}R_{C/H2S} - R_{S/O2}) \\
\frac{\partial C_{O2}}{\partial t} + \frac{1}{\alpha}\rho\vec{v}\nabla C_{O2} &= \mu_{O2}(-R_{C/O2} - 2R_{S/O2}) + Q_{O2}
\end{aligned}
\qquad (8)
$$

Vienādojumu sistēmā (8) a ir porainība, v ir filtrācijas ātrums. Šajā atskaitē (8) tiek risināta divdimensionāli, konkrētā (D3slp) ūdensnesošā horizontā, un v tādējādi ir pa slāņa biezumu vidējots horizontālais filtrācijas ātrums. Pieņemts, ka caur sānu robežām apgabalā ieplūstošajā ūdenī C_{Corg}=0 un C_{H2S}=0, bet C_{O2}= 15 mg/l. Ūdenī, kas D3slp horizontā infiltrējas no kvartāra nogulumiem pieņemtas noteiktas organiskā

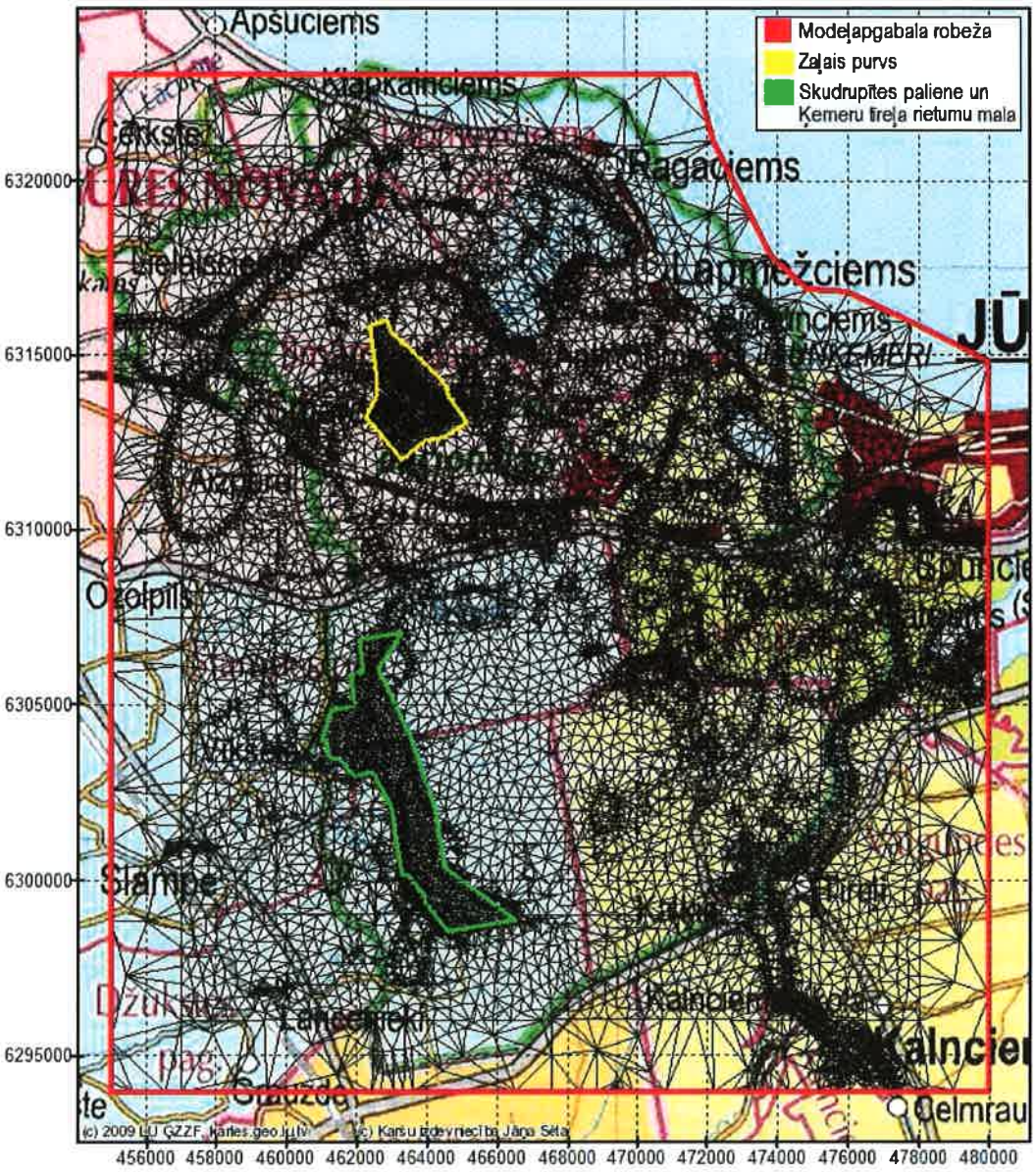
oglekļa un izšķīdušā skābekļa koncentrācijas. Šīs vielu plūsmas ietvertas matemātiskajā modelī kā avotu locekļi Q_{Corg} un Q_{O2} vienādojumu sistēmā (8). Pieņemts, ka $C_{Corg}=0$, ja ūdens infiltrējas no apgabala, kur nav sastopami kūdras nogulumi.

Tātad matemātiskā modeļa kalibrācija ietver ģeoloģiskās struktūras izveidi, filtrācijas koeficientu K_{xy}, K_z un infiltrācijas koeficienta r noteikšanu katram ģeoloģiskajā struktūrā ietvertajam materiālam, sērūdeņraža modeļparametru K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, $R_{0C/H2S}$, $R_{0C/O2}$, $R_{0S/O2}$ noteikšanu, organiskā oglekļa koncentrācijas noteikšanu no kūdras Salaspils horizontā ieplūstošajā ūdenī un izšķīdušā skābekļa koncentrācijas noteikšanu no kvartāra nogulumiem Salaspils horizontā ieplūstošajā ūdenī.

3. ĶEMERU TĪREĻA ĢEOLOĢISKAIS MODELIS

Par pamatu izveidotajam trīsdimensiju hidroģeoloģiskajam (filtrācijas) modelim tika izmantots „PUMA" projektā izstrādātais reģionālais trīsdimensiju Baltijas artēziskā baseina pazemes ūdens filtrācijas modelis (Virbulis et al., 2012), izgriežot un precizējot pētījumu apgabala un ģeoloģiskās uzbūves detalizāciju kā arī pārņemot sānu robežnosacījumus uz modeļa robežām.

Ģeoloģiskā modeļa apgabals izvēlēts tā, lai nodrošinātu Ķemeru tīreļa un Zaļā purva hidroģeoloģisko procesu atspoguļojumu un izvairītos no iespējamās robežnosacījumu neprecizitātes ietekmes uz kūdras karjera ūdenslīmeņa paaugstināšanas ietekmes izvērtējumu.

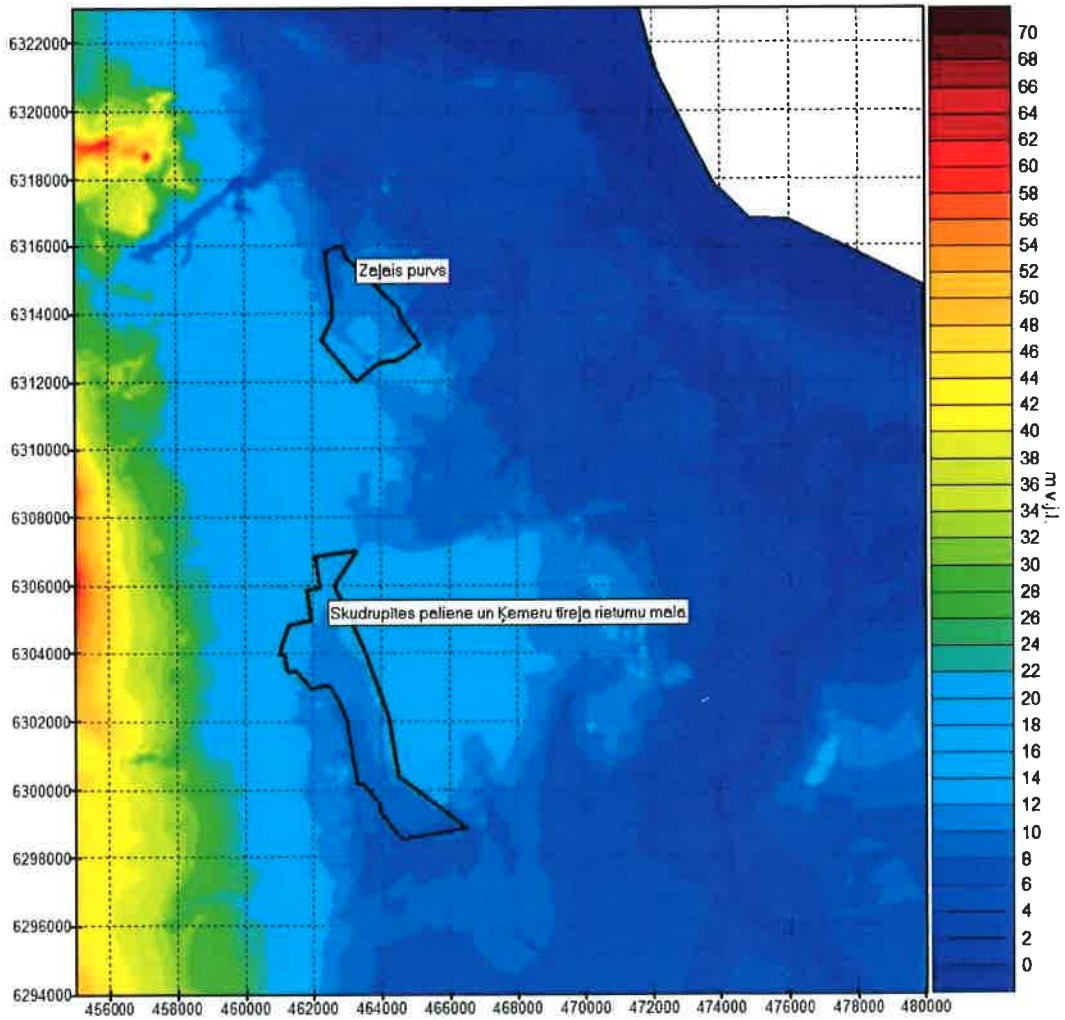


Att.1. Modeļapgabala novietojums plānā un modeļa režģa detalizācija.

Modeļapgabala novietojums plānā ir parādīts 1.attēlā. izvēlētais apgabals 750 km^2 platībā ietver visu Lielo Ķemeru tīreli un tam piegulošo teritoriju, kā arī Zaļā purva teritoriju. Modeļapgabala ziemeļu mala sakrīt ar Baltijas jūras krasta zonu, austrumos to norobežo Lielupe, bet rietumos – reljefa pacēlums. Tipiskā horizontālā modeļa izšķirtspēja ir ap 500 m, tā palielināta tiešā pētījumu objektu apkārtnē, kā arī gar ūdenstilpnēm un ūdenstecēm, līdz ne mazāk kā 100 m izšķirtspējai.

Par pamatu modeļapgabala virsmas reljefam ir ņemts CIGAR SRTM 4.1. reljefa modelis (Jarvis et al., 2008), kas ir papildināts ar pasūtītāja nodrošinātajiem augstas detalizācijas reljefa datiem, kas nosedz galvenās pētījumu teritorijas.

Modeļa ģeoloģiskās struktūras izveidei izmantotas ģeoloģiskās izpētes kartes (VĢD, 2004) un atsevišķu urbumu vertikālo griezumu ģeoloģiskā informācija (Takčidi, 1999).

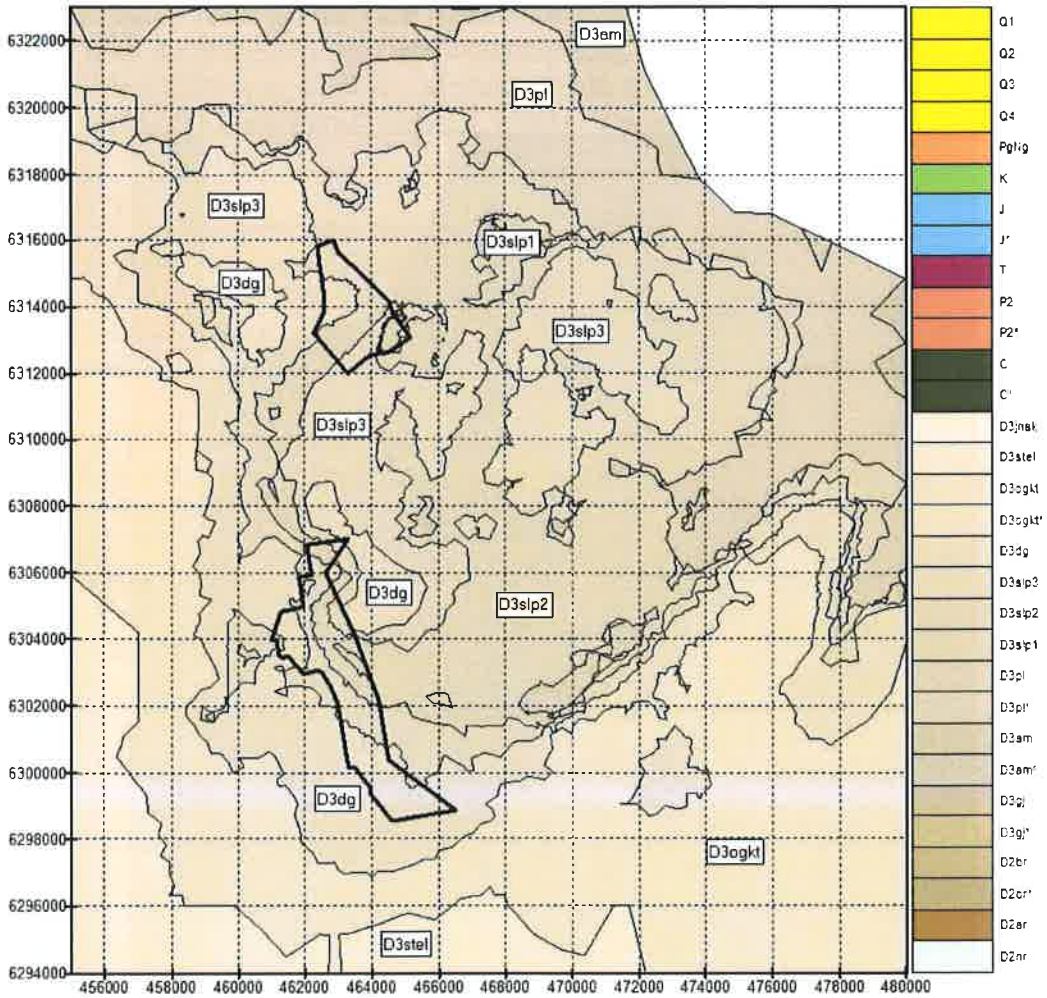


Att. 2. Modeļapgabala Zemes virsmas reljefs un pētījumu teritoriju novietojums.

Zemes virsmas reljefa sadalījums modeļapgabala teritorijā attēlots 2.attēlā. Reljefa galvenās iezīmes ir kopējs pacēlums rietumos, Lielupes ieleja austrumos un Lielā Ķemeru tīreļa purva kupola pacēlums modeļapgabala centrā.

Modeļapgabala apakšējā robeža sakrīt ar Narvas svītas nogulumu virsmu, kas ir reģionālais sprostslānis visai Latvijas teritorijai. Narvas, Ķemeru, Pērnavas, Arukilas, Burtnieku, Gaujas un Amatas svītas nogulumi ir izplatīti visā modeļapgabala teritorijā. Modeļapgabala biezums vidēji ir 300 m. Pazemes ūdens filtrācijas aprēķini rāda, ka aktīvos ūdens apmaiņas procesos piedalās tikai augšējās Stipinu-Elejas (D3stel) (1. tab.), Ogres-Katlešu (D3ogkt un D3ogkt*) (1.tab.), Daugavas (D3dg) (1.tab.), Salaspils (D3slp3, D3slp2 un D3slp1) (1.tab.), Pļaviņu (D3pl un D3pl*) (1.tab.) un Amatas (D3am un D3am*) (1.tab.) ūdens horizonti un sprostslāņi.

Ķemeru tīreļa apkārtnē subkvartāra virsmā (3.att.) atsedzas augšdevona Elejas, Amulas, Stipinu, Ogres, Katlešu, Daugavas, Salaspils, Pļaviņu un Amatas svītas.



Att. 3. Pamatiežu izplatība subkvartāra virsmā modeļapgabala teritorijā.

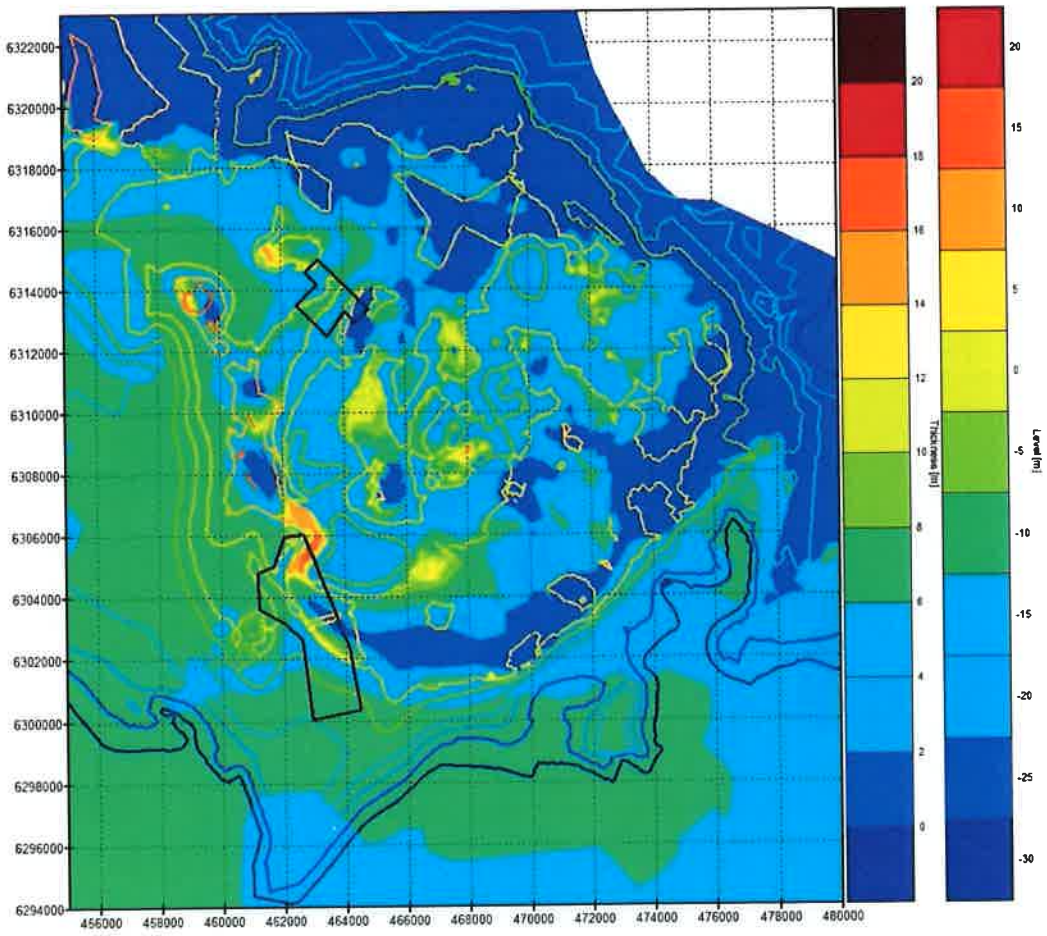
Amatas svīta ir izplatīta visā modeļapgabalā. Tās biezums vidēji ir 25-30 m. Svītas augšējo daļu veido smilšakmeņi ar aleirolīta un māla starpslāņiem, bet tās pamatnē atrodas Augšdevona Gaujas svītas māli un aleirīti, kas modeļapgabalā tiek interpretēti kā plāns sprostslānis 2 m biezumā (slānis D3am*) (1.tab.). Subkvartāra virsmā Amatas svīta atsedzas atsevišķos struktūrpacēlumos.

Pļaviņu svīta ir sastopama gandrīz visā modeļapgabala teritorijā. Tās biezums vidēji ir 15 - 25 m. Svītas augšējo daļu veido dolomīta nogulumi ar dolomītmerģeļa starpslāņiem, savukārt svītas pamatnē (2-3 m) atrodas dolomītmerģeļa un māla nogulumi, kas modeļapgabalā ir izdalīti kā plāns sprostslānis (slānis D3pl*) (1.tab.). Subkvartāra virsmā Pļaviņu svīta atsedzas struktūrpacēlumos.

Salaspils svītas nogulumi ir izplatīti lielākajā modeļapgabala daļā, izņemot tās ziemeļaustrumu stūri un atsevišķās lokālo struktūru velvēs. Lielākajā modeļapgabala teritorijā šīs svītas nogulumi atsedzas zemkvartāra virsmā, kas nosaka arī atsevišķu augstas plaisainības zonu izveidošanos dolomīta nogulumos modeļapgabala centrālajā daļā.

Salaspils svītas nogulumi pēc litoloģijas ir iedalāmi trijās daļās:

- D3slp3(augšējā) – ģipša, māla un dolomīta nogulumi
- D3slp2(vidējā) – dolomīta un ģipša nogulumi
- D3slp1(apakšējā) – mālaini nogulumi.



Att. 4. Salaspils svītas ūdensnesošā horizonta biezumu un virsmas reljefa karte (vietās, kur biezums ir 0 šis slānis fiziski neeksistē).

Augšējās un apakšējās svītas slāņkopas sastāv no ūdens mazcaurlaidīgiem iežiem, savukārt vidējā Salaspils svīta sastāv no ūdeni labi vadošiem iežiem. Salaspils svītas ūdens nesošā horizonta biezumu un reljefa karte ir parādīta 4.attēlā, sk. arī vertikālos griezumus R->A un D->Z virzienā, attiecīgi 5. un 6.attēlā.

Svītas biezumi visā modeļapgabalā ir mainīgi. Kopumā Salaspils svītas biezums samazinās ziemeļu virzienā (4.att.). Šīs svītas nogulumi vietām ir tikuši ievērojami erodēti (galvenokārt, lokālo struktūrpacēlumu tuvumā), kā rezultātā šajās vietās ir mazāki svītas biezumi. Kopumā Salaspils svīta modeļapgabalā sasniedz maksimāli 22 m biezumu.

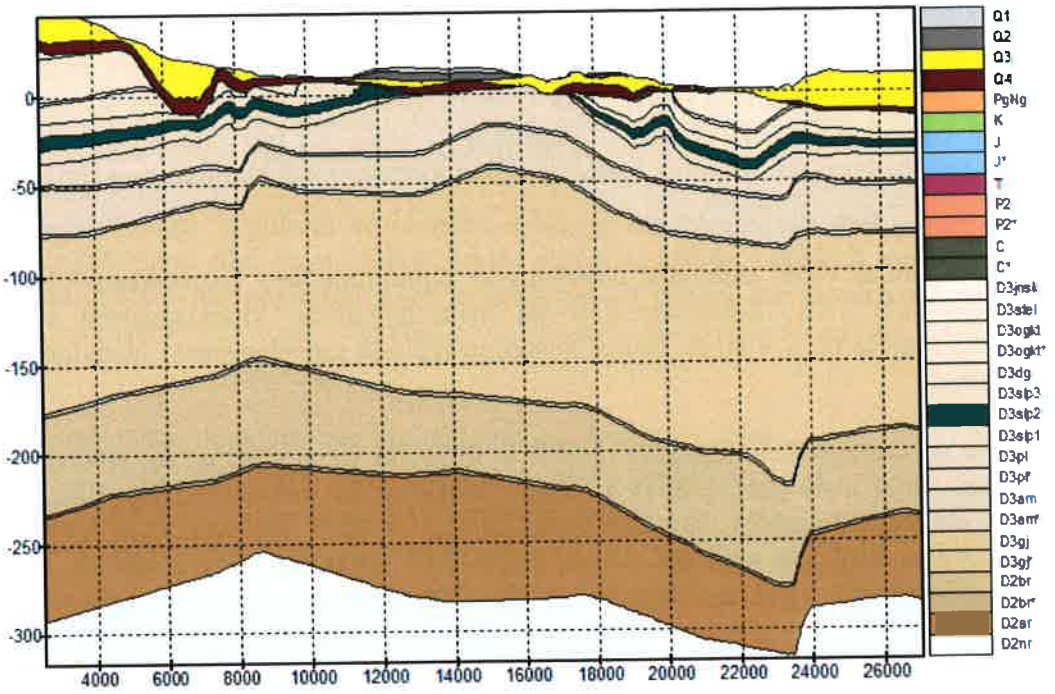
Daugavas svītu veido dolomīta nogulumi ar dolomītmerģeļa starpslāņiem. Svītas apakšējo daļu veido dolomītmerģeļa un māla nogulumi. Modeļapgabalā svītas biezums mainās no 8 – 20 m. Svītas nogulumi izplatīti modeļapgabala dienvidos un austrumos.

Katlešu un Ogres svītas nogulumi modelī ir apvienoti vienā slānī un modelapgabalā atsedzas šaurā joslā gar pētāmās teritorijas dienvidu un rietumu malām. Slāņkopa sastāv no dolomītmerģeļa slāņkopas apakšējā daļā un māla nogulumiem ar aleirolīta starpslāņiem slāņkopas augšdaļā. Modeļapgabalā šīs svītas nogulumi ir izplatīti šaurā joslā. Maksimālie slāņkopas biezumi ir līdz 7 m modeļapgabala dienvidaustrumu stūrī.

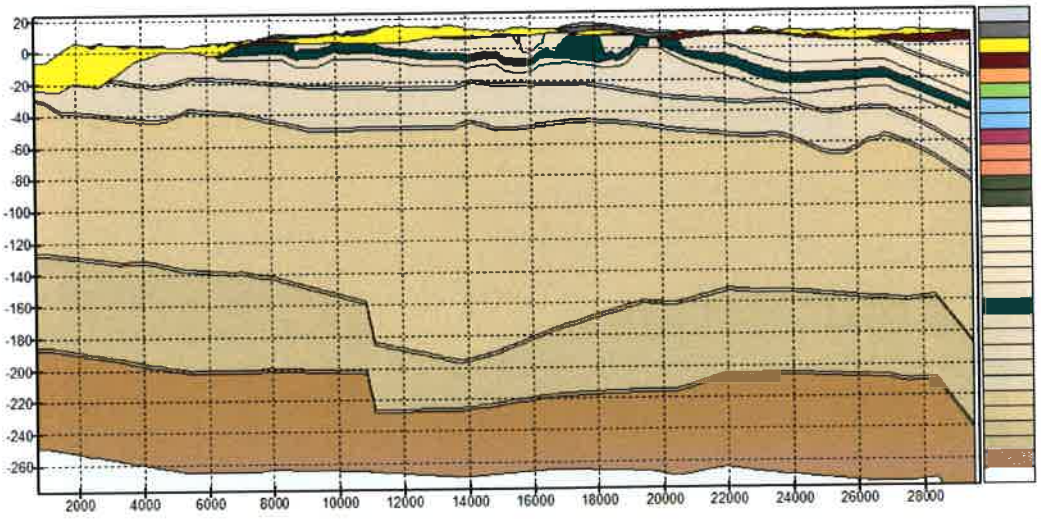
Katlešu un Ogres svītu nogulumi modelī ir apvienoti vienā slānī un modelapgabalā atsedzas šaurā joslā gar pētāmās teritorijas dienvidu un rietumu malām. Slāņkopa sastāv no dolomītmerģeļa slāņkopas apakšējā daļā un māla nogulumiem ar aleirolīta starpslāņiem slāņkopas augšdaļā. Modeļapgabalā šīs svītas nogulumi ir izplatīti šaurā joslā. Maksimālie slāņkopas biezumi ir līdz 7 m modeļapgabala dienvidaustrumu stūrī.

Stipinu un Elejas svītu nogulumi modelī ir apvienoti vienā slānī un modelapgabalā atsedzas tikai modeļapgabala DR stūrī.

Lielākā modeļpgabala teritorija (1. un 2.att.) atrodas Rīgavas un Tīreļu līdzenumā. Kopumā pētāmā teritorijā reljefs ir lēzens, tajā izdalās dažādu Baltijas jūras attīstības stadiju kāpu joslas, augsto purvu kupoli. Modeļapgabala rietumu malā zemes virsmas atzīmes sasniedz 30 – 40 m, kas sakrīt ar zemkvartāra virsmas pacēlumu.

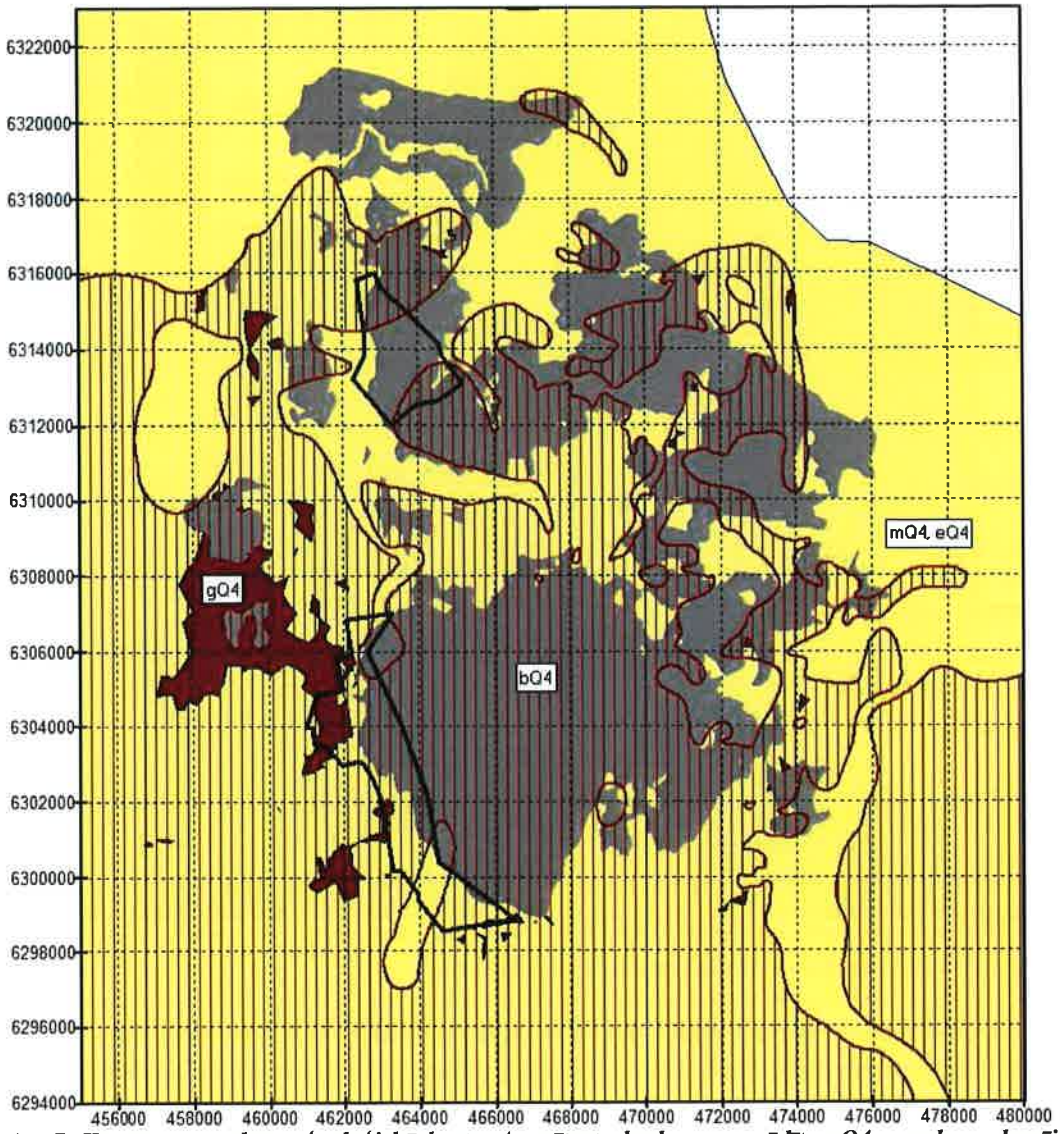


Att. 5. Modeļapgabala griezums pa līniju y=6302000 (R->A virzienā) (Vertikālais mērogs pārspīlēts 50 reizes).



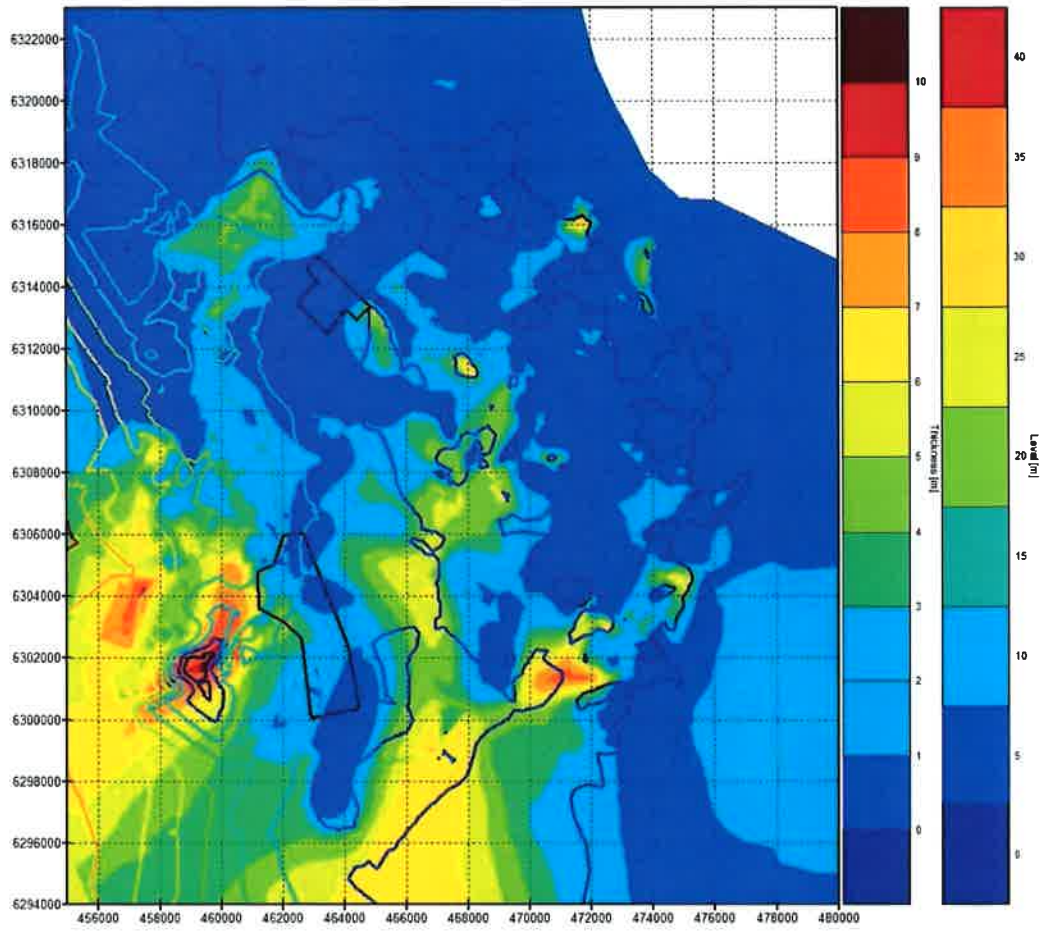
Att. 6. Modeļapgabala griezums pa līniju x=463000 (D->Z virzienā) (Vertikālais mērogs pārspīlēts 50 reizes)).

Kvartārsegas nogulumu ģeoloģisko materiālu karte apgabalā parādīta 7.attēlā. Izvēlētajā modeļapgabalā kvartārsegu veido pleistocēna glacigēnie (gQ3), glaciofluviālie (gfQ3) un glaciolimniskie (glQ3) nogulumi. Šos nogulumus pārsedz holocēna marīnie (mQ4), aluviālie (alQ4), eolie (eolQ4) un kūdras nogulumi (BQ4).



Att. 7. Kvartāra nogulumu ģeoloģiskā karte. Ar svītrotu laukumu norādīta gQ4 nogulumu kopējā izplatība.

Kopumā kvartāra segas biezumi ir nelieli. Maksimālie kvartārsegas biezumi ir kāpu nogulumos. Morēnas nogulumi (8.att.) veido vienmērīgu nogulumu segu modeļapgabala DR daļā. Šie nogulumi veido salīdzinoši vienmērīgu slāņkopu, biezumā līdz 10 m (modeļapgabala dienvidrietumos), bet vidēji ap 2 m. Modeļapgabala austrumu malā morēnas nogulumi ir izplatīti nelielos laukumos. Morēnas nogulumus pārsedz glaciolimniskie smilšainie nogulumi, kas arī veido vienmērīgu slāņkopu, biezumā sasniedzot 5-6 metrus.



Att. 8. Morēnas nogulumu biezumu un virsmas reljefa karte.

Modeļapgabalā ir plaši izplatīti purvu nogulumi (7.att.). Lielākie izplatības apgabali sakrīt ar Ķemeru lielo tīreli, Zaļo purvu un Slokas (Slocenes) ezera apkārtni Kūdras biezums sasniedz 8 m Ķemeru tīreļa centrālajā daļā, bet Zaļajā purvā ap 7 m.

Modeļapgabala centrālajā daļā vietām morēnas nogulumi ir izskaloti, un tur purvu nogulumi uzguļ tieši uz glaciolimniskajiem smilšainajiem nogulumiem (7.att.).

4. HIDROĢEOLOĢISKAIS MODELIS

4.1. Pašreizējā situācija

Pazemes ūdeņu filtrācijas režīms „patreizējai" situācijai tika modelēts, kalibrējot hidroģeoloģisko procesu matemātisko modeli (2. nodaļa) izveidotajā ģeoloģiskajā struktūrā (3. nodaļa) uz VĢD (2004) kvartāra nogulumu, Salaspils, Pļaviņu un Amatas hidroģeoloģiskajām kartēm un LVĢMC pazemes ūdens monitoringa urbumu novērojumiem. Aprēķinu rezultāti tika salīdzināti ar modeļapgabalā esošo urbumu pjezometrisko ūdenslīmeņu novērojumiem.

Pļaviņu, Amatas, Gaujas, Burtnieku un Arukilas ūdens horizontiem uz modeļapgabala sānu malas tika uzlikti pirmā veida robežnosacījumi, kas tika pārņemti no „PUMA" projekta reģionālā BAB modeļa (versija V2). Uz virsmas esošām lielākām ūdenstilpnēm uzlikti pirmā veida robežnosacījumi ar atbilstošo ūdens līmeni. Ūdens caurlaidības koeficenti ūdens horizontiem tika pārņemti no reģionālā pazemes ūdens filtrācijas modeļa, kas kalibrācijas rezultātā atsevišķiem slāņiem tika pielāgoti modeļapgabala situācijai (1. tabula). Salaspils slāņa mazcaurlaidīgajiem un ūdens horizontam ūdenscaurlaidības koeficenti tika izstrādāti atsevišķi un, kalibrācijas ceļā, pielāgoti.

1. tabula. Hidroģeoloģiskajā modelī izmantotās materiālu īpašības. Materiālu īpašības ir pārņemtas no BAB V2 kalibrētās ģeoloģiskās struktūras modeļa, izņemot kvartāra, Salaspils ūdens horizonta (D3slp2) un Pļaviņu ūdens horizonta (D3pl).

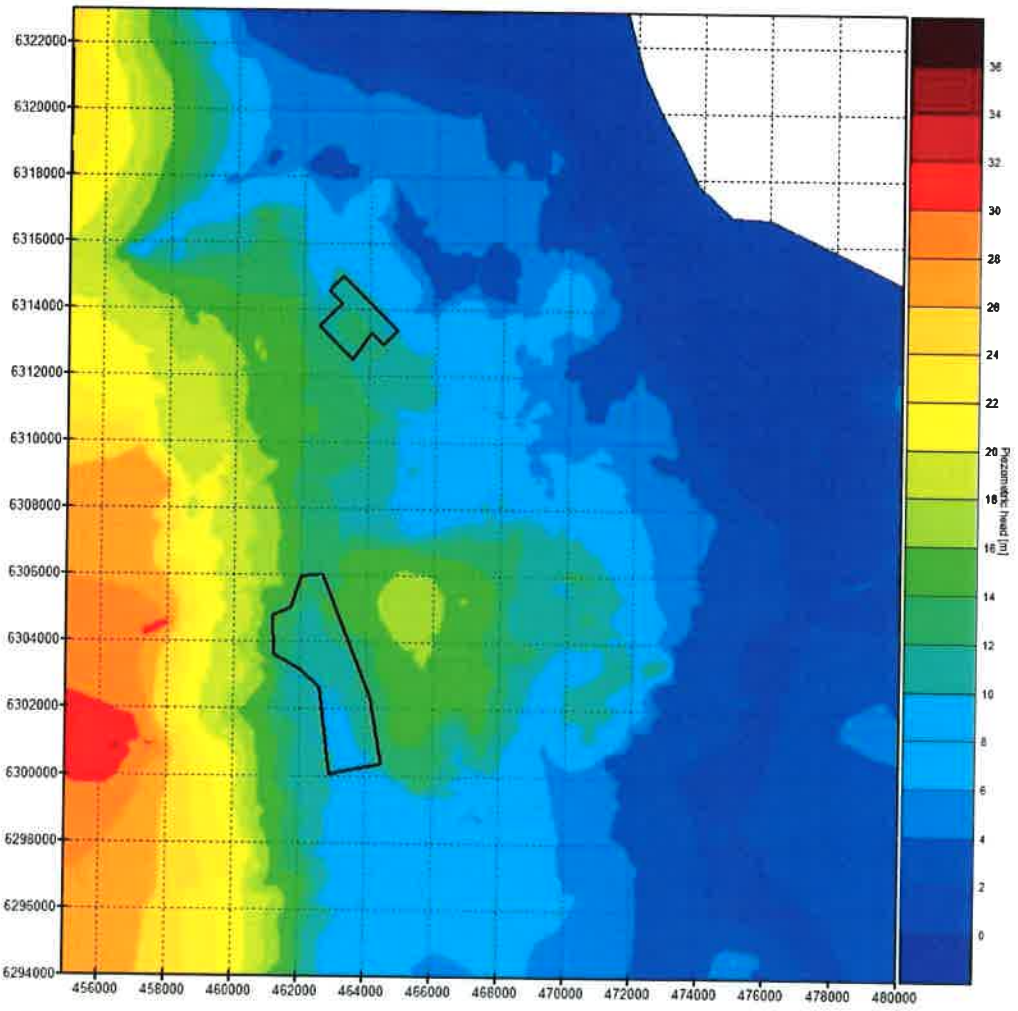
Slānis	Materiāls	K_{XY} (m/d)	K_Z (m/d)	Infiltrācija (m/d)
Q1	BQ4 - Kūdra	10	10	1.1e-3
Q2	BQ4 – Kūdra	0.5	0.5	1.1e-3
Q3	Gl+GfQ3 – smilts	10	2	5.5e-4
Q4	GQ3 - morēna	1e-3	1e-3	5.5e-4
D3stel	Stipinu līdz Elejas svītas – sprostslānis	1e-5	1e-5	0
D3ogkt	Ogres līdz Katlešu svītas – ūdens horizonts	0.422	0.0422	0
D3ogkt*	Ogres līdz Katlešu pamatne - sprostslānis	1.57e-6	1.57e-6	0
D3dg	Daugavas svīta – ūdens horizonts	1	0.1	0
D3slp3	Augšējā Salaspils slānis – sprostslānis	1e-3	1e-3	0
D3slp2	Vidējais Salaspils slānis – ūdens horizonts	30 (100)	10	0
D3slp1	Apakšējais Salaspils svītas slānis – sprostslānis	0.001	0.001	0
D3pl	Pļaviņu svīta – ūdens horizonts	10	0.251	0
D3pl*	Pļaviņu svītas pamatne – sprostslānis	9.24e-8	9.24e-8	0
D3am	Amatas svīta – ūdens horizonts	2.72	0.242	0
D3am*	Amatas svītas pamatne –	0.429	0.0429	0

	sprostslānis			
D3gj	Gaujas svīta – ūdens horizonts	2.38	0.237	0
D3gj*	Gaujas svītas pamatne - sprostslānis	1e-6	1e-6	0
D3br	Burtnieku svīta – ūdens horizonts	0.344	0.0444	0
D3br*	Burtnieku svītas pamatne – sprostslānis	1e-6	1e-6	0
D3ar	Arukilas svīta – ūdens horizonts	0.536	0.0531	0

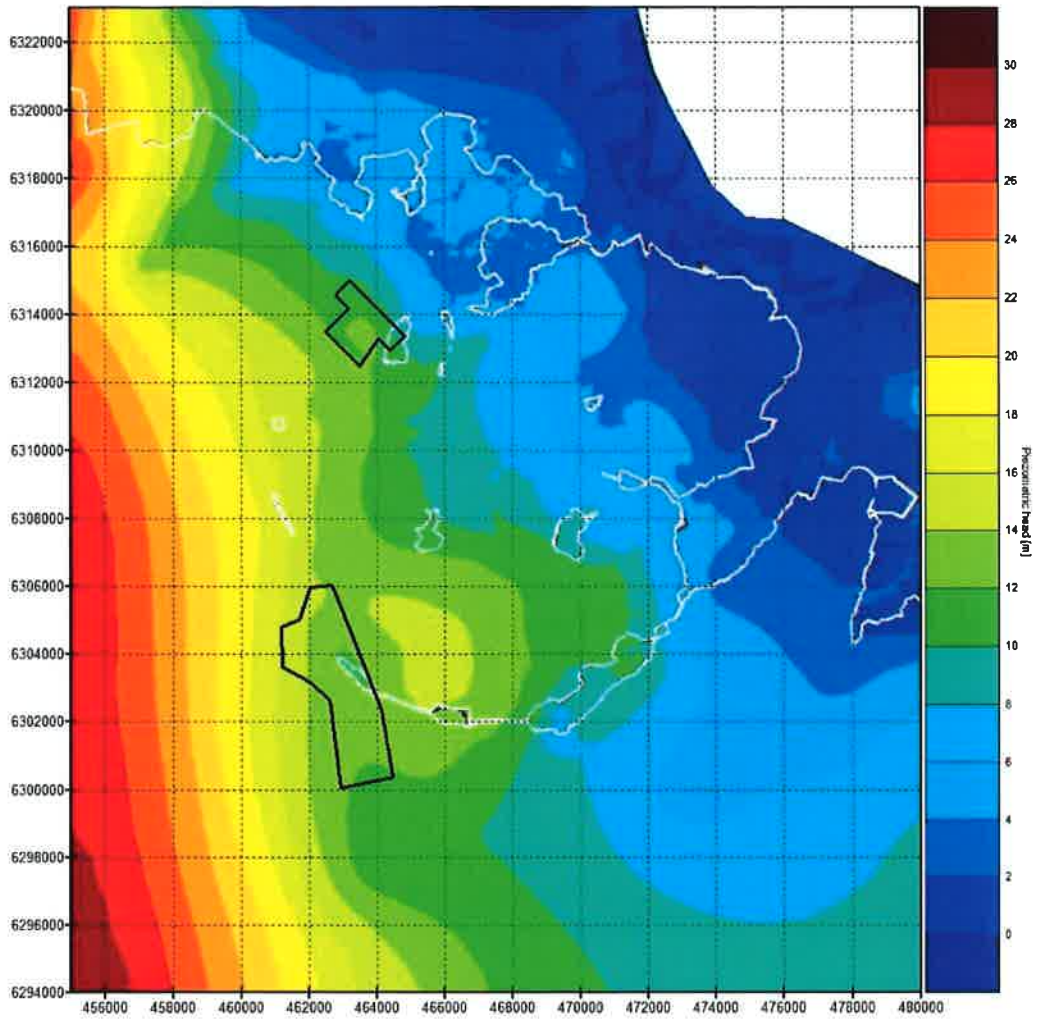
Infiltrācijas koeficienti tika pārņemti no BAB reģionālā pazemes ūdeņu filtrācijas modeļa, savukārt kūdras nogulumiem šis koeficents kalibrācijas ceļā tika palielināts.

Materiālu caurlaidības anizotropija ievērota kvartāra smilšainajiem nogulumiem, kā arī Devona nogulumiem (D3Dg, D3Slp2, D3pl, D3am, D3gj, D3br un D3ar).

Kvartārsegā PZŪL sakrīt ar gruntsūdeņu līmeni (9. att.). Augstākie pjezometriskie ūdenslīmeņi ir novērojami modeļapgabala rietumu stūrī un Lielā Ķemeru tīreļa purva kupolā, kas atbilst modeļapgabala reljefa pacēlumiem.

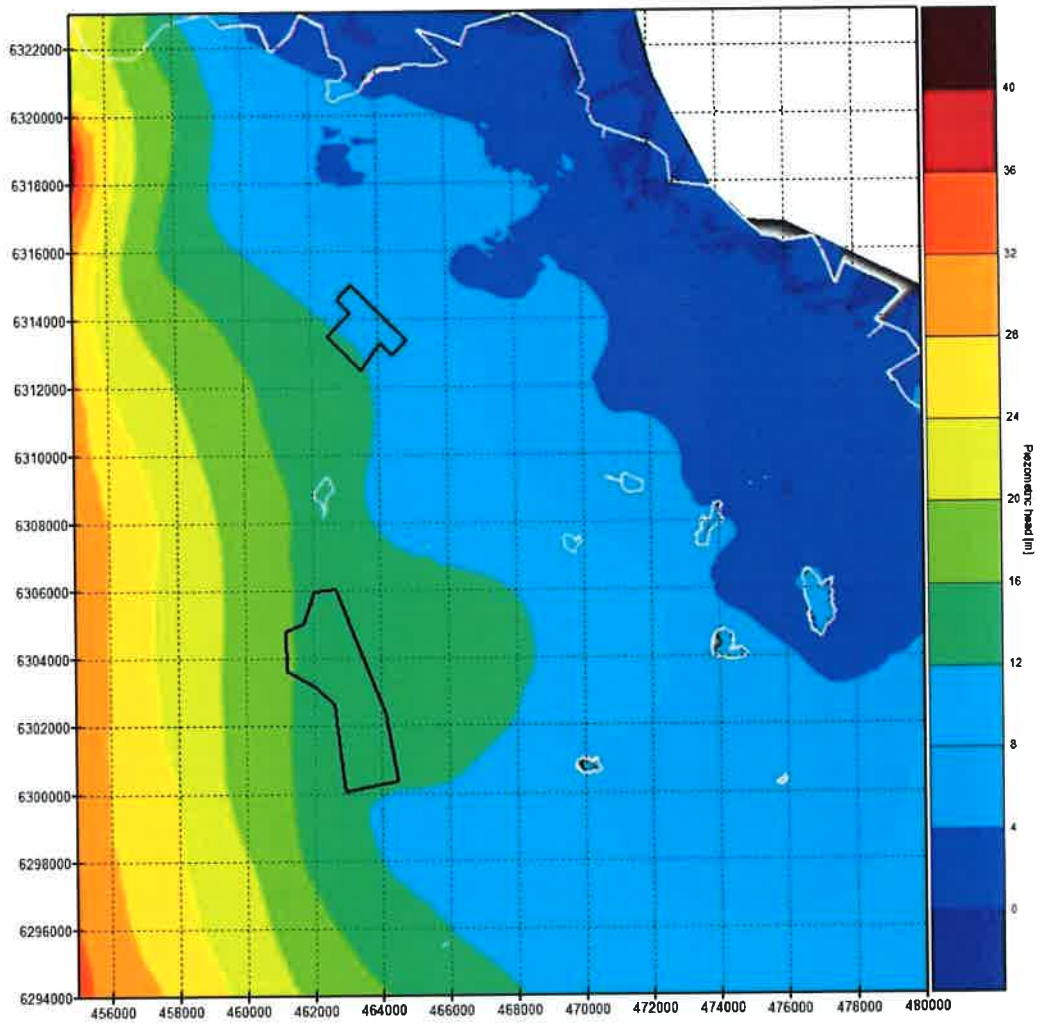


Att. 9. Pjezometriskā ūdenslīmeņa sadalījums kvartāra nogulumos.



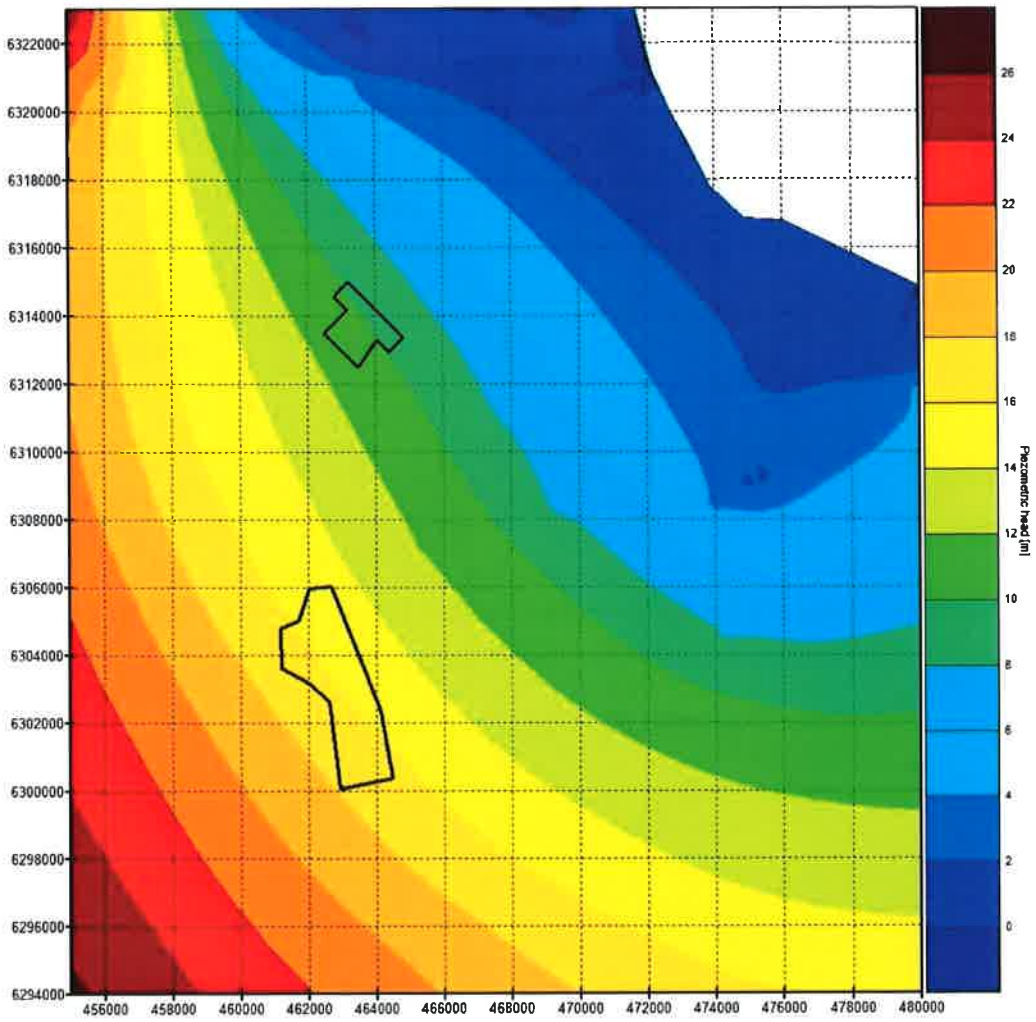
Att. 10. Pjezometriskā ūdenslīmeņa sadalījums D3Slp ūdens horizontā. Baltā līnija iezīmē ūdens horizonta izplatības robežu.

Salaspils (D3Slp) horizonts (10. att.), tāpat kā zemākie esošie ūdens horizonti raksturojas ar pazemes ūdeņu plūsmu A, ZA virzienā uz jūru un Lielupi. Augstākie PZŪL modeļapgabalā ir novērojami austrumu daļā, kur ūdens horizonts atrodas ievērojami augstāk. Kā arī ir labi saredzama Lielā Ķemeru tīreļa kupola izraisītais lokāli paaugstinātie PZŪL ko izraisa "filtrācijas logi" – apgabali bez morēnas pārklājuma, caur kuriem notiek kvartāra horizonta ūdeņu infiltrācija Salaspils ūdensnesošajā slānī.



Att. 11. Pjezometriskā ūdenslīmeņa sadalījums D3Pl ūdens horizontā. Baltā līnija iezīmē ūdens horizonta izplatības robežu.

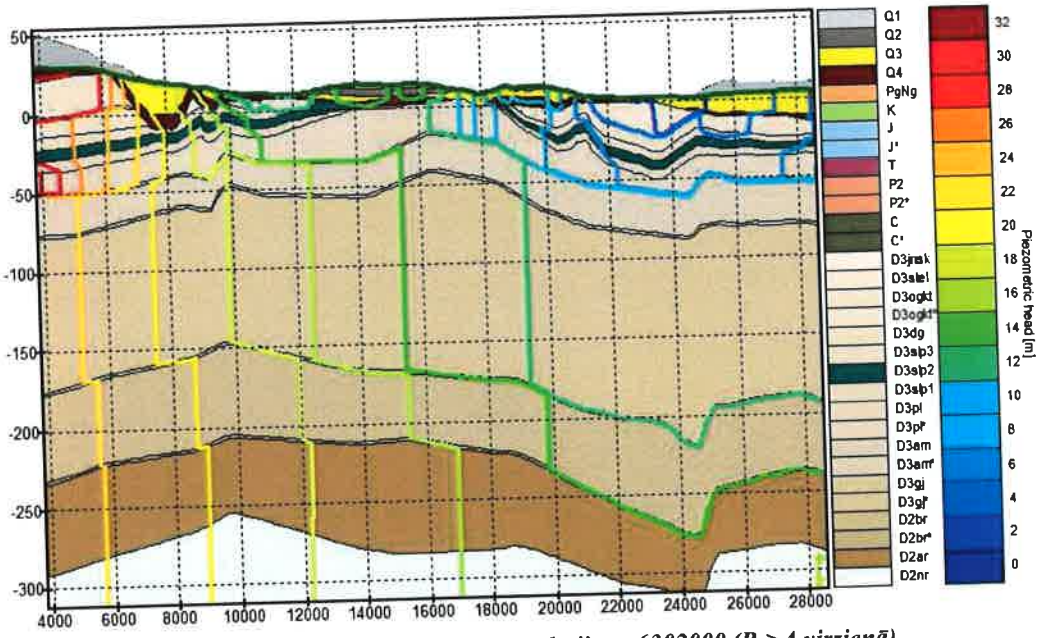
Pļaviņu ūdensnesošajā horizontā (11. att.) ir izteikta pazemes ūdeņu filtrācija austrumu virzienā. Augstākie aprēķinātie PZŪL ir modeļapgabala austrumu malā, kas atbilst Pļaviņu svītas maksimālajam pacēlumam šajā apgabalā.



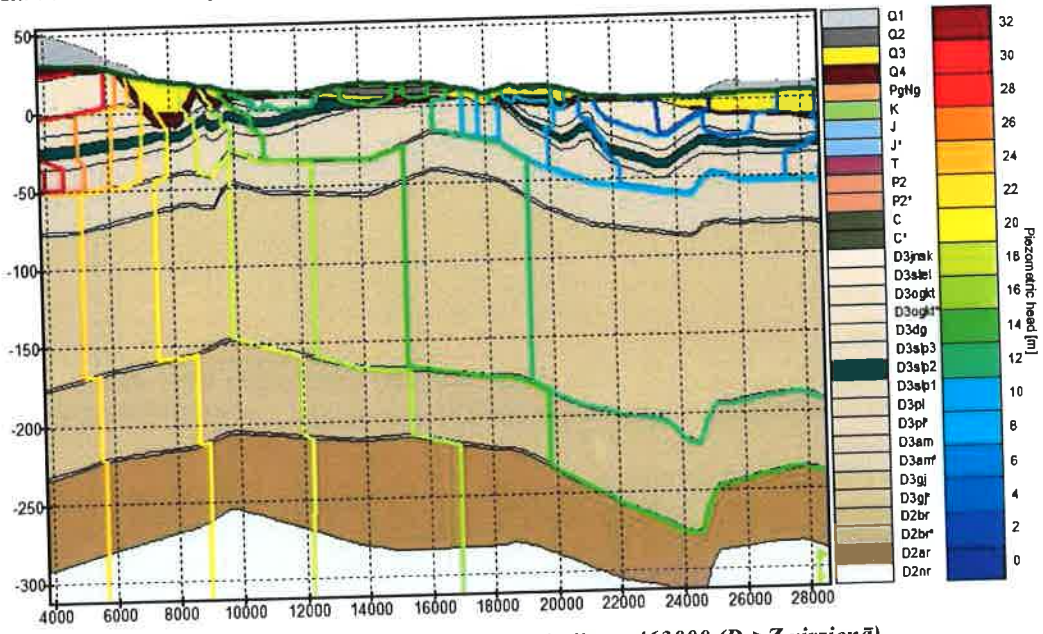
Att. 12. Pjezometriskā ūdenslīmeņa sadalījums D3Am ūdens horizontā.

Amatas svītas pazemes ūdeņu plūsma ir vērsta ZA virzienā, un Lielupes upes ietekme nav novērojama (12. attēls). Šāds pazemes ūdeņu plūsmas raksturs piemīt visiem par Amatas svītu zemāk esošajiem ūdens horizontiem līdz pat Narvas reģionālajam sprostslānim.

PZŪL sadalījumus vertikālajos griezumos pār Lielā Ķemeru tīreļa purva kupolu ir attēlots 13. un 14.attēlā.



Att. 13. PZŪL sadalījums vertikālajā griezumā pa līniju y=6302000 (R->A virzienā).



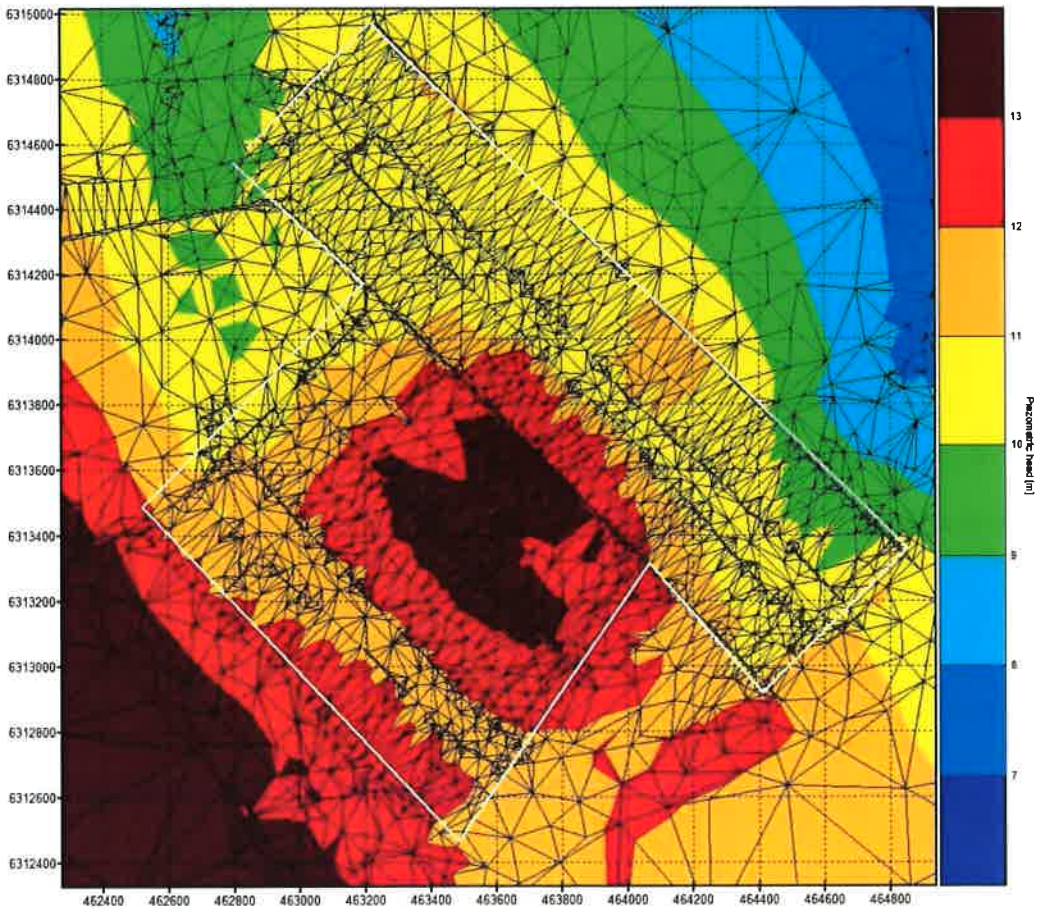
Att. 14. PZŪL sadalījums vertikālajā griezumā pa līniju x=463000 (D->Z virzienā).

4.2 Paredzamās izmaiņas

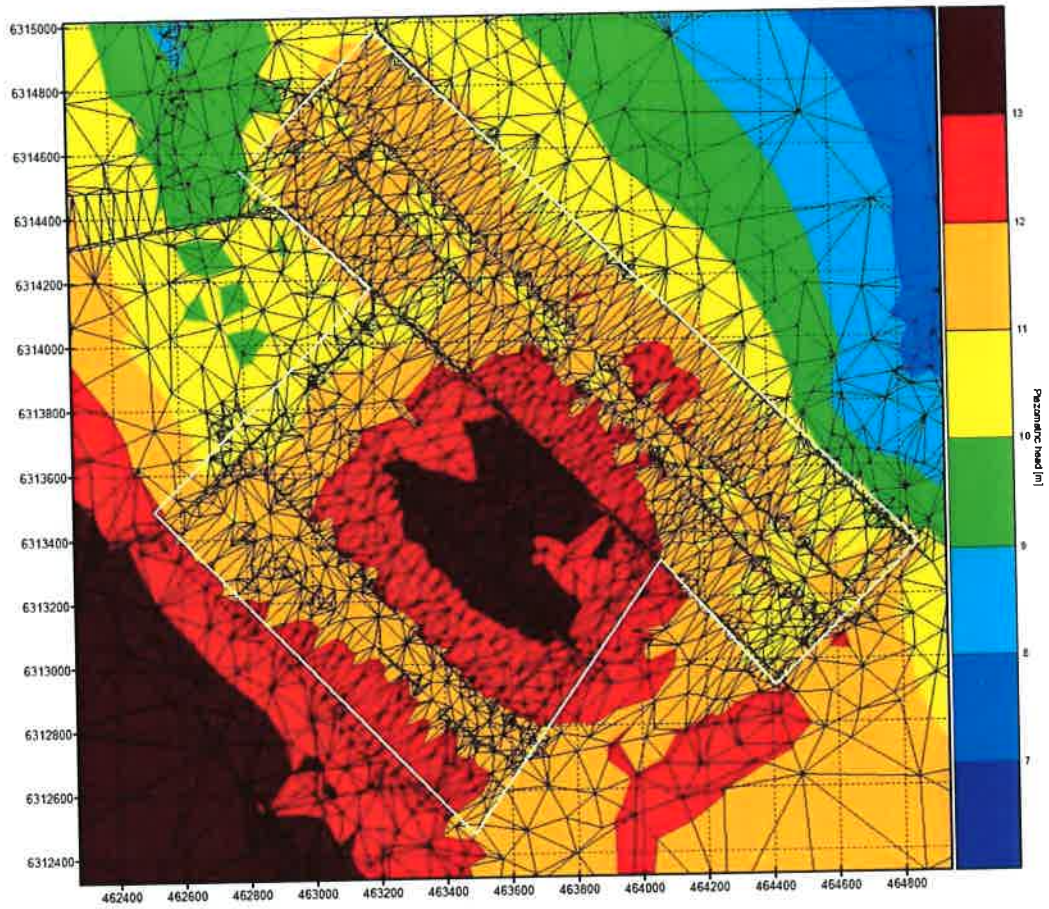
Sadaļā 4.1 aplūkotā hidroģeoloģiskā situācija salīdzināta ar modeļaprēķinu, kurā apskatīti divi izmaiņu scenāriji:

- pacelts gruntsūdens līmenis par 1 m Zaļā purva teritorijā;
- pacelts gruntsūdens līmenis par 1 m Ķemeru tīreļa rietumu malā.

Pasūtītājs darba uzdevumā norāda, ka atvadgrāvji no abiem purviem tiks aizbērti, un tiks veidotas ūdens pārgāznes, bet nenorāda par cik, tādēļ, kamēr tehniskais projekts nav izstrādāts pilnībā, tika nolemts simulēt paredzamos darbus palielinot gruntsūdens līmeni.

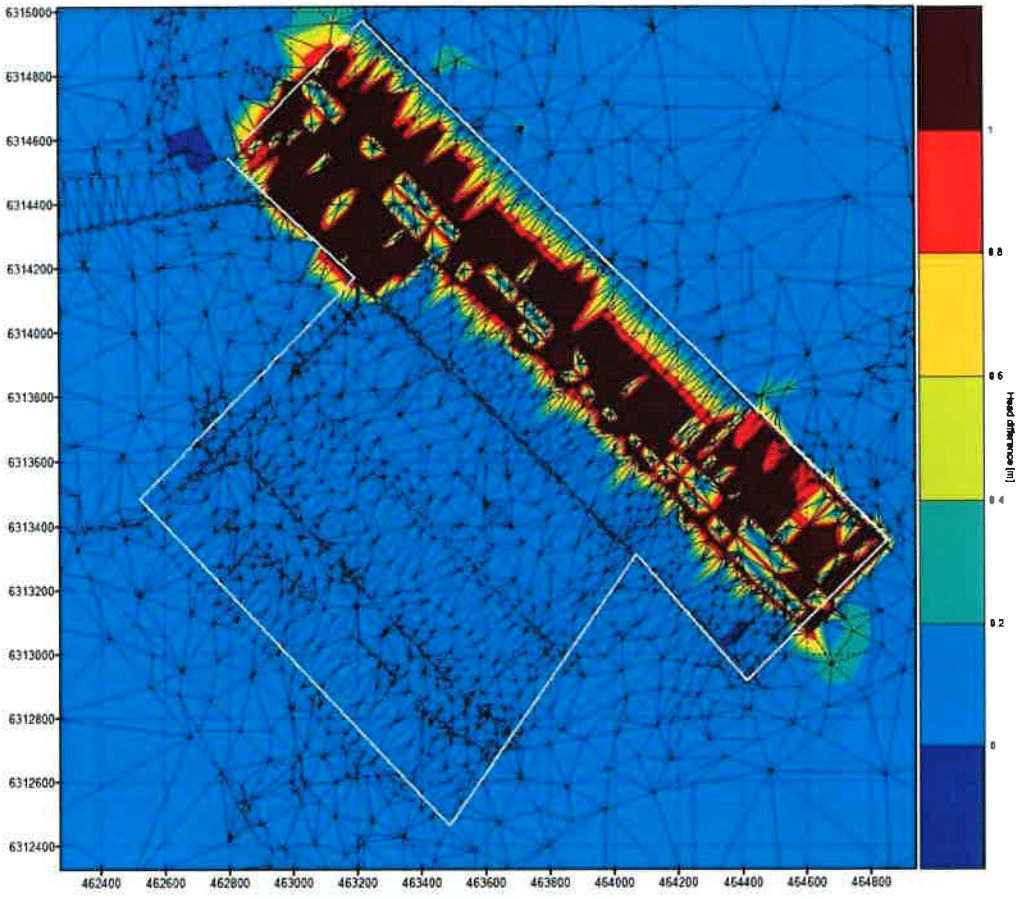


Att. 15. Gruntsūdeņu līmenis pašreizējā situācijā ap Zaļo purvu.



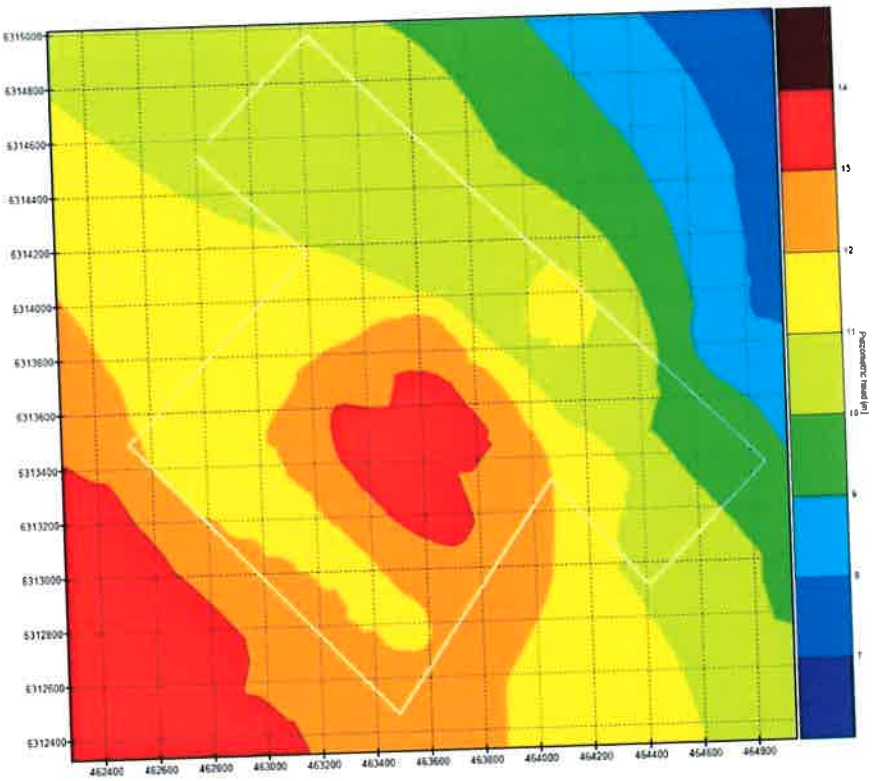
Att. 16. Gruntsūdeņu līmenis pēc gruntsūdens līmeņa palielināšanas..

Pjezometriskie ūdenslīmeņi kvartāra horizontā Zaļā purva apkārtnē pašreizējā situācijā un pēc karjera ūdenslīmeņa paaugstināšanas parādīti 15. un 16.attēlā, bet ūdenslīmeņu starpība starp abiem scenārijiem – 17.attēlā. Redzams, ka līmeņa izmaiņas ir lokalizētas Zaļā purva zemākajā daļā.

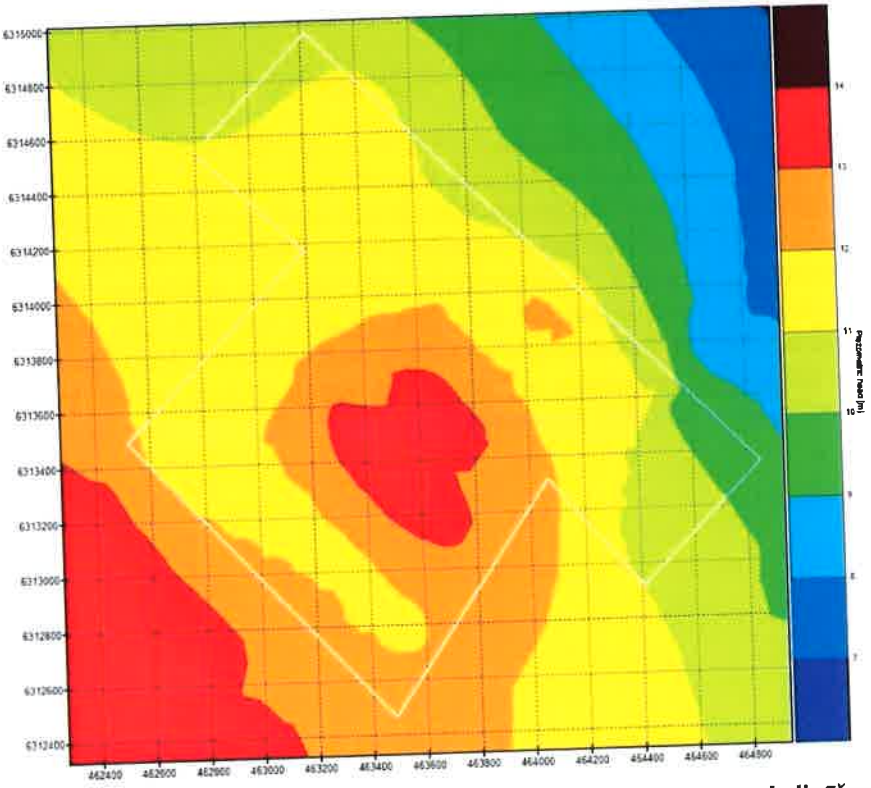


Att. 17. Ūdenslīmeņa starpība kvartāra nogulumos.

Pjezometriskie ūdenslīmeņi Salaspils ūdensnesošajā horizontā pašreizējā situācijā un pēc karjera ūdenslīmeņa paaugstināšanas parādīti 18. un 19.attēlā, bet ūdenslīmeņu starpība šajā horizontā – 20.attēlā. Pjezometrisko ūdenslīmeņu sadalījums Salaspils horizontā tieši zem Zaļā purva ir samērā sarežģīts, jo šajā teritorijā nav sastopami morēnas nogulumi un D3Slp1 ūdens mazcaurlaidīgie nogulumi un D3Slp2 horizontu pārsedz kvartāra smilšainie nogulumi un kūdra, kā rezultātā šeit notiek kvartāra horizonta ūdeņu infiltrācija Salaspils horizontā.

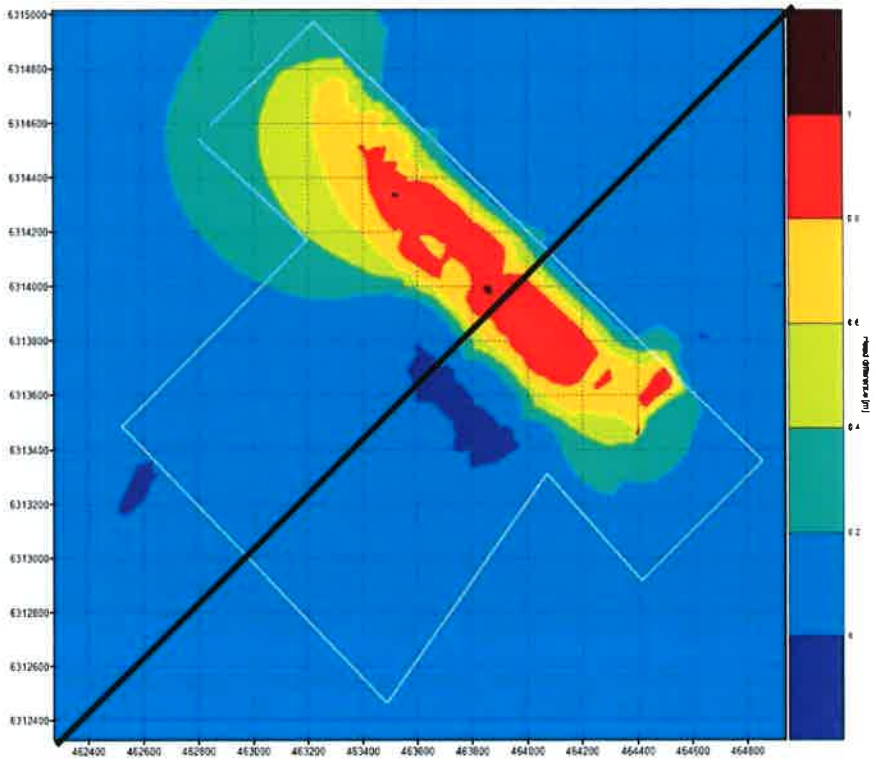


Att. 18. Pjezometriskais ūdenslīmenis D3slp2 horizontā Zaļā purva apkārtnē pašreizējā situācijā.



Att. 19. Pjezometriskais ūdenslīmenis D3slp2 horizontā pēc karjera appludināšanas.

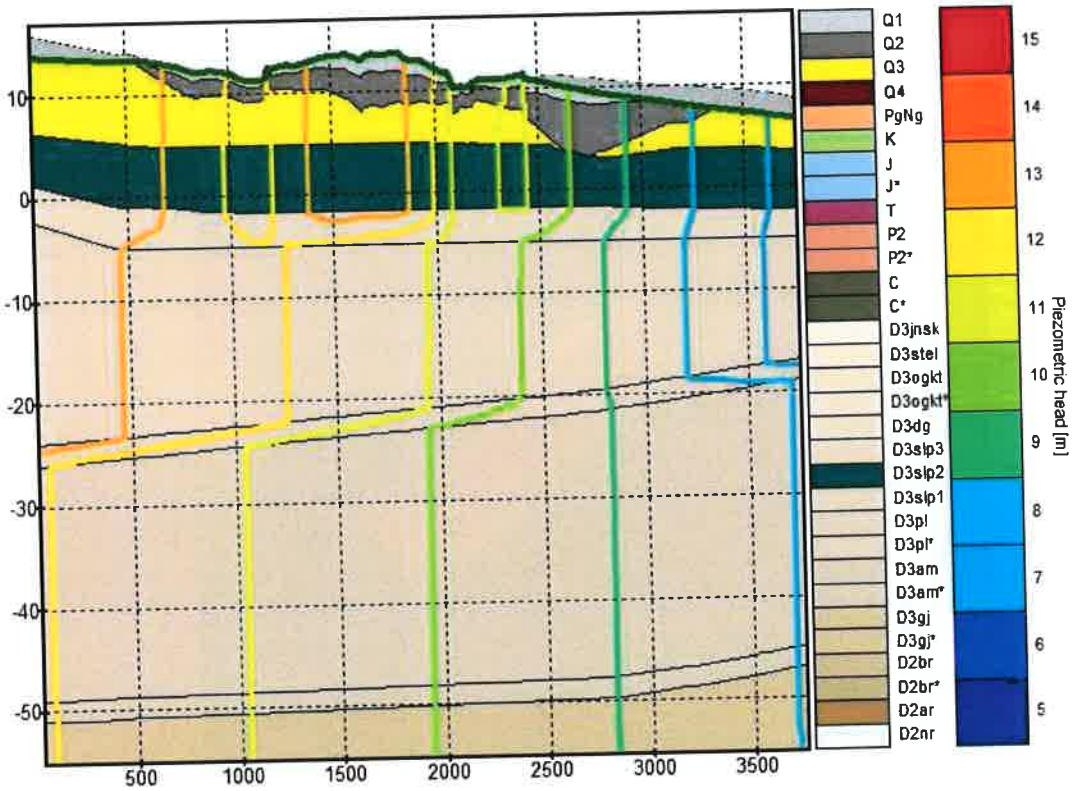
Maksimālā PZŪL izmaiņa praktiski sakrīt ar ūdenslīmeņa paaugstināšanu. Ietekmes zona ir aptuveni koncentriska ap maksimālo izmaiņu zonu un PZŪL paaugstinās par 20 cm zonā, kuras rādiuss ir aptuveni 1 km.



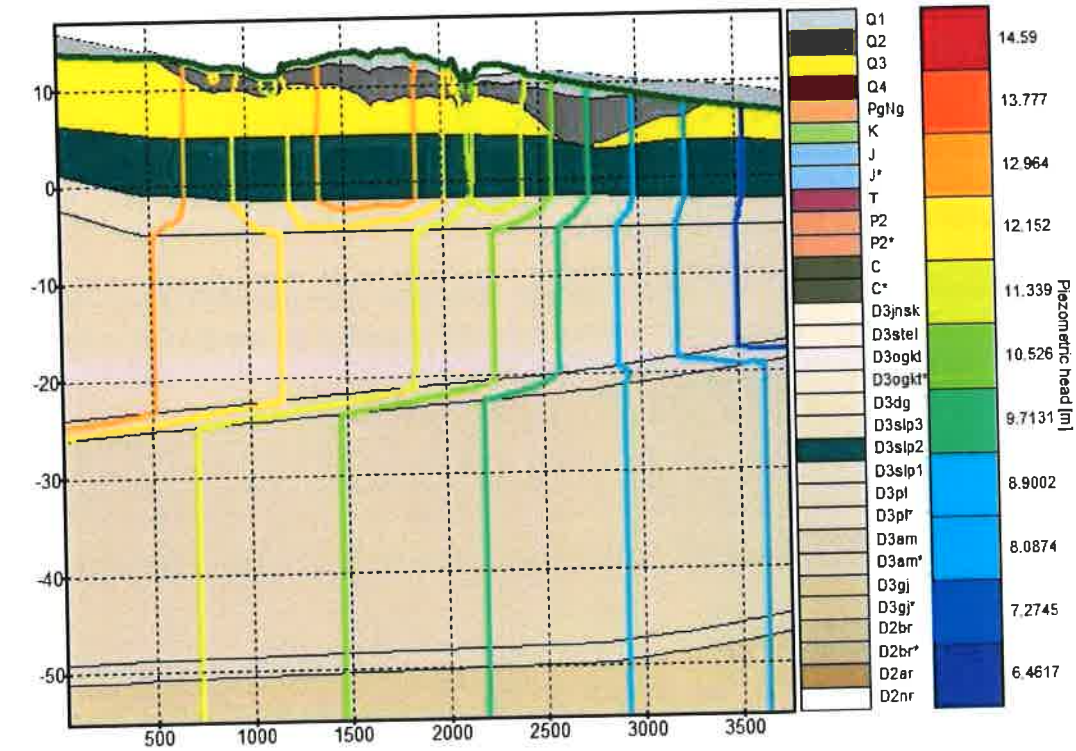
Att. 20. Pjezometriskā ūdenslīmeņa starpība D3slp2 horizontā pēc Zaļā purva gruntsūdens līmeņa paaugstināšanas. Melnā līnija norāda uz vertikālā griezuma orientāciju 20., 21. un 22. attēlā.

Pļaviņu ūdensnesošajā horizontā zem Zaļā purva dominē filtrācija ZA virzienā. Purva gruntsūdens līmeņa paaugstināšana praktiski neietekmē šīs plūsmas raksturu (21. un 22.attēls). Maksimālā sagaidāmā PZŪL izmaiņa Pļaviņu horizontā (23. attēls) nepārsniedz 25 cm zem purva ZA daļas.

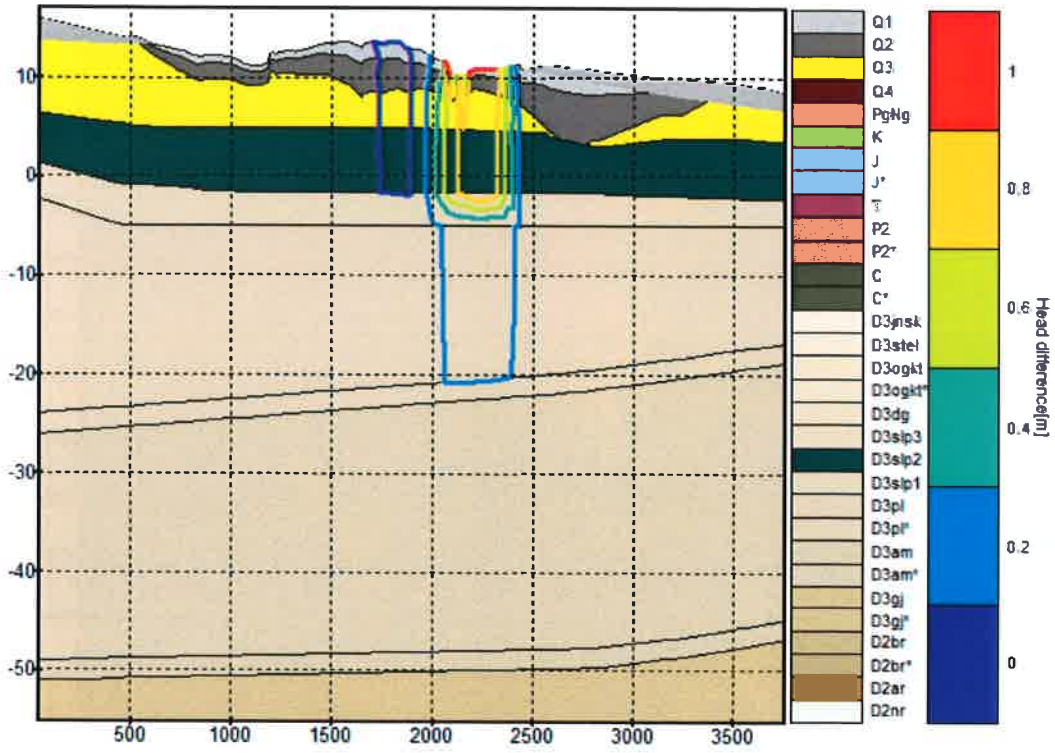
Vertikālajos griezumos var novērot, ka pēc veiktajām izmaiņām PZŪL izmaiņas ir sagaidāmas praktiski tikai zem teritorijas, kura tiks applūdināta, savukārt uz pašu Zaļā purva kupolu ietekme nav sagaidāma.



Att. 21. PZŪL sadalījums vertikālajā griezumā pirms gruntsūdens līmeņa paaugstināšanas. Vertikālā griezuma orientācija norādīta attēlā 19.



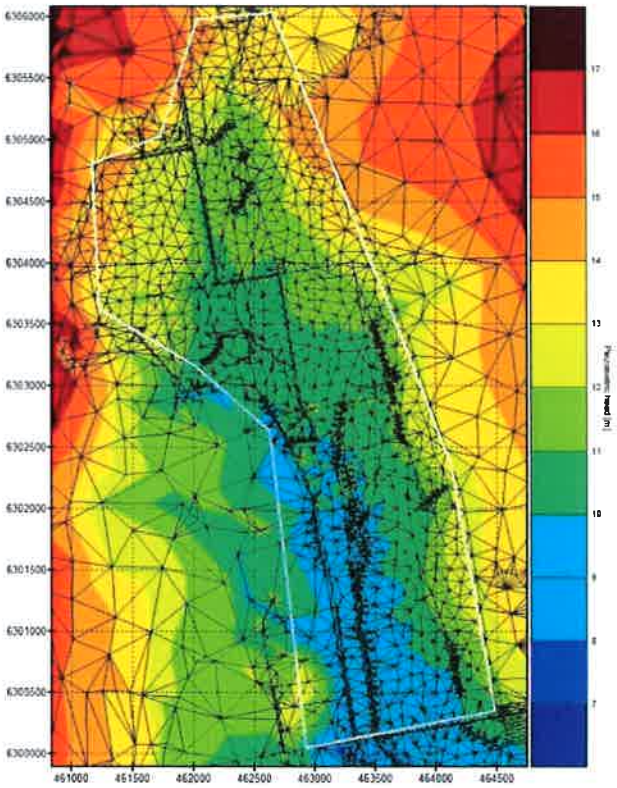
Att. 22. PZŪL sadalījums vertikālajā griezumā pēc gruntsūdens līmeņa paaugstināšanas. Vertikālā griezuma orientācija norādīta attēlā 19.



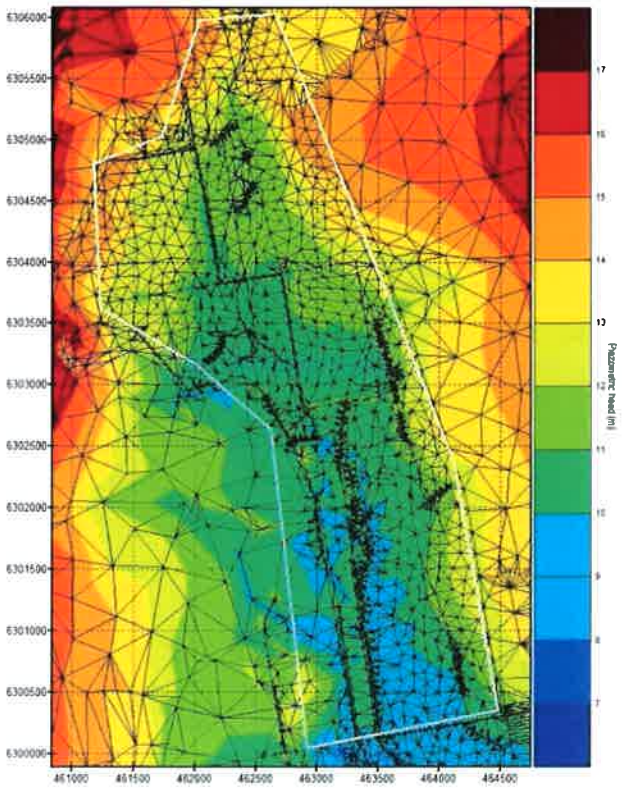
Att. 23. Pjezometriskā ūdenslīmeņa starpība vertikālā griezumā pēc gruntsūdens līmeņa paaugstināšanas. Vertikālā griezuma orientācija norādīta attēlā 19.

Ķemeru tīreļa rietumu malā Skudrupītes gultnes atjaunošanas un dabiskošanas pasākumu ietvaros ir paredzēta gultnes izlīkumošana posmā no Kadiķu mājām līdz ietekai Slampes upē. Purvaino un staignāju mežu hidroloģiskā režīma atjaunošanas ietvaros Ķemeru tīreļa R daļas mežos plānota pilnīga nosusināšanas sistēmas darbības pārtraukšana. Lai simulētu šos plānotos darbus Ķemeru tīreļa rietumu malā plānoto darbu Ķemeru tīreļa teritorijā tika pacelts gruntsūdens līmenis par 1 m tādējādi simulējot nosusināšanas grāvju darbības pārtraukšanu (24., 25. un 26. attēls).

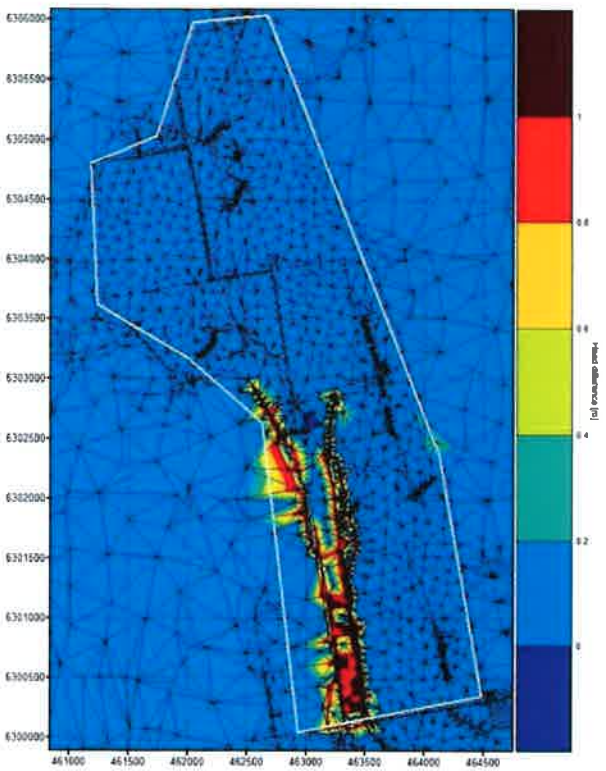
Pazemes ūdeņu līmenis Ķemeru tīreļu rietumu malā seko topogrāfiskajai virsma, un ir redzams, ka novadgrāvji teritorijas dienvidos savāc gruntsūdeņus gan no Lielā Ķemeru tīreļa purva kupola, gan no rietumiem (24. attēls). Situācija pēc gruntsūdens līmeņa pacelšanas ir redzama 25. attēlā. Var novērot, ka izmaiņu ietekme ir lokalizēta tikai projektējamā apgabala dienvidu daļā, t.i., teritorijā, kurā tika pacelts gruntsūdens līmenis.



Att. 24. Pjezometriskā ūdenslīmeņa sadalījums kvartāra nogulumu virsmā Ķemeru tīreļa rietumu malā patreizējā situācijā.



Att. 25. Pjezometriskā ūdenslīmeņa sadalījums kvartāra nogulumu virsmā Ķemeru tīreļa rietumu malā pēc gruntsūdens līmeņa pacelšanas.

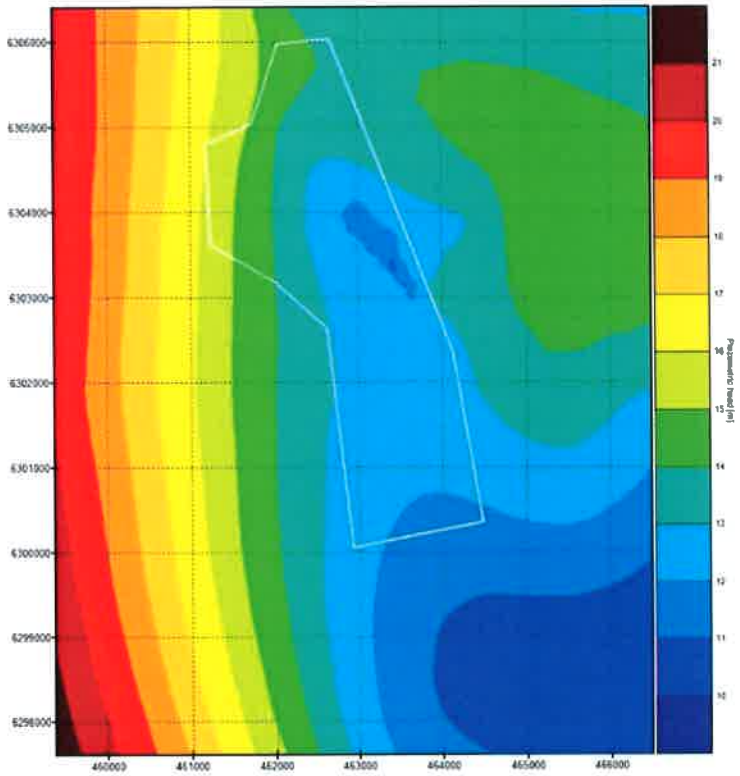


Att. 26. Pjezometriskā ūdenslīmeņa izmaiņa kvartāra nogulumu virsmā Ķemeru tīreļa rietumu malā pēc gruntsūdens līmeņa pacelšanas.

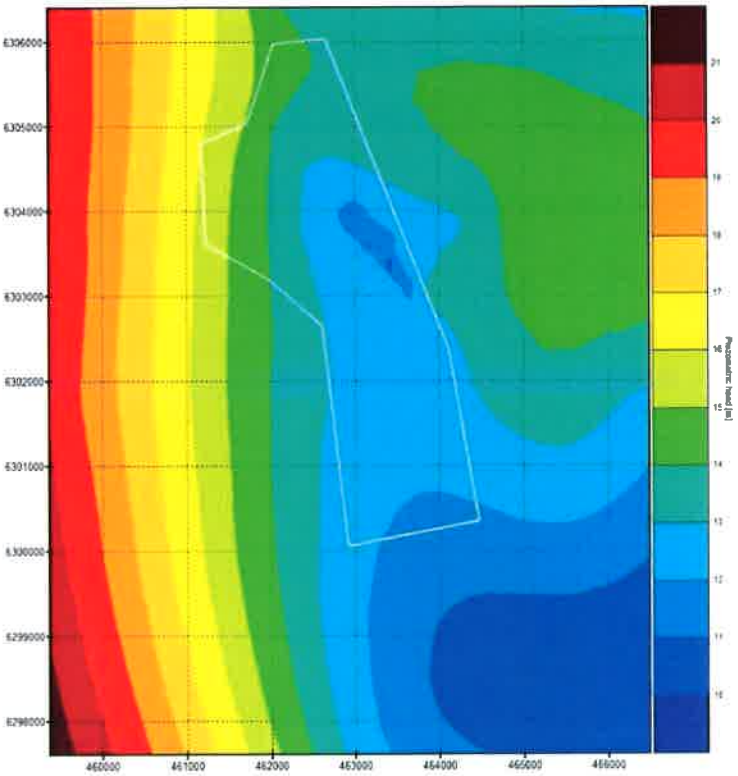
Izmaiņa starp abiem aprēķinu variantiem liecina par lokalizētu gruntsūdens līmeņu izmaiņu (26. attēls) nosusināšanas grāvju apkārtnē, un Lielā Ķemeru tīreļa kupolā gruntsūdens līmeņu ietekme nav paredzama.

Pazemes ūdens plūsma Salaspils ūdens horizontā Ķemeru tīreļa rietumu malā lielā mērā seko topogrāfiskajai virsmai (27. attēls), ar izteiktu R-A pazemes ūdens plūsmas virzienu un mazāk izteiktu A-R plūsmu no Lielā Ķemeru tīreļa purva kupola.

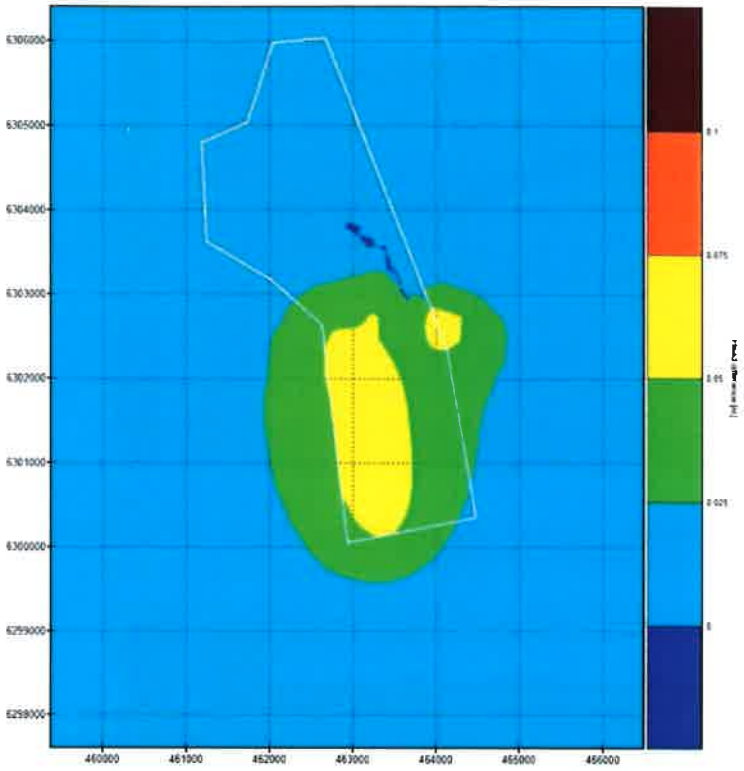
Šāds pazemes ūdens plūsmas raksturs saglabājas arī scenārijā ar paceltiem gruntsūdens līmeņiem (28. attēls). Aprēķinu rezultāti liecina, ka šādas gruntsūdens līmeņu izmaiņas izraisīs ļoti nenozīmīgas pazemes ūdens līmeņu svārstības (līdz 7 cm) (29. attēls).



Att. 27. Pjezometriskā ūdenslīmeņa sadalījums Salaspils ūdens horizontā patreizējā situācijā.

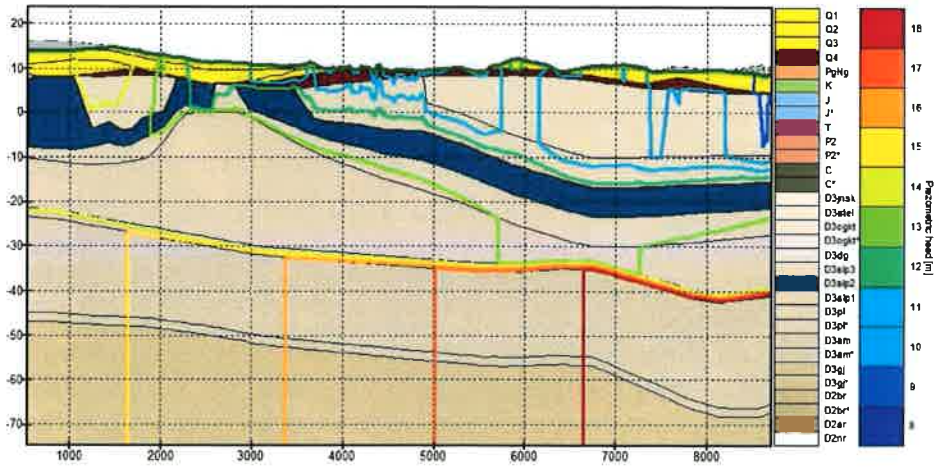


Att. 28. Pjezometriskā ūdenslīmeņa sadalījums Salaspils ūdens horizontā pēc gruntsūdens līmeņa pacelšanas.

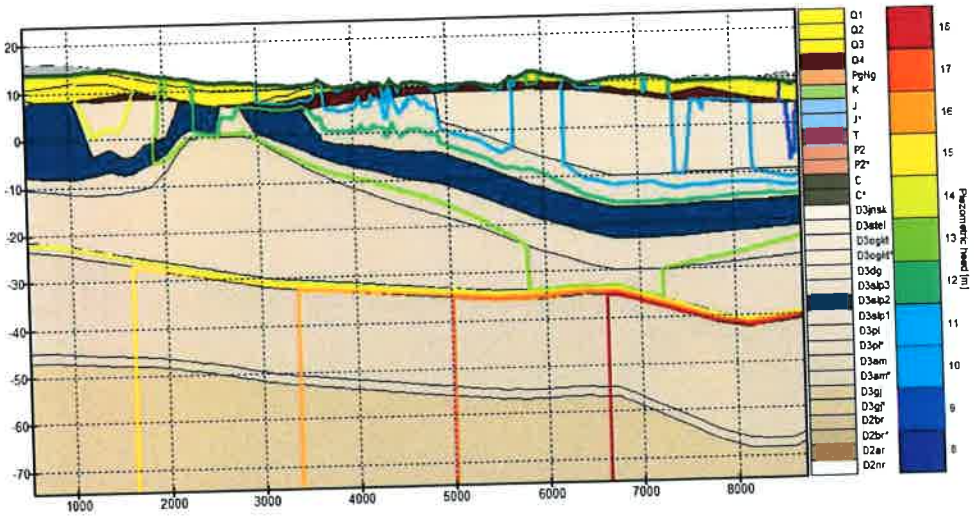


Att. 29. Pjezometriskā ūdenslīmeņa starpība Salaspils ūdens horizontā.

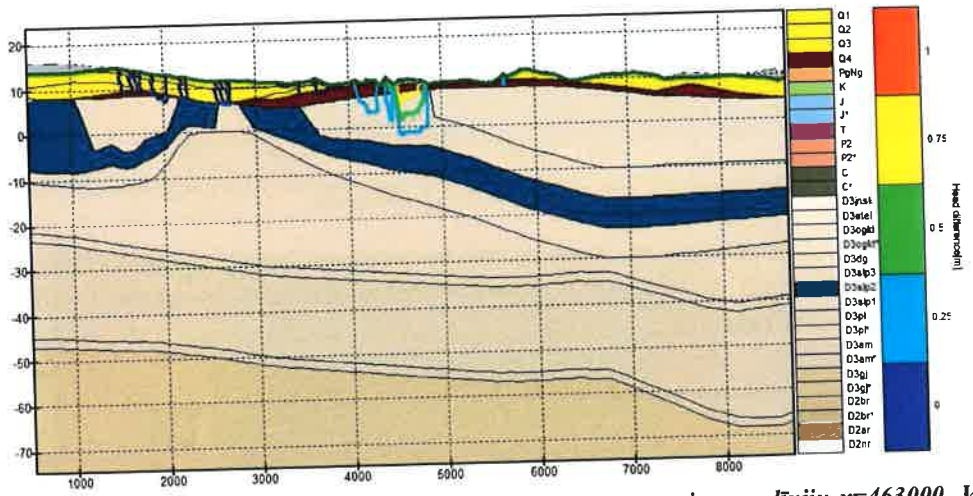
Pļaviņu ūdensnesošajā horizontā Ķemeru tīreļu rietumu malas apkārtnē dominē pazemes ūdeņu filtrācija A virzienā. Gruntsūdens līmeņa paaugstināšana praktiski neietekmē šīs plūsmas raksturu.



Att. 30. PZŪL sadalījums vertikālajā griezumā pirms gruntsūdens līmeņa paaugstināšanas pa griezuma līniju x=463000. Vertikālais mērogs ir pārspīlēts 50 reizes.



Att. 31. PZŪL sadalījums vertikālajā griezumā pēc gruntsūdens līmeņa paaugstināšanas pa griezuma līniju x=463000. Vertikālais mērogs ir pārspīlēts 50 reizes.



Att. 32. PZŪL sadalījuma izmaiņa vertikālajā griezumā pa griezuma līniju x=463000. Vertikālais mērogs ir pārspīlēts 50 reizes.

Pazemes ūdens plūsma Ķemeru tīreļa rietumu malas apkārtnē vertikālā griezumā ir redzama 30. attēlā. Vertikālos griezumos var novērot, ka pēc veiktajām izmaiņām PZŪL izmaiņas ir sagaidāmas praktiski tikai zem teritorijas, kura tiks applūdināta, savukārt uz pašu purva kupolu ietekme nav sagaidāma (31. un 32. attēls). Šajā teritorijā, atšķirība no Zaļā purva, ir plaši izplatīti morēnas un Salaspils svītas augšējās daļas mazcaurlaidīgie nogulumi, kas nodrošina Salaspils ūdens horizonta salīdzinoši vāju hidraulisko sasaisti ar kvartāra nogulumiem, līdz ar to arī gruntsūdens līmeņu maiņas šajā teritorijā atstāj daudz mazāku iespaidu uz pazemes ūdens plūsmu Salaspils un Pļaviņu ūdens horizontos.

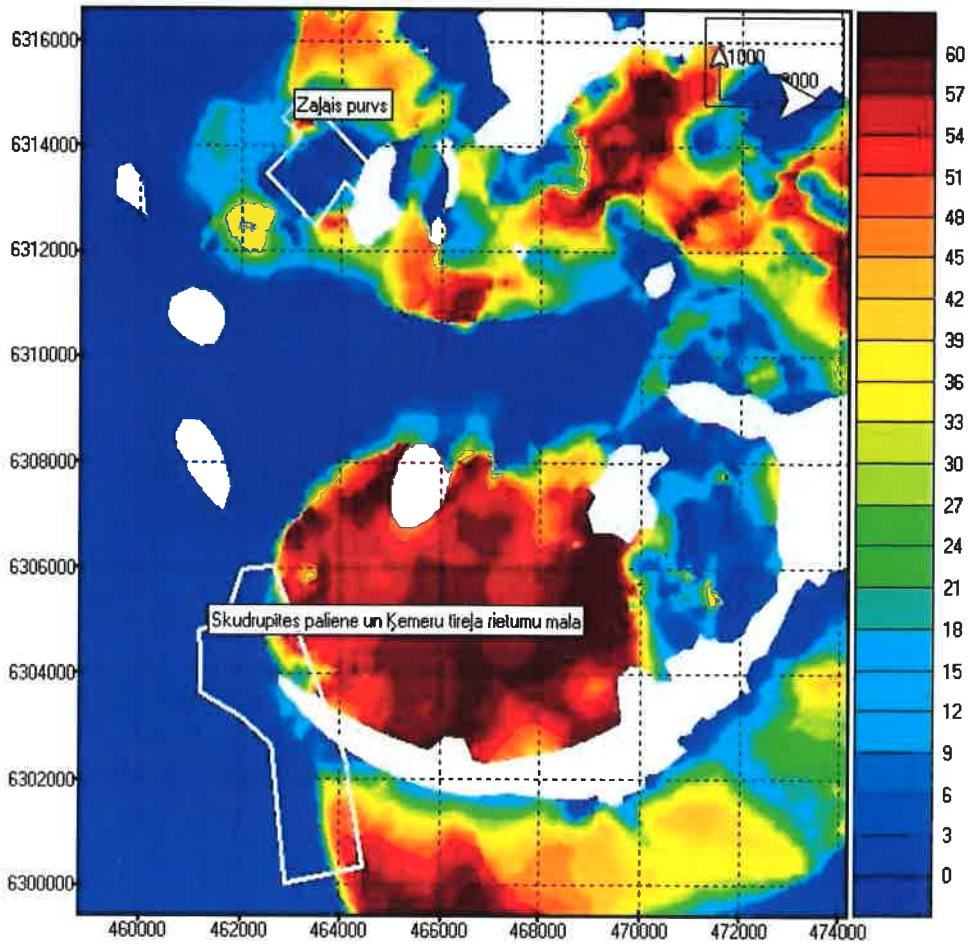
5. SĒRŪDEŅRAŽA MODELIS

5.1. Pašreizējā situācija

Sērūdeņraža rašanās un transporta režīms „patreizējai" situācijai tika modelēts, kalibrējot sērūdeņraža matemātisko modeli (2. nodaļa) Salaspils ūdensnesošajā horizontā uz VĢD (2004) un Pasūtītāja iesniegtajiem datiem.

Kalibrācijas gaitā tika noteikti sērūdeņraža modeļa kalibrācijas parametri, kuru orientējošās vērtības sniegtas arī Roychoudhury et al (2003) un Jin&Bethke (2005):

- limitējošās vielu koncentrācijas Michaelis-Menton veida kinētiskajās izteiksmēs K_1=5 mg/l, K_2=1 mg/l, K_3=K_4=K_5=0.1 mg/l.
- reakciju pamatātrumi $R_{0C/H2S}=3*10^{-7}$ mol/l/d, $R_{0C/O2}=2*10^{-6}$ mol/l/d, $R_{0S/O2}=10^{-5}$ mol/l/d.
- skābekļa koncentrācija no kvartāra nogulumiem D3Slp2 horizontā infiltrējošā ūdenī C_{O2}=15 mg/l.
- organiskā oglekļa koncentrācija no kūdras nogulumiem D3Slp2 horizontā infiltrējošā ūdenī C_{Corg}=50 mg/l.

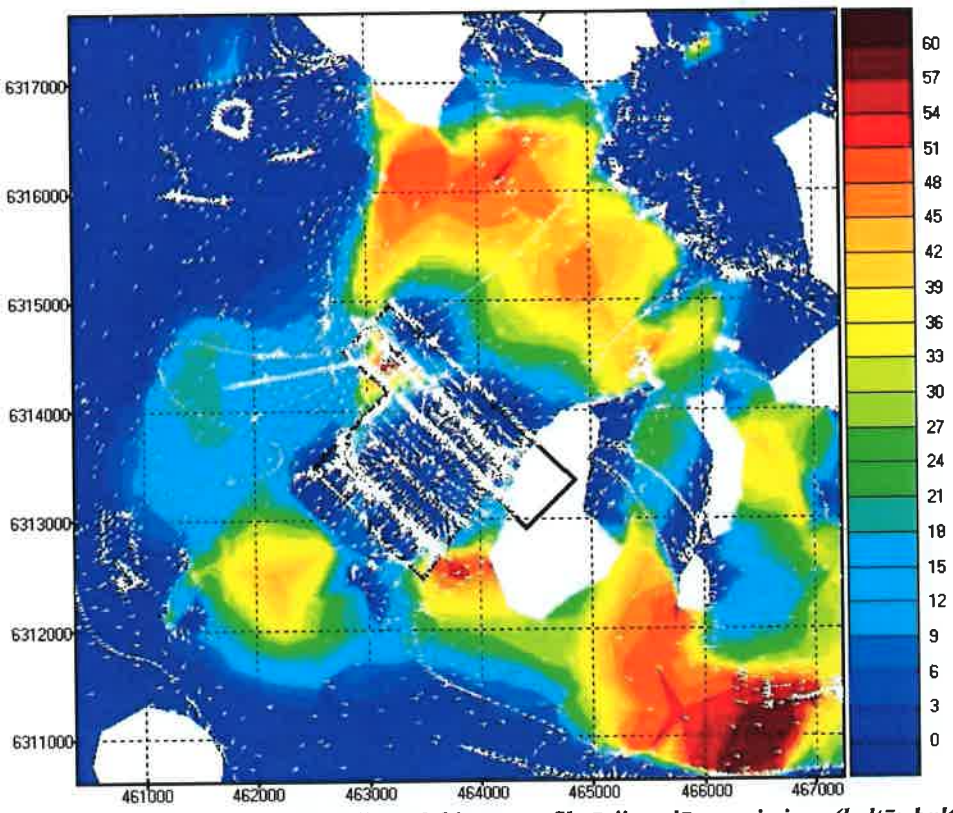


Att. 33. Sērūdeņraža koncentrāciju sadalījums modeļapgabalā D3slp horizontā pašreizējā situācijā.

Sērūdeņraža un organisko vielu oksidācijas ātrumi pamatā sakrīt ar literatūras avotiem. Sulfātredukcijas ātrums novērtēts no VĢD (2004) materiāliem, kas balstīti uz novērojumiem Ķemeru tīrelī, jo tas atkarīgs no konkrētajām baktēriju koncentrācijām un organisko vielu sastāva.

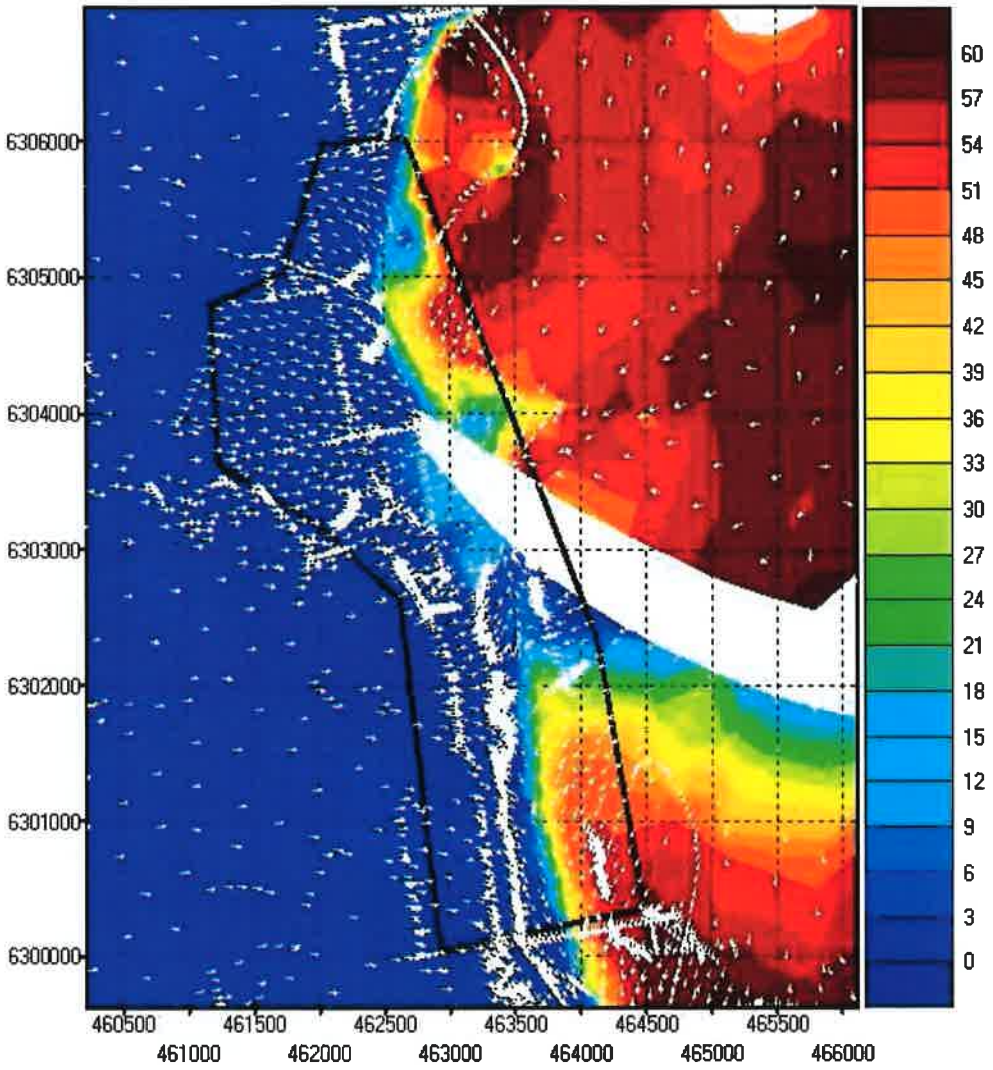
Modelētais sērūdeņraža koncentrācijas sadalījums D3Slp horizontā patreizējai situācijai (t.i., izmantojot sadaļā 4.1 aprakstīto filtrācijas režīmu) parādīts 33.attēlā. Sērūdeņraža sadalījumu raksturo:

- maksimālās koncentrācijas (līdz 63 mg/l) Ķemeru tīreļa austrumu malā;
- minimumu un maksimumu mija ap filtrācijas logiem, kas nodrošina ūdens infiltrāciju no kūdras slāņa Salaspils horizontā;
- sērūdeņraža transports atbilstoši D3slp horizonta ūdens filtrācijas virzieniem.
-



Att. 34. Sērūdeņraža koncentrāciju sadalījums un filtrācijas plūsmu virziens (baltās bultiņas) D3slp ūdens horizontā Zaļā purva apkārtnē.

Zaļā purva apkārtnē ir izvietoti trīs sērūdens veidošanās apgabali (34.attēls), ko nosaka filtrācijas logu esamība (vairākās vietās Salaspils ūdens horizonts ir hidrauliski saistīts ar kvartāra ūdens caurlaidīgajiem nogulumiem un kūdru) un kūdras nogulumu plašā izplatība šajā teritorijā.



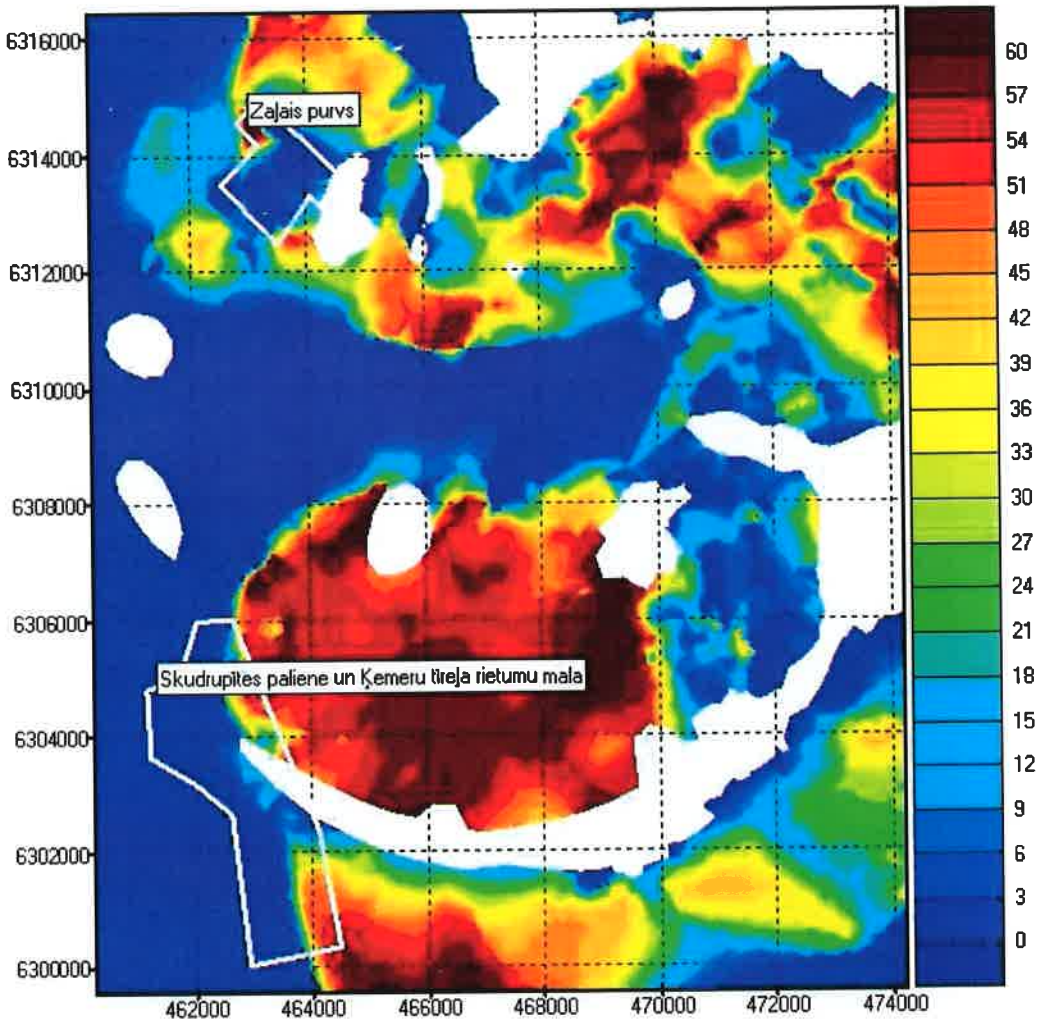
Att. 35. Sērūdeņraža koncentrāciju sadalījums un filtrācijas plūsmu virziens (baltās bultiņas) D3slp ūdens horizontā Zaļā purva apkārtnē.

Ķemeru tīreļa rietumu malā sērūdeņraža veidošanās notiek zem Lielā Ķemeru tīreļa purva kupola, kā arī uz dienvidiem no Ķemeru purva. Sērūdeņraža pārnese notiek radiāli no Ķemeru purva kupola, kā arī dienvidu virzienā no dienvidu sērūdens veidošanās apgabala (35. attēls) kas sakrīt ar pazemes ūdens plūsmas virzieniem Salaspils ūdens horizontā.

5.2 Paredzamās izmaiņas

Lai novērtētu kūdras karjera ūdenslīmeņa ietekmi uz sērūdeņraža koncentrāciju sadalījumu, sadaļā 5.1 aprēķinātais sērūdeņraža koncentrāciju lauks salīdzināts ar sadaļas 4.2 filtrācijas režīmam atbilstošu sērūdeņraža lauku.

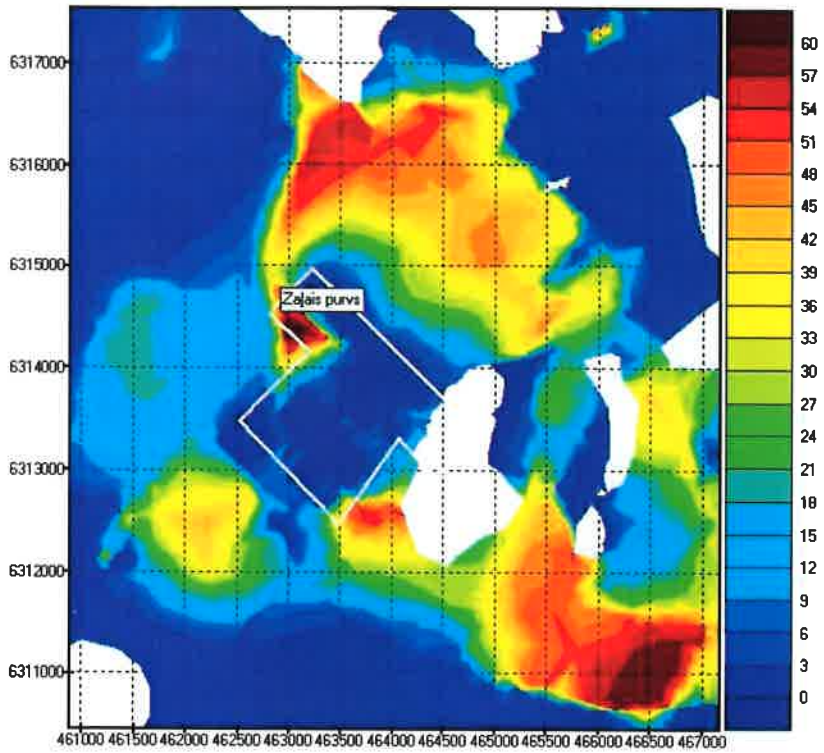
Sērūdeņraža sadalījumu izmainītajā situācijā sk. 36. attēlā. Šajā attēlā, salīdzinot ar pašreizējo situāciju att. 32, nav ievērojamas būtiskas atšķirības, kas pamatojams ar iepriekš izdarīto secinājumu par filtrācijas režīma lokālu izmaiņu tiešā karjera apkaimē. Tādēļ aplūkosim D3slp horizontu tiešā projektējamo teritoriju tuvumā.



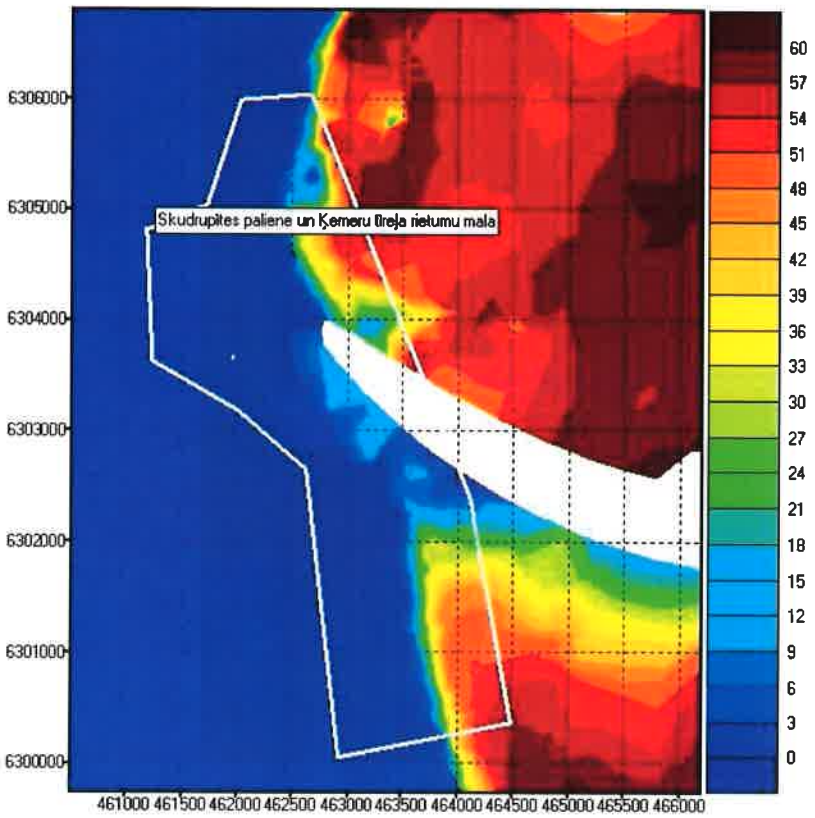
Att. 36. Sērūdeņraža koncentrāciju sadalījums modeļapgabalā D3slp horizontā pēc karjera ūdenslīmeņa paaugstināšanas.

Attēlos 37. un 38. parādīts sērūdeņraža koncentrāciju sadalījums tiešā projektējamo teritoriju tuvumā pēc gruntsūdens līmeņa paaugstināšanas, bet attēlos 39. un 40 – sagaidāmā sērūdeņraža koncentrāciju izmaiņa.

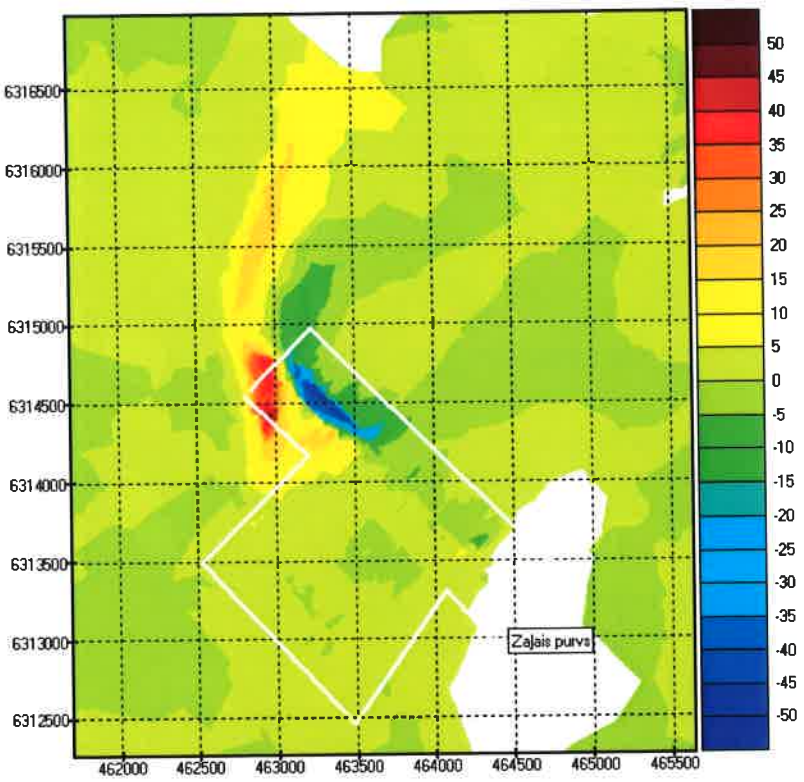
Zaļā purva apkārtnē ir sagaidāmas lokalizētas sērūdeņraža koncentrācijas maiņas tā Z daļā, kas ir saistītas ar pazemes ūdens plūsmas palēninašanos Salaspils horizontā, kā rezultātā tiek nobīdīts sērūdeņraža koncentrācijas apgabals uz DR attiecībā pret tā sākotnējo novietojumu. Attiecīgi vietā, kur pirms gruntsūdens paaugstināšanas atradās sērūdeņraža koncentrācijas apgabala maksimums, izmaiņu rezultātā koncentrācija samazinās, savukārt vietā, uz kuru sērūdeņraža maksimums ir nobīdīts, koncentrācija pieaug.



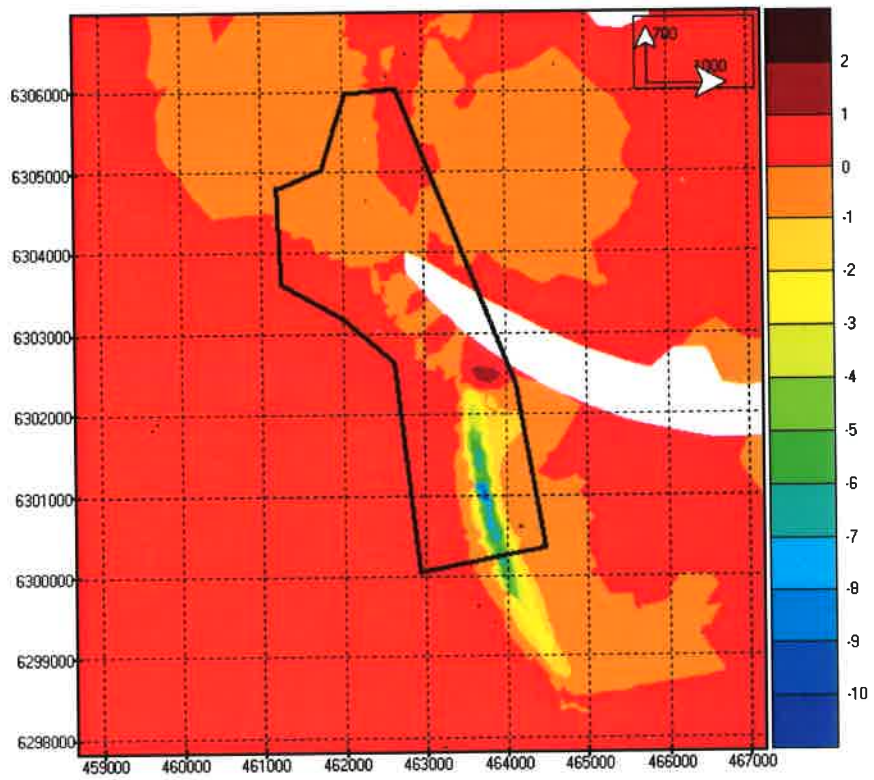
Att. 37. Sērūdeņraža koncentrāciju sadalījums Zaļā purva apkārtnē D3slp horizontā pēc gruntsūdens līmeņa paaugstināšanas.



Att. 38. Sērūdeņraža koncentrāciju sadalījums Ķemeru tīreļa rietumu malas teritorijā D3slp horizontā pēc karjera ūdenslīmeņa paaugstināšanas.



Att. 39. Sērūdeņraža koncentrāciju izmaiņas Zaļā purva apkārtnē D3slp horizontā pēc karjera ūdenslīmeņa paaugstināšanas.



Att. 40. Sērūdeņraža koncentrāciju izmaiņas Ķemeru tīreļa austrumu malas teritorijā D3slp horizontā pēc karjera ūdenslīmeņa paaugstināšanas.

Koncentrācijas izmaiņu absolūtās vērtības (-51.33 mg/l samazinājums un 46.7 mg/l pieaugums) ir salīdzinoši lielas, kas ir saistīts ar Salaspils ūdens horizonta salīdzinoši labo hidraulisko sasaisti ar kvartāra caurlaidīgajiem nogulumiem, tomēr aprēķinu rezultāti liecina, ka summāri sērūdeņraža koncentrācijas izmaiņas ir nelielas.

Neliels sērūdeņraža koncentrācijas pieaugums (10 – 15 mg/l) ir sagaidāms teritorijā uz ziemeļiem no Zaļā purva, aptuveni 2 km garā posmā līdz pat Salaspils ūdens horizonta izplatības robežai (39. attēls). Šis apgabals veidojas kombinējoties ietekmēm no (1) samazināta sērūdeņraža transporta un (2) paaugstinātas ar skābekli bagāta ūdens infiltrācijas no [paaugstināta līmeņa] gruntsūdeņiem.

Ir sagaidāms, ka sērūdeņraža koncentrācijas Ķemeru tīreļa rietumu malā, pēc gruntsūdens līmeņa paaugstināšanas – kopumā samazināsies (40. attēls). Samazinājuma maksimums sakrīt ar zonu, kurā tika palielināts gruntsūdens līmenis. Sērūdeņraža koncentrācijas samazinājums šajā vietā izraisa palielināta ar skābekli bagāta pazemes ūdens plūsma pēc gruntsūdens līmeņa palielināšanas. Jāpiebilst, ka aprēķinātās sērūdeņraža koncentrāciju izmaiņas ir novērojamas apgabalā, kas nav ietverts karšu materiālā un sērūdens koncentrācijas apgabala esamība ir hipotētiska, balstīta uz aprēķinu variantiem. Gruntsūdens līmeņu paaugstināšana Ķemeru tīreļa rietumu malā neatstāj nekādu iespaidu uz sērūdeņražu koncentrācijām zem Lielā Ķemeru tīreļa purva kupola.

Maksimāli, sērūdens koncentrācijas samazinājums ir par 11,5 mg/l, kas ir uzskatāmas kā nebūtisks.

6. SECINĀJUMI

Sagaidāms, ka gruntsūdens līmeņu paaugstināšana izraisīs sekojošas izmaiņas hidroģeoloģiskajos un sērūdeņraža veidošanās/transporta procesos:

- Paredzamās gruntsūdens līmeņu izmaiņas Zalā purva apkārtnē ir lokālas, un ietekmes apgabals ar izmaiņu 20 cm veido šauru joslu ap izmaiņām pakļauto teritoriju.

- Pazemes ūdens līmeņu izmaiņas Salaspils ūdens horizontā Zaļā purva teritorijā maksimāli sasniedz līdz 1 m tieši zem apgabala ar palielinātajiem gruntsūdens līmeņiem, bet ietekmes

- Paredzamās gruntsūdens līmeņu izmaiņas Lielā Ķemeru tīreļa rietumu malā lokālas, un ietekmes apgabals ar izmaiņu 20 cm veido šauru joslu ap izmaiņām pakļauto teritoriju.

- Pjezometriskie ūdenslīmeņu pieaugums Salaspils horizontā Ķemeru tīreļa rietumu malas zonā ir sagaidāms neliels (aptuveni 6 cm) un ir centrēts tieši zem izmaiņām pakļautajam apgabala.

- Ir sagaidāms, ka pēc gruntsūdens līmeņa paaugstināšanas Zaļā purva apkārtnē, tā ZR malā sērūdens koncentrācijas apgabals tiks lokāli novirzīs dēļ pieaugušiem pazemes ūdens plūsmas ātrumiem. Koncentrācijas pieaugums līdz 15 mg/l ir sagaidāms 1.5 – 2 km šaurā joslā uz Z no Zaļā purva.

- Kopumā var secināt, ka gruntsūdens un pazemes ūdeņu līmeņu paredzamās izmaiņas, palielinot gruntsūdens līmeni par 1 m, ir koncentrētas tikai projektējamajā teritorijā.

- Gruntsūdens palielinājums Ķemeru tīreļa austrumu malas zonā izraisīs lokālu sērūdens koncentrācijas samazinājumu (līdz 11.5 mg/l), dēļ paaugstinātas ar skābekli bagāta ūdens infiltrācijas no gruntsūdeņiem, kas ir uzskatāmas par nebūtiskām izmaiņām, jo iekļaujas dabiskajā sērūdens koncentrācijas svārstību diapazonā.

- Gruntsūdens līmeņu paaugstināšana gan Zaļā purva, gan Ķemeru tīreļa rietumu malas zonā neatstās nekādu iespaidu uz sērūdens koncentrācijām un veidošanās procesiem galvenajā sērūdens veidošanās zonā – Ķemeru tīreļa austrumu malas zonā un ZA no tā.

LITERATŪRA

Roychoudhury, A.N., Van Cappellen, P., Kostka & J., Viollier, E. 2003. Kinetics of microbially mediated reactions: dissimilatory sulfate reduction in saltmarsh sediments. *Estuarine, Coastal and Shelf Science,* 56 (2003) 1001–1010.

Bethke, C. M. 1996. *Geochemical Reaction Modeling.* Oxford University Press.

Jarvis, A., Reuter, H.I., Nelson, A. & Guevara, E. 2008. Hole-filled SRTM for the globe Version 4. CGIAR-CSI SRTM 90m Database.
Pieejams: http://www.cgiar-csi.org/data/elevation/item/45-srtm-90m-digital-elevation-database-v4

Meliorprojekts, 2005. Ķemeru tīreļa hidroloģiskā režīma atjaunošana. Valsts SIA „Melorprojekts", Rīga.

Monod, J. 1994. The growth of bacterial cultures. *Annual Reviews in Microbiology,* 3, 371–394.

PAIC, 2002. HiFiGeo v.3.5 for Windows. Lietatāja rokasgrāmata. SIA „Procesu analīzes un izpētes centrs", Rīga.

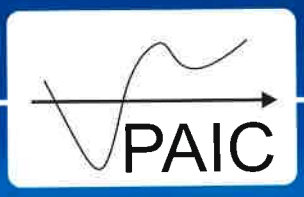
Jin, Q. & Bethke, C.M. 2005. Predicting the rate of microbial respiration in geochemical environments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 69(5), pp. 1133–1143.

Kalyuzhnyi, S., Fedorovich, V., Lens, P., Hulshoff, P.,L. & Lettinga, G. 1998. Mathematical modelling as a tool to study population dynamics between sulfate reducing and methanogenic bacteria. *Biodegradation* 9. pp. 187–199.

Takčidi, E. 1999. Datu bāzes "Urbumi" dokumentācija, Valsts ģeoloģijas dienests, Rīga.

Virbulis, J., Timuhins, A., Klints, I., Seņņikovs, Bethers, U & Popovs, K. 2012. Script based MOSYS system for the generation of a three dimensional geological structure and the calculation of groundwater flow. In: Delina, A., Kalvans, A., Saks, T., Bethers, U. & Vircavs, V. (eds). Highlights of groundwater research in the Baltic artesian basin. 53-75.

VĢD, 2004. Pazemes saldūdeņu un sērūdeņražu mijiedarbības izpētes kartes Ķemeru un Jaunķemeru apkārtnē (1978.-1985. g.) Skenēšana un piesaiste, VĢD.



SIA "Procesu analīzes un izpētes centrs"
Zeļļu iela 8, Rīga LV-1002
Tālrunis 28369272, fakss 67033781
http://www.paic.lv, paic@paic.lv