

PVM 2012-05-11

TOIMEKSIANTONUMERO 11512450212

VASTAANOTTAJA Klas Strömberg
Northland Resources AB**KOPIO****LÄHETTÄJÄ** Edward Runslätt**SÄHKÖPOSTI** edward_runslatt@golder.se**KAUNISVAARAN RIKASTUSHIEKKA-ALUEEN PADON JA SELKEYTYSALTAAN PENKEREEN MUOTOILU****1.0 JOHDANTO**

Tässä tekniikkaa käsittelevässä muistiossa on yhteenveto rikastushiekka-alueen ja selkeytysaltaan alustavasta muotoilusta ja siitä, miten ne tulevat täyttämään RIDASin ja GruvRIDASin vaatimukset. Koska hankkeen yksityiskohtia vielä työstetään, voivat tiedot esimerkiksi kaltevuudesta, suodattimesta ja tiivistemateriaalista hieman muuttua. Esillä olevassa muistiossa kaikki tasot ilmoitetaan korkeusjärjestelmässä RH70.

2.0 PATORAKENNELMA YLEISESTI

Kaunisvaaran padot koostuvat kahdesta osasta, rikastushiekka-alueen padosta (pituus n. 7 700 m) ja selkeytysaltaan penkereestä (pituus n. 4 100 m). Pituusmittaus aloitetaan rikastushiekka-alueen kaakkoisnurkasta, jossa normaalipoikkileikkaus 1B, 1C ja 2 yhtyvät. Rikastushiekka-alueella ja selkeytysaltaalla on kummallakin sisäinen pituusmittaus, joka alkaa arvosta 0/000, katso kuva 1 ja kuva 2. Padot on rakennettu 5 erilaisesta normaalipoikkileikkauksesta, katso taulukko 1 ja kuva 1. Rikastushiekka-alue on pyöreä ja sen halkaisija on n. 2 300 m, ja selkeytysallas liittyy rikastushiekka-alueeseen idässä penkereellä, joka noudattaa samaa perusmuotoa, mutta on siirretty itään n. 500 m.

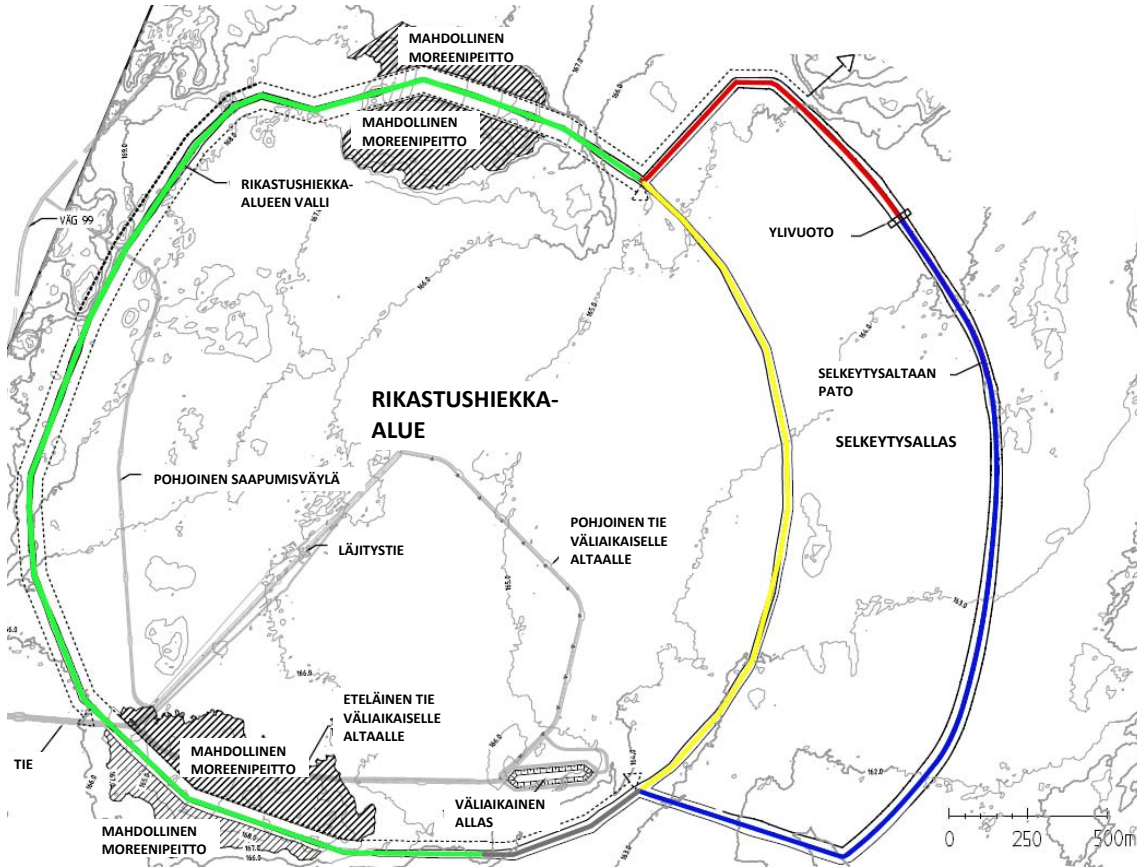
Patojen ylävirranpuoleisen luiskan kaltevuus on 1:2,5 ja alavirranpuoleisen luiskan kaltevuus on puolestaan 1:2. Padon harja on 8 m leveä, sen korkeustaso on +168,5 ja se suunnitellaan ajokelpoiseksi, kulkukelpoisuutta ja valvontaa ajatellen. Selkeytysaltaan enimmäisvedenkorkeudeksi suunnitellaan +165,5, jolloin varalaidan korkeudeksi jää 3,0 m.

Geotekniset olosuhteet vaihtelevat alueella, jossa maaperä yleisesti muodostuu hiekan ja moreenin päällä olevasta turvekerroksesta. Turpeen paksuus lännessä ja idässä on 1–6 m, kun taas pohjoisessa ja etelässä turvekerros on ohuempi, n. 0–1 m. Padon perustustyössä turve kaivetaan pois siten, että pato on hiekan ja moreenin päällä. Perustettaessa pato moreenin päällä olevalle hiekalle, varustetaan pato tukikermillä, joka kulkee tiivistyssydämeestä hiekkakerroksen läpi ja vähintään 1 m:n syvyydelle alla olevaan moreeniin. Tukikermi varmistaa, että vältytään haitallisilta vuodoilta padon alla, katso osa 2.1.

Rikastushiekka-alueen tulevat lisärakenteet suunnitellaan niin kutsutulla alavirtamenetelmällä alavirran puolelle olemassa olevasta padosta, paitsi penger, joka erottaa rikastushiekka-alueen ja selkeytysaltaan



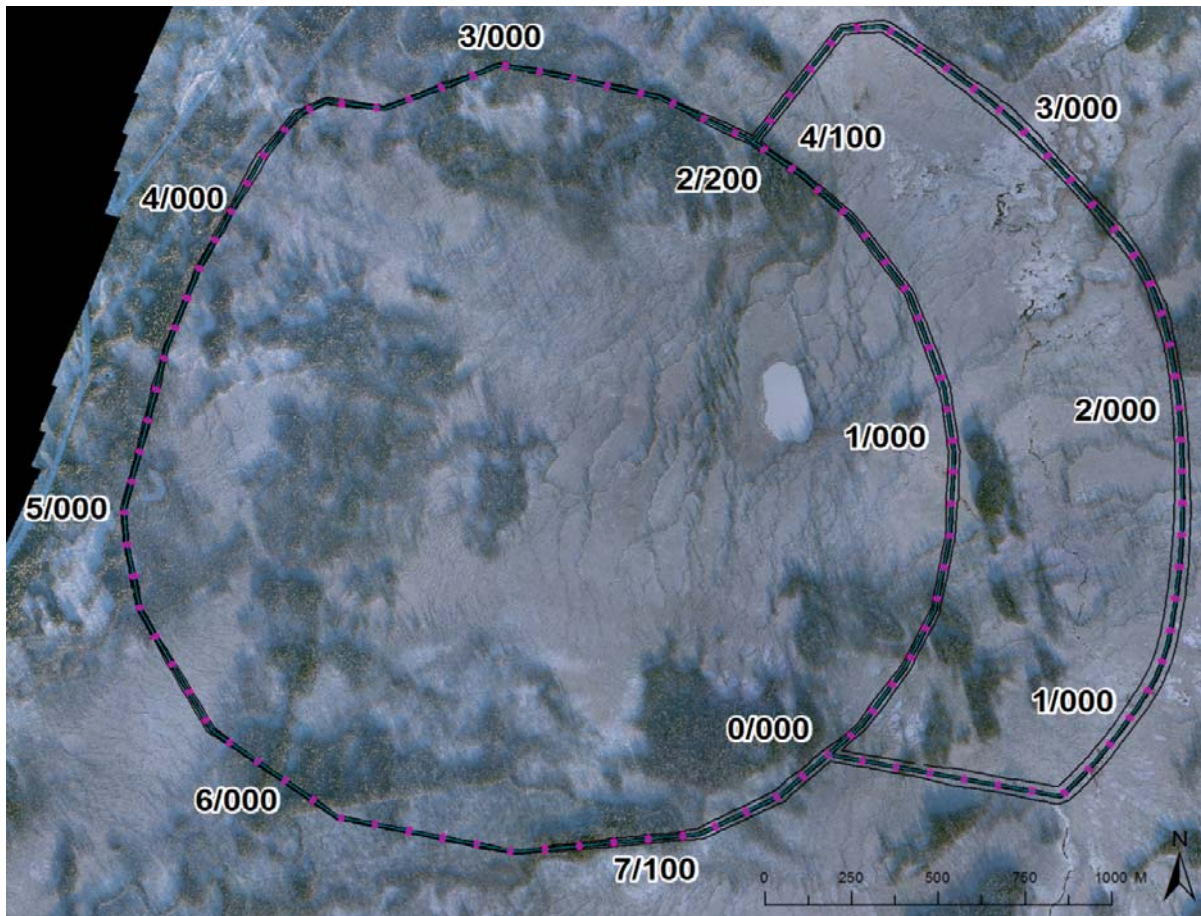
(tyyppiokkileikkaus 2) ja joka korotetaan sisäänpäin kohti rikastushiekka-aluetta. Patojen arvioidaan alustavasti kuuluvan vaikutusluokkaan 2 RIDASin vaikutusluokituksen mukaan.



Kuva 1: Rikastushiekka-altaan (vihreällä, keltaisella ja harmaalla rajattu alue) ja selkeytsaltaan (keltaisella, punaisella ja sinisellä rajattu alue) suunnitelma. Normaalipoikkileikkaus 1A on merkitty punaisella värillä, 1B sinisellä, 1C harmaalla, 2 keltaisella ja vihreä väri esittää normaalipoikkileikkausta 3. Katkoviivalla merkityt alueet esittävät mahdollisia moreeninottoaikoja.

Taulukko 1: Taulukko esittää rikastushiekka-alueen padon ja selkeytsaltaan penkereen pituuden, pituusmittauksen ja korkeuden. Värikoodi viittaa kuvaan 1.

Tyyppiokkileikkaus	Patoalue	Värikoodi	Pituus (m)	Pituusmittaus	Harjan korkeus
1A	Selkeytsallas	Punainen	1 100	3/000 – 4/100	+168,5
1B	Selkeytsallas	Sininen	3 000	0/000 – 3/000	+168,5
1C	Rikastushiekka-alue	Harmaa	600	7/100 – 0/000	+168,5
2	Rikastushiekka-alue	Keltainen	2 200	0/000 – 2/200	+166,5
3	Rikastushiekka-alue	Vihreä	4 900	2/200 – 7/100	1 m:n maanpinnan yläpuolella



Kuva 2: Rikastushiekka-alueen padon ja selkeytsaltaan penkereen pituusmittaus.

2.1 Tiivistyskermi

RIDASin mukaan on varmennettava, että pohjamaalla on vastaava tiiviys kuin sen päällä sijaitsevilla tiivistyssydämellä, jos perustus tehdään suoraan esiin kaivetun maan pinnalle. Jos pohjamaa on suunniteltua yläpuolella sijaitsevaa tiivistyssydäntä läpäisevämpi, käytetään menetelmiä, joiden avulla perustus ja padon ja pohjamaan välinen kontakti saadaan vähintään yhtä varmaksi ottaen huomioon sisäisen eroosion riski kuin yläpuolinen täytepato (RIDAS, 2008). Esimerkkejä toimenpide-ehdotuksista, kun pohjamaalla on liian korkea läpäisevyys:

- Tiivistetty moreenimaakerros (panur) ylävirtaan tiivistyssydäimestä suotomatkan pidentämiseksi ja siten pohjamaan gradientin pienentämiseksi.
- Tiivistyskermi tiivistyssojan, katkaisuseinän tai injektointikermin muodossa maapohjan läpäisevyyden pienentämiseksi.
- Valumajärjestelyt suodatinkerrosten, kuivatusojien ja/tai kaivojen muodossa. Kuivatusjärjestelyyn voidaan yhdistää kattaminen materiaalilla, joka kestää hyvin eroosiota, eroosion estämiseksi ulosvirtausalueilla.

Padon varustaminen katkaisevalla tukikermillä niissä olosuhteissa, joita selkeytyspadon pohjamaassa esiintyy, on siis yksi RIDASin suosittelemista vaihtoehdoista. Tärkeä edellytys on kuitenkin, että varmennetaan toimenpiteiden mitoitusta mukaan luettuna arvioimisedellytykset. Lisäksi on valvottava, että hyväksytyt edellytykset täytetään rakentamisen yhteydessä ja laitoksen käyttöönoton jälkeen.

2.2 Selkeytsaltaan pengser

Selkeytsaltaan penkereen kokonaispituus tulee olemaan n. 4,100 m ja harjan korkeus +168,5. Se on muotoiltu kuten maatytepat ja muodostuu moreenitiivistysydäimestä, jota peittää siirtymäkerros ja eroosiosuoja ylävirran puolella. Alavirran puolella ovat hienojakoinen suodatin, karkea suodatin ja kivilouhe RIDASin ja GruvRIDASin eroosiosuoja- ja vakausvaatimusten täyttämiseksi. Hieno- ja karkeasuodattimien kaltevuus on 1:2,5 korkeuteen +163,2 m saakka. Korkeudesta +163,2 m korkeuteen +166,5 kaltevuus on 1:2.

Mahdollisen haitallisen suotoveden välttämiseksi pato suunnitellaan tehtäväksi kahdella normaalipoikkileikkauksella, 1A ja 1B. Katso kuva 1 ja liite 1.

Normaalipoikkileikkaus 1A

Normaalipoikkileikkaus 1A suunnitellaan sellaiseksi, että siinä on leveä kalteva moreenisydän. Rikastushiekka- aluetta vasten tiivistysydän suojataan siirtymäkerroksella ja eroosiosuojalla. Alavirtaan hienosuodatin liittyy moreeniin, karkeaan suodattimeen ja kivilouhetäyteeseen. Pato sijaitsee pituusmittojen 3/000–4/100 välillä.

Normaalipoikkileikkaus 1B

Normaalipoikkileikkaus 1B on muodostettu kuten normaalipoikkileikkaus 1A lisäämällä tiivistyskermi, joko bentoniitti- ja/tai sementtiseoksesta tai teräspontista. Tiivistyskermin tarkoituksena on katkaista hiekkakerros ja muut läpäisevämmät vettä kuljettavat kerrokset, joita padon alla saattaa mahdollisesti olla. Tiivistyskermi asennetaan tiiviin maakerroksen kautta alempana sijaitsevaan moreeniin. Pato sijaitsee pituusmittojen 0/000–3/000 välillä.

2.3 Rikastushiekka-alueen padon muotoilu

Pato rajaa rikastushiekka-alueen pohjoisessa, lännessä, etelässä ja idässä ja sen pituus on n. 7,700 m. Suunniteltuun patolinjaan suunnitellaan kolme tyyppipoikkileikkausta; 1C, 2 ja 3. Katso kuva 1 ja liite 1.

Tyyppipoikkileikkaus 1C

Etelässä selkeytsaltaan vierellä pato on muotoiltu maatytepadoksi. Tyyppipoikkileikkauksen harjan korkeus tulee olemaan +168,5 ja tyyppipoikkileikkaus koskee pituusmittaa 7/100–0/000. Pato muodostuu leveästä moreenitiivistysydäimestä, jota peittää siirtymäkerros ja eroosiosuoja ylävirran puolella, samoin kuin normaalipoikkileikkauksessa 1B tämä leikkaus toteutetaan tukikermillä. Alavirran puolella ovat hienosuodatin, karkeasuodatin ja kivilouhe RIDASin ja GruvRIDASin eroosiosuoja- ja vakausvaatimusten täyttämiseksi. Tiivistysydäimestä ja liitetyistä suodatinkerroksista alavirtaan kaltevuus on 1:2,5 korkeudelle +163,2 m, mikä vastaa alkuperäisen maanpinnan tasoa. Korkeudesta +163,2 ja ylöspäin sekä hienosuodatin että karkeasuodatin ovat pystysuoria.

Tyyppipoikkileikkaus 2

Tyyppipoikkileikkauksen 2 mukainen padon harja suunnitellaan korkeudelle +166,5 ja vastaa pituusmittaa 0/000–2/200. Pato on muotoiltu kivytepadoksi 2 m paksulla kivilouhekerroksella rikastushiekka- aluetta vasten, 1 m:n paksuisella karkeasuodattimella, 1 m:n paksuisella hienosuodattimella ja kivilouhetäyteellä selkeytsallasta vasten. Hieno- ja karkeasuodattimen kaltevuus on 1:2. Padon poikkileikkaus saadaan aikaan karkea- ja hienosuodattimella eikä siinä ole tiivistysydäntä.

Tyyppipoikkileikkaus 3

Tyyppipoikkileikkaus 3 on rikastushiekka-alueen rajana pohjoisessa, lännessä ja etelässä ja sen pituus on n. 4,900 m. Pato muodostuu kaltevasta moreenisydäimestä, jonka paksuus on 3,5 m. Padon suunnitellaan

olevan 1 m:n nykyisen maanpinnan yläpuolella. Rikastushiekka-aluetta vasten tiivistyssydän suojataan siirtymäkerroksella ja eroosiosuojalla. Alavirtaan hienosuodatin liittyy moreeniin, karkeasuodattimeen ja kivilouhetäytteeseen. Tiivistyssydämen ja alavirran puoleisten suodatinkerrosten kaltevuus on 1:2.5.

2.4 Patoaukon rakenne

Patoaukko sijoitetaan selkeytysaltaan koillisnurkkaan. Patoaukko muotoillaan suorakulmaiseksi betonikanavaksi, jonka pohjan leveys on 5 m ja pohjankaltevuus 3 %, katso liite 1 ja 2. Kun altaan vedenpinta on enimmillään n. +165,5, patoaukon vedensyvyys on enimmillään n. 0,3 m mitoitettulla virtaamalla 7,1 m³/s. Mitoitettava virtaama koostuu kahdesta osasta, osaksi vuotuisesta sademäärästä 100 vuoden ajalta ja osaksi lumivarastosta 20 vuoden toistumisajalta (lumipeitettä vastaava vesimäärä on n. 310 mm). 100 vuoden virtaama on laskettu rikastushiekka-alueen ja selkeytysaltaan tulovirtausalueelle ja se antaa virtaukseksi 4,9 m³/s. Kun otetaan huomioon, että lumivarasto sulaa 10 vuorokaudessa, lisäys on 2,2 m³/s, jolloin mitoitettavaksi virtaukseksi saadaan yhteensä 7,1 m³/s.

Patoaukon vedensyvyydestä on tehty herkkyysoanalyysi virtaamalla, jotka ylittävät vuotuiset sademäärät 100 vuoden ajalta. Enimmäisvirtaamaa 10 m³/s vastaava vedensyvyys on 0,37 m ja enimmäisvirtaamaa 20 m³/s vastaava vedensyvyys on 0,58 m.

Vesi purkautuu kahteen samansuuntaiseen betonikanavaan, joiden leveys on 2,5 m. Nämä kulkevat padon harjan läpi ja laskevat jyrkästi alas patoaukon pohjalaatalle padon alavirranpuoleiselle luiskalle. Padon luiskan juuressa on pienempi allas energian sammuttamiseksi. Jotta suora liittyminen energiaa muuntavalle altaalle ei aiheuttaisi eroosiota, vesivirta tyhjennetään ympäröivään turvemaahan Gabion-pedin välityksellä (kivillä täytetyt verkkokorit).

3.0 SUODATIN

3.1 Tiivistysmateriaali

Tiivistyssydän mitoitetaan niin, että sillä on pienempi johtavuus kuin pohjamaalla (moreeni) ja se muotoillaan myös vuotoja koskevien RIDAS-vaatimusten mukaiseksi. Tiivistyssydän koostuu moreenista, jonka hydraulinen johtavuus k on 3×10^{-7} m/s tai vähemmän. Hienon maa-aineksen (siltin ja saven) osuuden on oltava 15–40 % laskettuna materiaalista, jonka koko on alle 20 mm. 2 mm:n seulasta läpi tulevan materiaalin osuus saa olla korkeintaan 85 %. 20 mm:n seulasta läpi tulevan materiaalin osuuden on oltava vähintään 70 % materiaalista, joka läpäisee 64 mm:n seulan. Lisäksi pätevät RIDASin mukaiset vaatimukset ympäristöön levittämistä ja kivien enimmäiskoosta.

3.2 Suodatinmateriaali, siirtymäkerros, eroosiosuoja ja kivilouhe

Kaikki suodatinmateriaalit soveltuvat viereisten hienompien materiaalien jaotteluun. Tämä siksi, että estetään partikkelin kuljetus ja pienennetään sisäisestä eroosiosta mahdollisesti aiheutuvien vahinkojen riskiä. Suodattimien pitää myös täyttää poistovesivaatimukset sekä raekoon sovittaminen kivien lajittumisen ehkäisemiseksi rakennustoiminnan aikana.

Hienosuodattimen, karkeasuodattimen ja eroosiosuojan raekokojakauma mukautetaan vastaaviin materiaalirajoihin. Raekokojakaumat esitetään jäljempänä. Niin suodatin- ja siirtymäalueiden kuin ylävirtaan suunnitellun eroosiosuojankin kerrospaksuus on 1 m. Lisäksi kaikkien materiaalien on täytettävä RIDASin luvun 7.2 *Tillämpningsanvisningar för Fyllnadsdammar* (Täytepadoille tarkoitetut soveltamisohjeet) mukaiset vaatimukset.

Taulukko 2: Hienosuodattimien, karkeasuodattimien ja eroosiosuojien raekokojakauma

Materiaali	Raekokojakauma mm
Hienosuodatin	0,1 < D ₁₅ < 0,7 0,7 < D ₅₀ < 4,0 5,0 < D ₈₅ < 18
Karkeasuodatin	6,0 < D ₁₅ < 20 10 < D ₅₀ < 15 20 < D ₈₅ < 60
Eroosiosuoja	20 < D ₁₅ < 80 60 < D ₅₀ < 200 200 < D ₈₅ < 600

4.0 VUOTOANALYYSI

Vuotoanalyysi on tehty siitä padon osasta, joka vastaa normaalipoikkileikkauksella 1B ja 1C rakennettavien osien olosuhteita. Pato perustetaan tässä osassa hiekalle, jolla on suuri paksuus, ja toteutetaan tiivistyskermillä. Analyysin tarkoituksena oli arvioida hiekkakerroksen läpi tuleva vuoto ja tutkia tukikermin vaikutusta sen arvioimiseksi, mitkä tiiviysvaatimukset sen täytyy täyttää. Mallinnetut skenaariot olivat seuraavat:

- Vuoto arvioidulla hydraulisella enimmäis- ja vähimmäisjohtavuudella
- Vuoto tukikermin kanssa ja ilman sitä.
- Mahdollisen hiekkalinsejä sisältävän siirtymävyöhykkeen vaikutus alapuoliseen moreeniin.

Tulokset osoittavat, että huolimatta ympäröivän materiaalin hydraulisesta johtavuudesta, tukikermin johtavuus ei saa olla suurempi kuin 1×10^{-7} m/s. Tulokset viittaavat siihen, että on välttämätöntä pidentää kulutusseinää syvemmälle, kun alapuolisessa moreenissa esiintyy hiekkalinssien kerrostumista, mikäli ne ovat pohjavesialueella.

5.0 VAKAUS

Äskettäin on suoritettu yksityiskohtaisia geoteknisiä tutkimuksia. Vakauslaskelmat tehdään näistä tutkimuksista saatujen tietojen pohjalta ja se tarkoittaa mahdollisesti luiskakaltevuuksien pienehköjä tarkistuksia. Padot mitoitetaan taulukon 3 mukaan (RIDAS taulukko 7.2–6).

Taulukko 3: RIDAS taulukko 7.2–6 Katsaus erilaisista kuormitustapauksista ja vaadittavasta turvallisuuskertoimesta (RIDASin mukaan)

Kuormitustapa us	Kuvaus	Turvallisuuskerr oin
1	Valmis patorakenne ennen altaan täyttämistä	1,5
2	Normaalit käyttöolosuhteet muuttumattomalla virtauksella padon kautta	1,5

Kuormitustapa us	Kuvaus	Turvallisuuskerr oin
3	Äärikäyttöolosuhteet ylivuodolla yhdessä mitoitettun virtaaman kanssa	1,3
4	Vedenpinnan nopean aleneman jälkeen	1,3

6.0 INSTRUMENTOINTI

Suunniteltu instrumentointi käsittää vedenpinnan mittaukset alueen eri osista ja padon harjan liikkumismittaukset. Eri mittauskohdat ja vedenpinnan havaintoputket sijoitetaan tasavälein alueelle ja tietyllä tiheydellä niille alueille, joissa on suurin kuormitus. Mittausten intensiteetti ja mittauskohtien kattavuus riippuu instrumentointityypistä. Kaikki mittaukset tehdään RIDASin instrumentointia koskevien vaatimusten mukaan.

6.1 Vedenpinnan mittaus

Vedenpinnan havaintoputket asennetaan leikkaukseen siten, että tiivistyssydämen ja kivilouhetäytteen vedenpintaa voidaan valvoa.

Selkeytysaltaan vedenpinta luetaan kerran kuukaudessa (1 krt/kk).

6.2 Harjan painuma ja sivuliike

Harjan painuma ja sivuliike mitataan betonialustaan kiinnivaletuista navoista, jotka on sijoitettu padonharjan ylävirranpuoleiselle sivulle. Liikemittaus tehdään 1–2 kertaa vuodessa.

6.3 Vuodon mittaaminen

Kun padon luiskasta alavirtaan kertyy vettä, lisääntyneitä vuotoja täytyy valvoa asettamalla vedenpinnan havaintoputkien mittaleikkaukset. Näitä täydennetään mittaamalla lämpötila vedenpinnan havaintoputkista padon jalustasta (dammtä) joukosta tasavälein sijoitettuja leikkauksia, joita on pitkin selkeytysaltaan pengertä. Lämpötila-anturit asennetaan vedenpinnan havaintoputkiin eri korkeuksille, korkeuksien lukumäärän riippuessa penkereen korkeudesta vastaavassa leikkauksessa. Lämpötilamittauksen laitteisto sopeutetaan, kun vedenpinnan havaintoputket on asennettu ja pohjavesipaine stabiloitu altaan patoamisen jälkeen.

Vuoto mitataan RIDASin mukaisesti vaikutusluokkaan 2 lukeutuvasta padosta kuukausittain.

Tukholma 2012-05-16

Tukholma 2012-05-16

Edward Runslätt

Romain Girard
Projektijohtaja

Liite

Liite 1 – Tyyppipoikkileikkaukset 1A, 1B, 1C, 2 ja 3 (5 sivua)
Liite 2 – Ylivuotoaukon rakenne (2 sivua)

Liite 1

Liite 2