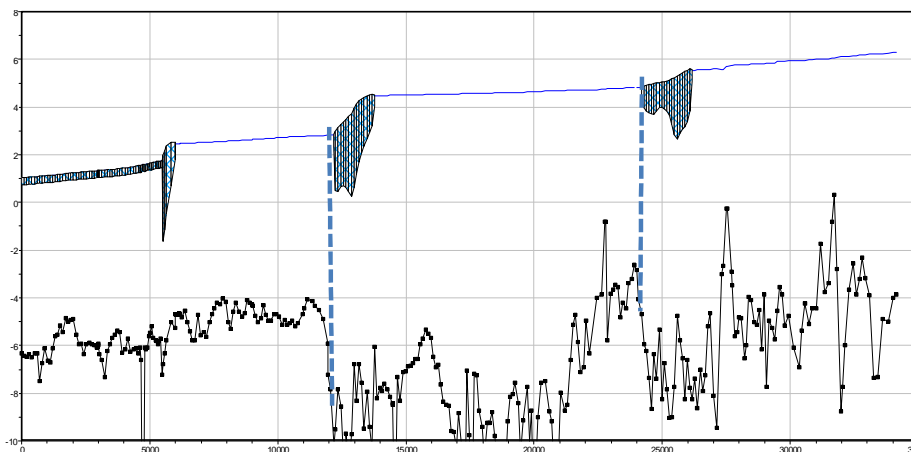




Porin kaupunki



Selvitys jäitä pidättävien rakenteiden vaikutuksista jääpatojen aiheuttamiin vedenkorkeuksiin Kokemäenjoen alaosalla

SYKE/VK/VVA 31.12.2011

Mikko Huokuna

Selvitys jäitä pidättävien rakenteiden vaikutuksista jääpatojen aiheuttamiin vedenkorkeuksiin Kokemäenjoen alaosalla

SYKE/VK/VVA 31.12.2011

Mikko Huokuna

1. Johdanto	3
2. Jäitä pidättävät rakenteet	4
3. Laskelmat jäitä pidättävien rakenteiden vaikutuksista.....	11
3.1 Jäitä pidättävien rakenteiden sijoittaminen Kokemäenjoen alaosalla.....	11
3.2 HEC-RAS -mallin laskentamenetelmät	13
3.3 Laskelmien lähtötiedot	15
3.3.1 Numeerisen mallin rakenne ja poikkileikkausaineisto.....	15
3.3.2 HEC-RAS -mallin avotilan kalibrointi.....	16
3.3.3 Jääpatojen jään määrän määrittäminen	16
3.4 Laskelmien tulokset.....	17
4. Yhteenveto	22
Lähteet:	23

1. Johdanto

Tässä selvityksessä on tarkasteltu miten jäitä pidättävät rakenteet, joista voidaan käyttää myös nimitystä jäänlähdön hallintarakenteet, vaikuttaisivat jääpatoihin ja jääpatojen aiheuttamiin vedenkorkeuksiin Kokemäenjoen alaosalla. Rakenteiden tarkoituksena on jäiden lähtiessä estää jäiden liikkuminen alavirtaan ja siirtää jääpadon muodostumispaikka vahinkoalttiista paikasta sellaiseen paikkaan, jossa jääpadon aiheuttamat vahingot jäävät vähäiseksi. Rakenteen toiminnan kannalta on tärkeää, että mahdollisimman suuri osa virtaamasta voi kulkea padon ohi joko tulva-alueen tai toisen uoman kautta. Kokemäenjoen alaosalla jäitä pidättävät rakenteet on tässä selvityksessä ajateltu sijoitetuksi Ulvilaan ja Nakkilaan Kokemäenjoessa olevien saarien kohdalle. Jääpadon syntyessä osa vedestä voisi tällöin virrata saaren toisella puolella olevaa uomaa pitkin. Muutamia jäänlähdön hallintarakenteita on toteutettu Kanadassa ja Yhdysvalloissa. Rakenteista on kerrottu luvussa 2.

Kokemäenjoen alaosalla jääpadon todennäköisin muodostumispaikka on Kirjurinluodon kärki. Tällä kohdalla joen kaltevuus muuttuu huomattavasti loivemmaksi kuin ylempänä uomassa ja lisäksi pääuoma tekee tällä kohdalla voimakkaan mutkan. Nykyisin jäät voivat kasaantua Kirjurinluodon kärkeen pitkältä matkalta ylävirrasta, kuten tapahtui Tammikuussa 1975. Kirjurinluodon kärjen muodostuvassa jääpadossa olevan jään määrää voitaisiin pienentää jos Ulvilaan ja Nakkilaan olisi sijoitettu jäitä pidättävät rakenteet, jotka estäisivät jäiden liikkumisen ylävirrasta Kirjurinluodon jääpatoon.

Selvityksessä ei ole arvioitu jäitä pidättävien rakenteiden rakentamismahdollisuuksia, rakenteiden yksityiskohtia eikä kustannuksia. Sen sijaan selvityksessä on esitetty laskelmien tulokset siitä, miten rakenteet vaikuttaisivat jääpatojen muodostumiseen ja jääpatojen aiheuttamiin vedenkorkeuksiin Kokemäenjoen alaosalla.

2. Jäitä pidättävät rakenteet

Tässä selvityksessä tarkoitetaan jäitä pidättävillä rakenteilla sellaisia rakenteita joiden avulla voidaan estää jäiden kulkeutuminen alavirtaan jäiden lähdön aikana. Tällaisesta rakenteesta voidaan käyttää myös nimitystä jäänlähdon hallintarakenne. Rakenteen avulla on tarkoitus siirtää jääpato sellaiseen paikkaan, jossa siitä ei synny haittaa ja samalla estää jääpadon syntyminen sellaisessa paikassa, jossa jääpadon aiheuttama tulviminen aiheuttaisi paljon vahinkoja. Selvityksessään "Breakup Ice Control Structures" Andrew M. Tuthill listaa neljä erilaista jäänlähdon hallintarakennetta:

- a) verkot ja jääpuomit
- b) pohjapadot
- c) pohjapadot ja pilarit
- d) pilarit

Jääpuomeja on käytetty yleensä vain jääkannen muodostumisvaiheessa pysäyttämään liikkuva jää. Niitä ei juuri ole käytetty jäänlähdon aikaisten jääpatojen muodostamiseen ja paikallaan pitämiseen. Jäänlähdon aikana voimat ja virtausnopeudet ovat yleensä niin suuria, että jääpuomit eivät toimi kunnolla. Verkkoja on käytetty lähinnä vain hyvin pienissä uomissa ja jään muodostumisvaiheessa.

Suurin osa rakennetuista jäänlähdon hallintarakenteista on ollut pohjapadon ja pilarirakenteen yhdistelmiä. Tällainen rakenne toimii teknisesti hyvin, koska pohjapadon ansiosta virtausnopeus pienenee ja tämä mahdollistaa stabiilin jääpadon syntymisen pilareiden taakse. Ilman pilareita pohjapadosta on hyötyä jäiden paikallaan pitämiseksi yleensä vain jos vedenkorkeutta voidaan säädettävän pohjapadon avulla pitää vakiona virtaamasta riippumatta. Kuvassa 1 on esimerkki pohjapadon ja pilarirakenteen yhdistelmästä, jolla pyritään pitämään jäitä paikallaan. Pohjapadon ja pilarirakenteen yhdistelmä on tehokas keino jäiden paikallaan pitämiseen, mutta rakenteeseen liittyy monia huonoja puolia. Rakenne on kallis rakentaa ja pato voi vaikuttaa haitallisesti esimerkiksi kalojen kulkuun ja luonnolliseen sedimentin kulkeutumiseen.

Pohjapadon ja pilarirakenteen yhdistelmään liittyvien monien haittavaikutusten takia viime aikoina on toteutettu muutamia jäänlähdon hallintarakenteita, jotka perustuvat pelkästään pilareihin. Näissä rakenteissa on tavoitteena mahdollistaa stabiilin jääpadon muodostuminen rakenteesta ylävirtaan niin, että osa vedestä virtaa padon ohi joko tulva-alueen tai toisen uoman kautta. Kuvassa 2 on esimerkki 1988 rakennetusta hallintarakenteesta, joka perustuu pilareihin. Veden vapaata virtausta ei siis ole pilareiden vaikutusta lukuun ottamatta muutettu näissä rakenteissa. Tällainen rakenne voi yksinkertaisimmillaan koostua isoista kivilohkareista, jotka on asetettu sopivaan kohtaan jokea. Tällaisesta yksinkertaisesta rakenteesta on esimerkki kuvissa 3a ja 3b.



Kuva 1. Pohjapadon ja pilareiden avulla toteutettu jäänlähdön hallintarakenne Ste. Anne Riverjoella Quebecissa (Tuthill 2005).



Kuva 2. Pilareiden avulla ilman pohjapatoa toteutettu jäänlähdön hallintarakenne Credit Riverjoella Ontariossa (Tuthill 2005).



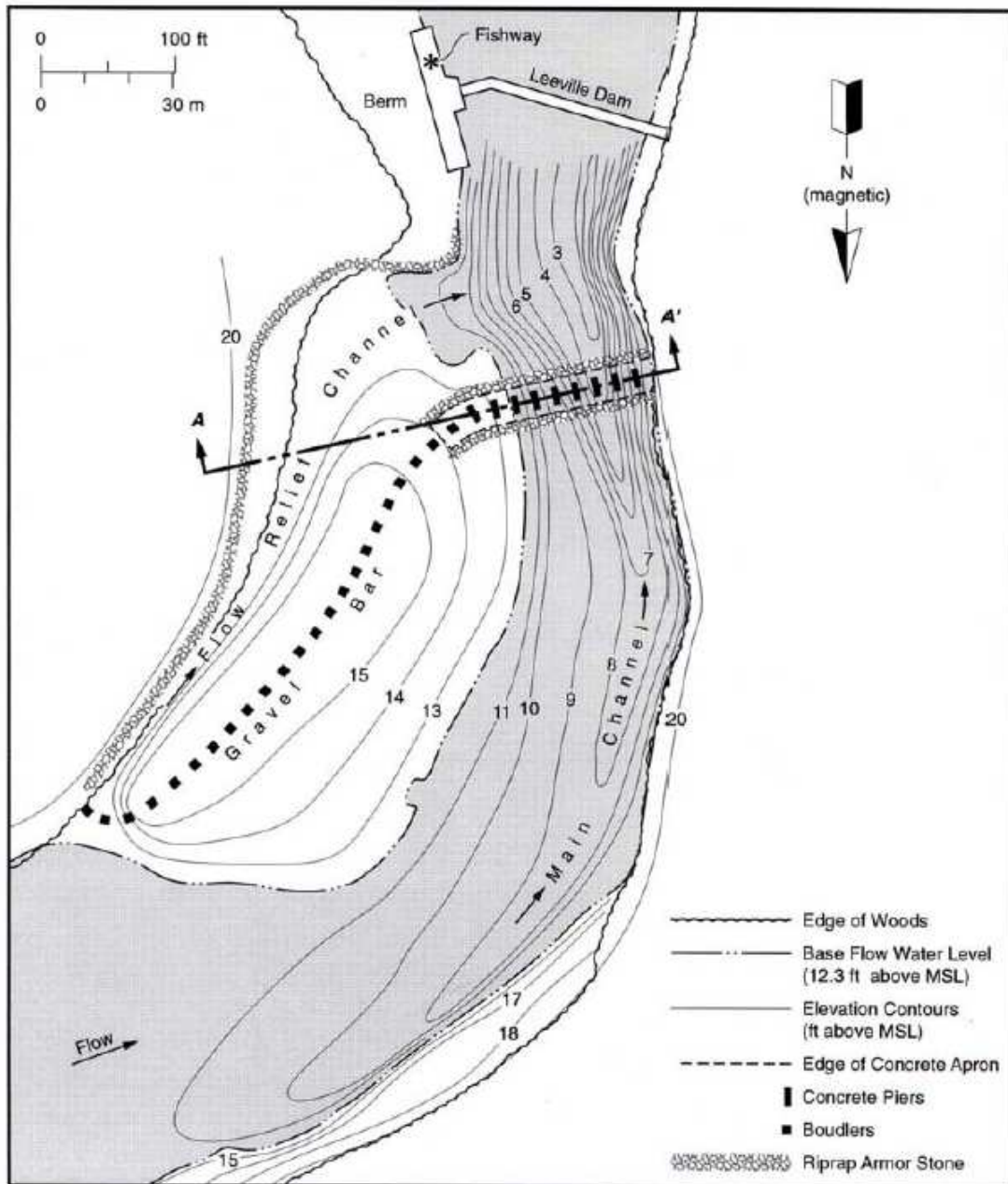
Kuva 3 a. Isoista uomaan asetetuista kivilohkareista muodostuva jäänlähdön hallintarakenne Lamoille River-joessa Vermontissa.

(<http://www.crrel.usace.army.mil/ierd/hardwick/Sloped.html>).



Kuva 3 b. Lamoille River-joen jäänlähdön hallintarakenne kun jääpato on muodostunut sen taakse (Tuthill 2005).

Jäänlähdön hallintarakenteen toimimisen kannalta on tärkeää, että vesi pääsee kiertämään muodostuvan jääpadon ohi. Tämä alentaa jääpadosta aiheutuvia vedenkorkeuksia sekä jääpadosta rakenteeseen aiheutuvia voimia ja jääpato pysyy paremmin paikallaan. Kuvassa 4 on esitetty Salmon River-joessa Connecticutissa olevan jäänlähdön hallintarakenteen sijoittuminen uomaan. Vesi pääsee kiertämään jääpadon ohi vasemmalta samalla kun pilarit pitävät jäät paikallaan.



Kuva 4. Salmon River-joessa Connecticutissa oleva pilarein toteutettu jäänlähdön hallintarakenne. Vesi pääsee kiertämään jääpadon ja rakenteen ohi vasemmalta (Tuthill 2005).

Cazenovia Creekissä, Buffalossa on käytössä jäänlähdon hallintarakenne, joka on tehty sylinterin muotoisista pilareista (kuvat 5, 6 ja 7). Pilareiden halkaisija on noin 1,5 m ja etäisyys toisistaan noin 3,50 m. Uoman leveys on rakenteen kohdalla noin 50 metriä.



Kuva 5. Cazenovia Creekin jäänlähdon hallintarakenteen toimintaperiaate. Pilarit pitävät jääpadon paikallaan samalla kun vesi kiertää tulva-alueen kautta (Tuthil 2005).



Kuva 6. Cazenovia Creekin jäänlähdon hallintarakenne valmiina (lähde: www.dec.ny.gov/docs/water_pdf/fcppjrczcrk.pdf).



Kuva 7. Cazenovia Creekin jäänlähdon hallintarakenteen pilareita ja eroosiosuojausta. (lähde www.dec.ny.gov/docs/water_pdf/fcprrjazcrk.pdf)

Pilareihin perustuvissa kontrollirakenteissa joudutaan tekemään kompromisseja sen suhteen miten lähellä pilarit ovat toisiaan. Rakenteen toiminnan kannalta olisi hyvä jos pilarit ovat lähellä toisiaan. Tällöin jäät pysyvät paremmin rakenteen takana. Lähellä toisiaan olevat pilarit kuitenkin vaikeuttavat vesistön muuta käyttöä ja esimerkiksi veneilyn kannalta pilarit voivat olla jopa turvallisuusriski.

Brian Morse (Morse 2009) on selvittänyt sellaisen jään lähdon hallintarakenteen toimintaa, jossa pilareihin on yhdistetty vahva verkko (kuvat 8 ja 9). Verkko otettaisiin pois keväällä jäiden lähdon jälkeen ja laitettaisiin takaisin ennen jään muodostumista. Tällöin pilareiden välinen välimatka voisi olla suurempi kuin ilman verkkoa toteutetuissa rakenteissa. Verkon poiston ja asennuksen takia rakenteen ylläpitokulut nousisivat kuitenkin huomattavasti verrattuna rakenteeseen, joka on toteutettu ilman verkkoa.



Kuva 8. Kuva pienoismallikokeesta, jossa testattiin pilareista ja verkosta muodostettua jäänlähdön hallintarakennetta (Morse 2006).



Kuva 9. Tietokoneella muodostettu kuva pilareista ja verkosta muodostetusta jäänlähdön hallintarakenteesta (Morse 2006).

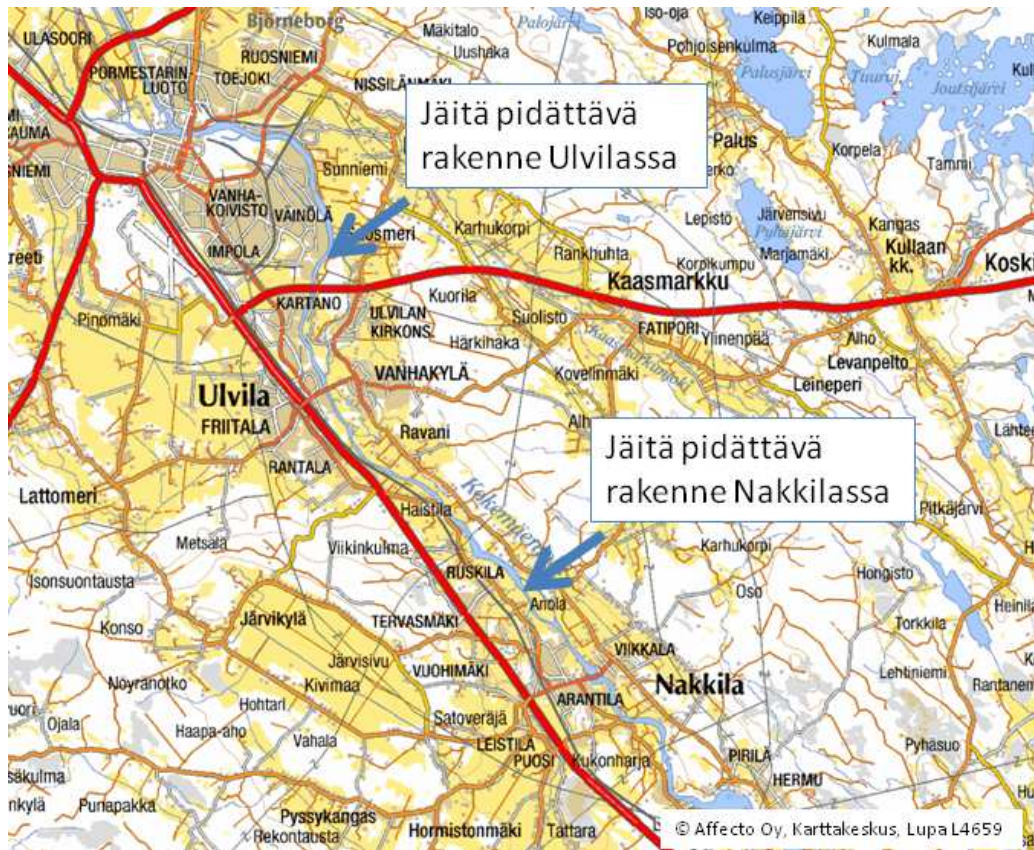
3. Laskelmat jäitä pidättävien rakenteiden vaikutuksista

Tehdyissä laskelmissa on verrattu jääpadoista aiheutuvia vedenkorkeuksia nykytilassa ja tilanteessa, jossa Ulvilan ja Nakkilan jäitä pidättävät rakenteet on ajateltu rakennetuksi. Laskelmat on tehty HEC-RAS -virtausmallilla virtaamille 600 m³/s ja 700 m³/s samoilla menetelmillä, jotka on selostettu aikaisemman työn (Huokuna ja Aaltonen 2009. Selvitys suunnitteluvaihtoehtojen vaikutuksista jää- ja hyhydepatojen aiheuttamiin vedenkorkeuksiin Kokemäenjoen alaosalla. Raportti 31.12.2009. Suomen ympäristökeskus) yhteydessä. Laskentamenetelmästä on kerrottu myös kappaleessa 3.2.

3.1 Jäitä pidättävien rakenteiden sijoittaminen Kokemäenjoen alaosalla

Jäitä pidättävät rakenteet on tässä selvityksessä ajateltu sijoitetuksi Ulvilaan ja Nakkilaan Kokemäenjoessa olevien saarien kohdalle (kuvat 10, 11 ja 12). Ulvilassa jäitä pidättävä rakenne on laskelmissa sijoitettu Kokemäenjoen pääuomaan Kirkkojuovan alapään ja pääuoman yhtymäkohdan yläpuolelle (kuva 11). Ajatuksena on, että jäät kerääntyvät rakenteesta ylävirtaan ja vesi pääsee kiertämään Kirkkojuovan kautta. Toiminnan varmistamiseksi Kirkkojuovan yläpää olisi varustettava rakenteella, joka estää jäiden kulkeutumisen pääuomasta Kirkkojuopaan. Selvityksessä on käytetty Kirkkojuovan nykyisiä poikkileikkauksia. Kirkkojuovassa olevia siltoja ja muita mahdollisesti virtausalaa pienentäviä rakenteita ei selvityksessä ole huomioitu. Kirkkojuovassa virtausnopeudet nousisivat suunnittelutilanteessa huomattavasti nykyisestä (uoman alaosalla virtausnopeus olisi yli 1 m/s) ja rantoja todennäköisesti jouduttaisiin suojaamaan eroosiolta.

Nakkilassa jäitä pidättävä rakenne on laskelmissa sijoitettu Kokemäenjoen pääuomaan Kirkkosaaren alapään kohdalle (kuva 12). Rakenteen on ajateltu toimivan samalla tavalla kuin Ulvilassa ja jääpato muodostuisi rakenteesta ylävirran suuntaan veden päästessä vapaasti virtaamaan Kirkkosaaren itäpuolella olevaa uoma. Myös Nakkilassa sivu-uoman virtausnopeudet nousisivat huomattavasti nykyisestä.



Kuva 10. Laskelmissa käytetyt jäänlähdön hallintarakenteiden sijainnit Kokemäenjoen alaosalla.



Kuva 11. Laskelmissa käytetyn jäänlähdön hallintarakenteen sijainti Ulvilassa.



Kuva 12. Laskelmissa käytetyn jäänlähdön hallintarakenteen sijainti Nakkilassa.

3.2 HEC-RAS -mallin laskentamenetelmät

HEC-RAS on laaja virtausmallituksen ohjelmisto, jota voidaan käyttää monenlaisissa jokivirtauksen laskentaan liittyvissä tehtävissä. Normaalitilanteessa mallin alapuolisena reunaehtona on vedenkorkeus ja yläpuolisena reunaehtona virtaama. Vedenkorkeuksien ratkaisemiseen HEC-RAS käyttää stationäärisen virtaustilan laskennassa ns. energiyhtälöä:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + h_e$$

jossa Y on veden syvyys, Z pohjankorkeus, v virtausnopeus, α epätasaisesta nopeuden jakautumisesta aiheutuva kerroin, g painovoiman kiihtyvyys ja h_e energiahäviö. Energiahäviö on yhdistelmä uoman laajentumisesta ja supistumisesta aiheutuvista paikallishäviöistä ja virtausvastuksesta aiheutuvasta kitkahäviöstä:

$$h_e = LS_f + C \left| \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} \right|$$

C on paikallishäviökerroin (0.0-0.6), L on poikkileikkausten välinen etäisyys ja S_f on poikkileikkausvälin edustava kitkakerroin, jonka laskemiseen HEC-RAS käyttää Manningin kaavaa laskemalla ensin poikkileikkauksen hydraulisen läpäisykyvyn K :

$$K = \frac{1}{n} AR^{2/3}.$$

K kuvaa poikkileikkauksen läpäisykykyä, A virtausalaa, R hydraulista sädettä ja n on Manningin kerroin. Kitkalkaltevuus saadaan virtaaman Q ja läpäisykyvyn avulla laskettua seuraavasti:

$$S_f = \left(\frac{Q}{K}\right)^2$$

Hydraulinen säde määritetään avouomassa kaavalla

$$R = \frac{A}{P}$$

jossa P on poikkileikkauksen märkäpiiri.

Jääpeitteisessä uomassa käytetään virtausalana todellista jääkannen alapuolista virtausalaa ja poikkileikkauksen märkäpiiriin lisätään jääkannen osuus. Lisäksi jääpeitteisessä uomassa käytetään karkeuskertoimena yhdistettyä kerrointa, joka määritetään Belokon-Sabanev kaavalla

$$n_c = \left(\frac{n_b^{3/2} + n_i^{3/2}}{2}\right)^{2/3}$$

Jossa n_c on yhdistetty karkeuskerroin sekä n_b ja n_i ovat uoman ja jääkannen karkeuskertoimet.

Jääpatojen paksuuden laskemiseen HEC-RAS käyttää ns. leveän uoman jääpadon kaavaa:

$$\frac{d(\overline{\sigma_x t_i})}{dx} + \frac{2 \tau_b t_i}{B} = \rho' g S_w t_i + \tau_i$$

Jossa:	$\overline{\sigma_x}$	= joen pituussuuntainen jääpadon normaalijännitys
	t_i	= jääpadon paksuus
	τ_b	= uoman seinämän ja jääpadon välinen leikkausjännitys
	B	= uoman leveys
	ρ'	= jään tiheys
	g	= maan vetovoiman kiihtyvyys
	S_w	= vedenpinnan kaltevuus
	τ_i	= vedestä jääkannen alareunaan aiheutuva leikkausjännitys

Kokemäenjoen alaosan laskelmissa jääpadon karkeuskertoimen (Manning- n) on oletettu olevan $n_i = 0,070$. Samaa karkeuskerrointa on käytetty aikaisemmissa selvityksissä.

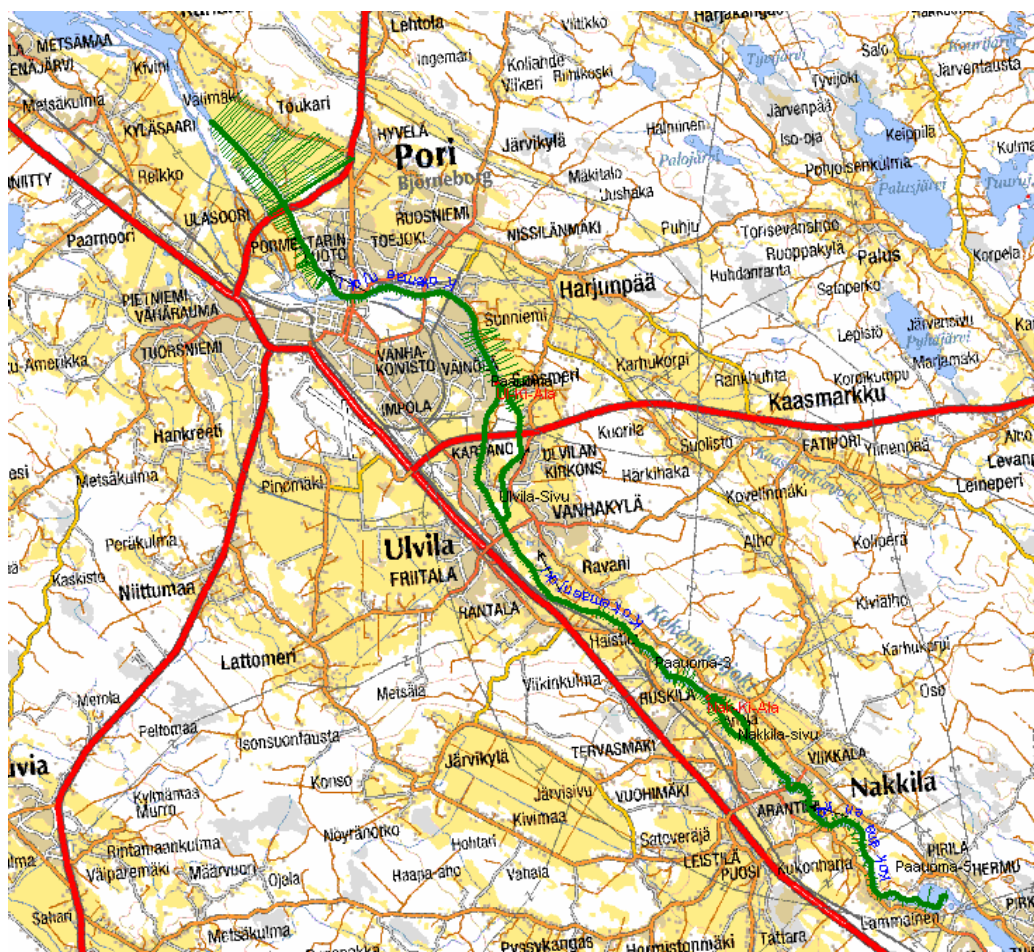
Laskentamenetelmästä on kerrottu tarkemmin lähteessä: HEC-RAS Hydraulic Reference.

3.3 Laskelmien lähtötiedot

3.3.1 Numeerisen mallin rakenne ja poikkileikkausaineisto

Selvitystä varten laadittiin HEC-RAS malli Harjavallan voimalaitoksen ja Luotsinhaarän välille (kuva 13). Luotsinhaarassa malli ulottuu Fäärinjuovan kohdalle asti. Tiimannin ja Harjavallan voimalaitoksen välille poikkileikkaukset saatiin Porin kaupungin toimittamasta luotausaineistosta, jonka Kemijoki Artic Technology OY (KAT) on luodannut 2010. Poikkileikkaukset otettiin luotautiedoista ArcGIS ohjelmalla HEC-GEORAS –laajennusosan avulla. KAT:n luotauksesta aineistosta puuttivat kuitenkin Arantilankosken ja Ruskelankosken alueet. Näillä kohdin on mallissa käytetty vanhoja Harjavallan padon vahingonvaaraselvitystä varten laadittuja poikkileikkauksia. Arantilankosken ja Ruskelankosken poikkileikkauksia pyrittiin tässä yhteydessä myös tarkentamaan ilmakuvatietojen avulla. Tiimannista alavirtaan käytettiin poikkileikkauksia, jotka luodattiin Porin tulvat –hankkeen yhteydessä vuonna 2003.

Poikkileikkauksia mallissa on kaikkiaan 396 kpl, joista 45 on Ulvilan Kirkkojuovassa ja 15 Nakkilan Kirkkosaaren idänpuoleisessa uomassa.



Kuva 13. Selvityksessä käytetyn HEC-RAS mallin rakenne.

3.3.2 HEC-RAS -mallin avotilan kalibrointi

HEC-RAS -virtausmalli on kalibroitu käyttäen vuonna 2000 tehtyjä virtaama- ja vedenkorkeusmittauksia (Rantakokko 2001, Kokemäenjoen alaosan virtausmalli ja Harjavallanvoimalaitoksen lyhytaikaissäännöstelylaskennat, Suomen ympäristökeskus). Kalibroinnissa vedenkorkeuden saatiin vastaamaan havaittuja arvoja noin 10 cm:n tarkkuudella. Uoman karkeuskertoimet vaihtelevat välillä $n = 0,022 - 0,038$. Nämä karkeuskertoimen arvot vastaavat hyvin havaintoja vastaavien uomien karkeuskertoimista.

Kuten kappaleessa 3.3.1 on todettu, poikkileikkaustiedot Arantilankosken ja Ruskelankosken kohdalta olivat puutteelliset ja tämä häiritsi mallin kalibrointia. Mahdollisia jatkoselvityksiä varten olisi myös tältä alueelta välttämätöntä saada tarkasti mitattuja poikkileikkauksia

3.3.3 Jääpatojen jään määrän määrittäminen

Se miten paljon jääpadossa on jäitä vaikuttaa oleellisesti jääpadon aiheuttamiin vedenkorkeuksiin. Selvityksessä jään määrän on ajateltu olevan vastaava kuin aikaisemmissa selvityksissä (Huokuna ja Aaltonen 2009. Selvitys suunnitteluvaihtoehtojen vaikutuksista jää- ja hyydepatojen aiheuttamiin vedenkorkeuksiin Kokemäenjoen alaosalla. Raportti 31.12.2009. Suomen ympäristökeskus) käytetty ns. ”iso jään määrä”. Aikaisemmassa selvityksessä arvioitiin, että Kirjurinluodon kärkeen muodostuvassa jääpadossa voisi jään määrä olla noin 400 000 - 500 000 m³. Tähän määrään päästään kun uoman pituus, josta jäitä kerääntyy, on 28 km, jääkannen paksuus 30 cm ja uoman keskimääräinen leveys 100 m. Lisäksi hävikin voi olettaa olevan noin 50 % (jäiden ajautuminen rannoille ja sulaminen).

Nykytilanteen laskelmassa Kirjurinluodon kärkeen muodostuvan jääpadon jään määräksi on oletettu 450 000 m³. Suunnittelutilanteessa, jossa jäitä pidättävät rakenteet on ajateltu rakennetuiksi, Harjavallan alapuolisen Kokemäenjoen uoman jään määrä jakaantuu kolmen jääpadon kesken. Koska jäiden kulkema matka on lyhyempi, hävikin voi olettaa olevan pienempi ja jään kokonaismäärä jääpadoissa on jonkin verran suurempi kuin jos jääpato muodostuisi ainoastaan Kirjurinluodon kärkeen. Suunnittelutilanteessa jääpatoihin kerääntyvän jään määrä on laskettu sen perusteella, miten pitkältä matkalta jäitä voi kerääntyä kuhunkin jääpatoon. Näillä perusteilla suunnittelutilanteessa Kirjurinluodon kärkeen muodostuvan jääpadon jään määrä on noin 140 000 m³, Ulvilan noin 250 000 m³ ja Nakkilan noin 210 000 m³. Kaikkien jääpatojen yhteenlaskettu jään määrä on siis noin 600 000 m³.

3.4 Laskelmien tulokset

Laskelmissa on määritetty jääpatojen aiheuttamat vedenkorkeudet nykytilanteessa ja suunnittelutilanteessa, jossa Ulvilassa ja Nakkilassa on jäitä pidättävät rakenteet. Laskelmat on tehty virtaamille 600 ja 700 m³/s.

Kuvassa 14 on esitetty pituusleikkauksessa laskentojen tulokset virtaamalle 600 m³/s. Kuvassa näkyy jääpadot ja jääpatojen aiheuttamat vedenkorkeudet nykytilanteessa (kuva 14 a) ja tilanteessa, jossa Ulvilassa ja Nakkilassa on jäitä pidättävät rakenteet (kuva 14 b). Rakenteiden vaikutuksesta jäänmäärä Kirjurinluodon kärjen kohdalla olevassa jääpadossa pieneni huomattavasti. Tästä syystä jääpatojen aiheuttamat vedenkorkeudet alenisivat oleellisesti kaupungin keskustan kohdalla jäitä pidättävien rakenteiden vaikutuksesta. Oletetun jäänmäärän mukaisessa tilanteessa ja virtaamalla 600 m³/s vedenkorkeuden aleneminen rakenteiden vaikutuksesta olisi rautatiesillan kohdalla yli 1,3 m.

Koska rakenteiden vaikutuksesta Ulvilaan ja Nakkilaan muodostuisi jääpadot, aiheutuisi tästä vedenkorkeuden nousua rakenteiden yläpuolella. Friitalan sillalla vedenkorkeudet nousisivat jääpatotilanteessa virtaamalla 600 m³/s noin 20 cm ja Arantilankosken alapuolella noin 80 cm.

Kuvassa 15 on esitetty jääpadot ja vedenkorkeudet kun virtaama on 700 m³/s. Jäitä pidättävien rakenteiden vaikutuksesta jääpadosta aiheutuva vedenkorkeus alenee rautatiesillan kohdalla noin 1,4 m. Vastaavasti rakenteiden vaikutuksesta jääpatojen aiheuttama vedenkorkeus nousee Friitalan sillalla noin 30 cm ja Arantilankosken alapuolella lähes metrin.

Taulukoissa 1 ja 2 on esitetty laskentojen mukaiset jääpatojen aiheuttamat vedenkorkeudet Kokemäenjoen alajuoksulla nykytilanteessa ja tilanteessa, jossa Ulvilassa ja Nakkilassa on jäitä pidättävät rakenteet. Taulukossa 1 olevat vedenkorkeuden arvot ovat virtaamalle 600 m³/s ja taulukossa 2 virtaamalle 700 m³/s.

Taulukko 1. Jääpatojen aiheuttamat vedenkorkeudet nykytilassa ja tilanteessa, jossa Ulvilassa ja Nakkilassa on jäitä pidättävät rakenteet. Virtaama on 600 m³/s

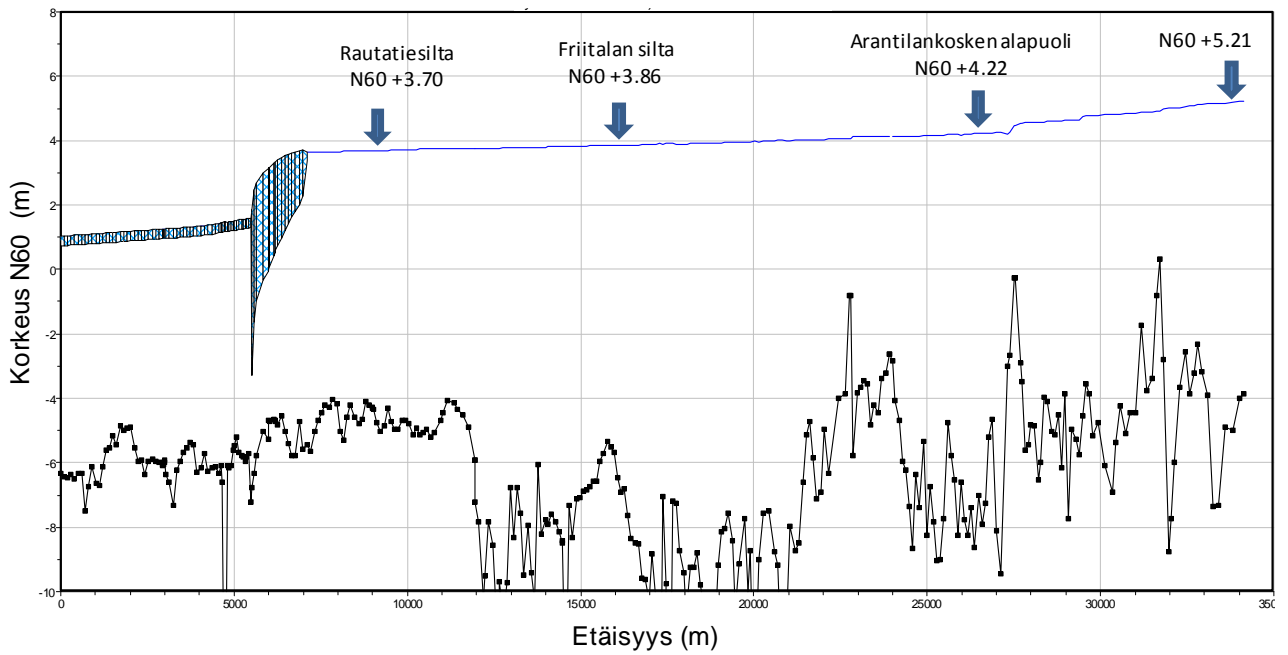
	Jääpadon aiheuttama vedenkorkeus nykytilassa N60	Jääpadon aiheuttama vedenkorkeus kun jäitä pidättävät rakenteet Ulvilassa ja Nakkilassa N60
Rautatiesilta	+ 3,70	+ 2,33
Friitalan silta	+ 3,86	+ 4,04
Arantilankosken alapuoli	+ 4,22	+ 5,03
Harjavallan voimalaitos	+ 5,21	+ 5,71

Taulukko 2. Jääpatojen aiheuttamat vedenkorkeudet nykytilassa ja tilanteessa, jossa Ulvilassa ja Nakkilassa on jäitä pidättävät rakenteet. Virtaama on 700 m³/s

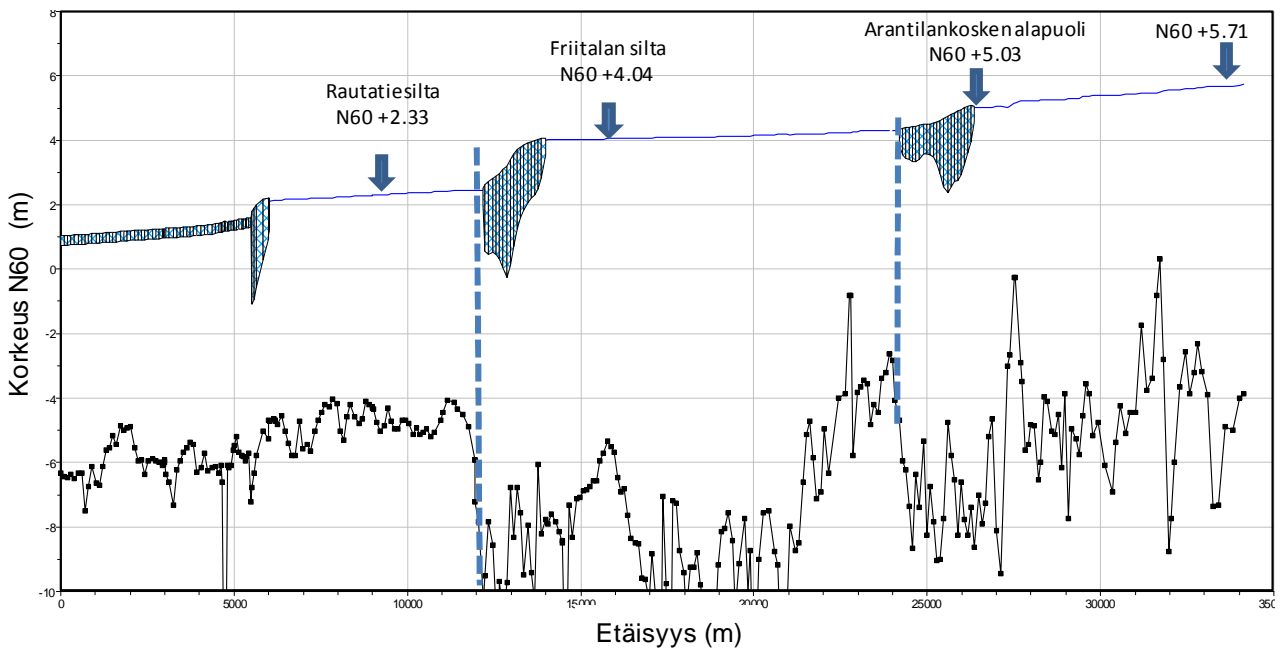
	Jääpadon aiheuttama vedenkorkeus nykytilassa N60	Jääpadon aiheuttama vedenkorkeus kun jäitä pidättävät rakenteet Ulvilassa ja Nakkilassa N60
Rautatiesilta	+ 3,70	+ 2,33
Friitalan silta	+ 3,86	+ 4,04
Arantilankosken alapuoli	+ 4,22	+ 5,03
Harjavallan voimalaitos	+ 5,21	+ 5,71

Kuvassa 16 a on esitetty vertailu jääpatojen aiheuttamasta vedenkorkeuksista virtaamalla 600 m³/s nykytilassa ja tilanteessa, jossa Ulvilassa ja Nakkilassa on jäitä pidättävät rakenteet. Kuvassa 16 b on vastaavat vedenkorkeudet virtaamalla 700 m³/s. Kuvista näkyy miten jääpatojen aiheuttamat vedenkorkeudet alenisivat rakenteiden vaikutuksesta huomattavasti Porin kaupungin kohdalla, nousisivat jonkin verran Ulvilan ja Nakkilan välillä ja nousisivat melko reilusti Nakkilan yläpuolella.

a) Nykytila; virtaama = 600 m³/s; iso jäämäärä

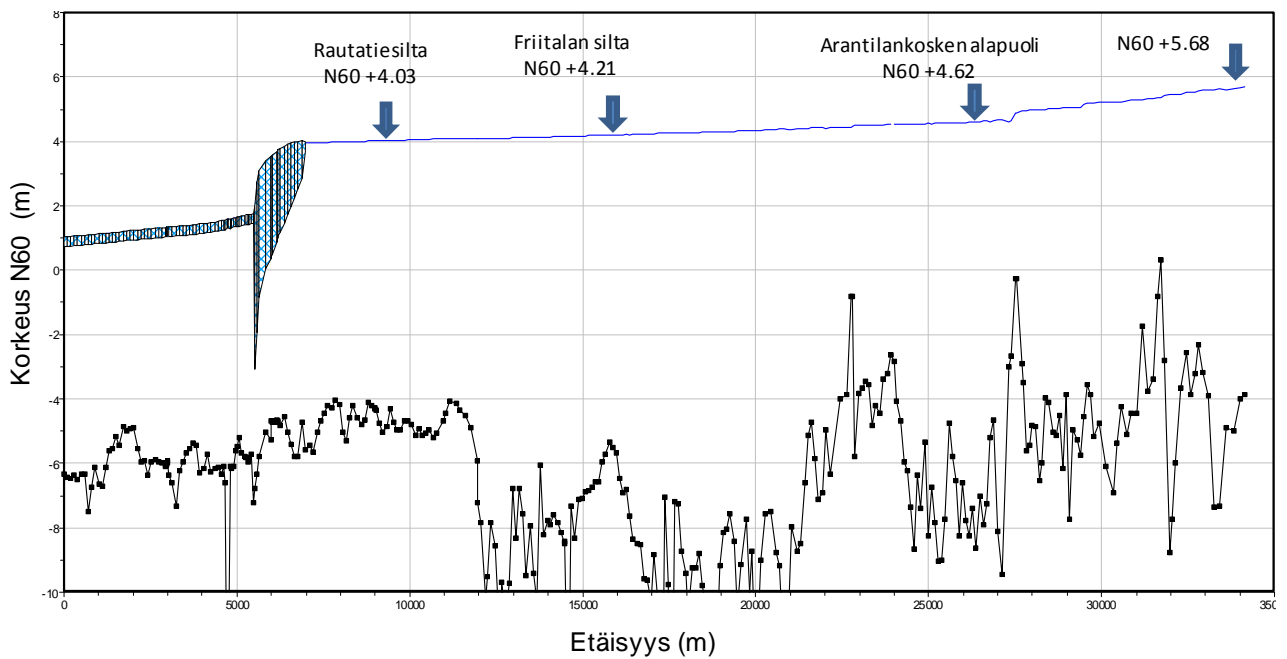


b) Suunnittelutila; jäitä pidättävät rakenteet; virtaama = 600 m³/s; iso jäämäärä

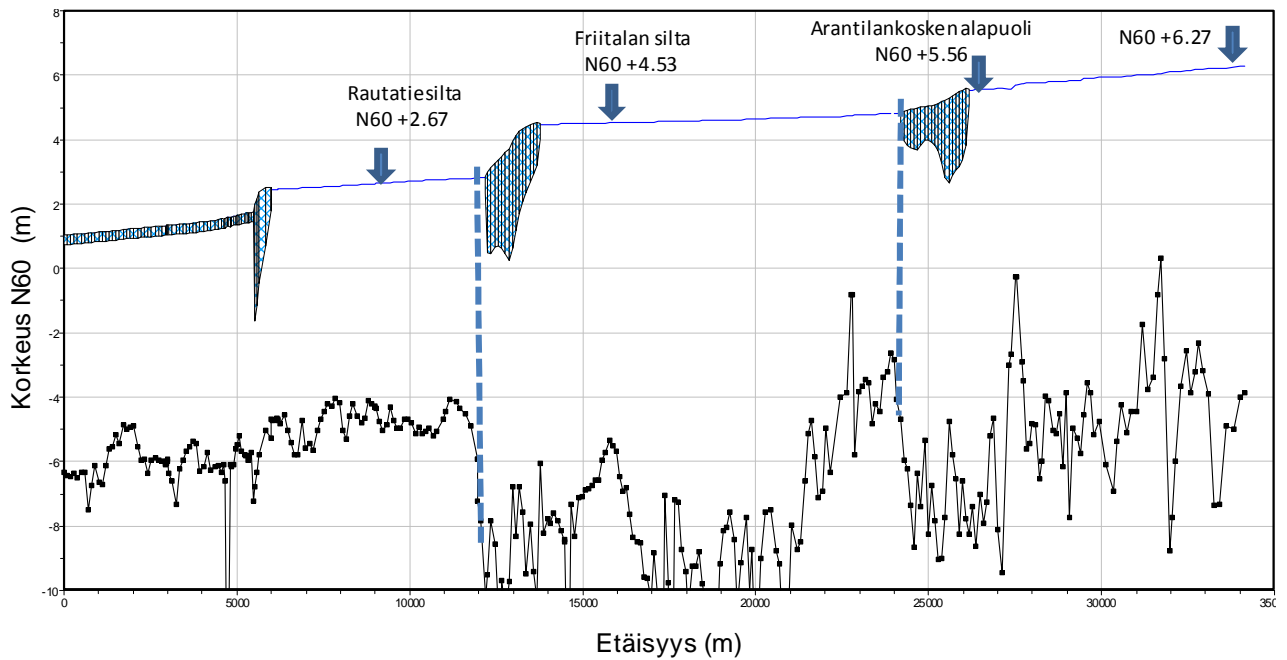


Kuva 14. Jääpadot ja jääpatojen aiheuttamat vedenkorkeudet virtaamalla 600 m³/s Kokemäenjoen alaosalla a) nykytilanteessa ja b) tilanteessa, jossa Ulvilassa ja Nakkilassa on jäitä pidättävät rakenteet.

a) Nykytila; virtaama = 700 m³/s; iso jäämäärä

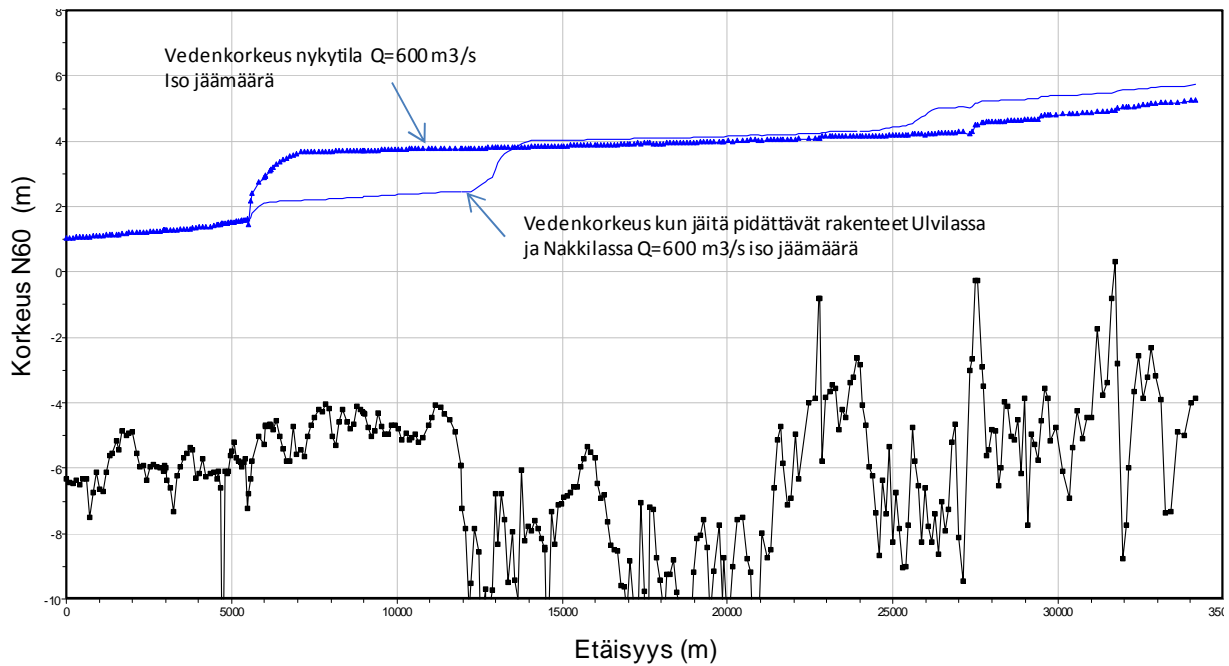


b) Suunnittelutila; jäitä pidättävät rakenteet; virtaama = 700 m³/s; iso jäämäärä

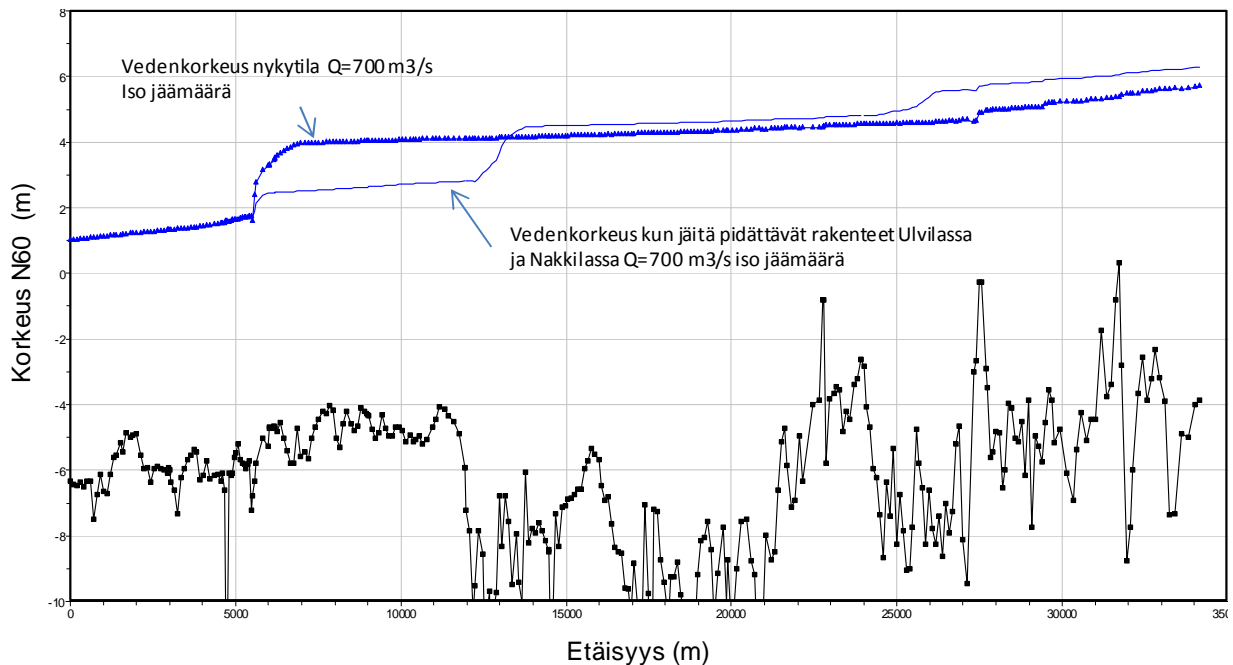


Kuva 15. Jääpadot ja jääpatojen aiheuttamat vedenkorkeudet virtaamalla 700 m³/s Kokemäenjoen alaosalla a) nykytilanteessa ja b) tilanteessa, jossa Ulvilassa ja Nakkilassa on jäitä pidättävät rakenteet.

a) Vedenkorkeuden vertailu nykytila ja suunnittelutila; virtaama = 600 m³/s



b) Vedenkorkeuden vertailu nykytila ja suunnittelutila; virtaama = 700 m³/s



Kuva 16. Vertailu jääpatojen aiheuttamista vedenkorkeuksista Kokemäenjoen alaosalla virtaamilla 600 m³/s (a) ja 700 m³/s (b) nykytilassa ja tilanteessa, jossa Ulvilassa ja Nakkilassa on jäitä pidättävät rakenteet.

4. Yhteenveto

Työssä on HEC-RAS –virtausmallin avulla selvitetty jäitä pidättävien rakenteiden vaikutusta jääpatojen aiheuttamiin vedenkorkeuksiin Kokemäen joen alaosalla. Selvitystä varten laadittiin HEC-RAS malli Harjavallan voimalaitoksen ja Luotsinhaaran välille. Laskelmat on tehty virtaamalla $600 \text{ m}^3/\text{s}$ ja $700 \text{ m}^3/\text{s}$ sekä nykytilanteelle että tilanteelle, jossa jäitä pidättävien rakenteiden on ajateltu sijaitsevan Ulvilassa ja Nakkilassa.

Laskelmien mukaan jääpadon aiheuttamat vedenkorkeudet Porin kaupungin kohdalla alenisivat huomattavasti jäitä pidättävien rakenteiden vaikutuksesta. Vastaavasti jääpatojen aiheuttamat vedenkorkeudet nousisivat Ulvilan ja Nakkilan ylävirran puolella. Laskelmien mukaan Porin kaupungin kohdalla jääpatojen aiheuttamat vedenkorkeudet voisivat alentua jopa 1,4 m. Vastaavasti jäitä pidättävien rakenteiden ylävirranpuolella jääpatojen aiheuttamat vedenkorkeudet kasvaisivat. Ulvilan ja Nakkilan välillä tämä nousu olisi noin 20 cm ja Nakkilan yläpuolella 80 cm – 1 m.

Selvityksessä ei ole arvioitu jäitä pidättävien rakenteiden rakentamismahdollisuuksia. Jäitä pidättävät rakenteet ovat massiivisia ja niiden toteuttaminen on kallista. Rakenteiden lisäksi tarvittaisiin rantojen eroosiosuojauksia rakenteiden aiheuttamien jääpatojen kohdalla ja sivu-uomissa, joissa virtaamat virtausnopeudet kasvaisivat jääpatotilanteessa huomattavasti nykyisistä virtaamista ja virtausnopeuksista.

Lähteet

Tuthill, A.M. 2005. Breakup ice control structures: Performance review. U.S. Army Engineer Research and Development Center, Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Hanover, New Hampshire, ERDC/CRREL Technical Note TN-05-5.

Tuthill, A.M. 2006. Design of Breakup Ice Control Structures. U.S. Army Engineer Research and Development Center, Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Hanover, New Hampshire, ERDC/CRREL TR-06-7.

Brian Morse, Jean Francoeur, Hugues Delcourt, Michel Leclerc, 2006. Ice control structures using piers, booms and nets, Cold Regions Science and Technology, Volume 45, Issue 2, July 2006, Pages 59-75.

Huokuna ja Aaltonen 2009. Selvitys suunnitteluvaihtoehtojen vaikutuksista jää- ja hyhydepatojen aiheuttamiin vedenkorkeuksiin Kokemäenjoen alaosalla. Raportti 31.12.2009. Suomen ympäristökeskus.

Rantakokko 2002. Kokemäenjoen alaosan virtausmalli ja Harjavallanvoimalaitoksen lyhytaikaissäännöstelylaskennat. Raportti 26.3.2002. Suomen ympäristökeskus

CAZENOVIA CREEK ICE CONTROL PROJECT –pdf dokumentti
www.dec.ny.gov/docs/water_pdf/fcprjcazcrk.pdf

HEC-RAS. Reference Manual
<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documents/hydref/>