

Muistio

Pöyry Finland Oy
PL 50 (Jaakonkatu 3)
01621 Vantaa
Kotipaikka Vantaa
Y-tunnus 0625905-6
Puh. 010 3311
Faksi 010 33 26600
www.poyry.fi

Vastaanottaja
Mondo Minerals

Kopio/Jakelu

Päivä 11.1.2019

Sivu 1 (16)
Elias Pentti
Geotieteellinen konsultointi
Pöyry Finland Oy
elias.pentti@poyry.com
010-33 26408

UUTELAN YVA: POHJAVESIMALLINNUS

1 MENETELMÄ

Uutelan louhoksen suunnitellun laajennuksen vaikutusta pohjaveden paineeseen ja virtaukseen arvioitiin numeerisella mallinnuksella. Mallinnus tehtiin nykytilalle vertailukohdan määrittämiseksi ja tilanteelle, jossa sekä suunniteltu Uutelan louhoksen laajennus että uusi Viinakorven louhos on toteutettu louhintasuunnitelmien mukaan. Pelkän Uutelan louhoksen laajennuksen mallintamisen erikseen ei katsottu tuottavan merkittävää lisätietoa, koska laskennallinen pohjavesimalli on joka tapauksessa yleistävä ja kallioperän hydraulisia ominaisuuksia koskevien paikkakohtaisten tietojen puuttuessa perustuu osittain karkeisiin arvioihin.

Varsinainen laskenta tehtiin MODFLOW-ohjelmalla, joka on maailman käytetyimpiä laskentaohjelmia pohjaveden sekä pohja- ja pintavesien vuorovaikutuksen simulointiin. MODFLOW'n syötetiedostojen luomiseen ja tulosten käsittelyyn ja visualisointiin käytettiin Groundwater Modeling System (GMS) -ohjelmaa.

2 MALLIN MUODOSTAMINEN

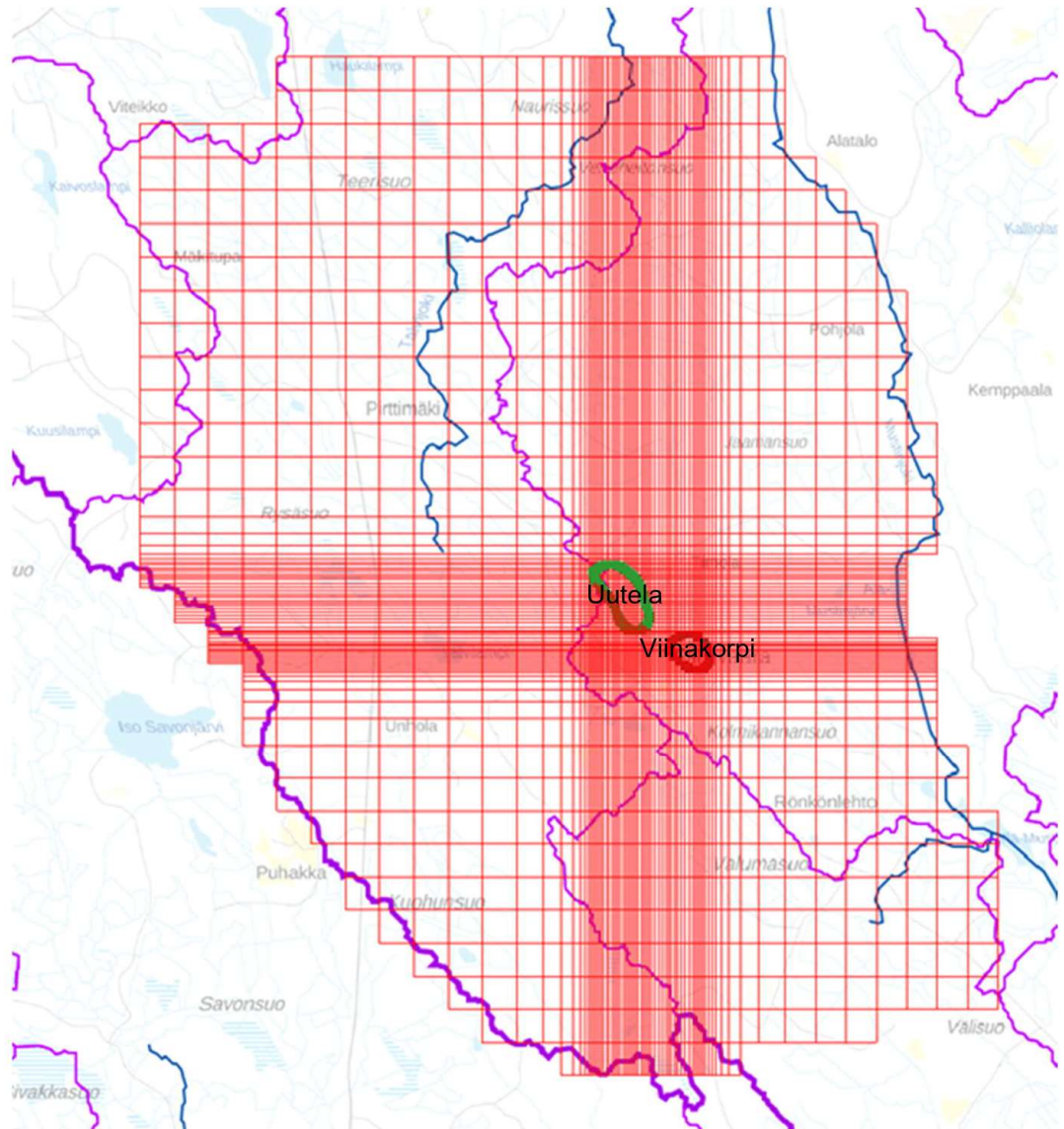
2.1 Lähtötiedot

Mallin rajauksen ja pintavesien mallinnuksen lähtökohtana käytettiin Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) valuma-aluejakoehdotusta (VALUE). Mallinnettujen uomien, lampien ja järvien sijainnit ja pinnankorkeudet saatiin Maanmittauslaitoksen digitaalisesta maastokartasta.

Kuva 1 esittää pohjavesimallin laskentahilan punaisella piirrettyinä valuma-aluekartan päälle. MODFLOW:ssa hila on ylhäältä katsottuna suorakulmainen ruudukko, jossa rivien ja sarakkeiden leveyksiä voidaan kuitenkin vaihdella, ja osa soluista voidaan jättää pois laskennasta mallinnettavan alueen rajaamiseksi halutun muotoisiksi. Tässä mallissa hilaa tihennettiin voimakkaasti kummassakin suunnassa nykyisen ja suunnitellun louhoksen kohdalla laskentatarkkuuden parantamiseksi. Kaivosalueella hilan rivien ja sarakkeiden leveydet ovat suuruusluokkaa 20 metriä, mutta kasvavat mallin reunoille noin 300 metriin. Koko laskentahilan suurin leveys lännestä itään on 7376 m ja pituus etelästä pohjoiseen 8751 m.

Mallin rajoiksi valittiin lounaassa ja etelässä Vuoksen ja Oulujoen vesistöjen välinen päävedenjakaja (n. 2,5 km Uutelan kaivoksesta), luoteessa Talvijoen valuma-alueen läntinen raja ja idässä Mustijoki (vähintään 2 km Uutelasta). Pohjoisessa malli

ulotettiin noin 4,5 km päähän Uutelan kaivoksesta. Näin useimmilla mallin reunoilla on joko vedenjakaja, jolloin voidaan olettaa ettei pohjavettä merkittävästi virtaa reunan yli, tai joen ansiosta riittävän tarkasti tunnettu vakio pohjaveden painekorkeus.

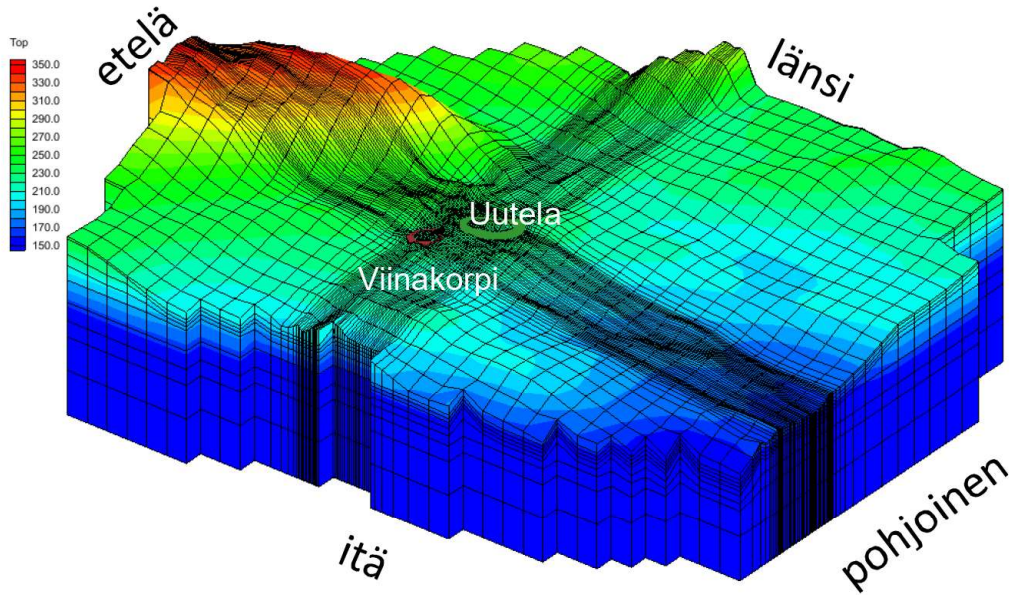


Kuva 1. Pohjavesimallin laskentahila ja mallin raja-aluekartalla. Hilan koko länsi-itäsuunnassa 7376 m ja etelä-pohjoissuunnassa 8751 m. Hila on tihein suunniteltujen avolouhosten kohdalla.

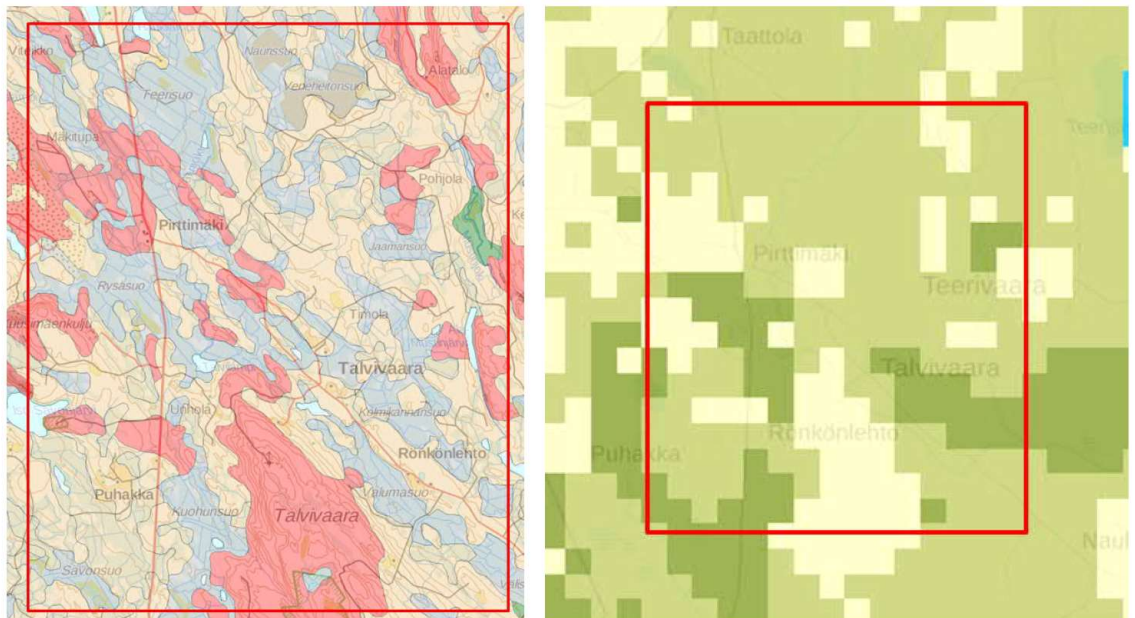
MODFLOW-mallissa jokaisen laskentahilan solun ylä- ja alareunan korkeus voidaan asettaa erikseen. Kaivosalueen ulkopuolella mallin yläpinnan korkeusarvot perustuvat Maanmittauslaitoksen tuottamaan pinnankorkeusaineistoon, joka haettiin 20 metrin pistevälillä. Kaivosalueella käytettiin nykytilan mallintamiseen keilausaineistoa heinäkuulta 2017 ja laajennuksen mallintamiseen Uutelan louhoksen laajennuksen ja Viinakorven louhoksen louhintasuunnitelmia. Kuvassa 2 on yhdeksänkerroksinen laskentahila koillisesta nähtynä. Väriasteikko kuvaa maanpinnan korkeutta, joka vaihtelee mallin koilliskulmassa olevan Mustinjoen laakson alle 150 metristä (N2000) eteläreunalla olevan Talvivaaran laen yli 350 metriin (N2000). Yleisesti ottaen maasto viettää mallin länsi- ja eteläreunan vedenjakaja-alueelta kohti koillista.

Laskentahilan ylimmän kerroksen paksuus asetettiin siten, että se likimäärin kuvaa irtomaakerroksen paksuutta. Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) kartta-aineiston perusteella (ks. Kuva 3) alue jaettiin maaperän paksuuden mukaan kolmeen alueeseen:

ohuen kalliomaan alueisiin (maalajikartan punaiset alueet), joilla irtomaan paksuudeksi oletettiin 1 m, paksun maapeitteen alueisiin (maapeitteenpaksuuskartan tummanvihreät ruudut), joilla paksuudeksi oletettiin 10 m, ja muut alueet, joilla paksuudeksi oletettiin 3 m.



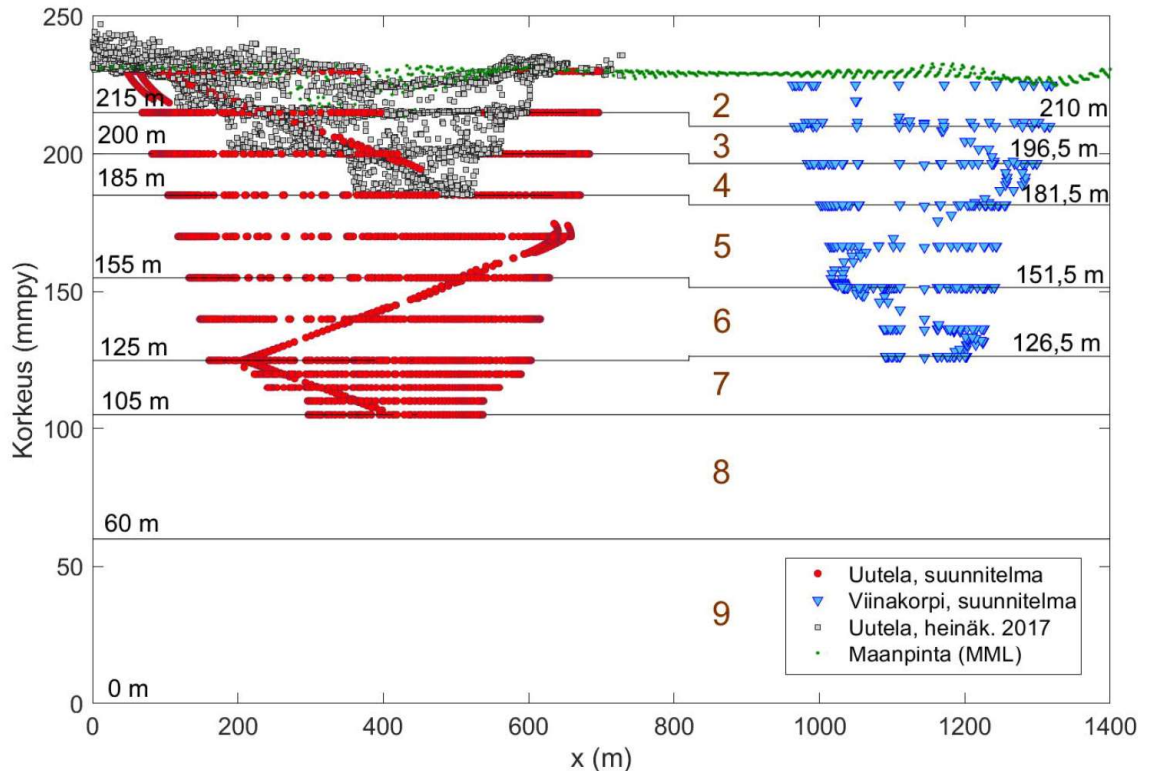
Kuva 2. Pohjavesimallin laskentahila. Väriasteikko kuvaa yläpinnan korkeusvaihtelua. Pystysuuntainen mittakaava on kymmenkertainen sivusuuntaiseen verrattuna korkeuserojen korostamiseksi.



Kuva 3. GTK:n kartat maaperän pohjakerroksen maalajista (vasemmalla) ja maapeitteen paksuudesta (oikealla) pohjavesimallin alueella (punainen suorokulmio).

Laskentahilan kerrokset 2–9 kuvaavat kallioperää. Kerrosten korkeustasot Uutelan ja Viinakorven louhosten kohdalla on piirretty poikkileikkaukseen kuvassa 4. Kaksi alinta ja paksuinta kerrosta ovat kokonaan louhosten alapuolella myös suunnitellun laajennuksen jälkeen ja samalla korkeudella koko mallissa. Ylempien kerrosten rajat

asetettiin niin, että ne osuvat kummankin louhoksen kohdalla nykyisiin ja suunniteltuihin louhintatasoihin.



Kuva 4. Pohjavesimallin kerrosten korkeudet nykyisen ja suunniteltujen louhosten kohdalla. Poikkileikkaus luoteesta kaakkoon.

2.2 Hydrologiset havainnot

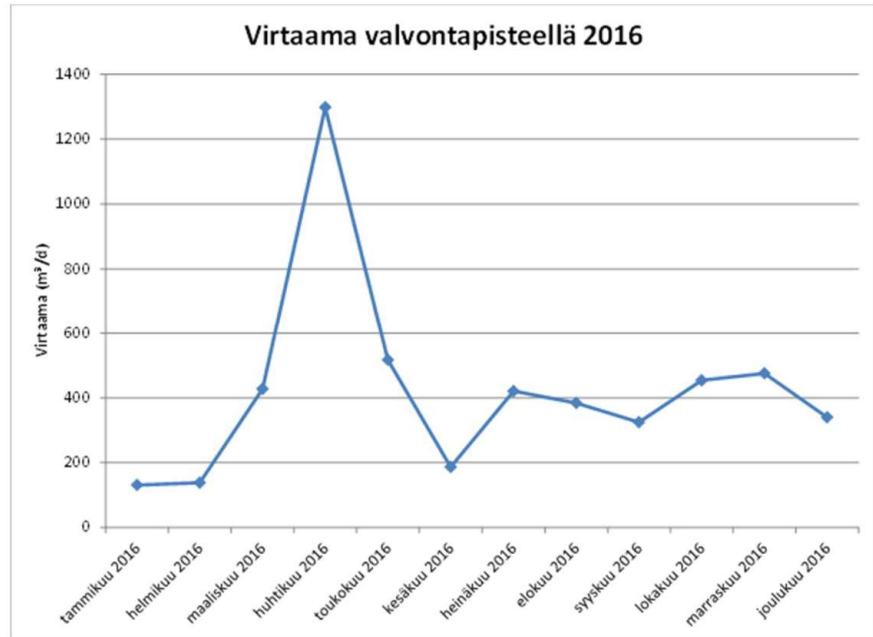
Pohjavesimallinnuksen tueksi oli käytettävissä kahdentyyppistä hydrologista mittausdataa: pinnankorkeustuloksia kahdesta pohjavesiputkesta sekä käsitellyn kuivanapito- ja suotoveden ja purkuojan kautta kaivosalueelta lähtevän veden määriä.

Uutelan louhoksen lähellä on seurattu pohjaveden pinnankorkeutta vuodesta 2008 lähtien kahdessa pohjavesiputkessa. PVP1 sijaitsee noin 400 m nykyisen avolouhoksen reunasta lounaaseen ja PVP2 noin 200 m sen reunasta pohjoiseen. Kummassakaan ei ole tarkkailun aikana havaittu pohjaveden pinnan alenemista.

Pintaveden virtauksista on raportoitu kaksi arvoa: käsiteltyjen vesien määrä, joka käsittää Likolampeen johdettavat kaivoksen kuivanapitovedet ja läjitysalueen suotovedet, ja purkuojan kautta Kohisevanpuroon virtaavan veden määrä. Näistä voidaan karkeasti arvioida pohjavesimallinnuksen kannalta kiinnostavaa louhokseen tulevan pohjaveden virtausta.

Kuva 5 esittää purkuojan keskimääräiset vuorokausivirtaamat kuukausittain vuonna 2016. Alkuvuoden aikana virtaama vaihteli voimakkaasti talven alle 200 m³/d arvoista huhtikuun noin 1 300 m³/d lumen sulamisesta johtuvaan maksimiin, mutta tasoittui kesän ja syksyn aikana välillä 300–500 m³/d. Tästä ei suoraan nähdä avolouhokseen vuotavan pohjaveden virtausta, koska toisaalta osa siitä haihtuu ja toisaalta purkuojaan päättyy myös louhokseen ja muualle kaivosalueelle satanutta vettä. Voidaan kuitenkin arvioida virtauksen olevan korkeintaan muutamia satoja kuutiometrejä vuorokaudessa. Vertailun vuoksi louhoksen noin 10 ha pinta-alasta ja Sotkamon 556 mm

vuosisadannasta laskettu arvio keskimääräiselle louhokseen satavalle vedelle on $150 \text{ m}^3/\text{d}$.



Kuva 5. Keskimääräinen virtaama kaivosalueelta poistuvan veden valvontapisteellä kuukausittain vuonna 2016.

2.3 Mallin parametrit

Pohjavesimallin kannalta keskeinen parametri on maa- ja kallioperän vedenjohtavuus. Uutelan kaivosalueelta ei ole niitä koskevia mittaustuloksia, joten mallissa on jouduttu käyttämään alueen maa- ja kivilajeihin perustuvia yleisiä arvoja ja Lahnaslammen louhoksen mallinnuksessa, jonka Pöyry Finland Oy teki Mondo Mineralsille vuonna 2012, käytettyjä arvoja.

Maaperän koostumuksesta kaivosta ympäröivällä alueella tiedetään yleisesti, että pohjamaa on runsaasti hienojakoista ainesta sisältävää moreenia ja siksi huonosti vettä johtavaa. GTK:n maaperäkartan (Kuva 3) mukaan etenkin Talvivaaralla on ohutta kalliomaata ja alavammilla alueilla savikkoja, joiden vedenjohtavuus on myös pieni. Laskentahilan ylimmässä, maaperää kuvaavassa kerroksessa on kaikkialla käytetty johtavuutta $0,004 \text{ m/d} \approx 4,6 \times 10^{-8} \text{ m/s}$, joka on likimain sama kuin Lahnaslammen mallissa hienoainesta sisältävästä moreenista koostuvalle pohjamaalle käytetty arvo $5 \times 10^{-8} \text{ m/s}$.

Kallioperän vedenjohtavuus on tyypillisesti suurin lähellä pintaa, jossa kallio on rikkonaisempaa, ja pienenee syvyyden kasvaessa. Tämän kuvaamiseksi mallissa käytettiin suurempaa vedenjohtavuutta kallion pintaosassa eli laskentahilan kerroksissa 2–5 ja pienempää syvemmällä eli kerroksissa 6–9. Louhoksen kohdalla paremmin johtavan pintaosan raja on noin 75 metrin syvyydellä maanpinnasta, eli nykyinen Uutelan louhos on kokonaan sen yläpuolella, mutta suunnitellun laajennuksen ja Viinakorven louhoksen pohjat ulottuisivat rajan alapuolelle. Syvyysvaihtelun lisäksi Talvivaaran alueella, jossa kallioperä koostuu kvartsiitista, vedenjohtavuudelle annettiin pienemmät arvot kuin muualla. Syvemmästä kalliosta oletettiin lisäksi, että vedenjohtavuus olisi vaakasuunnassa kolminkertainen pystysuoraan verrattuna. Tällainen anisotropia on tyypillistä kallioperän

vedenjohtavuudelle ja johtuu rakoilun suuntautumisesta enemmän vaaka- kuin pystysuoraan.

Kallion pintaosan vedenjohtavuudelle annettiin arvo $0,035 \text{ m/d} \approx 4 \times 10^{-7} \text{ m/s}$, joka on sama kuin Lahnaslammen mallissa kallioperän ylimmässä 100 metrissä käytetty arvo. Talvivaaran kvartsiittialueella käytettiin arvoa $0,02 \text{ m/d} \approx 2,3 \times 10^{-7} \text{ m/s}$.

Vaakasuuksi vedenjohtavuudeksi syvemmissä osassa asetettiin $0,01 \text{ m/d} \approx 1,2 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ muualla ja $0,001 \text{ m/d} \approx 1,2 \times 10^{-8} \text{ m/s}$ Talvivaaran kvartsiitin alueella. Oletetun anisotropian vuoksi vastaavat pystysuuntaiset johtavuudet olivat kolmasosat näistä eli $0,0033 \text{ m/d} \approx 3,9 \times 10^{-8} \text{ m/s}$ ja $0,00033 \text{ m/d} \approx 3,9 \times 10^{-9} \text{ m/s}$. Lahnaslammen mallissa johtavuus yli 100 m syvyydessä oli mustaliuskeelle $5,5 \times 10^{-8} \text{ m/s}$ eli tämän mallin yleisen alueen arvojen väliltä ja muulle kalliolle $4 \times 10^{-9} \text{ m/s}$ eli samaa luokkaa kuin tässä mallissa kvartsiitin pystysuora johtavuus.

MODFLOW-malliin on ns. pakkausten avulla mahdollista määritellä monenlaisia reunaehtoja kuvaamaan mm. pohjavesisysteemin vuorovaikutusta pintavesien kanssa ja ihmisen toiminnan vaikutusta. Tässä mallissa käytettiin seuraavia pakkauksia:

- RCH (recharge) pohjaveden muodostumisen mallintamiseen
- RIV (river) jokien ja purojen mallintamiseen
- GHB (general head boundary) vakiopainekorkeudessa pysyvä alue, jota käytettiin järvien, lampien, soiden ja avolouhosten pohjien mallintamiseen
- DRN (drain) kuivatusojien kuvaamiseen tarkoitettu reunaehto, joka sopii myös avolouhosten seinämien ja pohjaa ylempien louhintatasojen kautta tapahtuvan pohjavesivuodon mallintamiseen

Pohjaveden muodostumisnopeudeksi oletettiin mallissa $3 \times 10^{-5} \text{ m/d} \approx 11 \text{ mm/a}$, joka on noin 2 % Sotkamossa mitatusta keskimääräisestä sadannasta 556 mm/a. Suhde on tyypillinen suomalaiselle rakentamattomalle maastolle, jossa maaperä on huonosti vettä johtavaa ja suuri osa sadannasta joko poistuu pintavaluntana tai haihtuu suoraan ja kasvillisuuden aineenvaihdunnan kautta. Mallin kalibrointivaiheessa muodostumisnopeutta käytettiin säädettävänä parametrina, jolla laskennallinen pohjavesipinta saatiin asettumaan lähelle maanpintaa.

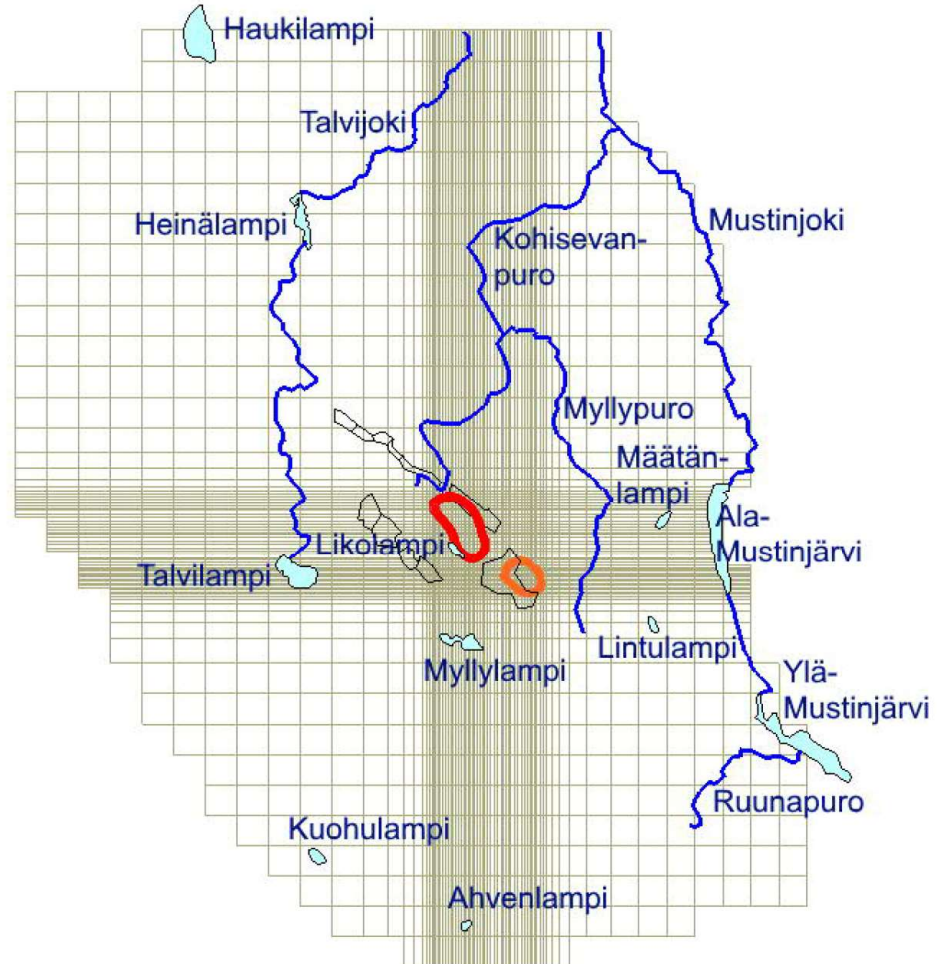
Mallinnettavan alueen uomista mallinnettiin Mustinjoki, Talvijoki, Kohisevanpuro, Myllypuro ja Ruunapuro. Pinnankorkeudet asetettiin hieman maanpinnan korkeutta alemmaksi ja uomien syvyyksiksi noin 1,5 m siten, että uomien vesi oli kaikkialla laskentahilan ylimmässä kerroksessa. Korkeustietojen lisäksi jokien mallinnukseen tarvitaan parametri, joka kuvaa uomassa olevan veden ja pohjaveden välistä johtavuutta. Sen arvoksi asetettiin koko mallissa $0,1 \text{ (m}^2\text{/d)/m}$, joka vastaa 10 m leveää ja 0,4 m paksua maakerrosta, jonka vedenjohtavuus on yhtä suuri kuin mallissa irtomaalle oletettu arvo.

Mallinnetun alueen järvistä ja lammista mallinnettiin Ala- ja Ylä-Mustinjärvet, Haukilampi, Heinälampi, Talvilampi, Likolampi, Määtänlampi, Myllylampi, Lintulampi, Kuohulampi ja Ahvenlampi. Niiden laskennassa käytetyiksi vakiopainekorkeuksiksi asetettiin maastokarttaan merkityt keskimääräiset pinnankorkeudet, ja pohjan johtavuusparametriksi $0,01 \text{ (m}^2\text{/d)/m}^2$, joka vastaa 0,4 m paksuista kerrosta maata, jonka vedenjohtavuus on yhtä suuri kuin mallissa irtomaalle oletettu arvo.

Uutelan kaivoksen ympärillä on runsaasti ojitettua soista metsää, joka varastoi pintavettä. Näiden alueiden vaikutus lisättiin malliin järvien ja lampien tapaan

vakiopainereunaehdolla. Paine korkeus asetettiin irtomaakerroksen tasolle ja johtavuusparametriksi $0,001 \text{ (m}^2/\text{d)/m}^2$ eli kymmenesosa järvien ja lampien arvosta.

Kuva 6 esittää mallinnettujen pintavesistöjen ja kaivoksen lähistön soisten metsien sijainnit laskentahilassa.



Kuva 6. Pohjavesimalliin määritellyt joet ja purot (tummansiniset viivat), lammet ja järvet (vaaleansiniset alueet) ja kaivosalueen lähistön soiset metsät (mustalla rajatut alueet). Suunnitellun louhoksen laajennuksen reunat on merkitty punaisella (Uutela) ja oranssilla (Viinakorpi).

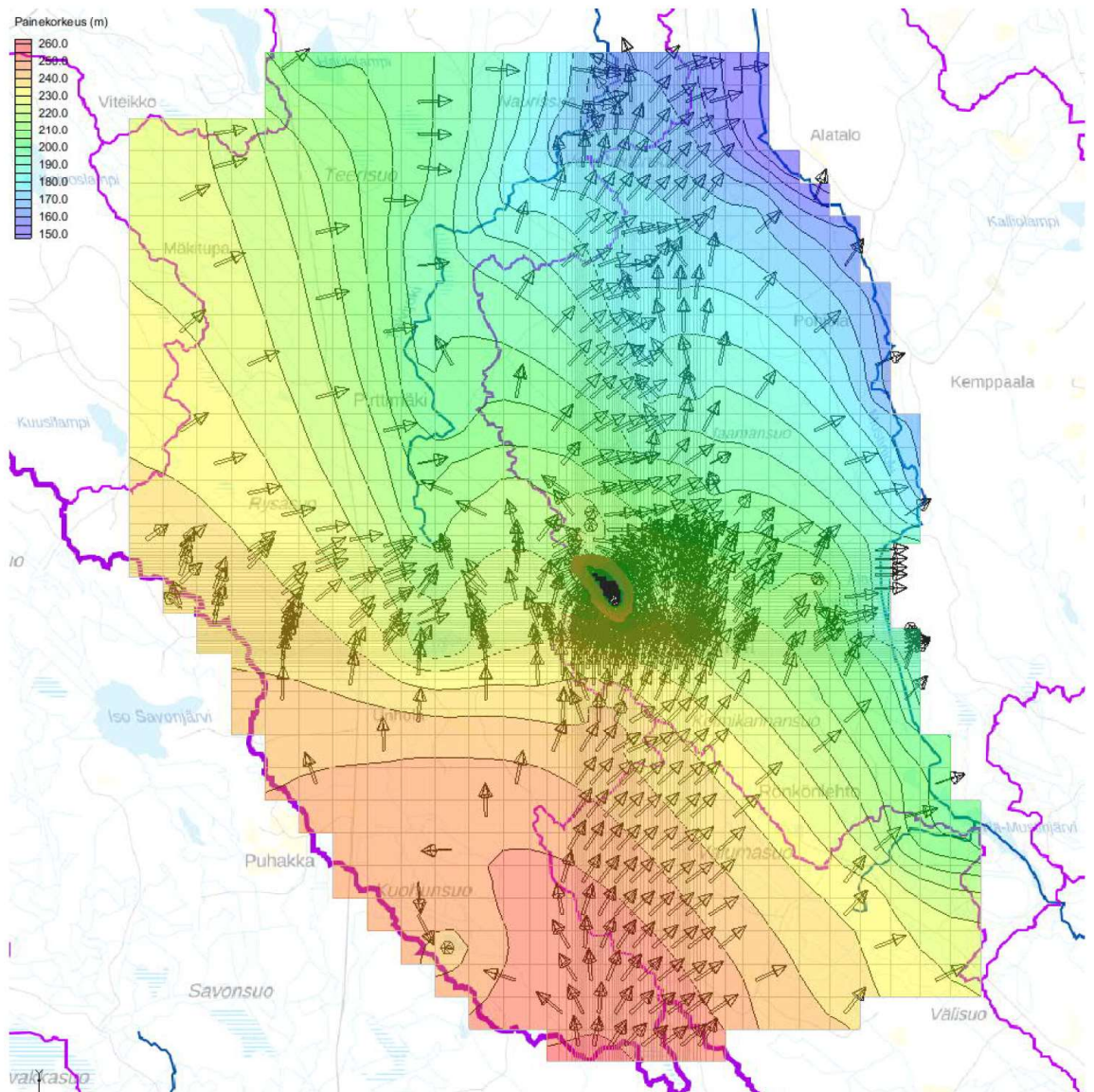
Pohjaveden virtaus avolouhoksiin mallinnettiin louhosten pohjia lukuun ottamatta DRN-pakkauksen avulla. Se luo haluttuihin laskentahilan soluihin reunaehdon, joka on alun perin tarkoitettu kuivatusojien, sadevesiviemärien ja muiden sellaisten rakenteiden simuloimiseen, joiden kautta vettä voi ainoastaan poistua mutta ei virrata malliin lisää. Kuivatusreunaehdot kuvaavat korkeustaso, jota korkeampi pohjaveden paine korkeus laskentatasolla aiheuttaa veden virtauksen pois mallista, ja johtavuuskerroin, joka ilmaisee poistuvan virtauksen suhteen paine korkeusrajan ylitykseen ja riippuu sen tilavuuden vedenjohtavuudesta, leveydestä ja paksuudesta, jonka läpi pohjavesi virtaa laskentatasolun keskeltä esim. kuivatusojaan tai louhoksen reunaan. Avolouhosten pystysuorat seinämät mallinnettiin käyttämällä reunaehdon korkeustasona solun keskikorkeutta, ja johtavuuskerroin laskettiin käyttäen syvyydestä riippuvaa kallion vedenjohtavuutta, kerroksen korkeutta vettä johtavan kappaleen leveytenä ja 5 metriä sen paksuutena. Vaakasuurille tasoille käytettiin pinnan todellista korkeustasoa ja vettä johtavan kappaleen paksuutena pinnan alla olevan solun korkeuden puolikasta. Louhosten pohjilla käytettiin samanlaista GHB-pakkauksen avulla määriteltyä vakiopainereunaehdot kuin pintavesistöjen

mallintamiseen, joka toimii muuten samalla tavalla kuin kuivatusreunaehto, mutta myös virtaus louhoksen pohjan tasolle oletetusta matalasta lammikosta kallioon päin olisi periaatteessa mahdollinen. Louhoksen reunojen sisäpuolelle jäävät, kokonaan pois louhityksessa kallioilavuudessa olevat solut poistettiin laskennasta.

3 TULOKSET

3.1 Nykytila

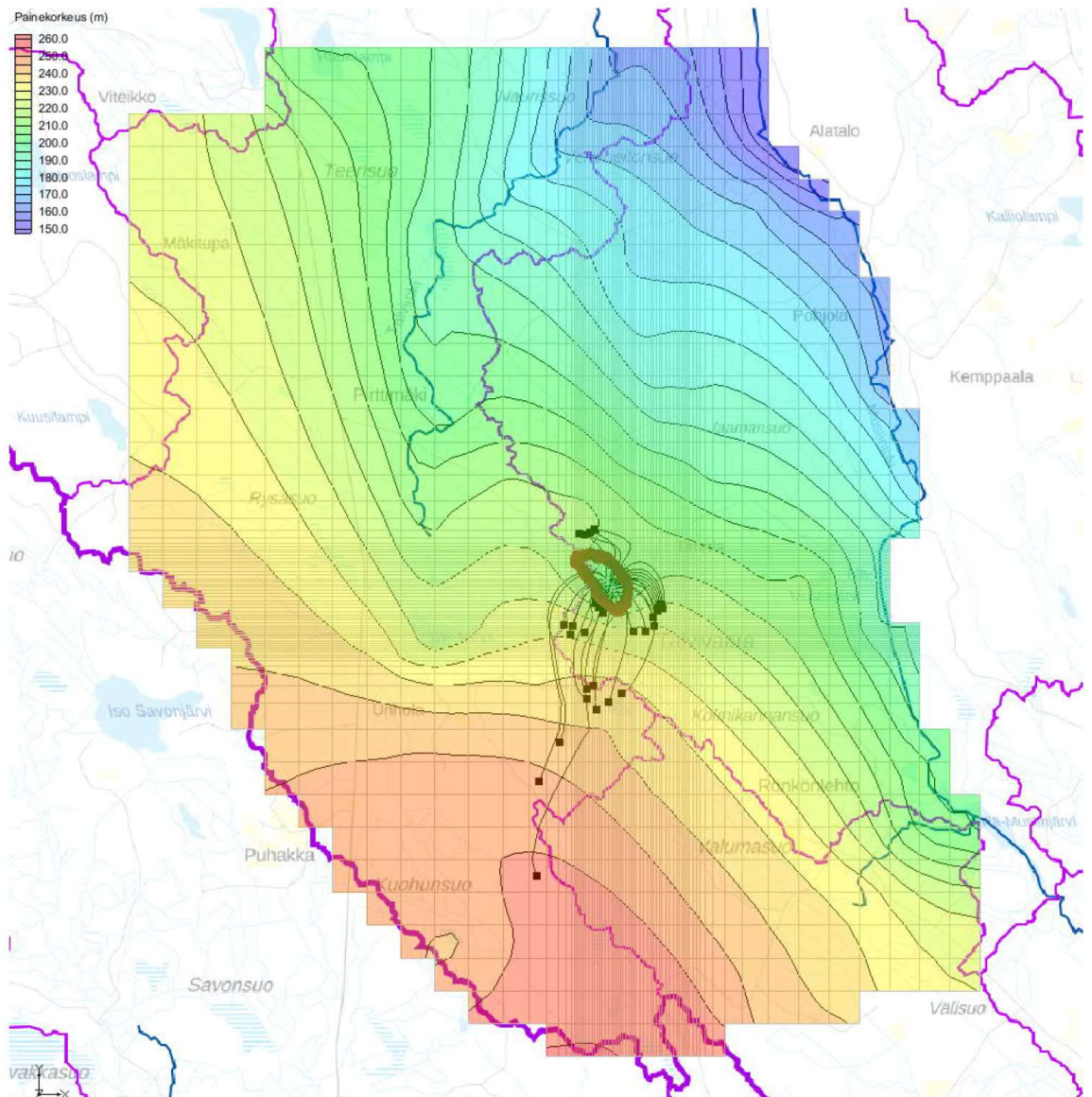
Nykytilaa kuvaavan mallinnuksen tulokset on esitetty tämän kappaleen kuvissa. Kuva 7 esittää mallin 3. kerrosta, joka kaivoksen kohdalla vastaa noin syvyysväliä 15–30 m maanpinnasta. Väriasteikolla kuvattu pohjaveden painekorkeus on suurin lounaassa ja laskee kohti koillista ja itäreunalla olevaa Mustinjokea, mikä vastaa alueen topografiaa. Nuolilla esitetyn pohjaveden virtaussuunnan perusteella suurimmassa osassa mallinnettua aluetta louhos ei häiritse pohjaveden luonnollista virtausta maaston korkeimmilta kohdilta kohti jokia ja järviä.



Kuva 7. Nykytilan mallinnuksen mukainen painekorkeus ja pohjaveden virtaussuunta laskentahilan 3. kerroksessa.

Kuva 8 esittää mallin 7. kerrosta eli kaivoksen kohdalla noin syvyysväliä 105–125 m. Nykytilassa louhos ei ulotu tälle syvyydelle. Väriasteikolla kuvattu painekorkeus pienenee tasaisesti lounaasta koilliseen suurimmassa osassa mallinnettua aluetta, kuten edellisessäkin kuvassa, mutta louhos aiheuttaa siihen poikkeaman noin kilometrin säteellä. Kuvaan on piirretty myös laskennallisia pohjaveden mukana kulkeutuvien hiukkasten reittejä pohjavesipinnalta louhoksen pohjalle sen havainnollistamiseksi, miltä alueelta pohjavesi päätyy louhokseen. Koska kulkeutumisreitit eivät voi leikata toisiaan, louhoksen pohjaan päätyvät reitit ovat niitä, jotka alkavat kaikkein kauimpana ja kuvaavat parhaiten aluetta, jolta pohjavettä virtaa louhokseen. Hiukkasten lähtöpisteet on merkitty mustilla neliöillä. Vallitsevan pohjaveden virtaussuunnan vuoksi louhokseen päätyvät virtausreitit alkavat sen lounaispuolella noin 2–3 km päästä mutta pohjoisessa ja idässä alle kilometrin etäisyydeltä.

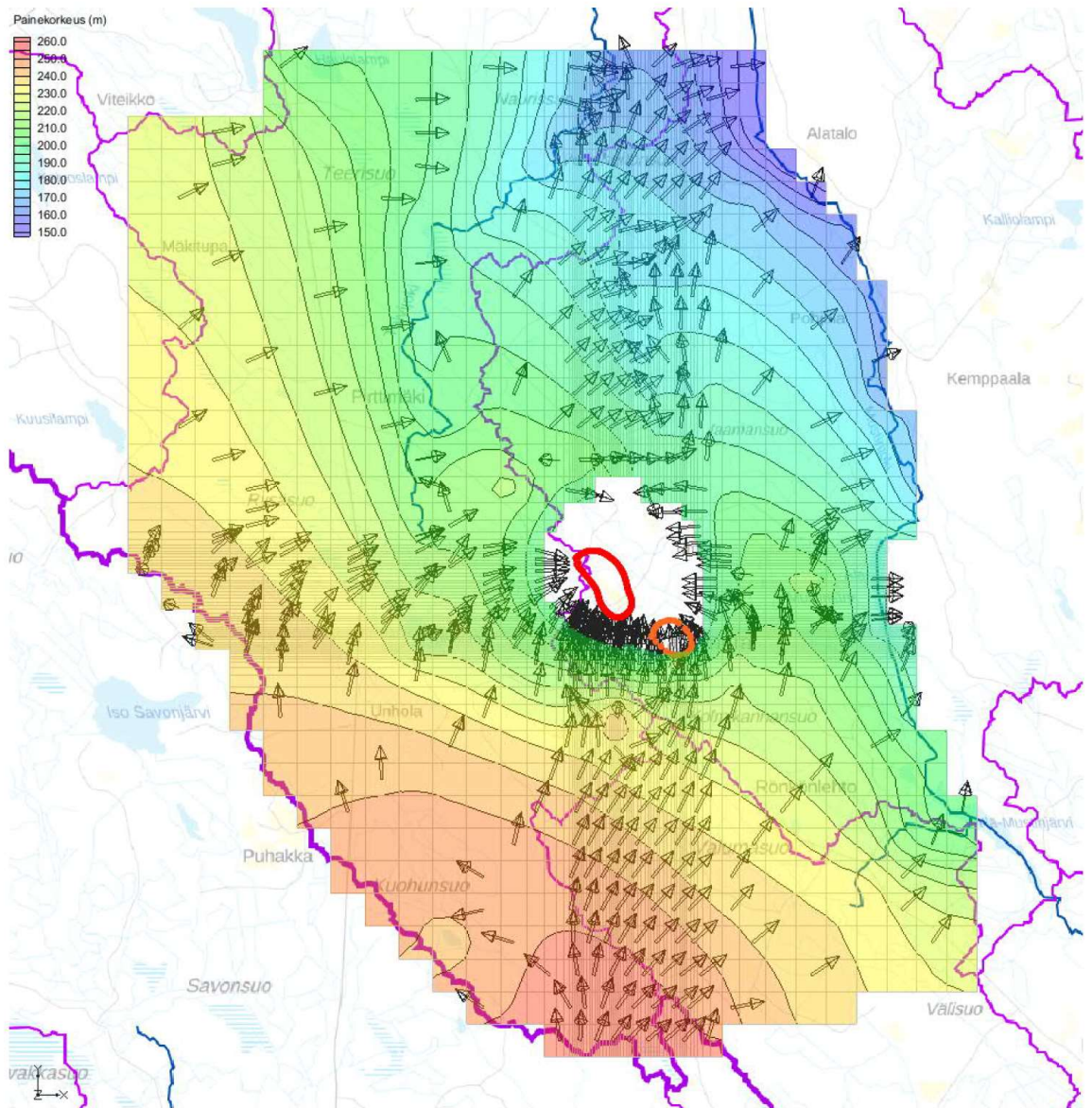
Nykytilan mallissa pohjaveden virtaus kallioperästä louhokseen on $290 \text{ m}^3/\text{d} = 200 \text{ l/min} = 110\,000 \text{ m}^3/\text{a}$.



Kuva 8. Nykytilan mallinnuksen mukainen painekorkeus laskentahilan 7. kerroksessa ja pohjaveden kulkeutumisreittejä pohjaveden pinnalta louhoksen pohjalle.

3.2 Laajennettu louhos

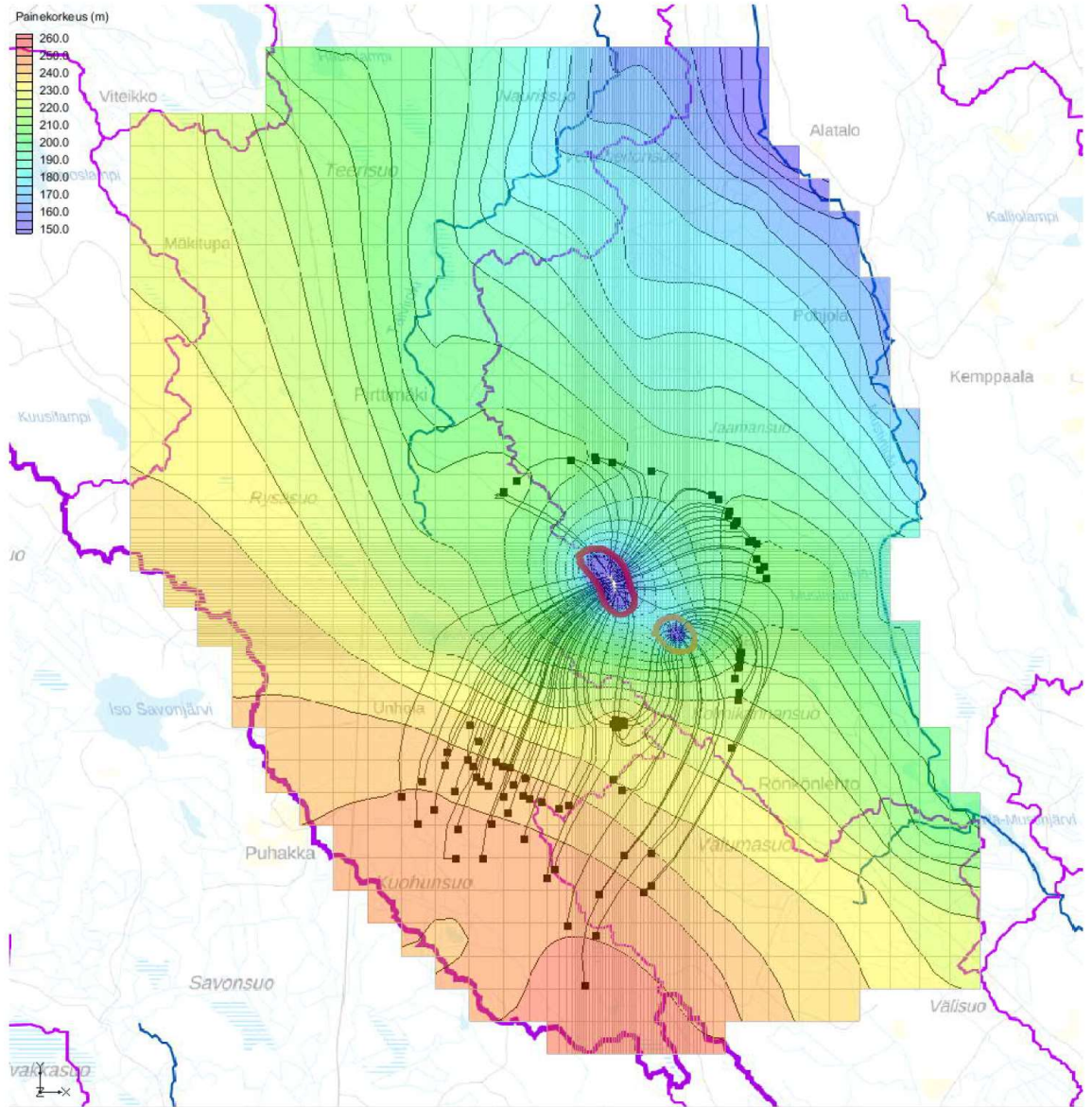
Suunniteltuja Uutelan louhoksen laajennusta ja Viinakorven louhosta kuvaavalla mallilla saatiin seuraavissa kuvissa esitetyt tulokset. Kuva 9 esittää lasketun painekorkeuden ja nuolilla merkityn pohjaveden virtaussuunnan laskentahilan 3. kerroksessa. Valkoisella alueella louhosten kohdalla ja ympärillä 3. kerroksen solut kuivuivat eli pohjaveden pinta kallioperässä laski kerroksen alapuolelle. Verrattuna kuvan 7 mukaiseen nykytilaan louhosten aiheuttama poikkeama säännöllisesti lounaasta koilliseen laskevaan paineeseen ja vastaavaan luonnolliseen virtaussuuntaan ulottuu selvästi kauemmas, mutta rajoittuu kuitenkin edelleen mallinnettua pienemmälle alueelle.



Kuva 9. Laajennetun louhoksen mallinnuksen mukainen painekorkeus ja pohjaveden virtaussuunta laskentahilan 3. kerroksessa.

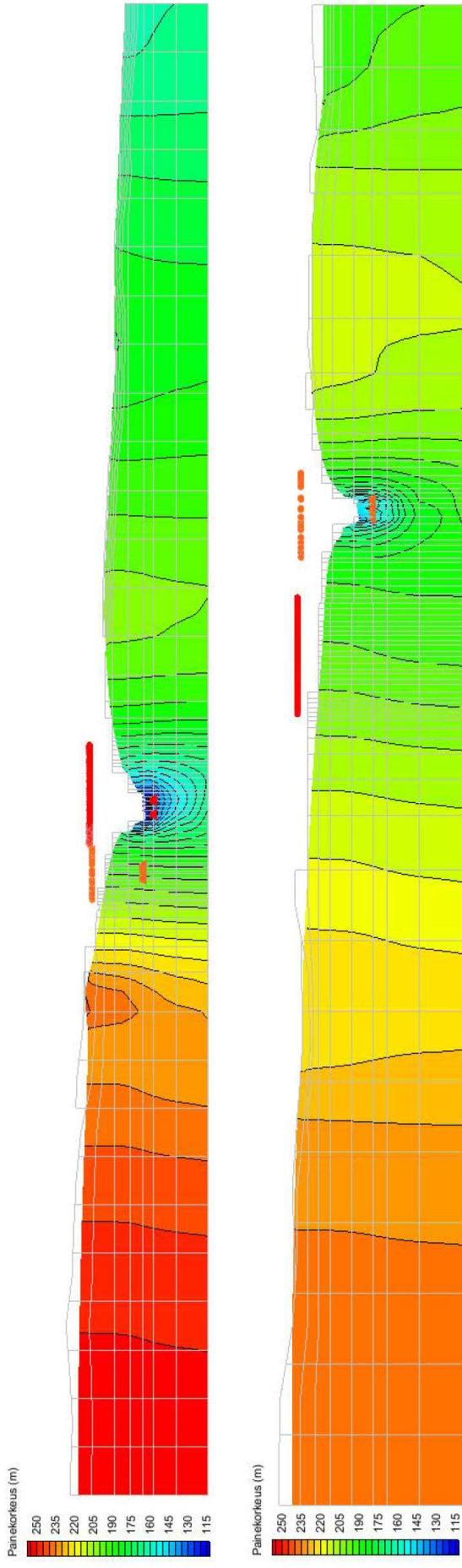
Kuva 10 esittää laajennusta vastaavan mallinnuksen tuloksen laskentahilan 7. kerroksessa. Kerros on alin, jonka laajennettu Uutelan louhos leikkaa. Suunniteltu Viinakorven louhos ulottuu sen yläpintaan. Kuvaan on piirretty myös laskennallisia kulkeutumisreittejä pohjaveden pinnalta louhosten pohjille. Nykytilaa kuvaavaan mallinnustulokseen verrattuna etäisyys, jolta pohjaveden kulkeutumisreitit päättyvät

louhokseen, on kasvanut pohjoisen ja idän suunnista noin kaksinkertaiseksi, ja lounaassa suurempi osa reiteistä alkaa Talvivaaran alueelta 2–3 km päästä.



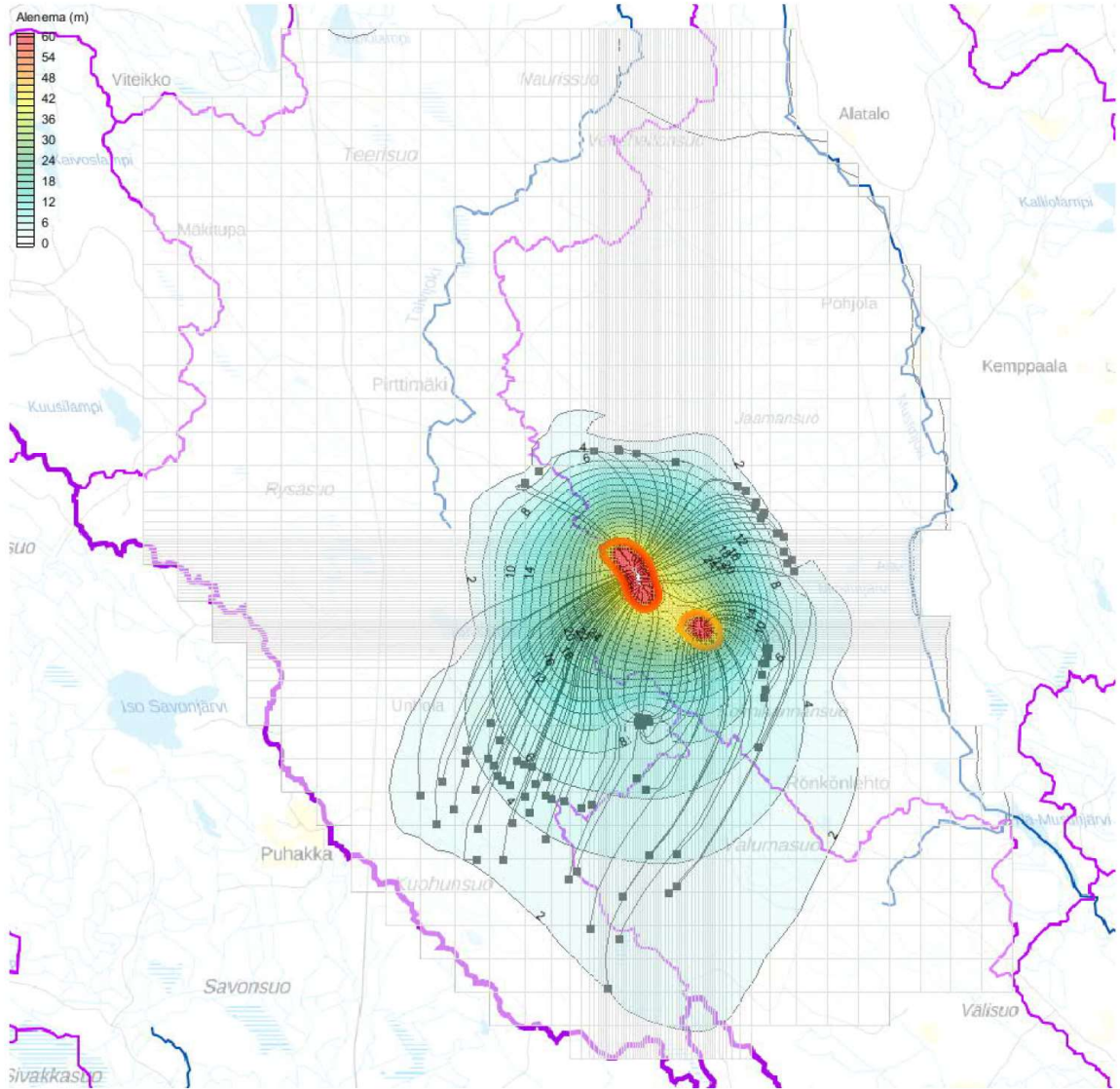
Kuva 10. Laajennetun louhoksen mallinnuksen mukainen painekorkeus laskentahilan 7. kerroksessa ja louhosten pohjiin päättyviä virtausreittejä.

Kuvassa 11 on kaksi poikkileikkausta laajennetun louhoksen mallinnustuloksista. Toinen on etelä-pohjoissuuntainen Uutelan louhoksen kohdalta, ja toinen länsi-itäsuuntainen Viinakorven louhoksen kohdalta. Kummankin louhoksen suunnitellut yläreunat ja pohjat on merkitty kuviin, Uutelan punaisella ja Viinakorven oranssilla. Painekorkeuden mukaan väritetyn pinnan yläreuna kuvaa saturoituneen pohjaveden pintaa kallioperässä eli rajaa, jossa painekorkeus on yhtä suuri kuin korkeusasema. Pohjaveden alenema on louhosten syvimpien osien kohdalla lähes niiden syvyyden suuruinen ja louhosten reunojen kohdalla noin kolmasosa siitä.



Kuva 11. Kaksi poikkileikkausta laajennetun louhoksen mallinnustuloksesta: ylempänä etelä-pohjoissuuntainen leikkaus Utelan louhoksen kautta (leveys 8751 m) ja alempana länsi-itäsuuntainen leikkaus Viinakorven louhoksen kautta (leveys 6264 m). Pystysuora mittakaava on kummassakin kuvassa kolminkertainen vaakasuoraan verrattuna.

Kuva 12 esittää laajennuksen vaikutuksen laskentahilan 7. kerroksessa pohjaveden alenemana eli nykytilalle ja laajennukselle laskettujen painekorkeuksien erotuksena. Kuvaan on piirretty myös samat kulkeutumisreitit kuin kuvaan 10. Ylemmissä laskentahilan kerroksissa aleneman paikkariippuvuus kaivosalueen ulkopuolella on käytännössä samansuuruinen kuin esitetystä 7. kerroksessa. Uloin piirretty aleneman tasa-arvokäyrä, joka vastaa 2 m alenemaa, on lännessä, pohjoisessa ja idässä noin 1,5 km päässä Uutelan louhoksesta mutta etelässä etäisyys kasvaa yli 3 kilometriin.



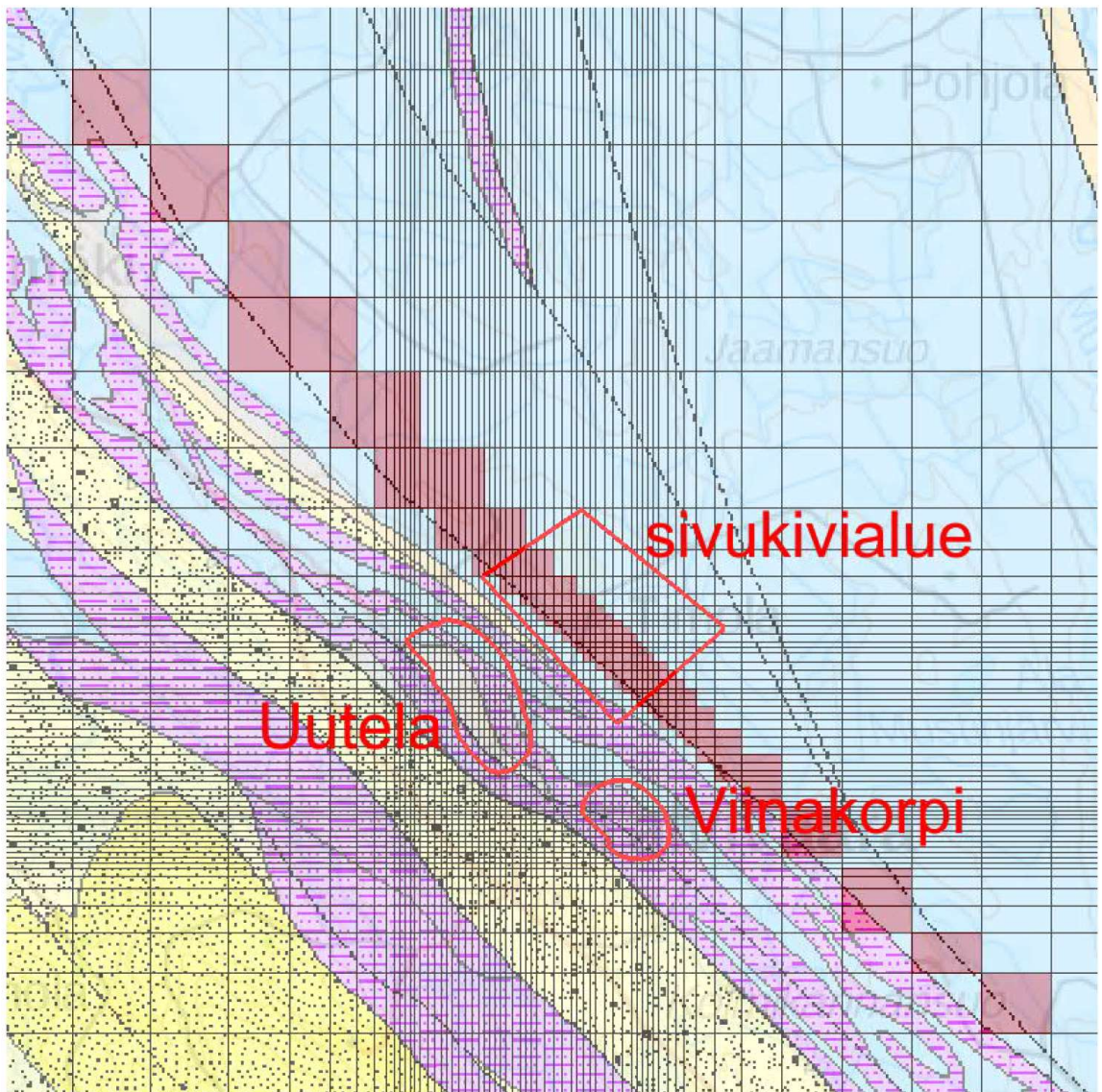
Kuva 12. Uutelan kaivoksen laajennuksen aiheuttama pohjaveden painekorkeuden alenema laskentahilan 7. kerroksessa ja kulkeutumisreittejä pohjaveden pinnasta louhosten pohjiin.

Mallinnustuloksen mukaan pohjavettä virtaa kallioperästä laajennettuun Uutelan louhokseen $420 \text{ m}^3/\text{d} = 290 \text{ l/min} = 150\,000 \text{ m}^3/\text{a}$ ja Viinakorven louhokseen $320 \text{ m}^3/\text{d} = 220 \text{ l/min} = 120\,000 \text{ m}^3/\text{a}$, yhteensä $740 \text{ m}^3/\text{d} = 510 \text{ l/min} = 270\,000 \text{ m}^3/\text{a}$. Kun nykytilan mallinnuksesta saatu tulos oli $290 \text{ m}^3/\text{d}$, virtaus Uutelan louhokseen kasvaisi laajennuksen seurauksena noin 50 % ja louhoksiin yhteensä noin 150 %.

3.3 Ruhjeyöhykkeen vaikutus

Geologisen tutkimuskeskuksen kallioperäkartan mukaan Uutelan kaivoksen koillispuolella, suunnitellun uuden sivukivialueen kohdalla, on kallioperässä

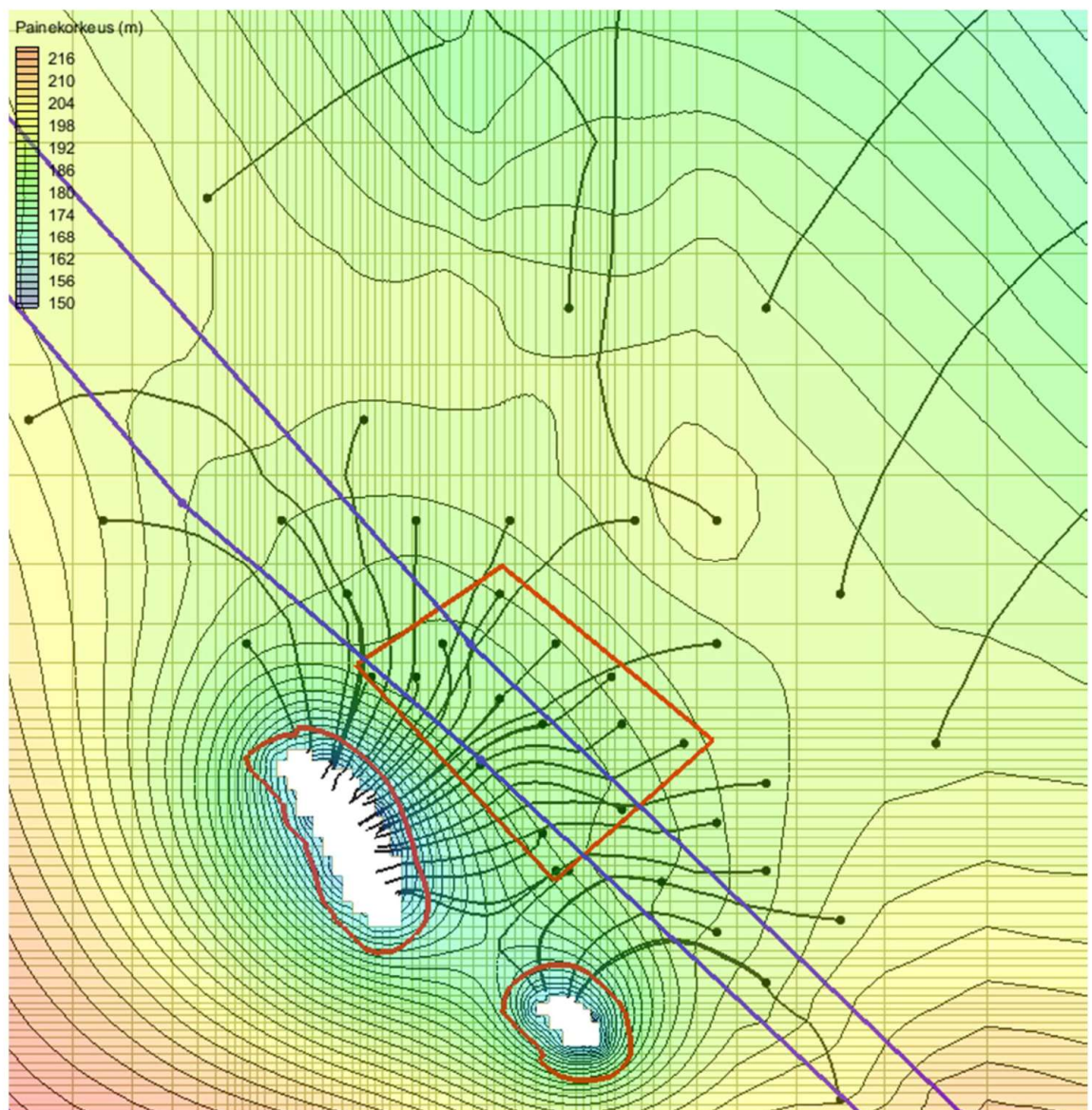
tyypiltään tuntematon siirros. Sen suunta on luoteesta kaakkoon kuten louhittavan liuskevyöhykkeenkin. Myös uudella sivukivialueella tehdyissä maatutkaluotauksissa havaittu kallion pinnan paikoittainen rikkonaisuus viittaa siihen, että alueella voi olla siirroksen liittyvä ruhjevyöhyke. Pohjavesimallilla tutkittiin mahdollisen ruhjevyöhykkeen vaikutusta pohjaveden virtaukseen erityisesti sivukivialueen lähellä olettamalla kallioperään kallioperäkartan siirroksen suuntainen selvästi muuta kalliota paremmin vettä johtava tilavuus. Se ulottuu pystysuorana koko mallinnetun kalliotilavuuden läpi kuvaan 13 punertavalla värillä merkityissä laskentahilan soluissa. Taustakarttana olevassa GTK:n kallioperäkartassa mustat katkoviivat kuvaavat siirroksia, vaaleansininen grauvakkaa, harmaa talkkiliusketta, sinipunaiset muita (kuten musta-) liuskeita ja keltaiset kvartsiittia ja kvartsivakkaa.



Kuva 13. Oletetun ruhjevyöhykkeen mallinnus. Kallion vedenjohtavuus punertavissa soluissa asetettiin ympäristöä suuremmaksi. Taustakarttana GTK:n kallioperäkartta, johon piirrettyä siirrosta ruhjevyöhyke seuraa.

Kuva 14 esittää mallinnustulosta, joka saatiin, kun vedenjohtavuudeksi ruhjevyöhykkeessä (sinisten viivojen välinen alue) oletettiin kymmenkertainen arvo muuhun kallioon verrattuna. Kuvan väritys kuvaa painekorkeutta mallin 5. kerroksessa, ja mustat käyrät esittävät laskennalliset kulkeutumisreitit pohjaveden mukana kulkeutuville hiukkasille, jotka lähtevät pohjaveden pinnalta mustien täplien osoittamista paikoista. Kulkeutumisreittien lähtöpaikkoja valittiin sekä uudelta

sivukivialueelta (punainen nelikulmio) että muualta. Kaikki sivukivialueelta ja sen läheltä alkavat kulkeutumisreitit päättyvät mallinnustuloksen mukaan jompaankumpaan avolouhokseen (punaiset soikiot), mutta kauempaa kuin noin 400 m sivukivialueelta ja 1 km Uutelan louhoksen reunasta koilliseen alkavat reitit suuntautuvat alueen yleiseen virtaussuuntaan eli koilliseen, pois päin louhoksesta. Ruhjeen muuta kalliota parempi vedenjohtavuus aiheuttaa virtausreittien taipumisen ruhjeen suuntaiseksi ja kohti avolouhoksia, mutta se ei aiheuta laajemmalla alueella dramaattisia muutoksia virtaussuuntiin tai painekorkeuteen, koska sen suunta on kohtisuorassa yleiseen topografiasta johtuvaan painegradienttiin ja pohjaveden virtaussuuntaan, jotka ovat lounaasta koilliseen. Ruhjevyöhykkeen ja muun kallion johtavuuksien välisen kontrastin vaikutusta mallinnustulokseen kokeiltiin vielä kasvattamalla ero 100-kertaiseksi, jolloin virtausreittien taipuminen ruhjeen kohdalla sen suuntaiseksi voimistui, mutta vaikutus muualla oli vähäinen.



Kuva 14. Tuloksia mallinnuksesta, jossa sinisten viivojen välissä oletettiin sijaitsevan pystysuora ruhjevyöhyke. Kallion vedenjohtavuus ruhjeessa on muuhun kallioon verrattuna 10-kertainen. Väriasteikko kuvaa pohjaveden painekorkeutta mallin 5. kerroksessa n. 60 m syvyydellä ja mustat täplät ja käyrät laskennallisia hiukkasten kulkeutumisreittejä.

4 JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

Uutelan kaivoksen laajennuksen vaikutusta pohjaveden paineeseen ja virtaukseen arvioitiin laskennallisella mallilla, jossa maaston pinnanmuodot ja louhosten geometria perustuvat mittauksiin ja suunnitelmiin, mutta pohjavesisysteemin käyttäytymiseen keskeisesti vaikuttavat parametrit kuten maa- ja kallioperän vedenjohtavuudet ja pohjaveden muodostumisnopeus on arvioitu muista vastaavista mallinnuskohteista saadun kokemuksen perusteella. Siksi saadut tulokset ovat vain suuntaa-antavia. Suurin epävarmuus liittyy pintavesien ja kallioperän pohjaveden väliseen vuorovaikutukseen, jonka luotettava simulointi edellyttäisi yksityiskohtaista ja paikkakohtaista tietoa maastosta, kasvillisuudesta, maaperän ominaisuuksista ja kallioperän pintaosan rakenteesta.

On oletettavaa, että mallin ennustama pohjaveden pinnan alentuminen jopa 10 metrillä vielä 1 km päässä louhoksesta ei ole realistinen, vaan alueen kosteikot ja pintavesistöt pitävät pohjavesipinnan lähellä maanpintaa.

Syvällä kallioperässä olevan pohjaveden paineen ja virtauksen muutoksia koskevia tuloksia voidaan pitää luotettavampina. Niiden mukaan suurimmassa osassa mallinnettua aluetta pohjaveden painekorkeus säilyttää maaston topografiaa vastaavan luonnollisen vaihtelunsa, jonka määräämä **vallitseva pohjaveden virtaussuunta on koilliseen**. Kaivoksen ympärillä oleva alue, jossa kalliopohjaveden virtausreitit päättyvät louhokseen, kasvaa laajennuksen jälkeen säteeltään kaksin- tai kolminkertaiseksi ja ulottuu enimmillään noin 3 km päähän kaivoksesta lounaaseen ja etelään Talvivaaralle ja vastakkaisessa suunnassa noin 1,5 km päähän.

Mallinnustulosten mukaan **pohjaveden virtaus** Uutelan louhokseen **ennen laajennusta on 290 m³/d** eli 200 l/min, ja **laajennuksen jälkeen** Uutelan louhokseen **420 m³/d** (290 l/min) ja suunniteltuun **Viinakorven** louhokseen **320 m³/d** (220 l/min). Louhokseen vuotavasta pohjavedestä on huomattava, että haihtumisen takia vain osa siitä joudutaan pumppaamaan kuivatusvetenä käsiteltäväksi. Toisaalta luku ei sisällä louhokseen suoraan satavaa vettä, jota kertyy louhokseen noin puolet mallinnetusta pohjaveden vuodosta.

Mallilla tutkittiin myös kaivosalueen mahdollisesti luoteesta kaakkoon lävistävän kallioruhjevyöhykkeen vaikutusta pohjaveden paineeseen ja erityisesti virtausreitteihin suunnitellulta uudelta sivukivialueelta. Tulosten perusteella pohjaveteen siirtyvät aineet koko uudelta sivukivialueelta kulkeutuisivat kalliossa kohti Uutelan avolouhosta louhoksen syventämisestä aiheutuvan kalliopohjaveden paineen nykyistä suuremman aleneman muodostuttua. Virtaussuunta sivukivialueelta ei oleellisesti riipu siitä, kuinka suuri oletetun ruhjevyöhykkeen vedenjohtavuus on vai onko sitä lainkaan. Tulosten mukaan alue, jolla kalliopohjavesi virtaa louhosta kohti, ei nykytilassa kuitenkaan ulotu louhoksen koillispuolella uudelle sivukivialueelle asti, vaan siellä muodostunut pohjavesi virtaa koilliseen kohti Mustinjoen laaksoa.