



LASSE JÄRVENPÄÄ | MIKA SAVOLAINEN (TOIM.)

Silta- ja rumpurakenteiden aukkomitoitus

OPAS 4 | 2016

SILTA- JA RUMPURAKENTEIDEN AUKKOMITOITUS

Etelä-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

Taitto: KEHA-keskus

Kansikuva: Ari Sallmén

Painotalo: Juvenes Print

ISBN 978-952-314-429-3 (painettu)

ISBN 978-952-314-430-9 (PDF)

ISSN-L 2242-2927

ISSN 2242-2927 (painettu)

ISSN 2242-2935 (verkkajulkaisu)

URN:ISBN:978-952-314-430-9

www.doria.fi/ely-keskus

Sisältö

1. Alkusanat	3
2. Yleiset periaatteet	4
3. Oikeudelliset edellytykset.....	5
3.1. Vesiuomat ja luvan tarve.....	5
3.2. Sillat ja rummut ojitus- ja vesistöhankeissa	6
4. Lähtötiedot vesiaukon mitoitukseen	7
4.1. Olemassa oleva taustatieto	7
4.2. Uomageometria ja vedenkorkeudet	7
4.3. Mitoitusvirtaaman toistuvuus.....	8
4.4. Ylivirtaamien määrittäminen.....	9
4.5. Paikalliset rankkasateet ja ylivirtaama	16
4.6. Mitoitusvirtaaman laskentatavan valinta.....	19
5. Silta- ja rumpuaukon mitoitus	20
5.1. Yleiset perusteet	20
5.2. Silta-aukon leveys ja alikulkukorkeus	20
5.3. Rumpurakenteet	21
5.4. Vesiaukon pohjan korkeus	22
5.5. Hyydejää ja jääpadot	24
5.6. Mitoitukseen liittyvät ympäristönäkökohdat	24
5.7. Mitoituspadotus ja mitoitus.....	26
5.8. Uoman mitoitus, virtausnopeus ja supistuma.....	28

6. Mitoitusmenetelmiä	30
6.1. Yleistä.....	30
6.2. Seunan k-menetelmä	31
6.3. Tolkmittin kaavat ja Nissisen ns-menetelmä	34
6.4. Morris & Wiggertin äkillisen muutoksen menetelmä.....	37
6.5. Yksinkertaistettu Bradley'n menetelmä	38
6.6. HEC-RAS virtausmallinnusohjelma	39
6.7. Mitoitusmenetelmien vertailu.....	40
7. Silta- ja rumpumitoituksen sisältömalli.....	42
8. Lähteet.....	44
9. Liitteet.....	45
LIITE 1. Arviointeja suurtulvatyöryhmän raportin (MMM 2003:6) merkityksestä vesiaukon mitoituksessa.	46
LIITE 2. Aukkomitoituksen käsitteistö ja periaatteet (Merenkulkulaitos)...	47
LIITE 3. Kuva: Sillan alikulkukorkeuteen liittyvät käsitteet (Merenkulkulaitos).....	48
LIITE 4. Ojan syvyyden määräytyminen	49
LIITE 5. Esimerkki mitoituksessa käytettävistä laskentamenetelmistä.....	50
LIITE 6. Ympyrämuotoisen rummun pinta-ala korkeuden mukaan pohjasta lukien	52
LIITE 7. 15% -vaakaellipsin muotoisen putken aukon pinta-ala korkeuden mukaan	53
LIITE 8. Ellipsin (soikion) segmentin pinta-alan laskentakaava	54
LIITE 9. Lausuntomalli (ojarumpu, yksityistie)	55
LIITE 10. Lausuntomalli (purosilta, taajama).....	57
LIITE 11. Lausuntomalli (jokisilta, valtatie).....	60

1. Alkusanat

ILMASTOMALLIEN MUKAAN SADEMÄÄRÄT KASVAVAT KAIKKIALLA SUOMESSA. SADELOJEN ENNUSTETAAN ÄÄREVÖITYVÄN ELI YHTÄÄLTÄ ESIINTYY PITKIÄ KUIVIA KAUSIA JA TOISAALTA RANKKASATEET VOIMISTUVAT JA TOISTUVAT NYKYISTÄ USEAMMIN. ETELÄ-SUOMESSA TALVIAIKA LYHENEE JA LUMIPEITE JÄÄ OHUEMMAKSI. VESISATEIDEN OSUUS KOKONAISSADANNASTA KASVAA JA TÄMÄ LISÄÄ TALVIAIKAISIA VALUNTOJA.

Etelä-Suomessa lumipeitteen ohene-
misen vuoksi sulamisvesistä syntyvä
kevätylivirtaama jää nykyistä pienem-
mäksi ja vuotuinen ylivirtaama-ajan-
kohta sattuu useammin muuksi kuin
kevääksi. Pohjois-Suomessa talviai-
kaiset sateet ovat tulevaisuudessa-
kin suurimmaksi osaksi lunta. Vaikka
lumipeiteinen aika lyhenee sielläkin,
sademäärien kasvu saattaa lisätä lu-
mipeitteen vesiarvoja ja kasvattaa
sulamisvesien aiheuttamia kevätylivir-
taamia (RATU, Water Adapt). Tämä
korostaa silta- ja rumpuaukkojen riittä-
vän mitoittamisen tärkeyttä.

Useimmat ELY-keskukset ovat luopu-
neet aukkolausuntojen antamisesta.
Oppaan tarkoituksena on antaa auk-
komitoituksia tekeville henkilöille tietoa
laskentaperusteista ja hyväksi koetuis-
ta toimintatavoista. Oppaan avulla on
mahdollista luoda yhtenäinen käytäntö
silta- ja rumpuaukkojen mitoituksessa.
Samalla sen toivotaan korostavan hy-
vän suunnittelun merkitystä siltojen ja
rumpujen rakentamisessa.

Tämän oppaan pohjana on ollut
siltojen ja rumpujen mitoitusta koske-
va osa vesihallituksen vuoden 1986
julkaisusta ”Maankuivatuksen suun-
nittelu I osa”, joka on korvattu vuon-
na 2015 päivitetyllä julkaisulla ”Maan-
kuivatuksen ja kastelun suunnittelu”.
Opas sisältää tietoa sillan ja rummun
vesiaukon mitoittamisesta. Suositte-
lemalla nykyistä harvemmin esiintyviä
mitoitusvirtaamia pyritään pienentä-
mään riskejä. Ohjeita aukon aiheutta-
man padotuksen määrittämiseksi on
selkeytetty. Oppaassa on kiinnitetty
aiempaa enemmän huomiota myös
aukkorakenteiden haitallisten ympä-

ristövaikutusten ehkäisyyn. Taustalla
on yhteiseurooppalaisen vesipolitiikan
vaatimus vapaasta ja yhtenäisestä uo-
majatkumosta. Sen tila ei voi olla eko-
logisesti hyvä, jos silta- ja rumpuraken-
teet katkaisevat jatkumon.

Suomen ympäristökeskus on jul-
kaissut oppaan alun perin vuonna
2007 nimellä ”Silta- ja rumpulausun-
not – Luonnos oppaaksi”. Julkaisun
tekemiseen on osallistunut asiantun-
tijoita Suomen ympäristökeskuksesta
ja ELY-keskuksista sekä konsulttina
yli-insinööri Raimo K. Nissinen. Perus-
kuivatuksen ja ojitustoimitusten toimin-
tamalliryhmä on päivittänyt opasta ot-
taen huomioon vuonna 2012 voimaan
tulleen vesilainsäädännön uudistuksen
(587/2011) sekä aluehallinnossa ja
ympäristöhallinnossa tapahtuneet ra-
kenteelliset muutokset.

2. Yleiset periaatteet

SILTOJEN JA RUMPUJEN VESIAUKKOJEN MITOITUKSIA VOIVAT TEHDÄ KONSULTIT TAI HENKILÖT, JOILLA ON RIITTÄVÄ KOULUTUS JA JOTKA OVAT PEREHTYNEET VESIAUKKOJEN MITOITUKSIIN JA VEDENVIRTAUSLASKENTAAN. ELINKEINO-, LIIKENNE-, JA YMPÄRISTÖKESKUKSET (ELY -KESKUS) EIVÄT PÄÄSÄÄNTÖISESTI ENÄÄ ANNA SILTA- JA RUMPULAUSUNTOJA.

Vesiaukon mitoituksen pitää sisältää vähintään mitoitustiedot, aukkomitat ja tiedot sillan ja rumpua koskevista rajoituksista. Mitoituksen yhteydessä voidaan antaa suosituksia sillan tai rummun rakenteesta, rakentamisesta ja ympäristöhaittojen ehkäisemisestä. ELY-keskukset varmistavat ojitushankkeiden yhteydessä suunnitelmissa esitettyjen aukkojen mitoituksen riittävyyden. Hakemusmenettelyn mukaisissa hankkeissa hakemuksesta on pyydettyävä lausunto valvontaviran-

omaiselta (VL11:6) ja tässä yhteydessä ELY-keskus tarkistaa luvanvaraisen silta- tai rumpuhankkeen vesiaukon mitoituksen.

Tienpitäjä tai rakennelman omistaja vastaa sillan ja rummun suunnittelusta, rakentamisesta ja kunnossapidosta. Tekemällä vesiaukko riittävän mitoituksen mukaisesti omistaja varmistuu siitä, että sillan tai rummun aukko on olosuhteet ja vesilain säännökset huomioon ottaen asianmukainen.

Asemakaava-alueella sillan ja rummun tekemisessä on otettava huomioon maankäyttö- ja rakennuslain säännökset. Jos asemakaava-alueella sillan tai rummun vaikutus ojan tai puron vedenkorkeuksiin rajoittuu suurimmalta osin muulle kuin maa- ja metsätalousalueelle eikä uoman käyttöön liity vesistön käytön yleisen edun tarpeita, vesiaukkoja koskevat asiat kuuluvat kunnalle (MRL 161a §).

Silta tai rumpu ei saa aiheuttaa tulvanvaaraa yläpuoliselle alueelle eikä olla esteenä yläpuolisen alueen maankuivatukselle. Ne eivät saa supistaa uomaa niin, että padotus aiheuttaa eroosiota uomassa tai tierakenteessa. Silta- ja rumpurakenteiden on oltava toimivia ja turvallisia myös suurten tulvien aikana. Ne eivät saa myöskään estää kalankulkua eivätkä vesiliikennettä tai muuta vesistön käyttöä. Lisäksi on otettava huomioon ympäristönsuojelu, maisema ja toteutuksessa luonnonmukaisen vesirakentamisen periaatteet.

3. Oikeudelliset edellytykset

3.1. Vesiuomat ja luvan tarve

Vesilaissa on säännöksiä, jotka koskevat sillan ja rummun tekemistä vesiuomaan tai vesiuoman yli. Sillan ja rummun rakentamisen oikeudelliset edellytykset riippuvat siitä, tehdäänkö silta tai rumpu vesistössä olevan yleisen kulku- tai valtaväylän yli vai muuhun vesiuomaan. Vesialueen ulkopuolella tien tekemiseen ja tiealueeseen liittyvät oikeudet ja rajoitukset määräytyvät muun lainsäädännön perusteella. Suojelualueet ja -kohteet sekä suoje-luarvot ja niiden merkitys tiehankkeelle kuuluu selvittää jo tielinjausta määrittäessä ja tiesuunnitelmaa laadittaessa. Siltojen ja rumpujen tarvetta ja luvan-tarvetta on tarkasteltava myös silloin, kun tieyhteys sijaitsee maa-alueella, mutta vaikuttaa virtauksiin ja veden- korkeuksiin tulva-alueella.

Vesilain mukaan virtaavan veden vesistöjä ovat joki ja puro (VL1:3). *Joeksi määritellään virtaavan veden vesistö, jonka valuma-alue on vähintään sata neliökilometriä ja puroksi jokea pienempi virtaavan veden vesistö (VL1:3).* Muita vesistöjä ovat järvi, lampi ja muu luonnollinen vesialue. Lisäksi vesistönä pidetään tekojärveä, kanavaa sekä muuta vastaavaa kei-notekoista vesialuetta. Mitä vesilaissa

on säädetty vesistöstä, koskee myös Suomen aluevesiä. Joessa on syvim-mällä kohtaa valtaväylä veden vapaata juoksua, kulkemista, puutavaran uittoa ja kalan kulkua varten (VL1:6). *Valta-väylä on kolmannes keskivedenkorkeuden mukaisesta joen leveydestä. Kun vesistössä säännöllisesti harjoitetaan liikennettä tai uittoa, valtaväylän leveys on kuitenkin vähintään seitsemän metriä.* Valtaväylä on myös vesistössä olevassa salmessa tai kapeikossa, jossa säännöllisesti harjoitetaan liikennettä tai jossa kala yleensä kulkee.

Vesilain 1 luvun 3§:n mukaan vesis-tönä ei pidetä ojaa, noroa tai lähdeettä. Noro on puroa pienempi vesiuoma, jonka valuma-alue on vähemmän kuin kymmenen neliökilometriä ja jossa ei jatkuvasti virtaa vettä eikä kalankulku ole merkittävässä määrin mahdollista.

Sillan rakentamiseen joen sekä järvässä tai meressä olevan yleisen kulku- tai uittoväylän yli tarvitaan aina vesilain mukainen lupa. Joessa yleise-nä kulku- ja uittoväylänä on valtaväylä sekä muualla se vesistön osa, joka on yleisenä kulkuväylänä tai on uittoväyläksi määrätty. Sillan uusimiseen ei kuitenkaan yleensä tarvita uutta lupaa, jos silta tehdään entisiä lupamäärä-yksiä noudattaen (VL1:6, 3:3, 3:2:4). Sitä vastoin sillan uusiminen pääsään-töisesti vaatii luvan, jos sillalla ei ole

ennestään lupaa. Työnaikaisen sillan tekemisen luvanvaraisuuteen sovelle-taan samoja sääddöksiä kuin pysyvän sillan tekemiseen.

Sillan purkamisen luvantarve mää-räytyy vaikutusten perusteella. Pur-kamislupaa edellyttävät vaikutukset kohdistuvat yleensä vedenkorkeuteen tai vedenlaatuun. Vedenkorkeus sillan yläpuolella voi muuttua, jos sillan pe-rustukset tai muut rakenteet ylläpitävät vapaata vedenjuoksua korkeampaa vesipintaa sillan yläpuolella. Veden juoksuun sillalla voi olla vain poikkeus-tapauksessa sellaista vaikutusta, että lupakynnys ylittyy. Vesilain mukaan rakennetta, joka vaikuttaa vedenkor-keuteen tai vedenjuoksuun vesistössä (siis joessa tai purossa), ei saa pois-taa ilman aluehallintoviraston lupaa (VL2:9). Vesilaissa ei eritellä luvan tarpeen osalta, onko kyseessä aiemmin luvan saanut silta vai rakenne, jolla ei ole lupaa. Lupa voidaan myöntää, jos rakennelman poistaminen ei merkittä-västi loukkaa yleistä tai yksityistä etua. Mikäli sillalla on aiemmin myönnetty lupa, on haettava luvan määräämis-tä raukeamaan (VL3:24-25). Vanhoi-la siltarakenteilla saattaa olla myös kulttuurihistoriallista arvoa. Tällöin toi-menpiteistä on pyydettävä museovi-ranomaisen lausunto. Veden laatuun voi kohdistua lupakynnyksen ylittäviä

seurauksia, jos silta sisältää rakenteita, joiden poistaminen aiheuttaa niin merkittävää veden samentumista, että sillalla on vaikutusta esimerkiksi kalastoon tai kalastukseen. Purkamisessa syntyvä purkujäte on käsiteltävä jätelain ja asianomaisen kunnan jätehuoltomääräysten mukaisesti (Jätelaki 8,13 ja 29§).

Jos sillan rakentamiseen tai uusimiseen liittyy työnaikaisia rakenteita, joilla saattaa olla vaikutusta valtavylyään tai yleiseen kulkuväylään, on luvan tarpeesta oltava yhteydessä paikalliseen ELY-keskukseen. Valtavylyän tai yleisen kulkuväylän tilapäiseenkin supistamiseen on vesilain mukaan (VL3:3.1 1 kohta) aina haettava lupa.

Sillan tai rummun tekemiseen puron ylitystä varten ei tarvita lupaa, jos siitä ei aiheudu vesilain 3 luvun 2§:ssä tarkoitettua haitallista muutosta tai seurausta purolle tai sen käytölle. Rummun aiheuttamana haitallisena muutoksena voidaan pitää esimerkiksi kalankulun estymistä purossa. Rummun tai sillan tekemiseen ojan tai muun vastaavan vesiuoman ylitystä varten ei tarvita erityistä lupaa, mutta siitä ei saa aiheutua haittaa yläpuolisen alueen maankuivatukselle eikä uoman kunnossapidolle (VL3:2). Luonnontilaista uomaa (noro), joka ei ole vesistö, ei kuitenkaan saa, muualla kuin Lapin läänissä, muuttaa ilman aluehallintoviraston myöntämää poikkeusta siten, että uoman säilyminen luonnontilaisena vaarantuu (VL2:11).

3.2. Sillat ja rummut ojitus- ja vesistö-hankkeissa

Yleisen tien ja rautatien sekä yksityistien silloista ja rummuista säädetään vesilaissa. Yleisiä teitä ovat valtion ylläpitämät maantiet eli valta-, kanta-, seutu- ja yhdystiet sekä kuntien ylläpitämät tiet ja kadut. Rautatie tai muu kiskorata voi olla valtion, kunnan tai yksityisessä omistuksessa.

Yleisen tien sekä rautatien sillan tai rummun tekemisessä on ojan ja puron osalta otettava huomioon vallitseva kuivatustilanne ja sen mahdollinen parantaminen. Mikäli yläpuolisen alueen kuivatuksen takia ojituksen yhteydessä on tarpeen tehdä uusi silta tai rumpu tai muuttaa olemassa olevaa rakennetta, tämä on tehtävä tienpitäjän tai rautatien omistajan kustannuksella. Yleisen tien pitäjä tai rautatien omistaja ei ole velvollinen sillan tai rummun tekemiseen, jos rakentamiskustannukset nousevat kohtuuttoman suuriksi ojituksen saavutettavaan hyötyyn verrattuna. Hänen on kuitenkin korvattava edunmenetykset, joka aiheutuu tarpeellisenä pidettävän maan kuivattamisen estymisestä (VL5:13). Vesiaukon suuruudesta ja perustamissyvyydestä on mainittu vesitalousasetuksessa ojitusuunnitelmaa koskevissa sisältövaatimuksissa (VA 26§).

Keskivedenkorkeuden alentamista koskevissa hankkeissa voidaan muu-

ta huomattavaa etua saava velvoittaa osallistumaan kustannuksiin hankemuksesta. Vastattavaksi tuleva osuus on oltava kohtuullinen ja enintään saavutettavan edun suuruisen (VL6:7.3). Säännöstelyssä lähinnä vastaava lainkohta on VL7:11.

Yksityisen tien sillan ja rummun muuttaminen tai uusiminen ojitus- ja vesistö-hankkeissa kuuluu aina hankkeen toteuttajalle, jonka on tehtävä silta tai rumpu vähintään entisen veroiseksi (VL5:13). Käytännössä tienpitäjä osallistuu sillan tai rummun materiaalikustannuksiin, koska sillan tai rummun uusimisesta on hyötyä myös rakenteen omistajalle ja kunnossapitokustannukset vähenevät (VL5:29).

Sillan tai rummun kunnossapito kuuluu aina tienpitäjälle (VL5:13).

4. Lähtötiedot vesiaukon mitoitukseen

4.1. Olemassa oleva taustatieto

Käyttökelpoista vanhaa aineistoa löytyy useimmista mitoitettavista kohteista. Taustatietoina vesiaukon mitoituksessa voidaan käyttää viranomaisten aiemmin antamien aukkolausuntojen tietoja. Nämä sisältävät yleensä valuma-alue-, virtaama-, ja vedenkorkeus-tietoja sekä uoman pituuskaltevuus- ja poikkileikkaustiedot. Vastaavia taustatietoja on saatavissa myös vanhoista ojitus- ja vesistöhankeiden asiakirjoista. Aineisto on saatavissa valtion asiakirjahallinnosta vastaavalta viranomaiselta.

Käytettäessä vanhaa aineistoa taustatietona on aina tarkistettava valuma-alueen maankäyttö sekä käytetty mitoitusvirtaama ja sen toistuvuus suhteessa rummun yläpuoliseen maankäyttöön.

Suomen ympäristökeskuksen Avoin tieto -palvelu (www.syke.fi/avointieto) tarjoaa ajantasaista, tietojärjestelmiin tallennettua, kerättyä ja tuotettua tietoa valuma-alueista, hydrologiasta, tulvariskialueista, suojelurajauksista, maankäytöstä ja muista vesiaukon mitoituksessa tarvittavista lähtötiedoista.

Palvelu on suunnattu asiantuntijoille ja on maksuton. Maanmittauslaitoksen avoimesta aineistosta on saatavilla laserkeilausaineistoa, joka on maanpintaa ja maanpinnalla olevia kohteita kuvaava kolmiulotteinen pistemäinen aineisto. Aineistoa voi käyttää mm. maastomallien muodostamiseen ja vesien valuntaa mallintavissa sovelluksissa. Laserkeilausaineiston voi hankkia alueeltaan rajatuissa osissa. Aineisto on saatavissa itsepalveluna Maanmittauslaitoksen latauspalvelusta tai tilaamalla verkkosivujen kautta.

4.2. Uomageometria ja vedenkorkeudet

Vesiaukon mitoittamiseksi tarvitaan silta- tai rumpupaikalta ja sen läheisyydestä uoman poikkileikkaustietoja. Uomasta pitäisi olla käytettävissä vähintään neljä edustavaa poikkileikkausta, joista kaksi on mitattu ylävirran ja yksi alavirran puolelta ja yksi silta- tai rumpupaikalta. Poikkileikkausten sopiva mittausväli on yleensä 50 m. Salmien (myös leveitten jokien) siltojen osalta riittää yleensä poikkileikkaus siltapaikan kohdalta. Vesistösiltojen

Vesiaukon mitoituksessa käytetyt lyhenteet:

Vedenkorkeus:

NW=alivedenkorkeus

MW=keskivedenkorkeus

MHW=keskiylivesi, tietyn ajanjakson eri vuosien suurimpien vedenkorkeuksien keskiarvo

HW=yllivedenkorkeus

Virtaama (yleensä käytetty yksikkö= m^3/s):

NQ=alivirtaama

MQ=keskivirtaama

MHQ=keskiylivirtaama, tietyn ajanjakson eri vuosien suurimpien virtaamien keskiarvo

HQ=ylivirtaama

$HQ_{1/t}$ =keskimäärin kerran t vuodessa toistuva ylivirtaama

Valuma (yleensä käytetty yksikkö= l/skm^2):

Nq=alivaluma

Mq=keskivaluma

MHq=keskiylivaluma

Hq=ylivaluma

$Hq_{1/t}$ =keskimäärin kerran t vuodessa toistuva ylivaluma

kohdalta tarvitaan myös tiedot niistä vedenkorkeuksien ääri- ja keskiarvoista (esim. NW, MW, HW), joilla on merkitystä kalankulun ja vesiliikenteen kannalta.

Mitoituslaskenta edellyttää yleensä tietoa uoman vesipinnan pituuskaltevuudesta, jonka mukaan myös mitoituspadotus määräytyy. Kaltevuus voidaan arvioida pituusleikkauksesta, johon mittausaineistosta otetaan riittävän useasta paikasta pohjan syvimmän kohdan, vesipinnan ja uoman reunan korkeudet. Jos vesiaukko mitoitetaan virtausta mallintavilla ohjelmilla, joudutaan tapauskohtaisesti arvioimaan maastomittausten kattavuus edustavien poikkileikkausten saamiseksi.

Jos aukkomitoituksessa käytetään vanhan vesistösuunnitelman tai aikaisemmin annetun aukkolausunnon korkeusjärjestelmää, on aiheellista ilmoittaa sen ja N2000-korkeusjärjestelmän tasoero.

4.3. Mitoitusvirtaaman toistuvuus

Silta-aukon ja rummun vesiaukon mitoitusvirtaamana käytetään ylivirtaamaa (HQ), jonka esiintymistodennäköisyys valitaan yläpuolisen maankäytön ja tulvauhan alaisen kohteen tai tien luokituksen perusteella. Mitä merkittävämpi maankäyttömuoto tai mitä tärkeämpi liikenneyhteys on ja mitä

suuremmat tulvavahingot voisivat olla, sitä harvemmin toistuva ylivirtaama on valittava.

Maankäyttö selviää yleensä maastokartoista. Yksityiskohtaisen tiedon saa yleis-, asema-, yms. kaavoista ja muista maankäyttösuunnitelmista. Parhaan käsityksen saa tutustumalla maastossa silta- tai rumpupaikan ympäristöön.

Maa- ja metsätalousalueilla samoin kuin luonnontilaisilla alueilla vesiaukon mitoitusvirtaamana käytetään keskimäärin kerran 20 vuodessa esiintyvää ylivirtaamaa $HQ_{1/20}$. Tulvauhan alaisissa kohteissa, joissa asuin-, tuotanto- tai muille tärkeille rakennuksille tai rakenteille tulvasta voi aiheutua merkittäviä vahinkoja sekä taajamissa käytetään mitoitusvirtaamaa $HQ_{1/100}$. Kohteissa, joissa tulva voi aiheuttaa suurta vahinkoa tai jotka ovat vaikeasti evakuoitavissa, käytetään mitoitusvirtaamaa $HQ_{1/250}$.

Tietoja tulvavaara-alueista ja tulvariskikohteista niin vesistö- kuin meritulvien osalta on saatavilla ympäristöhallinnon tulvakarttapalvelus-

Taulukko 1. Ylivirtaamien toistuvuuden valinta

Sillan tai rummun ylävirranpuoleinen alue tai tulvauhan alainen kohde	HQ:n toistuvuus
Maa- ja metsätalousalue, luonnonniitty, joutomaa	1/20
Taajama, merkittäviä rakennuksia tai rakenteita	1/100
Rautatie, valta- tai kantatie	1/100 (1/250) ¹⁾
Erityisen tärkeä tai vaikeasti evakuoitava kohde	1/250

¹⁾Jos tienpitäjä tai Liikennevirasto haluaa rakenteelleen suurempaa varmuutta ylivirtaamatilanteissa, valitaan HQ:n toistuvuudeksi 1/250.

ta (www.ymparisto.fi/tulvakartat) sekä tulvariskien hallintasuunnitelmista (www.ymparisto.fi/tulvat). Yleisinä tulvariskien hallinnan tavoitteina kaikilla hallintasuunnitelmien kohteina olevilla vesistö- tai merialueilla ja niiden osilla on tulvariskien vähentäminen, tulvista aiheutuvien vahingollisten seurausten ehkäisy ja lieventäminen sekä tulviin varautumisen edistäminen (tulvariskilaki 620/2010 1 §). Lisäksi vesistötulvien vahinkojen tulisi vesistöalueella jäädä mahdollisimman vähäisiksi (11 §).

Rautateiden sekä valta- ja kantateiden silta-aukot ja rummut mitoitetaan ylivirtaamalla $HQ_{1/100}$ tai $HQ_{1/250}$, jotta suurten tulvien aikana liikenneyhteydet eivät katkea tie- ja ratarakenteiden murtumisten takia. Murtuminen voi olla seurausta vesiaukon padotuksen aiheuttamasta liian suuresta virtausnopeudesta tai tiepenkereen läpi tapahtuvasta virtauksesta. Suositus ylivirtaaman toistuvuuden valinnasta on esitetty taulukossa 1.

4.4. Ylivirtaamien määrittäminen

Ylivirtaama syntyy yleensä lumien sulamisen aikaisesta kevätylivalumasta, mutta vähälumisilla rannikkoalueilla ja pienillä valuma-alueilla sen voivat aiheuttaa kesän tai syksyn rankkasateet. Ylivirtaaman suuruuteen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. lumen maksimivesiarvo, sateen intensiteetti, valuma-alueen pinta-ala, maaston kaltevuus, valuma-alueen muoto, vettä läpäisemättömien alueiden suuruus, valuma-alueen järvisyys, puuston määrä ja purkukohdan korkeus merenpinnasta.

Virtaamatiedot haetaan Avoin tieto -palvelusta (www.syke.fi/avointieto). Jos siltapaikan osoittamasta vesistön kohdasta tai sen välittömästä läheisyydestä ei ole virtaamatietoja, voidaan hyödyntää muiden samankaltaisten vesistöjen virtaamatietoja (vertailuvesistö). Menettely soveltuu hyvin erityisesti pieniin valuma-alueisiin, joiden virtaamatietoja voi hakea Avoin tieto -palvelun tietokannoista. Jos vaadittu la toistuvuudella esiintyvää ylivirtaamaa ei havaintoaineiston vähäisyyden vuoksi voida arvioida, lasketaan keskiylivirtaama (MHQ, havaintojakson eri vuosien suurimpien virtaamien keskiarvo) ja muutetaan se vaadittavan toistuvuuden mukaiseksi taulukossa 2 esitetyillä kertoimilla. Kertoimet on saatu eri tutkimuksia ja tilastoja yleisesti soveltamalla.

Tarkasteltaessa tulvien esiintymistä vuodenaikojen mukaan voidaan todeta, että kesän ylivirtaamat jäävät yleensä 50...80 %:iin kevään ylivirtaamista. Tästä poikkeaman tekevät vähälumiset rannikkoalueet, joissa kesätulvat voivat olla 10...30% kevättulvia suuremmat. Myös syys- ja talvitulvat voivat olla kevättulvia suurempia mm. vähäisen haihdunnan ja ilmastomuutoksen seurauksena lisääntyvän sadannan takia.

Pienillä valuma-alueilla järvisyyden vaikutusta ylivalumaan voidaan arvioida siten, että 3 %:n järvisyys pienentää ylivalumaa 10 %, 10 %:n järvisyys 50 % ja 20 %:n järvisyys 75 %. Alle 1 %:n järvisyydellä ei ole käytännön merkitystä ylivirtaamia määritettäessä.

Havaittujen virtaamatietojen lisäksi mitoitusvirtaaman määrittämisessä voidaan käyttää apuna valtakunnallisen Vesistömallijärjestelmän laskemia virtaamia. Suomen ympäristökeskuksen Vesistömallijärjestelmä laskee sadanta- ym. lähtötietojen perusteella virtaama-arvot kaikille kolmannen ja-

kovaiheen valuma-alueille ja paikoin tätä pienemmillekin alueille. Vesistömallijärjestelmän tietoja voi tiedustella Suomen ympäristökeskukselta.

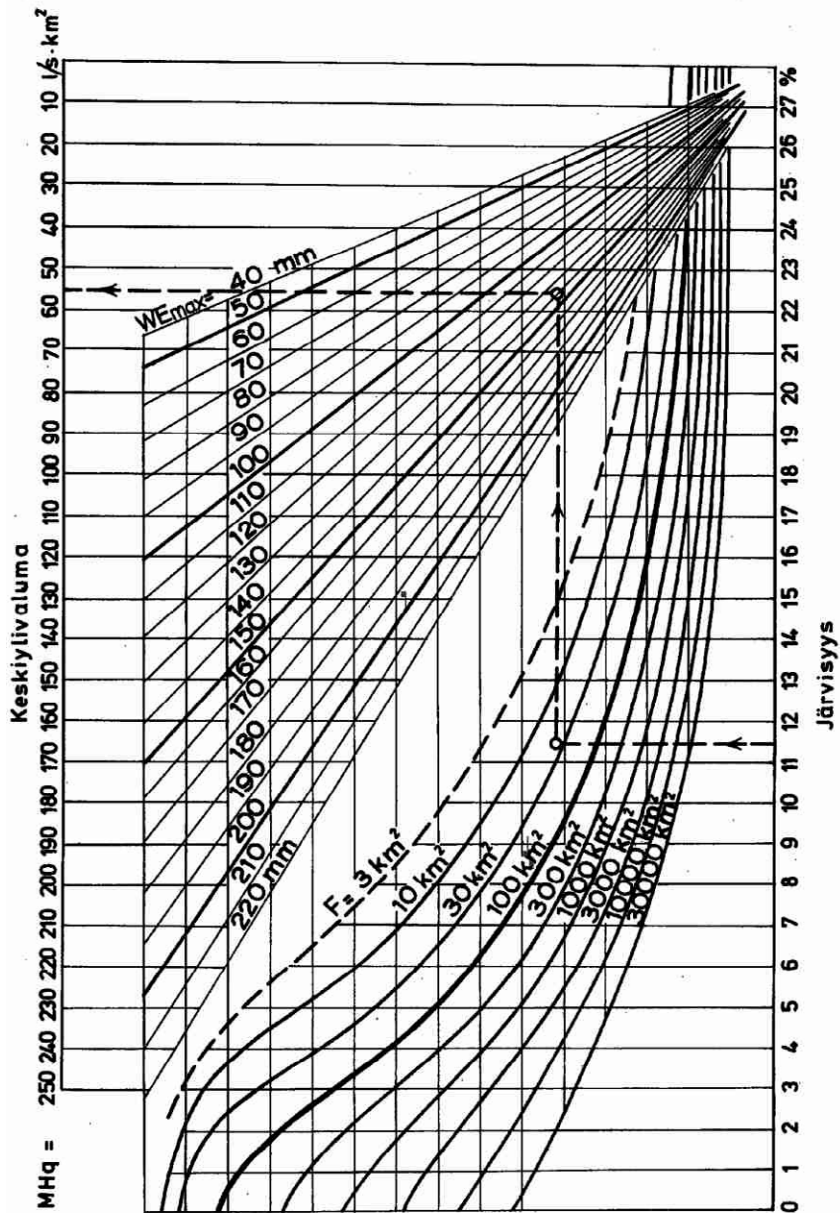
Ilmastomuutoksen seurauksena ylivirtaamien ja virtaamahavainnoista sekä mallinnetuista virtaamista laskehtujen mitoitusvirtaamien on arvioitu kasvavan ajan myötä. Tarkkaa arviota sadanta- ja valuntamääristä seuraavan 100 vuoden jaksolta on mahdotonta antaa, mutta ilmastomuutoksen vaikutukset mitoituksessa käytettäviin sadanta- ja valuntamääriin on otettava huomioon erityisesti niissä tapauksissa, joissa rakenteen rikkoutumisesta tai sen aiheuttamasta tulvimisesta aiheutuvat vahingot ovat merkittäviä. Nykyisin riittävänä likiarvona mitoitusta varten on pidetty 20 % lisäystä tämän hetken arviointuihin maksimisadantoihin ja –valuntoihin. Tätä 20 %:n lisäystä voidaan käyttää suurimmassa osassa tapauksissa, mutta vahinkoriskin kasvaessa lisäyksen suuruus on tarpeen selvittää erikseen. Nykyinen käytäntö perustuu

Taulukko 2. Eri toistumisaikoja vastaavat ylivalumat järvetömillä ja järvellisillä valuma-alueilla. Järvisyyden ollessa 0...10 % väliarvot interpoloidaan.

	Järvisyys 0 % (Järvetön)	Järvisyys \geq 10 %
$Hq_{1/20} =$	1,9 x MHq	1,6 x MHq
$Hq_{1/100} =$	2,5 x MHq	2,0 x MHq
$Hq_{1/250} =$	2,9 x MHq	2,3 x MHq

mm. Rankkasateet ja taajamatulvat sekä WaterAdapt -hankkeisiin, joissa on selvitetty ilmastonmuutoksen vaikutuksia rankkasateisiin ja virtaamiin (Rankkasateet ja taajamatulvat, Suomen ympäristö 31/2008 ja Suomen vesivarat ja ilmastonmuutos-vaikutukset ja muutoksiin sopeutuminen, Suomen ympäristö 16/2012). Ajantasaisia ennusteita ilmastonmuutoksesta ja tietoa siihen sopeutumisesta löytyy ilmasto-opas.fi -sivustolta ja ilmastonmuutoksen vaikutuksen huomioon ottamisesta taajamien hulevesien hallinnassa [Hulevesi-oppaasta](#) (Suomen Kuntaliitto, 2012).

Mikäli virtaamahavaintoja tai vertailuvesistöjä ei ole käytettävissä, voidaan ylivaluman määrittelemiseksi käyttää erilaisia nomogrammeja. Nomogrammit ovat käyrästäön muodossa esitetyjä empiirisiä kaavoja. Yleisesti käytetyin lienee **Kaiteran nomogrammi** (kuva 1), jonka mukaan keskiylivaluma (MHq) voidaan määrittää valuma-alueen järvisyyden, valuma-alueen suuruuden ja lumen vesi-arvon keskimääräisen vuosimaksimin perusteella. Lumen vesi-arvon keskimääräinen vuosimaksimi WE_{max} saadaan hydrologisten tilastojen alueellisista arvoista (kuva 2). Alle 120 mm lumen vesi-arvoa ei ole syytä käyttää, koska kesän ylivaluma voi vähälumisella alueella olla 10...30% kevään ylivalumaa suurempi. Keskiylivirtaama (MHQ) on valuma-alueen pinta-alan (F) ja keskiylivaluman (MHq) tulo.



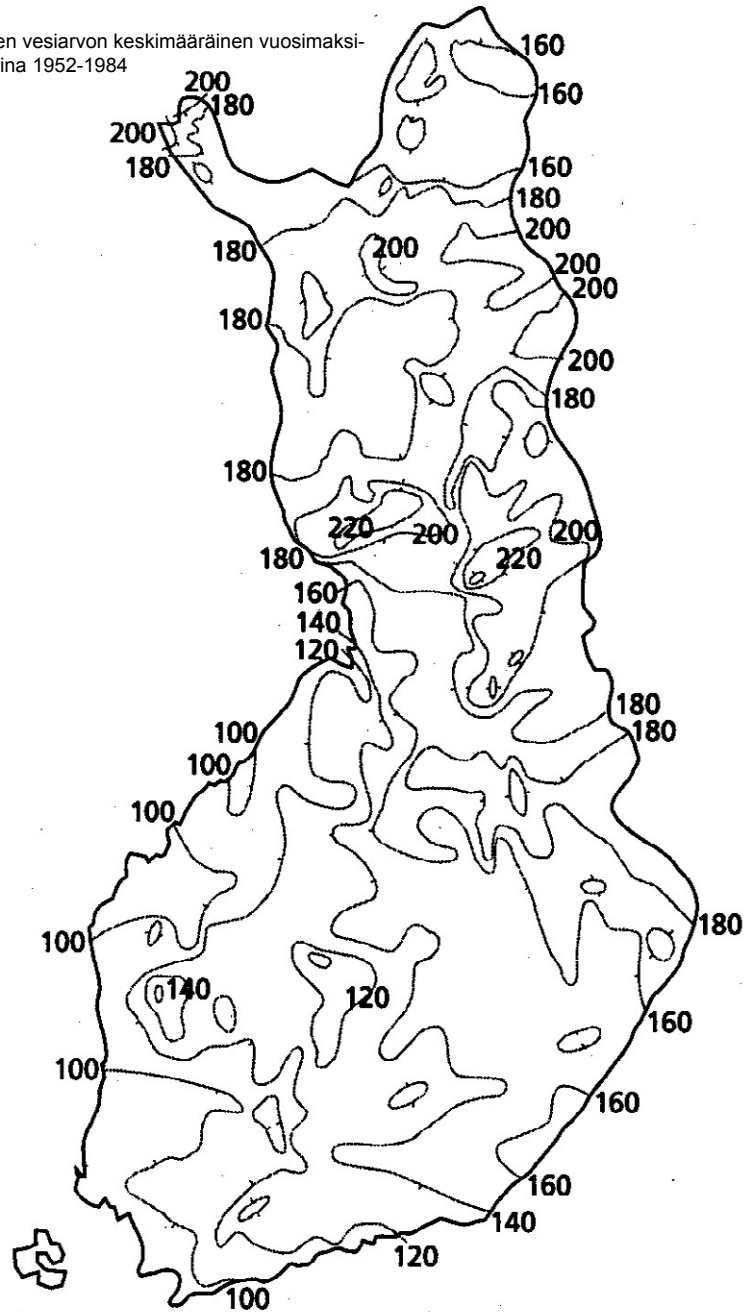
Kuva 1. Kaiteran nomogrammi (1949)

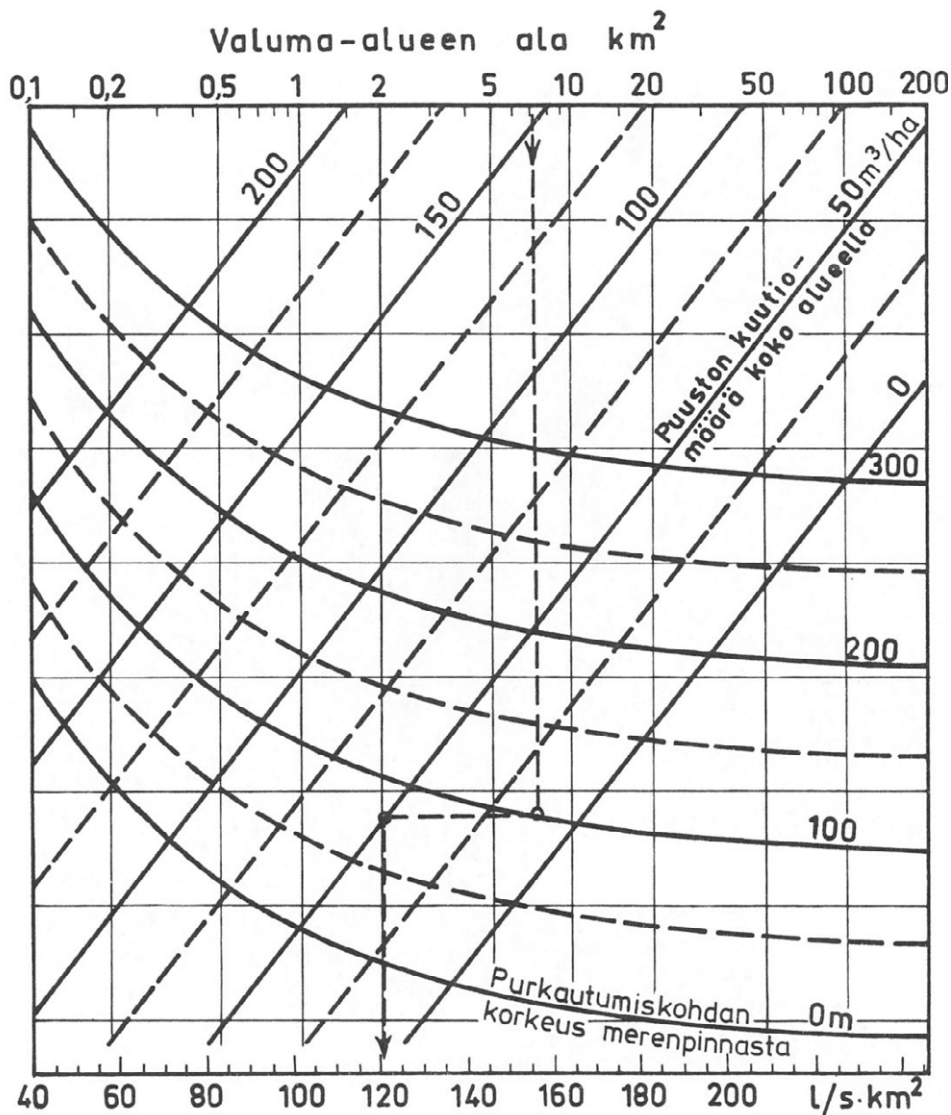
Esimerkki: Valuma-alueen järvisyys on 11,5 %, alu. 25 km² ja lumen vesi-arvon keskimääräinen vuosimaksimi (kuva 18) 140 mm: kevään keskiylivaluma MHq on 55 l/s·km².

Haluttu ylivirtaaman toistuvuus saadaan taulukon 2 kertoimien perusteella.

Kaiteran lisäksi Kuusisto ja Seuna ovat kehittäneet menetelmiä ylivirtaamien määrittelemiseksi. Kuusisto (1985) on laatinut nomogrammin kevään keskiylivaluman määrittämiseksi. Menetelmä perustuu järvisyyteen, lumen keskimääräiseen vuosimaksimiin ja valuma-alueen kokoon. Menetelmä soveltuu yli 30 km²:n valuma-alueille. Seuna (1983) on kehittänyt pienten järveltömien valuma-alueiden (alle 200 km²) ylivalumien arvioimiseksi nomogrammin (kuva 3), joka perustuu valuma-alueen puustoisuuteen ja purkautumiskohdan korkeuteen merenpinnasta.

Kuva 2. Lumen vesiarvon keskimääräinen vuosimaksimi (mm) vuosina 1952-1984





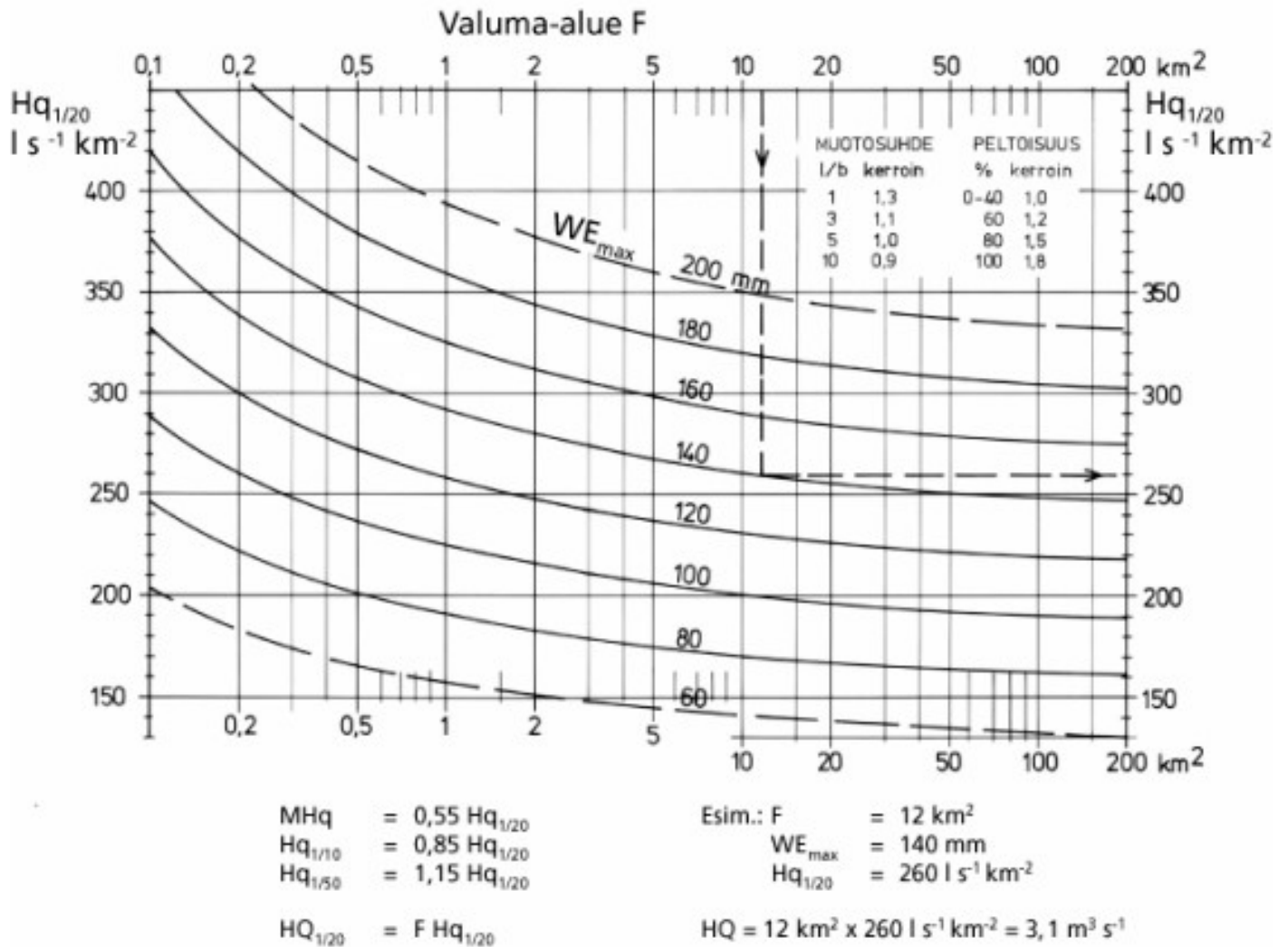
Esimerkki: Valuma-alueen ala on $7,1 \text{ km}^2$, valuma-alueen purkautumiskohdan korkeus merenpinnasta 102 m ja puuston kuutiomäärä koko valuma-alueelle jaettuna $50 \text{ m}^3/\text{ha}$. Kevään keskiylivaluma MHq on $120 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$.

Kuva 3. Kevätkauden keskiylivaluman määrittäminen järvettömillä alueilla (Seuna 1983 a).

Vaihtoehtona Kaiteran ja Seunan nomogrammeille ovat Nissisen nomogrammit (kuvat 4 ja 5). Nissinen on kehittänyt 1980-luvulla Kaiteran nomogrammin perusteella ojien ja purojen valuma-alueita varten nomogrammin (kuva 4), jonka perusteella järvettömän alueen ylivaluma $Hq_{1/20}$ voidaan määrittää. Kuvassa 5 esitettyä Nissisen nomogrammia käyttäen järvisyyden vaikutus voidaan ottaa huomioon järvisyydskertoimella.

Jos järvet sijaitsevat valuma-alueen latvoilla, valuma-alue jaetaan järvelliseen ja järvettömään osaan ylivaluman arvioimiseksi. Käytettäessä kuvien 4 ja 5 nomogrammeja otetaan järven luuessa järven ylivalumaa pienentävä lisävaikutus huomioon kertoimella, joka lasketaan kaavalla $(1 - L_j/100)^2$, jossa L_j on kyseisen järven %-osuus valuma-alueesta.

Valuma-alueen suuruuden lisäksi otetaan ylivalumassa $Hq_{1/20}$ huomioon vaikutukset, jotka johtuvat peltopinta-alan määrästä kokonaispinta-alaan verrattuna ja valuma-alueen muodosta. Määrittämällä pellon ja läpäisemättömän alueen osuus (%) kokonaispinta-alasta sekä valuma-alueen muotosuhde (pituus l /leveys b) saadaan taulukosta 3 näitä vastaavat kertoimet. Näiden tulo on ylivalumakerroin, jolla kerrotaan kuvan 4 nomogrammista saatu $Hq_{1/20}$.



Kuva 4. Järvettömän valuma-alueen ylivalmun $Hq_{1/20}$ nomogrammi (Nissinen 1984, julkaisematon). Lumen maksimiviesiarvon (WE_{max}) alueelliset arvot on esitetty kuvassa 2.

Esimerkki:

Jos $F = 12 \text{ km}^2$, $WE_{max} = 140 \text{ mm}$, peltoisuus = 80% ja muotosuhde = 2,
 ylivalmu $HQ_{1/20} = 1,8 \times 260 = 470 \text{ l/s km}^2$ ja ylivirtaama $HQ_{1/20} = 0,470 \times 12 = 5,6 \text{ m}^3/\text{s}$.

Taulukko 3. Valuma-alueen peltoisuuden ja muotosuhteen vaikutus ylivalumaan.
l=alueen pituus, b=alueen leveys.

Peltoisuus %	Kerroin	Muotosuhde l/b	Kerroin
0...40	1,0	1	1,3
60	1,2	3	1,1
80	1,5	5	1,0
100	1,8	10	0,9

Esimerkki:

Jos valuma-alueen peltoisuus on 80 % ja muotosuhde 2, ylivaluman kerroin on $1,5 \times 1,2 = 1,8$.

Taajama-alueen ylivirtaamia korottava vaikutus on otettava huomioon varsinkin pienillä valuma-alueilla, joissa taajama-alueen osuus on huomattavan suuri. Osa-alueiden ylivalumien eriaikaisuus pienentää jonkin verran vaikutusta. Jos taajaman osuus on vähintään 10 % valuma-alueesta, ylivalumaa suurennetaan seuraavasti:

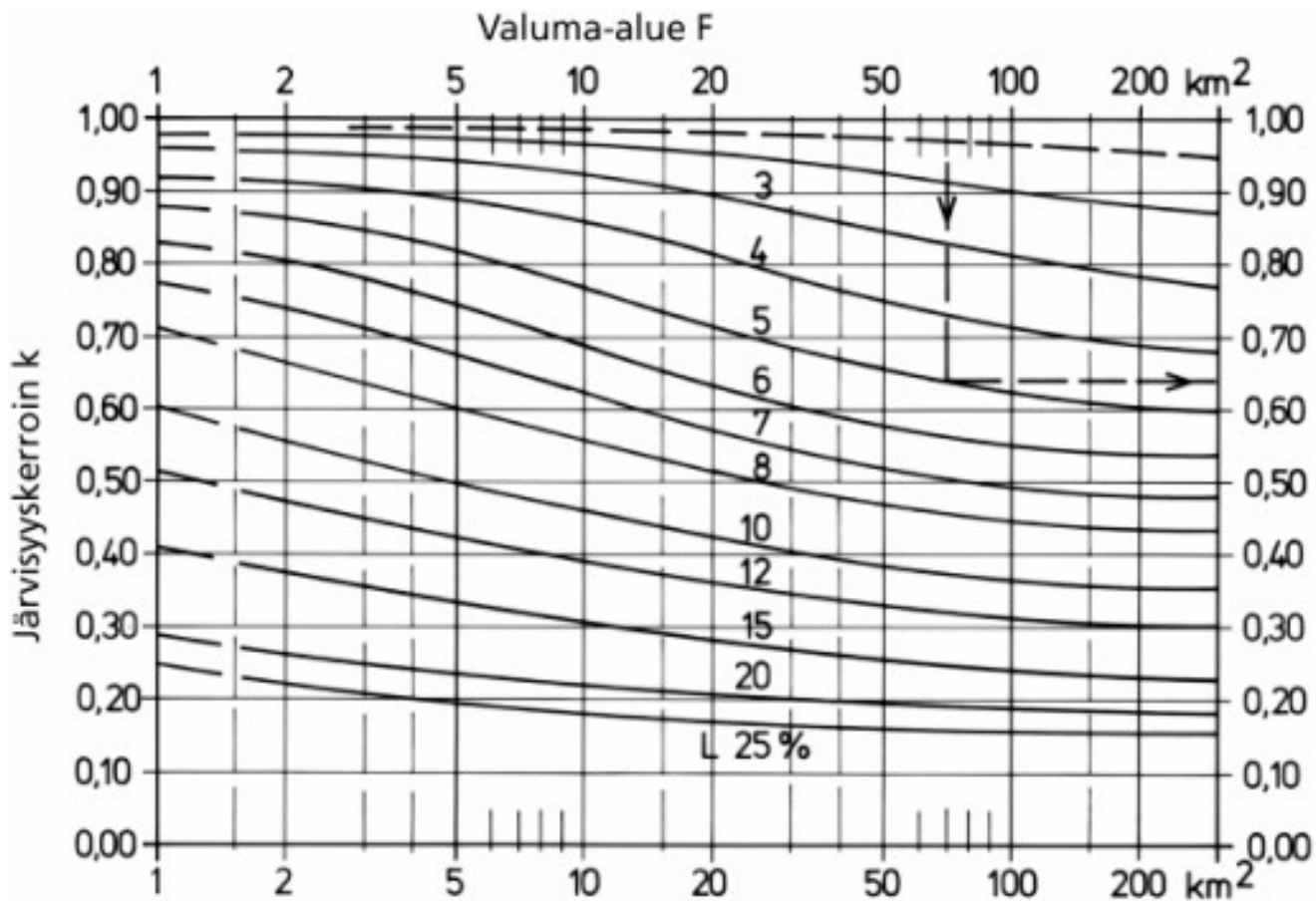
- taajaman ollessa pääosin pientaloaluetta ylivalumaa suurennetaan 10...20 %
- taajaman ollessa pääosin avointa kerrostaloaluetta ylivalumaa suurennetaan 30...40 %.

Nissisen nomogrammit soveltuvat käytettäväksi myös jokien ylivirtaamien määrittelyyn huomioon ottaen ylivaluman ja järvisyyskertoimen vähäinen pieneneminen yli 200 km²:n valuma-alueilla. Suurten valuma-alueiden ylivirtaamat ja niiden toistuvuus voidaan usein kuitenkin selvittää tai tarkistaa käyttäen hyväksi vertailuun sopivan hydrologisen havaintoaseman virtaamatietoja.

Tunturialueiden tulvien osalta on huomattava, että eri suuntiin kaltevasa maastossa lumen eriaikainen sulaminen pienentää kevättulvia, kun taas maaston kaltevuus suurentaa tulvia kesällä ja syksyllä. Vesiaukon mitoituksessa voidaan käyttää nomogrammin

(kuva 4) mukaista (pienentämätöntä) ylivalumaa. Lisäksi on otettava huomioon vesien keskittynyt valumien valuma-alueen muotosuhteen perusteella sekä tarpeen mukaan puuttomien rinteiden vaikutus sitä vastaavalla peltoisuuskertoimella.

Lapissa jyrkkiin rinnepuroihin tehdyissä rummuissa on joskus ollut ongelmia. Vaikka lumipeite on ollut ohut, se on saanut sulaessaan jyrkässä maastossa aikaan virtaaman, joka on ollut perinteisin menetelmin arvioitua ylivirtaamaa suurempi. Suuri virtaama tai suuri virtausnopeus on aiheuttanut rummun alapuolisen uomien syöpyymisen. Tämä on syytä ottaa mitoituksessa huomioon.



L = järvisyys

Esim: F = 70km² L = 5% k = 0,64

Järven luusuassa kerroin = $(1-L_j/100)^2k$

L_j = järven prosenttiosuus valuma-alueesta

Kuva 5. Järvisyyden vaikutus ylivalumaan järvisyysskerroimen avulla (Nissinen 1984, julkaisematon).

4.5. Paikalliset rankkasateet ja ylivirtaama

Hetkellinen rankkasateista johtuva kesäylivaluma voi pienillä (alle 1 km²:n) valuma-alueilla olla 1,5...2 -kertainen kevätylivalumaan verrattuna. Käytetty menetelmä alle 1 km²:n valuma-alueiden ylivirtaaman määrittämiseksi on rationaalinen menetelmä (USGS 2006). Siinä valuma-alueen purkupisteellä esiintyvä ylivirtaama Q voidaan ratkaista kaavalla:

$$Q = CiA$$

Q = ylivirtaama [m³/s]

C = valuma-alueen ominaisuuksista riippuva valuntakerroin

i = sateen intensiteetti [m/s]

A = valuma-alueen pinta-ala [m²]

Valuntakerroin kuvaa pintavalunnaksi päätyvän sateen osuutta. Erilaisille pinnoille määritettyjä kertoimia on esitetty kattavasti taulukossa 5 (täysin läpäisemättömälle pinnalle $C=1,0$). Rationaalinen menetelmä ei ota huomioon maaston kaltevuudesta tai ojien ja painanteiden varastoitumisesta aiheutuvan viipymän vaikutusta. Näiden vaikutus pitäisi osata arvioida valuntakertoimen suuruutta määritettäessä.

Rationaalinen menetelmä rajoittuu taajama-alueilla yleensä 0,8 km² pie-

nemille valuma-alueille. Arvioitaessa harvemmin kuin kerran kymmenessä vuodessa esiintyvää valuntaa suurennetaan valuntakerrointa niin, että 20 vuoden toistuvuudella valuntakertoimeen lisätään 10 %, 50 vuoden 20 % ja 100 vuoden 25 %. (Akan ym. 2003).

Rationaalisen menetelmän oletukset ovat mm. (Butler ym. 2004):

1. sadetapahtuman aikana sateen intensiteetti pysyy vakiona ja kattaa koko valuma-alueen,
2. valuma-alueen läpäisevät ominaisuudet pysyvät samana koko sadetapahtuman ajan ja
3. läpäisevän alueen pinta-ala ei muutu sadetapahtuman aikana.

Menetelmän muita oletuksia ovat mm. (USGS 2006):

1. sateen kesto on vähintään viipymän pituinen,
2. kaavalla saadulla mitoitusvirtaumalla on sama toistuvuus kuin käytetyllä mitoitusateella,
3. valuma-alueen pinta-ala kasvaa säilyttäen muotonsa,
4. viipymä on suhteellisen lyhyt ja riippumaton sateen intensiteetistä,
5. valuntakertoimen arvo ei muutu sateen intensiteetin eikä sadetapahtumaa edeltävien maaperän kosteusolosuhteiden mukaan,

6. valunta tapahtuu pääosin pintavaluntana ja

7. valuma-alueen varastoja (painanteet, altaat, uomat) ei oteta huomioon.

Edellä kuvattujen oletuksien johdosta on syytä muistaa, että valuma-alueen eri osat eivät osallistu ylivirtaaman tuottamiseen ennen kuin niiden viipymäaika on kulunut. Viipymä on aika, joka kuluu, kun (osa)valuma-alueen kauimmaisesta pisteestä tuleva vesi saavuttaa purkupisteen. Täten sateen tulee kestää vähintään yhtä kauan kuin viipymä. Viipymä on siis määritettävä käytettäessä rationaalista menetelmää.

Viipyvän pituus lasketaan esim. kaavoilla, joita Cristina ym. (2003) ovat listanneet:

Nimi	Kaava	joissa
Kinemaattinen aalto	$t_c = \left(\frac{x}{\alpha}\right)^{1/n} q^{(1-n)/n} \frac{1}{60}$	t_c = viipyvä [min] x = valuma-alueen pituus [m] S = valuma-alueen kaltevuus [m/m] $\alpha = S^{1/2}/n$; n on Manning karkeuskerroin [s/m ^{1/3}] n = kinemaattinen vakio arvoltaan 5/3 q = sateen intensiteetti [m/s] L = valuma-alueen pituus jaloissa
Kirpich	$t_c = 0.0078 L^{0.77} S^{-0.385}$	

Mitoitussateen ohjeellinen kestoaika voidaan valita myös valuma-alueen pinta-alan perusteella käyttämällä Liikenneviraston ohjeesta (5/2013) löytyvää taulukkoa 4.

Taulukko 4. Mitoitussateen kestoajan valinta valuma-alueen pinta-alan perusteella.

Valuma-alue F (ha)	Mitoitussateen kestoaika (min)
<2	5
2...5	10
5...20	20
20...100	60

Taulukko 5. Pinnan ja alueen laadun mukaan määritellyjä valuntakertoimia C (RIL 124 1981).

Pinnan laatu	C	Alueen laatu	C
Katto	0,90	Umpinaiset kerrostalokorttelit (kestopäällysteiset pihat)	0,90
Betoni- ja asfalttipinta	0,80	Umpinaiset kerrostalokorttelit (sorapäällysteiset ja istutuksia sisältävät pihat)	0,70
Tiivissaumainen kiveys	0,80	Avoimet kerrostalokorttelit	0,50 ... 0,60
Kallio	0,80	Rivitaloalueet	0,35
Kiveys hiekkasaumoin	0,70	Omakotialueet, pienet tontit	0,25 ... 0,30
Hyväkuntoinen soratie	0,50	Omakotialueet, suuret tontit	0,20 ... 0,25
Kallioinen puuton puistoalue	0,50	Urheilu- ja leikkikentät, ratapiha-alueet ja vastaavat	0,20
Paljas, laakeahko kallio	0,40	Suurehkot puistoalueet	0,05 ... 0,10
Sorakenttä ja -käytävä	0,30		
Puistomainen piha	0,20		
Puisto, jossa on runsaasti kasvillisuutta	0,15		
Kallioinen metsä	0,15		
Niitty, pelto, puutarha	0,10		
Tasainen, tiheäkasvuinen metsä	0,05		

Taulukossa 6 on esitetty ylivirtaamia [m³/s], jotka on laskettu rationaalisen menetelmän avulla erikokoisille valuma-alueille sateen toistuvuuksilla 2...100 vuotta ja sateen kestoilla 10...60 min. Sateen intensiteetit on arvioitu RIL 124 Vesihuolto (1981) luvun 7 kuvista 3 ja 4. Valuntakerroin on 0,1.

Sateen toistumisnomogrammeja on esitetty kattavasti Rankkasateet ja taajamatulvat raportissa (<http://hdl.handle.net/10138/38381>). Rankkasateen aiheuttaman ylivirtaaman laskentaa on esitetty mm. Liikenneviraston ohjeessa.

Taulukko 6. Ylivirtaama laskettuna sadannan ja valuma-alueen suuruuden mukaan valuntakertoimen ollessa 0,1.

Toistuvuus HQ [a]	Sade [min]	Intensiteetti [mm/min]	Valuma-alueen pinta-ala [km ²]										
			0,01	0,04	0,09	0,16	0,25	0,36	0,49	0,64	0,81	1,00	1,30
Huippuvirtaama Q [m³/s]													
2	10	0,63	0,01	0,04	0,09	0,17	0,26	0,38	0,51	0,67	0,85	1,05	1,37
2	15	0,60	0,01	0,04	0,09	0,16	0,25	0,36	0,49	0,64	0,81	1,00	1,30
2	60	0,20	0,00	0,01	0,03	0,05	0,08	0,12	0,16	0,21	0,27	0,33	0,43
3	10	0,80	0,01	0,05	0,12	0,21	0,33	0,48	0,65	0,85	1,08	1,33	1,73
3	15	0,63	0,01	0,04	0,09	0,17	0,26	0,38	0,51	0,67	0,85	1,05	1,37
3	60	0,26	0,00	0,02	0,04	0,07	0,11	0,16	0,21	0,28	0,35	0,43	0,56
5	10	0,97	0,02	0,06	0,15	0,26	0,40	0,58	0,79	1,03	1,31	1,62	2,10
5	15	0,76	0,01	0,05	0,11	0,20	0,32	0,46	0,62	0,81	1,03	1,27	1,65
5	60	0,30	0,01	0,02	0,05	0,08	0,13	0,18	0,25	0,32	0,41	0,50	0,65
10	10	1,13	0,02	0,08	0,17	0,30	0,47	0,68	0,92	1,21	1,53	1,88	2,45
10	15	1,00	0,02	0,07	0,15	0,27	0,42	0,60	0,82	1,07	1,35	1,67	2,17
10	60	0,37	0,01	0,02	0,06	0,10	0,15	0,22	0,30	0,39	0,50	0,62	0,80
20	10	1,33	0,02	0,09	0,20	0,35	0,55	0,80	1,09	1,42	1,80	2,22	2,88
20	15	1,23	0,02	0,08	0,18	0,33	0,51	0,74	1,00	1,31	1,66	2,05	2,67
20	60	0,40	0,01	0,03	0,06	0,11	0,17	0,24	0,33	0,43	0,54	0,67	0,87
100	10	1,76	0,03	0,12	0,26	0,47	0,73	1,06	1,44	1,88	2,38	2,93	3,81
100	15	1,47	0,02	0,10	0,22	0,39	0,61	0,88	1,20	1,57	1,98	2,45	3,19
100	60	0,56	0,01	0,04	0,08	0,15	0,23	0,34	0,46	0,60	0,76	0,93	1,21

4.6. Mitoitusvirtaaman laskentatavan valinta

Aukkomitoitus tulee tarkistaa hetkellisen rankkasateen aiheuttaman ylivirtaamaan varalta, kun kysymyksessä on taajama-alue jossa on tärkeitä rakennuksia tai rakenteita, joille tulvistä voi aiheutua merkittäviä vahinkoja. Tarkistus tehdään käyttäen rationaalis-

ta menetelmää. Menetelmää käytettäessä on huomioitava sen rajoitukset ja oletukset.

Mitoitusvirtaaman laskentatapa määräytyy käytännössä valuma-alueen pinta-alan ja maankäytön mukaan (taulukko 7.). Rajatapauksissa virtaa-

malaskelmat tehdään kummallakin laskentatavalla ja aukkorakenteet mitoitetaan suuremman mitoitusvirtaaman mukaan.

Taulukko 7. Mitoitusvirtaaman laskentatavan valinta valuma-alueen koon perusteella.

Valuma-alueen pinta-ala (km ²)	Mitoitusvirtaaman laskentatapa
<0,1	rankkasade
0,1 ... 1,0	rankkasade tai lumen sulaminen
> 1,0	lumen sulaminen (rakennetuilla alueilla tulee tarkistaa myös rankkasateen mukaan)



5. Silta- ja rumpuaukon mitoitus

5.1. Yleiset perusteet

Vesiauikko ei saa supistaa uoman poikkileikkauksen virtauspinta-alaa niin, että siitä aiheutuu haittaa tai vahinkoa. Yleisimmin vahinkoja aiheutuu tulvimisen tai uoman ja tien syöpymisen seurauksena. Mikäli välittömästi sillan tai rummun yläpuolella sijaitsee tulville alttiita riskikohteita, on mahdollinen tulvariski huomioitava mitoitusperusteissa. Siltojen ja rumpujen aiheuttamina haittoina voidaan pitää myös eliöstön kulun estymistä. Sillan ja rummun vesiauikko on voitava pitää kunnossa.

Jos sillan ja rummun tekemiseen liittyy uoman perkausta, kunnostusta tai uoman siirto, on niiden vaikutus aukkomitoitukseen selvitettävä.

Vesiauikko mitoitetaan määritetyn mitoitusvirtaaman ja uoman mitoituksen tai nykytilan mukaan huomioiden vesistön käyttö ja eläimistön liikkumistarpeet. Vesiauikon mitoitusta ei siis tehdä alapuolisesta vesistöstä mahdollisesti johtuvan suuremman tulvakorkeuden mukaan. Meriveden tai alapuolisen tulvakorkeuden vaikutusalueella vesiauikko voi siten jäädä kokonaan tulvan peittämäksi, ellei alikulkukorkeus tai jääolosuhteet muuta edellytä.

Pengertiehen tai salmeen rakennettavan sillan tai rummun vesiauikkoja ei juurikaan mitoiteta virtaaman ja padotuksen perusteella, vaan niiden mitoitus määräytyy lähinnä vesistön käytön ja vedenvaihtuvuuden perusteella.

Rakenneratkaus riippuu uoman suuruudesta, vesistön käyttömuodosta, virtaaman suuruudesta, perustamisolosuhteista ja ympäristöllisistä seikoista. Rakenteeksi valitaan yleensä silta silloin, kun ylitetään joki tai salmi tai tehdään rakenne jyrkkiin uomiin kuten koskiin. Rumpu tehdään tavallisesti ojaan ja pieneen puroon. Puroon soveltuu kuitenkin silta rumpua paremmin, koska puunrunkojen sekä veden kuljettamien esineiden ja irtoaineisten takia rummun vesiauikko tukkeutuu ja nostaa haitallisesti yläpuolista vedenpintaa siltaa herkemmin.

5.2. Silta-aukon leveys ja alikulkukorkeus

Silta-aukko voi olla yksi- tai moniaukkoinen. Vesiauikko voidaan mitoittaa suorakaiteen muotoisena tai uoman luiskien osittain rajoittamana aukkona. Jos silta tehdään vinosti uoman yli, aukon leveys ilmoitetaan kohtisuoraan uoman (virtauksen) poikki mitattuna leveytenä.

Yleensä silta-aukon vähimmäisleveys on yli 1,5m. Liikenneviraston luokituksen mukaan rumpuja ovat kaikki sellaiset silta- ja rumpurakenteet, joiden vesiauikon leveys on pienempi kuin 2,0 metriä. Vastaavasti vesiaukoltaan vähintään 2,0 metriä olevat silta- ja rumpurakenteet ovat siltoja.

Uoman pohjaan asti ulottuvan suorakaiteen muotoisen aukon sijasta suositeltavampi on aukko, jossa vedenpinnan tason yläpuolella luiskat ovat osittain näkyvissä. Tällöin ainakin matalan veden aikana sillan ali on kulkumahdollisuus luiskia pitkin. Tämä edellyttää, että maatuet ovat riittävän kaukana vesirajasta. Moniaukkoisessa sillassa tukirakenteita ei pitäisi tehdä keskelle uomaa tai valtavyälyä. Siltojen rakentaminen vesistön valtavyälyän yli edellyttää vesilaissa tarkoitettua lupaa.

Jos suunnitteilla oleva silta ylittää kulkuväylän, on Liikennevirastoon otettava yhteys jo suunnittelun alkuvaiheessa. Siltamitoituksissa, jotka annetaan väylän ylittävistä siltasuunnitelmista tai näiden aukkomitoista, käytetään Liikenneviraston (ent. Merenkululaitoksen) nimikkeistöä ja määritelmiä. Merenkululaitoksen julkaisussa Suositukset vesistösiltojen aukkomitoista (2005), kerrotaan, että ”esitetyt ohjeet ja suositukset koskevat kaikkia yleisen väylän ylittäviä siltoja

sekä vesistösiltoja myös muilla purjehdus- ja kulkukelpoisilla vesialueilla, joilla harjoitetaan vesiliikennettä”.

Liitteessä 2 on esitetty aukkomitoituksen käsitteiden ja termien määritelmät sekä liitteessä 3 kuva sillan alikulkukorkeuteen liittyvistä käsitteistä (Merenkululaitos 2005).

Vesistösilloissa on otettava huomioon veneily ja mahdollinen jään liikkuminen. Alikulkukorkeuden olisi oltava vähintään $HW_{1/100} + 0,5$ m. Aukon leveydessä ja korkeudessa on otettava lisäksi huomioon veneilyn tarpeet. Alikulkukorkeuden pitäisi olla vähintään 1,5 m veneilykauden yliveden HW_{nav} aikana ja silta-aukon leveyden vähintään neljä metriä. Isoissa vesistösilloissa on vesiliikenteen tarpeet ja kulkuväylän tarpeellisuus selvitettävä tapauskohtaisesti veneväylän mitoitusohjeiden sekä kulku- ja uittoväylien lupapäätösten perusteella.

5.3. Rumpurakenteet

Rummun poikkileikkaus voi olla pyöreä, ellipsin muotoinen taikka alaosastaan leveämpi matalarakenteinen. Rumpu voidaan tehdä myös kaksoisrumpuna. Yksityisteillä rummun sisähalkaisijan pitäisi olla vähintään 600 mm. Rautateilla ja yleisillä teillä halkaisijan pitäisi olla vähintään 800 mm, paitsi valta- ja kantateilla 1 000 mm. Riittävä rumpukoko helpottaa

rummun kunnossapitoa sekä parantaa vesieläimistön mahdollisuuksia kulkea rakenteen lävitse. Tukkeutumisvaaran vuoksi kaksoisrumpua ei valita, jos mitoitussylivirtaaman toistuvuudeksi on valittu $HQ_{1/250}$.

Rummut perustetaan yleensä uoman kaltevuuteen. Rumpua ei ole suotavaa tehdä 0,5...1,0% kaltevammaksi, ettei virtausnopeus kasvaisi liian suureksi, vaikka uoma olisi sitä jyrkempi.

Vesiaukon mitoituksessa ei rakenteen pituudella ole merkitystä padoituksen suuruuteen, mutta pitkässä rummussa rakenteen virtausvastus voi vaatia suuremman energiakorkeuden ja sen myötä suuremman vedenkorkeuden kuin uomassa on. Jos rumpu on

pidempi kuin $50 \times d$ (m) ja kaltevuus alle 0,1%, rummun toimivuus ja padoitus tarkistetaan myös putkiojamotoituksenä. Tällöin on huomattava, että vapaassa vietossa virtaama putkessa on sama 80%:n täyttöasteella ja täydellä putkella.

Yleensä rumpuna käytetään pyöreää betoni-, muovi- tai teräsputkea aukon koosta ja maaperästä riippuen. Betoni- ja muovirumpujen halkaisija on yleensä alle 2 m, mutta teräsrummun halkaisija voi olla jopa 8 m. Matalarakenteisten rumpujen leveys on enintään 8 m ja vaakaelliptisten 9 m, niiden korkeus/leveysuhteen ollessa noin 0,7. Lisäksi on olemassa pystyelliptisiä rumpuja, joiden korkeus/leveysuhteen ollessa noin 1,1. Matalarakenteista tai ellip-



tistä teräspuutkeä tai samassa tasossa olevia rumpuja käytetään uoman ollessa leveä ja matala tai silloin, kun tiepenger on matala ja maaperä heikosti kantavaa. Kun uoma on kapea ja syvä, virtausteknisesti paras valinta on pyöreä tai pystyelliptinen rumpu.

Valtaojien ohjeelliset rumpukoot on esitetty taulukossa 8 (Maankuivatukseen ja kastelun suunnittelu. 2015).

Ympyrämuotoisten ja 15 %:n vaakaellipsin muotoisten rumpujen mitoituksessa tarvittavat täyttöpinta-alat (pohjasta mitattuna) on esitetty liitteissä 6 ja 7. Ellipsin alan laskentakaava on esitetty liitteessä 8. Matalarakenteisen (samoin kuin vaakaelliptisen) rumpun vesipoikkileikkausala voidaan riittäväällä tarkkuudella laskea leveyden (B) ja vesisyvyyden (Ht) mukaan, kun rumpun upotus on noin 10 % ja vesisyvyys 50...75 % sen korkeudesta, jolloin virtausala on $0,9 \times B \times Ht$.

Taulukko 8. Ohjeelliset rumpukoot valtaojissa

Ylivirtaama HQ, m ³ s ⁻¹	Rumpukoko d (m), kun ojanpohjan kaltevuus I on				
	0,0005	0,0010	0,0020	0,0050	0,0100
0,1	0,6	(0,5)	(0,5)	(0,5)	(0,5)
0,2	0,8	0,6	0,6	0,6	(0,5)
0,3	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6
0,4	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8
0,5	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8
0,6	1,2	1,0	1,0	1,0	0,8
0,8	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0
1,0	1,4	1,2	1,2	1,2	1,0
1,2	1,4	1,4	1,4	1,2	1,2
1,5	1,6	1,6	1,4	1,4	1,2
1,8	1,8	1,8	1,6	1,4	1,4
2,2	2,0	1,8	1,8	1,6	1,6
2,6	(2,2)	2,0	2,0	1,8	1,8
3,0	(2,3)	(2,2)	2,0	1,8	1,8
padotus	2...3 cm	3...4 cm	4...5 cm	6...8 cm	< 10 cm
supistuma (d > 0,8 m)	55...35%	45...25%	40...20%	35...15%	

Aukon virtausalaa on suurennettava 10 %, jos tehdään kaksoisrumpu.

5.4. Vesiaukon pohjan korkeus

Silta-aukon pohjan korkeudella tarkoitetaan vesiaukon pohjan korkeusasemaa. Rumpun pohjan korkeus on ns. vesijuoksun korkeus, jolla tarkoitetaan aukon alareunan korkeutta rumpun ylävirran puoleisessa päässä. Jos silta- tai rumpupaikalla on varauduttava uoman syventämiseen, mitoituksessa on ilmoitettava uoman syventämisen edellyttämä korkeustaso, jonka mukaan sillan tai rumpun perustamissyvyys määräytyy.

Silta perustetaan ja rumpurakenne asennetaan aina uoman pohjan (taausviivan) alapuolelle. Jos uoma ei ole tarpeeksi syvä, sillan ja rumpun perustamisessa on otettava huomioon peruskuivatuksen vaatima kuivavara sekä mahdollinen etäisyys-, painumis- ja liettymisvara maankuivatuksen suunnitteluohjeiden mukaisesti (Liite 4). Salaojitettu pelto edellyttää 1,4 m kuivatussyvyyttä, avo-ojitettu pelto 1,2 m ja metsämaa 0,9 m. Taajamissa ja kaava-alueilla riittää yleensä salaojitetun pellon kuivatussyvyys, koska rakennusten perustamistasossa otetaan vallitseva kuivatustilanne huomioon. Silta tai rumpu ei saa muodostaa pysyvää padotustilannetta, jossa tierakenteet altistuisivat ylä- ja alapuolisten vedenpaineiden korkeuserolle. Pysyvä padotus voi johtaa veden suotautumiseen penkereen läpi ja lopulta aihe-

uttaa rakenteen rikkoutumisen. Liian korkealle asetetut, kynnyksen muodostavat, rummut ovat myös suurin syy vesieläinten kulun estymiselle kapeissa virtavesissä.

Silta- ja rumpuaukon pohjan korkeus määräytyy ojien ja purojen osalta yleensä yläpuolisen alueen kuivatus-tarpeen mukaan ja jokien osalta val-

litsevan uoman syvyyden mukaan. Pohjan korkeutta määritettäessä vesistöloissa joudutaan ottamaan huomioon myös vesistön virkistyskäyttö ja ympäristöarvot (esimerkiksi veneily ja kalankulku).

Sillan ja rummun tekemisessä on varauduttava siihen, että uomaa on tarpeen syventää sillan ja rummun val-

mistuttua. Tämän voi ennakoida vaihtoehdoisesti siten, että

- siltaa (rumpua) rakennettaessa uoma syvennetään sillan (rummun) kohdalta ja siitä alavirtaan tarpeen mukaan kuivatuksen edellyttämään korkeustasoon
- silta perustetaan niin, että uoma voidaan myöhemmin syventää siltauaukon kohdalta.
- rumpu asennetaan uomaan olemassa olevan pohjan mukaan ja myöhemmin alueen kuivattamiseksi tehtävän kaivun yhteydessä rumpu asennetaan uudestaan perkaustason edellyttämään tasoon.
- rumpu asennetaan maan kuivatuksen edellyttämään korkeustasoon ilman, että uomaa syvennetään rummun läheisyydessä. Koska rumpuputken alaosa täyttyy lietteestä tai täytetään kivennäismaalla, rumpu on suunniteltava niin suureksi, että rummun (uoman) pohjan yläpuolisen vesipoikkipinta-alan mukaan lasketuna mitoituspadotus ei yliity.



Kuva 6. Liian korkealle asennettu rumpu

Rumpu asennetaan 10...20% halkaisijan mitan verran perkauksen tasausviivan alapuolelle tai jos perkauksen mitoitus-tietoja ei ole, uoman pohjan alapuolelle. Tällöin aukon pinta-ala saadaan tehokkaammin käyttöön eikä se aiheuta haittaa kalankululle. Rummun pinta-ala saadaan tehokkaimmin käyttöön asentamalla rumpu tasausviivan alapuolelle kaavan $(D-Ht)/2$ mukaisesti (D =rummun halkaisija ja

Ht=mitoitusvirtaamaa vastaava vesi-syvyys). Samalla varaudutaan uoman myöhempään syventämistarpeeseen varsinkin painuilla mailla ja estetään veden suotautuminen ja virtaus rummun alitse.

5.5. Hyydejää ja jääpadot

Hyydejään ja jääpatojen muodostuminen ja jäiden lähtö sekä niistä mahdollisesti aiheutuvat haitalliset vaikutukset on arvioitava siltapaikkaa ja sen läheisyyttä koskien. ELY-keskusten Y-vastuualueilla on yleensä tiedossa vesistöjen mahdolliset jääpatoriskipaikat. Jääpatoriskipaikoilla avovesivirtausta vastaavalla mitoituksella saatuja silta-aukon mittoja on syytä esittää suurennettavaksi niin, että välttyttäisiin jäiden ruuhkaantumiselta silta-aukkoon ja suppojään muodostumiselta siltapaikalla. Erityisesti on varmistettava, ettei suunnitelmissa ole esitetty pohjan korkeuden nostamista vesiaukossa tai sen läheisyydessä. Jääpatojen vaikutusta voi tarkastella virtausmalleilla (esim. HEC-RAS-virtausmalliohjelmiston jäälaskennalla).

Uuden sillan suunnittelun yhteydessä tulee selvittää, onko alueella aiemmin esiintynyt jääpatoja. Sillan kannen alapinnan korkeuden tulee olla vähintään 0,5m korkeimman jääpadon aiheuttaman vedenkorkeuden yläpuolella. Mikäli alueelta ei ole mi-

tattu jääpatojen aiheuttamia vedenkorkeuksia, alapinnan korkeus tulee olla vähintään $HW_{1/100} + 0,5m$. Siltapaikan yläpuolisella maankäytöllä ei juuri ole vaikutusta kannen alareunan korkeuteen. Vaikka sillan yläpuolella ei olisi tulvahaavoittuvia kohteita, tulee mitoituksen yhteydessä varmistaa, etteivät jäät riko siltaa.

5.6. Mitoitukseen liittyvät ympäristönäkökohdat

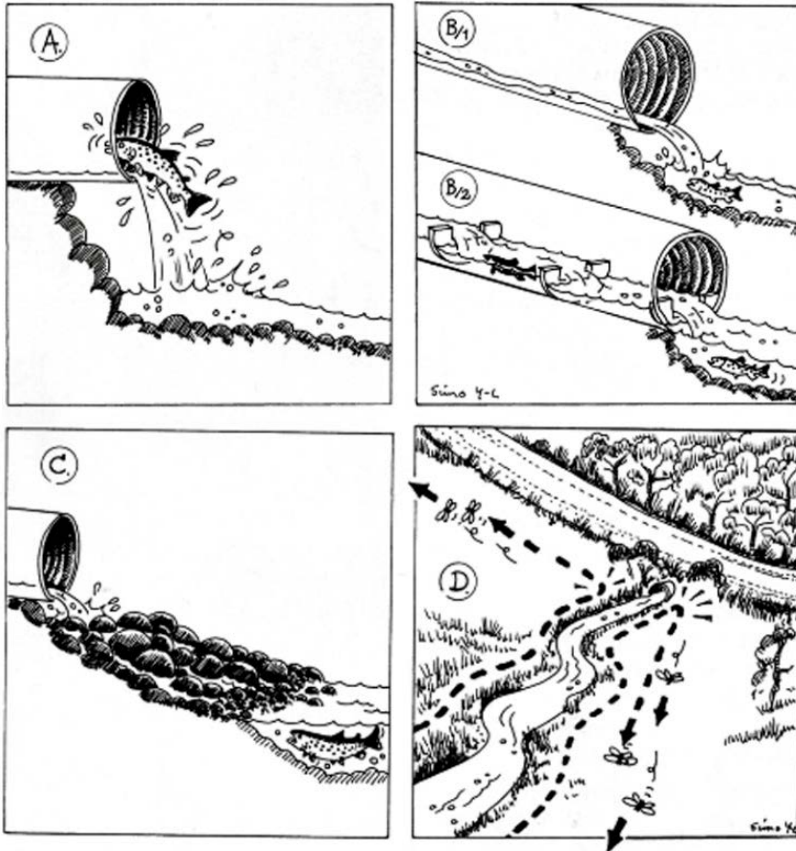
Viimeisimpien pohjoismaisten kartoitusten mukaan etenkin rumpuylitykset muodostavat oletettua laajemman ympäristöongelman (Skogsstyrelsen 2014, Eloranta & Eloranta 2015). Suomessa arvioidaan olevan noin 90 000 vesistörumppua, joista joka kolmas on vaelluseste.

Eurooppalaisen vesiensuojelun ja -hoidon nykyisiin perusteeseihin kuuluu virtavesien vapaa ja hyvälaatuinen uomajatkumo ja elinpiiri. Siksi uusi vesirakentaminen ei saa enää synnyttää vaellusesteitä. Myös silta- ja rumpurakenteiden uusimisen ja korjaamisen yhteydessä tulee aiemman rakentamisen aiheuttamia ympäristöhaittoja ja -vahinkoja vähentää tai mieluiten kokonaan poistaa.

Silta- tai rumpurakenteen ympäristöongelma voi johtua rakenteen ominaisuuksista, mitoituksesta, asentamisesta ja kunnossapitoon liittyvistä

toimista. Estevaikutuksen aiheuttivat useimmiten rummun alapään pudotus, liian suuri virtausnopeus, rakenteen pohjan sileys, veden vähyys sekä rakenteen edustan kivi- ja karikepadot (kuvat 7). Kalan kulun varmistaminen silta- ja rumpurakenteissa ei yleensä vaadi erityisratkaisuja, vaan kulkuvaatimukset voidaan ottaa huomioon mitoituksen yhteydessä. Mitoitusta tehtäessä varmistetaan, ettei rumpu muodosta kulkuestettä. Asentamisen jälkeen tehdyt korjaustoimenpiteet voivat nousta hyvinkin kalliiksi.

Ympäristöllisesti parhaita rakenneratkaisuja ovat sillat ja kaarirummut, joissa ei tarvitse puuttua uoman pohjarakenteeseen. Niitä tulisikin käyttää ympäristöarvoiltaan merkittävässä kohteissa. Mikäli nämä rakenteet tehdään rannasta rantaan -ratkaisuna, saadaan syntymään myös ns. kuivapolkuja, joita maaeläimet voivat käyttää turvallisina ohitusväylinä. Mikäli ratkaisu ei mahdollista kuivapolkua, rakenteen kylkeen voidaan kiinnittää samaa tarkoitusta varten hyllyrakente. Tällaiset rakenteet vähentävät eläinkuolleisuutta ja parantavat liikenneturvallisuutta.



Kuva 7. Tyypillisiä rumpurakenteiden vaellus-esteitä. (A) Liian korkealle perustettu rumpu estää vesieläinten läpikulun. (B) Edellistä ongelmaa (B/1) voidaan pienentää rumpuun sijoitettavilla virtauslamelleilla ja alapuolisen lähestymisalueen vesipinnan nostolla (B/2). (C) Rummun suuaukkojen edusta voi mataloitua tai tukkeutua ohituskelvottomaksi karikkeen, maa-aineksen tai kivien vuoksi. (D) Uoman kulun peittävä kasvillisuus voi harhauttaa yläjuoksulle lentävän vesihyönteisen. Se voi lähteä seuraamaan jopa vesipintaa muistuttavaa tieuraa. Lähde: Eloranta 2000; piirros: S. Yli-Lonttinen.

Mitoituksen merkitys eläinten läpikäynnin kannalta korostuu umpinaisissa rumpurakenteissa. Keskeisenä tavoitteena on valita sellainen rumpu ja sellainen asennustapa, etteivät vesieläinten uimakyvyn kriittiset virtausnopeudet ylity. Suurentamalla aukkopinta-alaa, asentamalla rumpu

mahdollisimman vaakatasoon, upottamalla se pohjatason alapuolelle ja kattamalla putken sisäpohja luontaisella pohja-aineksella voidaan välttää useimmat ongelmat.

5.7. Mitoituspadotus ja mitoitus

Veden virtausnopeus määräytyy tasisessa virtauksessa uoman poikkileikkauksen ja pituuskaltevuuden mukaan. Chezyn virtauskaavan mukaan virtausnopeus on suoraan verrannollinen pituuskaltevuuden ja uoman vesi-poikkileikkauksen hydraulisen säteen neliöjuureen. Näin ollen on perusteltua, että vesiaukon mitoituspadotus ja siitä johtuva virtausnopeus vesiaukossa ovat sopivassa suhteessa uoman kaltevuuteen. Käytännössä varsin sopivaksi vesiaukon mitoitukseen on osoittautunut padotus (h), joka on

uoman pituuskaltevuuden (l) mukaan laskettuna $l^{1/2} \dots 1,5 l^{1/2}$ (m). Tällöin virtausnopeudet pysyvät yleensä niin pieninä, ettei uoman syöpymisvaaraa ole, vaikka maaperä olisi eroosioherkkää. Pitkäaikainen vedenpintojen korkeusero vesiaukon kohdalla on tiepenkereen suotautumisen ja eroosiovaikutuksen kannalta haitallisempi kuin hetkellinen suuri padotus.

Vesiaukkojen mitoituspadotus on yleensä niin pieni, ettei se aiheuta tulvan nousua uomassa. Tulvakorkeuteen vaikuttavat pääasiassa uoman vedenjohtokyky sekä virtaaman suuruus ja kesto. Uomissa, joiden kaltevuus on vähintään 0,002, vesiaukon aiheuttama vedenpinnan nousu ta-

saantuu lyhyellä matkalla ylävirtaan mentäessä.

Aukkomitat määritetään niin, ettei mitoituspadotus ylitä ja virtausnopeus kasva liikaa. Vesiaukon suositeltava mitoituspadotus määritellään ylävirranpuoleisen maankäytön sekä uoman kaltevuuden mukaan taulukossa 9 esitettyllä tavalla. Mitoituspadotuksen valinnassa korostuu tapauskohtainen harkinta mm. siltapaikan yläpuolisen maankäytön ja uoman ominaisuuksien mukaan. Jos esimerkiksi siltapaikan yläpuolinen alue on metsää tai peltoa, uoma on syvä eivätkä uoman maalajit ole herkästi erodoituvia, voidaan aukkorakenteelle sallia taulukossa 9, rivillä Oja, ei tulvahaittaa, esitetty padotus.

Kuva 8. Rankkasateen aiheuttaman tulvimisen seurauksena sortunut tie



Taulukko 9. Mitoituspadotus enintään (cm) maankäytön, uoman koon ja kaltevuuden mukaan (mitoituspäätös on rakenteen aiheuttama päätös valitulla mitoitusvirtaamalla)

Kaltevuus	<0,0002	0,0005	0,001	0,002	0,005	>0,01
Pelto, taajama tai merkittäviä rakennuksia						
Oja	2	2	3	4	6	10
Oja, ei tulvahaittaa	4	6	8	10	10	10
Puro	1	2	3	4	5	5
Joki	1	2	3	4	5	5
Iso joki MQ>5m ³ /s	1	2	3	3	4	4
Metsämaa tai luonnonalueet						
Oja	2	3	4	6	8	15
Oja, ei tulvahaittaa	4	6	8	10	12	15
Puro	2	3	4	5	7	10
Joki	1	2	3	4	5	5
Iso joki MQ>5m ³ /s	1	2	3	3	4	4

Tällöin on kuitenkin tarkistettava, ettei veden virtausnopeus nouse liikaa. Veden virtausnopeutta käsitellään luvussa Veden virtausnopeutta käsitellään luvussa 5.8.

Suosittelava päätös on sama, kun mitoitusvirtaama on $HQ_{1/20}$ tai $HQ_{1/100}$, mutta ylivirtaamalla $HQ_{1/250}$ se voi olla tapauskohtaisesti harkiten jonkin verran suurempi. Tarvittavat väliarvot saadaan interpoloimalla.

Suosittelava mitoituspäätös on enintään 2...6 cm, kun uoman kaltevuus on 0,0005...0,0020 eli 5...20 cm/100m. Ojien osalta pienin päätös on 2 cm, mutta purojen ja jokien osalta se on 1...2 cm. Suositeltava mitoituspäätös on ojissa peltoalueilla ja taajamissa enintään 10 cm ja metsä- yms. alueilla 15 cm, vaikka uoman

kaltevuus olisi suurempi kuin 0,01. Puroissa ne ovat vastaavasti 5 ja 10 cm. Maankäytöstä riippumatta suositeltava mitoituspäätös jokien osalta on enintään 5 cm. Jos joen keskivirtaama on suurempi kuin 5 m³/s (suuri joki), mitoituspäätös on enintään 4 cm.

Mitoituksen onnistumisen varmistamiseksi vesiaukko mitoitetaan ensin ylivirtaamalla $HQ_{1/20}$ tai $HQ_{1/100}$ ja sen jälkeen se tarkistetaan tarvittaessa ylivirtaamalla $HQ_{1/250}$. Tarkistuksessa voi aluksi lähteä siitä, että virtaama $HQ_{1/250}$ vastaava vesisyvyys on noin 20 % suurempi kuin virtaama $HQ_{1/20}$ vastaava vesisyvyys (Ht) eli perkausmitoituksessa $Ht_{1/250}$ on noin $1,2 \times Ht_{1/20}$. Kun tulva nousee uoman reunojen yli, mitoituksessa käytetään uoman luiskien jatkeen rajaamaa te-

hollista virtausalaa (sivuille jäävää pinta-alaa ei oteta mukaan).

Ylivirtaama $HQ_{1/250}$ edellyttää selvästi suurempaa rumpua kuin $HQ_{1/20}$, koska sillä päätös voi muuten olla jopa kolminkertainen suositeltavaan päätökseen verrattuna. Sen sijaan silta-aukon päätös on tällöin tavallisesti enintään kaksinkertainen, joten silta-aukkoa ei ylivirtaaman $HQ_{1/250}$ takia tarvitse paljonkaan leventää.

5.8. Uoman mitoitus, virtausnopeus ja supistuma

Uoman mitoituksella tarkistetaan, että uoman koko on vesimäärien kannalta riittävä. Samalla saadaan laskettua virtauksen nopeus uomassa sekä vesiaukon mitoituksessa tarvittavia tietoja (mm. uoman vapaa virtausala (A), hydraulinen säde (R) ja märkäpiiri (p)). Uoman vedenjohtokyky riippuu uoman poikkileikkauksesta, märkäpiiristä ja pituuskaltevuudesta sekä uoman virtausominaisuuksiin vaikuttavasta pohjan ja luiskien karkeudesta (Kuva 9).

Avouoman mitoitukseen käytetään yleisesti Manningin tasaisen virtauksen kaavaa

$$v = \frac{I}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

joka perustuu Chezyn tasaisen virtauksen kaavaan

$$v = C \cdot R^{1/2} \cdot I^{1/2}$$

v = veden nopeus (m/s)

n = uoman vastuskerroin ($s/m^{1/3}$)

R = hydraulinen säde (m) = A/p

A = vesipoikkipinta-ala (m^2)

p = märkäpiiri (m)

Chezyn kerrointa C vastaa Manningin kaavassa $R^{1/6}/n$. Vastuskerroimella n , jonka sijasta on yleisesti käytössä myös $M = 1/n$, on siis määräävä vaikutus virtausnopeuteen. Tämä käy erityisesti ilmi matkalla L syntyvän putoushäviön kaavasta

$$v = \frac{n^2 \cdot v^2 \cdot L}{R^{3/4}} = \frac{n^2 \cdot Q^2 \cdot L}{A^2 \cdot R^{3/4}}$$

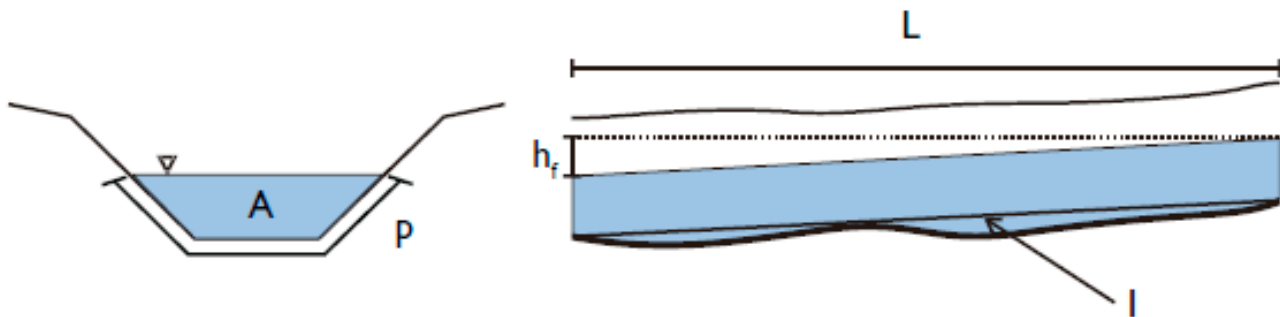
I = uoman pituuskaltevuus

hf = putoushäviö (m)

Q = virtaama (m^3/s)

L = matka (m)

Kuva 9. Mitoituslaskennassa käytetyt uoman geometrian määritteet, A = vesipoikkipinta-ala, p = märkäpiiri, I = uoman kaltevuus, hf = putoushäviö ja L = uomaosuuden pituus.



Vastuskertoimen n arvot riippuvat lähinnä pinnan karkeudesta, kasvillisuudesta, poikkileikkauksen epäsäännöllisyydestä ja uoman mutkaisuudesta. Arvot vaihtelevat virtaamasta ja veden korkeudesta sekä vuodenajasta riippuen. Esimerkiksi kesän aikana ruohotunut uoma tulvii syksyllä herkemmin kuin keväällä ja purouoman pohja pysyy paljaana koko vuoden, vaikka luiskat ruohottuvatkin keväällä. Kasvillisuudesta johtuva uoman vastuskertoimen muuttuminen vuoden aikana tulee tarvittaessa ottaa huomioon uomaa mitoitettaessa.

Valtaojan mitoituksessa lähdetään yleisesti siitä, että uomassa on vähän kasvillisuutta, jolloin $n=0,030$ ja että kalliroleikkaus on verraten tasainen, jolloin $n=0,035$. Vastaperatussa uomassa, joka on suora ja vailla kasvillisuutta, vastuskerroin voi olla $n=0,020$, kun taas uomassa, jossa on mättäitä tai kiviä ja ruohottuneet luiskat, se voi olla $n=0,040\ldots0,050$. Sen sijaan kunnossapitämättömässä uomassa, jossa on paljon pensaita, vastuskerroin voi olla $n=0,100$ tai suurempikin. Eri olosuhteita vastaavia vastuskertoimen arvoja on esitetty alan kirjallisuudessa (esim. Maa- ja vesirakennus 1968, Rinne 1945). Erityisesti luonnonmukaisissa olosuhteissa käytettäviä vastuskertoimia ovat Suomessa selvittäneet mm. Järvelä (2004) ja Helmiö (2004).

Kun aukko on mitoitettu virtaaman ja mitoituspäätöksen perusteella, tarkistetaan vielä virtaustila. Virtausti-

la ilmaistaan keskimääräisen virtausnopeuden ja pinta-aallon etenemisnopeuden suhteella, Frouden luvun avulla. Virtausnopeudella tarkoitetaan poikkileikkauksen keskimääräistä virtausnopeutta. Pinta-aallon etenemisnopeus uomassa on likimäärin $v=\sqrt{gh}$. Mikäli virtausnopeus on suurempi kuin aallon etenemisnopeus, $Fr > 1$, ei aalto etene vastavirtaan. Virtausta kutsutaan tällöin kiitovirtaukseksi. Mikäli virtausnopeus on pienempi kuin aallon etenemisnopeus on kyse verkkavirtauksesta, $Fr < 1$.

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gh}}$$

v = veden nopeus (m/s)

g = maan vetovoiman kiihtyvyys (m/s²)

h = veden keskisyvyys (m)

Jos uomassa on verkkavirtaus, silta-aukkoa ei saisi mitoitaa niin pieneksi, että silta-aukossa virtaus muuttuu kiitovirtaukseksi. Eli jos uomassa Frouden luku on < 1 , silta-aukossa se ei saisi olla > 1 . Jos uomassa on kiitovirtaustilanne, aukkomitoituksen seurauksena virtausnopeus ei saisi kasvaa.

Supistumalla tarkoitetaan pinta-alaa, jolla silta- ja rumpurakenteet penkereineen pienentävät mitoitusvirtaamaa vastaavaa uoman vesipoikkileikkauksen pinta-alaa. Supistuma ilmoitetaan prosenttilukuna uoman virtausalasta. Mitä suurempi on supis-

tuma sitä suurempi on virtausnopeus. Tyypillisesti vesiaukon aiheuttama supistuma on ojissa 30...50 % ja puroissa 20...40 % sekä jokiuomissa 10...30 %, mutta jyrkissä ojissa ja puroissa alle 20 %. Uoman virtausalan supistuma on sitä pienempi mitä suurempi uoma ja mitä jyrkempi uoman kaltevuus on. Mitoituksessa on tarkistettava, ettei edellä mainittuja supistuman maksimiarvoja ylitetä. Kapeassa koski- tai virtapaikassa tehollisen virtausalan supistumista ei saisi olla lainkaan, koska kasvava virtausnopeus saattaa aiheuttaa uoman syöpymistä ja tätä kautta tien sortumisen. Ahtaaseen silta-aukkoon voivat jäät ruuhkautua helposti.

Kalan kulun kannalta virtausnopeuksien kasvaminen on myös haitallista. Tyypillisille purokaloille 0,4 m/s virtausnopeus aiheuttaa haittaa jo lyhyissä rummuissa. Ongelmat korostuvat pitkissä rakenteissa. Vaelluskalat ovat voimakkaampia ja niille maksiminopeuksina voidaan pitää lyhyissä rummuissa 0,8 m/s, rummussa joiden pituus $L > 30$ m 0,7 m/s ja $L > 100$ m 0,4 m/s. Kalankulun kannalta virtausnopeuksia pitää tarkastella niillä virtaamilla, joita esiintyy esimerkiksi kutuvaelluksen aikaan keväällä ja syksyllä.

6.2. Seunan k-menetelmä

Seunan k-menetelmä perustuu Suomessa tehtyihin silta-aukkojen padotusta käsitteleviin tutkimuksiin. Menetelmää on käytetty lähinnä siltojen mitoituksessa.

Kertoimen k arvo riippuu lähinnä virtaamasta ja aukkosuhteesta A_3/A_{3u} , jossa molempia pinta-aloja rajoittaa sama vedenpinta. Riippuvuussuhdetta kuvaa nomogrammi (kuva 11),

josta k:n arvo voidaan lukea. Tämän jälkeen voidaan laskea Δh_n peruskäytävältä. Seunan mittausaineistonsa perusteella laatimasta nomogrammista (kuva 12) voidaan määrittää padotuksen h_1 osuus Δh_n :stä. Tämä osuus on funktio aukkosuhteesta A_3/A_{3u} ja siitä, mikä osuus siltpilareilla on uoman supistumiseen. Moniaukkoisen sillan tapauksessa osa uoman supistamisen kokonaismäärästä ($A_{3u}-A_3$) on pilareista aiheutuvaa (A_{3p}). Suhde $h_1/\Delta h_n$ riippuu osittain suhteesta J_A .

Menetelmän peruskaavat ovat:

$$\Delta h_n = \frac{1}{2g} \left[\left(\frac{Q}{A_3 k} \right)^2 - \left(\frac{Q}{A_1} \right)^2 \right]$$

$$h_1 = D_a \cdot \Delta h_n, \text{ joissa}$$

Δh_n = vedenkorkeuden kokonaismuutos ($h_1^* + h_3^*$) [m]

h_1^* = silta-aukon aiheuttama putoushäviöisyys eli padotus [m] (kuva 10)

h_3^* = supistuksesta johtuvan virtausnopeuden kasvun aiheuttama vedenpinnan alennus [m]

A_1 = supistamaton virtausala silta-aukon yläpuolella (oletettu padotus mukana) [m²], leikkaus 1 (kuva 10). A_1 :n arvoa mitattaessa on vedenpinta oletettava nousseksi normaalikorkeudesta h_1^* :n verran, eli olevan leikkauksen 3 vedenpintaa korkeammalla Δh_n normaalin putoushäviön verran. Koska Δh_n , h_1^* ja h_3^* ovat laskelmien tässä vaiheessa tuntemattomia, joudutaan tekemään kokeiluja. [m²],

A_3 = supistettu virtausala (vesiaukon virtausala) leikkauksessa 3 (kuva 10). Koska alennus h_3^* on yleensä hyvin pieni, voidaan sen vaikutus jättää huomioon ottamatta ja käyttää A_3 :n arvoa mitattaessa alentumatonta vedenpintaa. [m²]

k = kerroin, joka on arvojen 0,55...1,00 välillä. Sen suuruus riippuu virtaamasta ja aukkosuhteesta A_3/A_{3u} , missä A_{3u} tarkoittaa uoman supistamatonta (luonnollista) virtausalaa (kuva 11)

Q = mitoitusvirtaama [m³s⁻¹]

g = maan vetovoiman kiihtyvyys [ms⁻²]

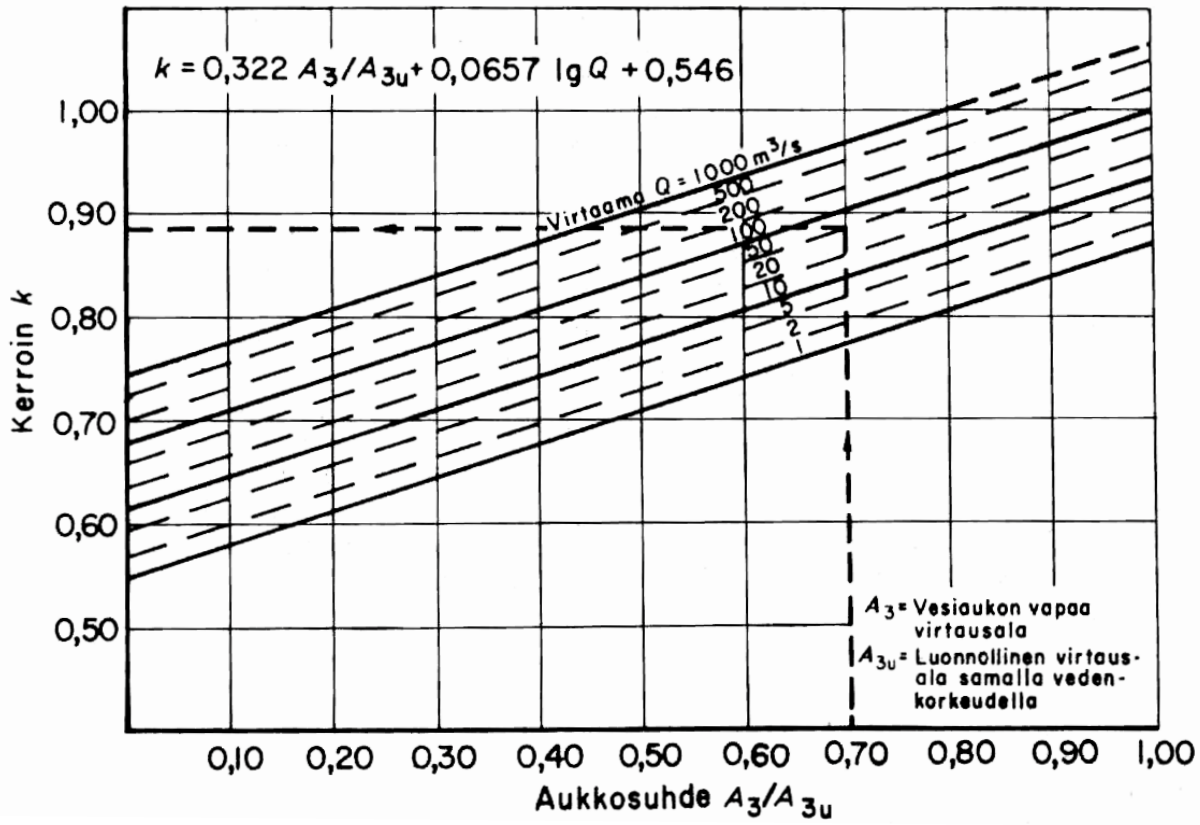
D_a = padotuksen ja kokonaismuutoksen suhde (kuva 12)

$$J_A = \frac{A_{3p}}{(A_{3u} - A_3)}$$

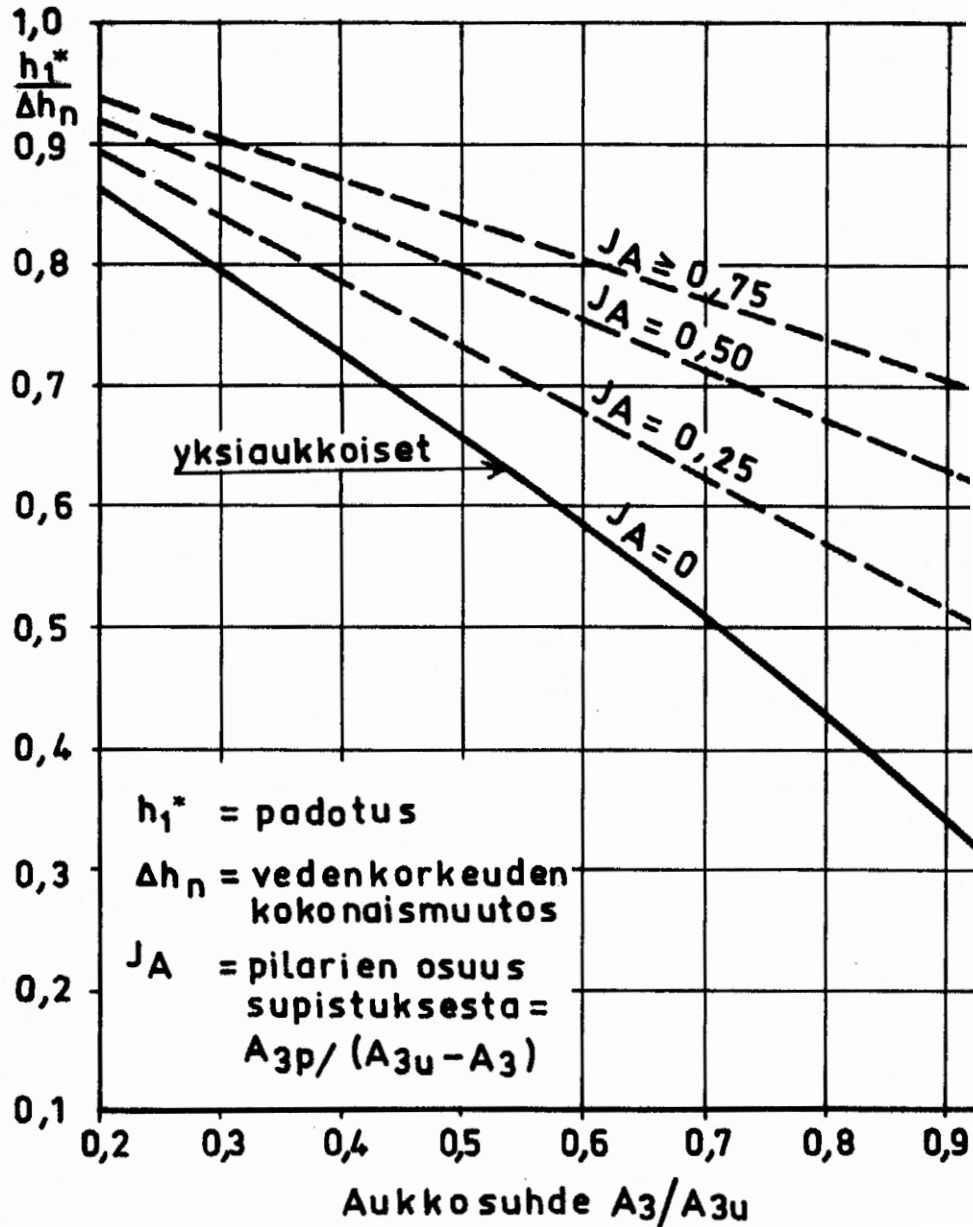
Yksiaukkoisessa sillassa $J_A = 0$. Maatuukien ja siltpilarien eroosiovaaran arvioimiseksi on joskus syytä määrittää virtausnopeus aukossa, mikä edellyttää h_3^* :n tuntemista, joka voidaan laskea seuraavalla kaavalla

$$h_3^* = \Delta h_n - h$$

Seunan k-menetelmää ei suositella käytettäväksi tapauksissa, joissa Frouden luku aukossa on $Fr > 0,7$. Bradleyn menetelmä antaa tällöin tarkempia tuloksia.



Kuva 11. k-kertoimen riippuvuus aukkosuhteesta A_3/A_{3u} ja virtaamasta Q .



Kuva 12. k-menetelmän nomogrammi silta-aukon aiheuttaman padotuksen h_1^* : ja kokonaismuutoksen Δh_n suhteen eli D_a määrittämiseksi.

6.3. Tolkmittin kaavat ja Nissisen ns-menetelmä

Tolkmittin kaavat soveltuvat yleisesti niin siltojen kuin rumpujenkin vesiaukkojen mitoitukseen niiden rakenteellisista eroista huolimatta.

On huomattava, että Tolkmittin kaavassa padotus (h) tarkoittaa vedenpinnan kokonaismuutosta, josta todellinen padotus on yleensä 50...75%.

Supistumisesta aiheutuva kerroin (μ) vaihtelee välillä 0,6...0,95 siten, että se pienenee supistuman kasvaessa. Yleisesti voidaan käyttää arvoa 0,7, kun $v_1 / v = 3,0$ ($v = Q/F$), ja arvoa 0,8, kun $v_1 / v = 2,0$, sekä arvoa 0,9, kun $v_1 / v = 1,5$. Silta-aukon aiheuttama vedenpinnan muutos on esitetty kuvassa 13.

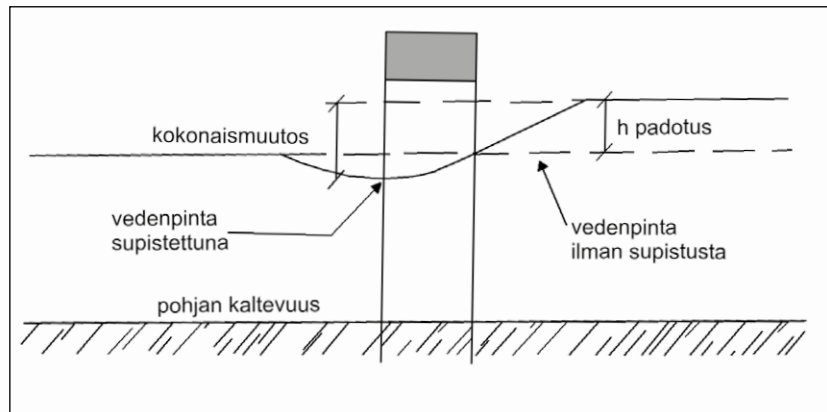
Tolkmittin kaavat ovat seuraavat:

$$v_1 = \left[2gh + \left(\frac{Q}{F + Bh} \right)^2 \right]^{1/2}, \quad F_1 = \frac{Q}{\mu v_1}$$

joissa

v_1	=	veden nopeus vesiaukossa [m s ⁻¹]
g	=	maan vetovoiman kiihtyvyys [m s ⁻²]
h	=	vesiaukon aiheuttama padotus [m]
Q	=	virtaama [m ³ s ⁻¹]
F	=	uoman vesipoikkipinta-ala [m ²]
B	=	uoman vesipinnan leveys [m]
F_1	=	vesiaukon vesipoikkipinta-ala [m ²]
μ	=	supistumisesta aiheutuva kerroin

Kuva 13. Silta-aukon aiheuttama vedenpinnan muutos.



Nissisen ns-menetelmä perustuu Tolkmittin kaavoihin eräin yksinkertaistuksin. Padotuksesta johtuva pinta-alan lisäys B_h on jätetty pois ja supistumisen vaikutus (μ) määräytyy itsestään supistuskertoimen s kaavassa virtausnopeuksien muutoksen $v_h - v$ ja $v_h + v$ suhteen x perusteella siten, että $\mu = (1-x)^{1/2}$.

On huomattava, että kaavoissa padotus h on todellinen padotus, joksi on arvioitu 60...65% kokonaisuutuksesta (1,6 h). Menetelmän etuna on, ettei supistuskerronta (μ) tarvitse lainkaan arvioida eikä nopeus- ja padotuskertoimiakaan tarvita. Lisäksi menetelmä voidaan muuntaa nomogrammiksi (kuva 14), joka yksinkertaistaa mitoitusta edelleen.

Nissisen ns-menetelmän nomogrammissa uoman vedenvirtausnopeuden ja sallitun padotuksen perusteella saadaan supistuskerroin s tai vastaavasti virtausnopeuden ja supistuskertoimen perusteella padotus h . Kaksoisrummun osalta supistuskerroin on kerrottava luvulla 1,1 eli vesiaukon virtausala on 10% suurempi kuin muutoin. Kaksoisrummun osalta on huomattava, että sen toinen aukko liettyy helposti, jos virtaus jakaantuu epätasaisesti aukkoihin.

Menetelmä soveltuu sellaisenaan riittävällä tarkkuudella erilaisiin aukkoratkaisuihin, eikä siltapilarien vaikutusta virtausalavähennyistä lukuun ottamatta tarvitse ottaa erikseen huomioon (vrt. kaksoisrumpu). Menetelmä ei siis ota huomioon rakenteellisia yksityiskohtia tai erityistekijöitä, mutta yleiset mitoitusvaatimukset huomioon ottaen se on kuitenkin varsin käyttökelpoinen.

Nissisen ns-menetelmän peruskaavat ovat:

$$v_h = (2g \cdot 1,6h + v^2)^{1/2}$$

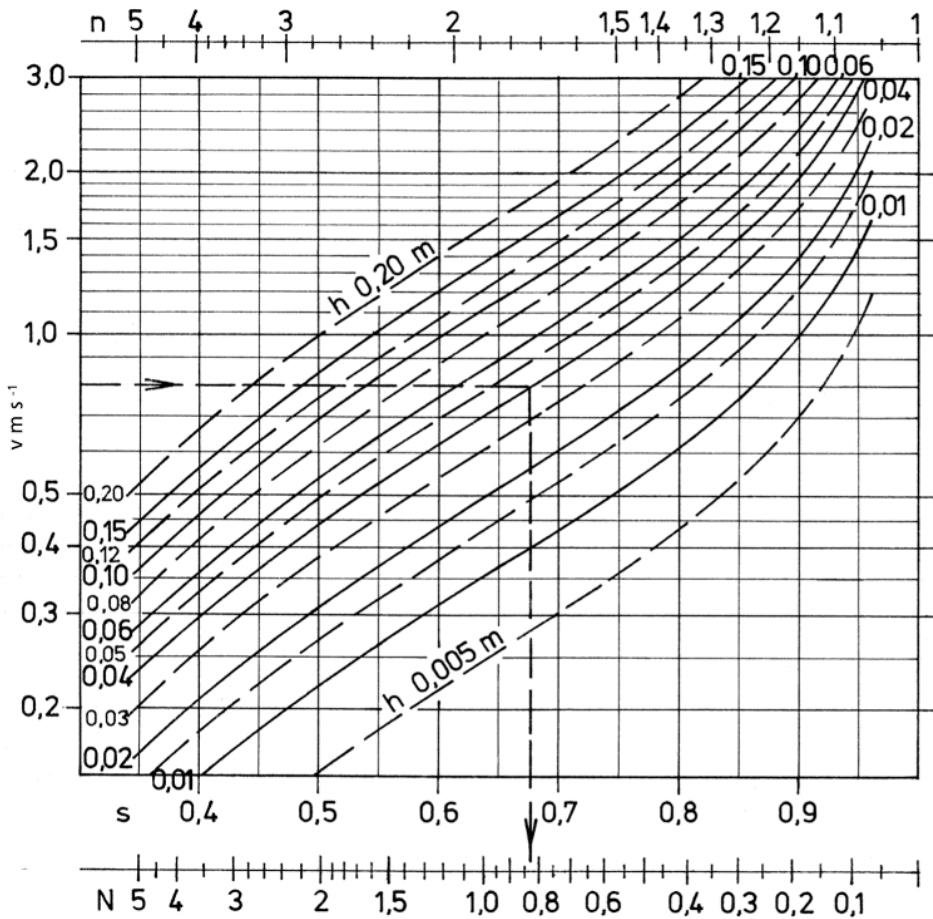
$$n = \frac{v_h}{v}, \quad s = \frac{v}{v_a} \quad \text{tai} \quad s = \frac{1}{n} \left(\frac{n+1}{2} \right)^{1/2}$$

$$F_a = s \cdot A$$

$$h = \frac{Nv \cdot v_a}{2g} = \frac{Nv^2}{s2g} = \frac{Nsv_a^2}{2g}, \quad N = \frac{s}{1,6}(n^2 - 1)$$

joissa

- v_h = padotuksen aiheuttama virtausnopeus [$m \cdot s^{-1}$]
- v = virtausnopeus uomassa [$m \cdot s^{-1}$]
- v_a = virtausnopeus vesiaukossa [$m \cdot s^{-1}$]
- h = vesiaukon aiheuttama padotus [m]
- n = nopeuserroin
- s = supistuskerroin (aukkosuhte)
- N = padotuserroin
- F_a = vesiaukon virtausala [m^2]
- A = uoman virtausala [m^2]
- g = maan vetovoiman kiihtyvyyys [$m \cdot s^{-2}$]



Kuva 14. Vesiaukon mitoitus Nissisen ns-menetelmällä.

Esimerkki:

virtausnopeus uomassa $v = 0,80 \text{ m/s}$

vesiaukon aiheuttama padotus $h = 0,04 \text{ m}$

supistumiskerroin $s = 0,68$

Tästä saadaan virtausnopeus $v_a = 0,80/0,68 = 1,18 \text{ m/s}$

vesiaukossa

Vesiaukon tarvittava pinta-ala $F_a = s \cdot A \text{ tai } Q/v_a$

Kaksoisrummussa supistumiskerroin $s_2 = 1,10 \cdot 0,68 = 0,75$

Tai muuten padotus kaksoisrummussa $h = 0,06 \text{ m } (s = 0,62) (s/1,1)$

6.4. Morris & Wiggertin äkillisen muutoksen menetelmä

Sillan aiheuttama padotus, jolla tarkoitetaan tässä uoman mitoituksesta johtuvan alavedenpinnan ja sillan yläpuolisen vedenpinnan korkeuseroa, voidaan laskea likimääräisesti kaavasta:

$$H = \frac{K_s + K_l}{2g} \times \left[\left(\frac{Q}{A} \right)^2 - \left(\frac{Q}{F} \right)^2 \right]$$

, jossa

H = padotus [m]

Q = mitoitusvirtaama [m^3s^{-1}]

F = uoman virtausala [m^2]

A = silta-aukon virtausala [m^2]

K_s = supistumisesta johtuva häviökerroin

K_l = laajenemisesta johtuva häviökerroin

g = maan vetovoiman kiihtyvyys [m s^{-2}]

Kaava edellyttää, että uoman mitoitus on sama sillan ylä- ja alapuolella.

Häviökertoimille voidaan käyttää seuraavia arvoja:

Siirtymävyöhykkeen muoto	Supistuma (K_s)	Laajentuma (K_l)
Kiertyväpintainen muutos	0,10	0,30
Suoraviivainen loiva muutos	0,20	0,50
Sylinterineljänneksen muotoinen muutos	0,20	0,50
Terävä muutos	0,40	0,75

Huom. Rummussa K_s on betoniputkella 0,8 ja teräsputkella 0,9.

Silta-aukon mitoituksessa voidaan käyttää kahta viimeksi mainittua siirtymävyöhykkeen muodosta johtuvaa kerrointa, joista viimeksi mainittu lieenee tavallisesti sopivin. Silta-aukon virtausala A voidaan laskea uoman alkuperäisen vedenkorkeuden mukaan. Silta-aukossa vedenpinta alenee kuitenkin tätä tasoa alemmaksi. Laskelma voidaan korjata ottamalla huomioon edellä mainitun vedenpinnan aleneminen, joka on noin 1/3...1/2 padotuksesta H .

6.5. Yksinkertaistettu Bradleyyn menetelmä

Bradleyyn kaava on yksinkertaisessa muodossa seuraava:

$$H = K \times \frac{v^2}{2g}$$

, jossa

H = padotus [m]

V = veden virtausnopeus silta-aukossa, ylävirran puoleisessa reunassa [m s^{-1}]

K = kokonaispadotuskerroin

g = maan vetovoiman kiihtyvyys [m s^{-2}]

Sovellettaessa kaavaa vain yksiaukoisiin keskeisesti omaan sijoitettuihin siltoihin voidaan kerroin K valita suoraan aukon ja uoman vedenjohtokyvyn ja maatukien muodon perusteella Bradleyyn kehittämistä käyrästä.

Kun otetaan lisäkäsitteeksi M , jolla tarkoitetaan silta-aukon virtausalan ja uoman supistumattoman virtausalan suhdetta A/F ja annetaan kokonaispadotuskertoimen K arvo keskimääräisenä yhtälön muodossa, saadaan tuntuvasti yksinkertaistettu mitoitusmenetelmä. Tällöin voidaan käyttää seuraavia arvoja:

$M=A/F$	K
0,2 ... 0,85	2,22 -2,4 · $M=2,22-2,4 \cdot A/F$
0,85 ... 1,0	1,2 -1,2 · $M=1,2-1,2 \cdot A/F$

Tätä menetelmää voidaan käyttää myös vesiuoman vinosti ylittävien siltojen aukon mitoituksessa. Siltojen maatuet voidaan tällöin olettaa uoman suuntaisiksi.

6.6. HEC-RAS virtausmallinnusohjelma

Siltojen ja rumpujen aiheuttamia padoituksia voidaan laskea myös erilaisilla virtausmalliohjelmilla. Yleisimmin käytetty virtausmalliohjelma on HEC-RAS 4.1, Hydrologic Engineering Centerin (U.S. Army Corps of Engineers) kehittämä 1-dimensioinen virtausmalliohjelmisto, joka mahdollistaa virtauksen mallintamisen sekä stationaarisen että muuttuvan virtauksen tapauksessa. Lisäksi uomaan on mahdollista lisätä erilaisia rakenteita, kuten rumpuja ja siltoja. Virtausmallia voidaan käyttää apuna arvioitaessa suunnittelutoimenpiteiden ja tulvien vaikutuksia vedenkorkeuksiin ja virtaamiin. Ohjelma on ladattavissa maksutta internetistä.

Laskennassa ohjelma käyttää Manningin kaavoja rumpuihin sovellettuna. Mitoitusta varten tarvitaan poikkileikkauksia riittävältä matkalta ja vesiaukon mitat sekä käytettävä mitoitusvirtaama ja alapuolinen reunaehto. Ohjelma olettaa, että aukko on koko matkalta samassa kaltevuudessa ja saman muotoinen. Käyttäjän tulee pystyä määrittämään virtauksen supistuminen koko uoman levyisestä virtauksesta aukon suulle supistuvaan virtaukseen – eli aukon yläpuolelle tarvitaan poikkileikkaus, jossa virtaus on vielä koko uoman levyistä. Aukon suun ulkopuolelle määritetään passiivisen virtauk-

sen alue, joka interpoloituu tuohon aukon yläpuoliseen poikkileikkaukseen. Vastaava toimenpide suoritetaan purkupaikkaan. Aukkovirtauksessa virtaus voi olla joko tulo- tai purkuaukon määrittämää. Tuloaukon silloin, kun sisään tulon johtokyky on pienempi kuin itse tunnelin. Purkuaukon silloin, kun esim. aukon alapuolinen vedenkorkeus on korkea ja vaikuttaa kapasiteettiin. (HEC-RAS River Analysis System, User's Manual, 2002)



6.7. Mitoitusmenetelmien vertailu

Perti Seuna on tutkinut eri laskenta-menetelmiä sillan aiheuttaman padotuksen määrittämisessä ja verrannut niitä kevään 1966 maastomittauksiin. Taulukossa 10 on esitetty pieni osa mittaus- ja laskentatuloksista.

Taulukko 10 on kokonaisuudessaan maataloushallituksen insinööriosaston maa- ja vesitekniikassa tiedotuksessa 1a/1967/Perti Seuna.

Tolkmittin kaavoja ja Nissisen ns-menetelmää voi käyttää silta-aukon ja rummun mitoituksessa. Seunan k-menetelmää sekä Morris&Wiggertin menetelmää on käytetty lähinnä silta-aukkojen mitoituksessa. Bradleyn menetelmä soveltuu vain silta-aukkojen mitoitukseen.

Tolkmittin ja Morris & Wiggertin menetelmien osalta on huomattava, että niissä padotus on virtausalan supistuksesta johtuva kokonaisuutos, kun taas muissa menetelmissä kyse on todellisesta padotuksesta eli vesiaukon ylä- ja alapuolen vesipintojen korkeuserosta.

Kokonaisuutos H (cm)				Ryhmä
Bradley	k-menetelmä	Chow	Mitattu	
2,0	0,8	0,5	0,9	I
2,1	2,1	2,2	1,7	II
0,6	0,3	0,2	0,5	II
4,7	5,0	4,4	4,2	I
3,9	4,1	3,5	4,3	I
1,0	0,6	0	0,5	I
2,8	3,2	2,4	2,9	I
2,4	2,4	1,8	2,5	I
2,4	2,3	1,9	2,4	I
24,1	24,9	21,6	22,3	I
12,0	12,5	12,7	17,1	I

Taulukko 10. Mitatut ja eri menetelmillä lasketut kokonaisuutosten H arvot. Ryhmä I = Yksiaukokoinen silta ja Ryhmä II = Pilarillinen silta.

Eri menetelmien vertaamiseksi otetaan viisi eri tilannetta:

	I	II	III	IV	V
Virtaama [m ³ s ⁻¹]	5	10	10	15	15
Silta-aukko [m ²]	3	6	10	9	16
Supistamaton uoma [m ²]	5	8	11	14	25

Tällöin saadaan lasketun padotuksen arvoksi eri menetelmillä:

Menetelmä	Padotus (m) vaihtoehdoissa				
	I	II	III	IV	V
k-menetelmä	0,112	0,055	0,007	0,081	0,026
äkillinen muutos	0,104	0,071	0,010	0,096	0,030
Bradleyn menetelmä	0,110	0,059	0,006	0,096	0,031
ns-menetelmä	0,104	0,059	0,008	0,090	0,028
Tolkmittin menetelmä	0,118	0,069	0,010	0,106	0,032
HEC-RAS 4.1	0,10	0,07	0,01	0,05	0,02

Vaikka eri menetelmillä laskettujen padotusten suhteellinen ero voi olla suuri, niin aukkomitoitusta ajatellen tulokset ovat suuruusluokaltaan lähellä toisiaan. Menetelmän valinnassa onkin tärkeämpää tietää sen soveltuvuus silta-aukon tai rummun mitoitukseen.

Vesiaukon mitoitus koskee useimmiten tapauksia, joissa rakenneratkaisu tai se, tehdäänkö paikalle silta vai rumpu, ei ole tiedossa. Niin ollen mitoituksessa on yleensä tarpeen selvittää vesiaukon suuruus eli tarvittava virtausala mitoituspadoituksen perusteella, minkä voi yksinkertaisesti tehdä Nissisen ns-menetelmän nomogramilla tai Tolkmittin kaavalla. Sen sijaan, jos sillan tai rummun rakenne on jo tiedossa tai oletettavissa, vesiaukon ja sen padotuksen tarkistusmitoitus voidaan tehdä muillakin menetelmillä.

7. Silta- ja rumpumitoituksen sisältömalli

Silta- ja rumpumitoituksen tulisi sisältää seuraavia tietoja:

1) Tiedot mitoituksen tilaajasta

2) Silta- ja rumpupaikan sijaintitiedot ja korkeusjärjestelmä

- Kunta
- Sillan tai rummun nimi
- Tien ja rautatien paalulukema mitoituksen tilaajan esittämässä muodossa
- Ylitettävän vesistöosan kohta (esim. puron nimi ja uoman paalulukema)
- Kohteen ETRS-TM35FIN koordinaatit
- N2000-korkeusjärjestelmä

3) Uomatiedot, maankäyttömuoto ja uoman mahdollinen sisältyminen peruskuivatus- tai vesitaloushankkeeseen

- Pituus- ja poikkileikkaukset ja korkeussuhteet
- Ylävirran maankäyttömuoto
- Uoman sisältyminen peruskuivatus- tai vesitaloushankkeeseen
- Tieto vesioikeudellisesta yhteisöstä (VL 12:1)

4) Ympäristöön vaikuttavat tekijät

- Tietoja eläinten- ja erityisesti kalan läpikulusta
- Tiedot suojelualueista ja vaikutuksista niihin
- Vaikutukset maisemaan

5) Hydrologia

- Valuma-alueen suuruus ja järvisyys
- Peltojen osuus valuma-alueesta
- Vettä läpäisemättömien alueiden osuus valuma-alueesta
- Yksikkövaluman ja -valunnan suuruus
- Mitoituksessa käytetyn ylivirtaaman toistuvuus ja suuruus

6) Laskenta, vesiaukon mitoitustulokset ja rakennevaihtoehdot

- Laskentamenetelmä
- Vesiaukon mitoitustulokset ja suositukset mitoista
- Vesiaukon supistuman ja virtausnopeuden suuruus
- Padotuksen suuruus
- Rakennevaihtoehdot

7) Arvio vesioikeudellisen luvan tarpeellisuudesta

Silta- ja rumpumitoituksessa kerrotaan perusteet vesiaukon mitoitukselle. Siinä on esitettävä silta- ja rumpupaikan mitoitusta koskevat lähtötiedot, olosuhteet, rakenneratkaisu ja mahdollisesti myös rakenneratkaisun vaihtoehto, vesiaukon mitat sekä padotuslaskelmien tulokset. Jos mitoituksen tilauksesta ei ilmene, onko tarkoitus ylittää uoma sillalla vai rummulla, voi vesiaukon mitoittaa molemmille vaihtoehdoille rakenteille. Mikäli rakenne ja mitat ovat tiedossa, tarkistetaan laskelmin, ettei mitoituspadotus yli eikä uoman supistumisen seurauksena virtaus muutu kiirovirtaukseksi.

Mitoituksessa mainitaan sillan ja rummun kohdalla tiedossa olevat vesiuoman kaivua ja kunnostusta koskevat peruskuivatus- tai vesitaloushankkeet sekä kerrotaan kuinka ne on otettu huomioon mitoituksessa. Vesiaukkoon vaikuttavien tekijöiden hahmottamiseksi mitoituksen laatijan on hyvä suorittaa paikalla maastotarkastus.

Jos uomalla on erityistä kalastollista tai muuta ympäristöllistä erityisarvoa, niin mitoitukseen voidaan kirjata ehdotus töiden aloitusilmoituksen tekemisestä ELY-keskukselle. Tällöin voi alueellisen ELY -keskuksen kunnostus- ja

kala-asioihin perehtynyt henkilö käydä antamassa asiantuntija-apua toteutuksen aikana. Hyväksi koettu käytäntö on ollut kaksi käyntiä rakennuspaikalla. Ensimmäisen kerran ylityspaikalle tehdään maastokäynti mitoituksen laatijan kanssa ja toisen kerran asennuksen loppuvaiheessa ennen kuin työkoneet viedään pois. Siten tarvittavat korjaustoimenpiteet on mahdollista suorittaa pienin kustannuksin. Joskus voi olla tarpeen laatia lähempi selvitys tai suunnitelma kalankulun takia tehtävistä rakenteista ja toimittaa se ELY-keskuksen tarkastettavaksi ennen työhön ryhtymistä.

Jos siltaa tai rumpua ollaan toteuttamassa uomaan, joka on altis jää- tai hyydepadoille, niin siitä tulee konsultoida ELY-keskuksen tulva-asioihin perehtynyttä henkilöä ennen suunnittelun aloitusta. Samoin tulisi olla yhteydessä ELY-keskuksen tulvariskiasiantuntijaan tilanteessa, jossa sillan tai rummun yläpuolisella alueella sijaitsee kohde, joka voisi kärsiä erityisen pahoin tulvavesistä.

Jos mitoitus koskee useaa silta- tai rumpupaikkaa, voidaan kootusti esittää mitoituksen lähtökohdat ja mitoitusperusteet yms. ja sen jälkeen silta- ja rumpukohtaiset selvitykset, mitoitukset ja mitoituspadotuksen suuruus. Mitoituksessa ei ole tarpeellista esittää laskentakaavoja ja laskelmia. Väyliä ja niitä vastaavia kulkuvesiä koskevissa siltamitoituksissa käytetään Liikenneviraston ohjeissa esitettyjä merkintöjä

(ks. luku Silta-aukon leveys ja alikulukorkeus).

Padotuslaskelmissa käytetyt lukuarvot ovat lähes poikkeuksetta likiarvoja. Laskentatulokset esitetään yleisesti käytettyjen sääntöjen mukaisesti pyöristettyinä. Sillan ja rummun padotus esitetään senttimetrin tarkkuudella (0,01 metrin tarkkuus). Valuma-alueen suuruus ilmoitetaan kolmen merkitsevän numeron tarkkuudella. Ylivaluman määrittelytarkkuus on 1 tai 5 l/s km². Jos virtausnopeus ilmoitetaan, niin se esitetään 0,1 m/s tarkkuudella. Virtaaman tarkkuus esitetään kahden merkitsevän numeron tarkkuudella paitsi, jos virtaama on yli 1000 m³/s, niin virtaama esitetään kolmen merkitsevän numeron tarkkuudella. Mitoituslaskelmiin perustuvat korkeudet ja vaakamitat esitetään 0,1 metrin tarkkuudella.

Rummun mitta ilmoitetaan yleisesti saatavilla olevin rumpukokojen mukaisesti tai niin, että sen halkaisijan (ellipsin muotoisissa leveys ja korkeus) on oltava vähintään mitoituslaskelmin saatu tulos. Rummun mitta esitetään 0,1 metrin tarkkuudella.

Mitoituksessa arvioidaan vesioikeudellisen luvan tarpeellisuus, jos se on rakenteen toteuttamisen edellytyksenä (ks. luku Vesiuomat ja luvan tarve). Koska silta- ja rumpumitoitukset ovat luonteeltaan nimenomaan hydrologisia mitoituksia, niihin liittyy aina lähtöarvoista johtuvia epävarmuuksia. Tämän seikan voi tuoda esille mitoituksessa. Koska vesiaukon mitoitukseen vaikut-

tavat ylivirtaaman määrä ja maan- ja vesistönkäyttömuodot saattavat tulevaisuudessa muuttua, niin mitoituksessa on aiheellista suositella mitoituksen tarkistusta silloin, kun ryhdytään uusimaan tai peruskorjaamaan rakenteita. Mitoituksia varten on oppaan liitteinä (9–11) kolmen esimerkkitapauksen lausuntomallit, joita voidaan soveltaen käyttää vesiaukkojen mitoituksessa. Lausuntomallien käytön tarkoituksena on helpottaa mitoituksen laatijan työtä. Samalla ne toimivat tarkistuslistoina ja yhtenäistävät käytäntöjä mitoituksen laadinnassa.

8. Lähteet

- Jaakonaho, O. 2002. HEC-RAS River Analysis system – Käyttöohje. Julkaisematon
- Järvenpää L. & Savolainen M. (toim.) 2015. Maankuivatuksen ja kastelun suunnittelu (2. päivitetty painos), Ympäristöhallinnon ohjeita 4/2015. Suomen ympäristökeskus. 191 s.
- Kuusisto, E. 1985. Lumipeitteen kertyminen ja sulaminen Suomessa.
- Liikennevirasto 2013. Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 5/2013
- Merenkulkulaitos 2005. Suositukset vesistösiltojen aukkomitoista.
- MMM 2003. Suurtulvatyöryhmän loppuraportti (MMM 2003:6).
- Rankkasateet ja taajamatulvat, Suomen ympäristö 31/2008
- Rinne, V. 1945. Vesirakentajan virtausoppi
- Seuna, P. 1967. Sillan aiheuttamasta patoumasta.
- Seuna, P. 1983. Aluetekijöiden vaikutus pienten alueiden ylivalumiin
- Suomen rakennusinsinöörien liitto 1968. Maa- ja vesirakennus. RIL 69.
- Suomen rakennusinsinöörien liitto 1981. Vesihuolto. RIL 124.
- Suomen vesivarat ja ilmastonmuutos-vaikutukset ja muutoksiin sopeutuminen, Suomen ympäristö 16/2012
- Tiehallinto 1999. Tierummut vaellusesteinä Ongelman kuvaus ja ratkaisumalleja.
- Tiehallinto 2003. Eläinten kulkujärjestelyt tiealueen poikki.
- Tiehallinto 2005. Siltasuunnittelun lähtötiedot.
- Vesihallitus 1986. Maankuivatuksen suunnittelu, I osa. Vesihallituksen tiedotuksia 278.
- Vesilaki 587/2011
- Vesiyhdistys ry 1986. Sovellettu hydrologia

9. Liitteet

LIITE 1 Arvioiteja suurtulvatyöryhmän raportin (MMM 2003:6) merkityksestä vesiaukon mitoituksessa.

LIITE 2 Aukkomitoituksen käsitteistö ja periaatteet (Merenkulkulaitos)

LIITE 3 Kuva: Sillan alikulkukorkeuteen liittyvät käsitteet (Merenkulkulaitos)

LIITE 4 Ojan syvyyden määräytyminen

LIITE 5 Esimerkki mitoituksesta

LIITE 6 Ympyrämuotoisen rummun pinta-ala korkeuden mukaan pohjasta lukien

LIITE 7 15% vaakaellipsin muotoisen putken aukon pinta-ala korkeuden mukaan pohjasta lukien

LIITE 8 Ellipsin (soikion) segmentin pinta-alan laskentakaava

LIITE 9 Ohjeellinen lausuntomalli (ojarumpu, yksityistie)

LIITE 10 Ohjeellinen lausuntomalli (purosilta, taajama)

LIITE 11 Ohjeellinen lausuntomalli (jokisilta, valtatie)

LIITE 1. Arviointeja suurtulvatyöryhmän raportin (MMM 2003:6) merkityksestä vesiaukon mitoituksessa.

Maa- ja metsätalousministeriön asettama suurtulvatyöryhmä on selvittänyt suurtulvistä aiheutuvia vahinkoja ja niiden vähentämiseksi tarvittavia toimenpiteitä. Työryhmän loppuraportissa (**MMM 2003:6**) on yhdeksi tavoitteeksi asetettu, että suurten tulvien kannalta merkittävät vesistö-rakenteet ovat toimivia ja turvallisia. Pysyvän asutuksen alueilla ja kohteissa, joissa on tärkeitä rakennuksia tai rakenteita, joille tulvista voi aiheutua merkittäviä vahinkoja, vesirakenteiden kuten siltojen ja rumpujen suunnittelussa lähtökohtana pidetään keskimäärin kerran 100 vuodessa sattuvaa tulvaa. Sen sijaan erityisen tärkeissä kohteissa, joissa tulvista voi aiheutua huomattavia vahinkoja rakennuksille ja toiminnoille, suunnitteluperusteena pidetään kerran 250 vuodessa sattuvaa suurtulvaa.

Erityisen tärkeiksi kohteiksi katsotaan muun muassa:

- vaarallisia aineita käsittelevät ja varastoivat laitokset,
- kemianteollisuus,
- veden- ja jätevedenkäsittelylaitokset,
- liikenneyhteydet joissakin tapauksissa (esim. kulkuyhteydet padolle),
- viestiyhteydet (esim. kaapelit, linkit),
- kaatopaikat (myös vanhat) joissakin tapauksissa (merkittävä ympäristöriski, ongelmajätteet),
- sairaalat
- evakuointipisteet (esim. koulut) sekä
- sähkönjakelupisteet ja muuntamot.

Tällaiset kohteet tullaan selvittämään alueellisissa tulvasuojelun yleissuunnitelmissa yhteistyössä eri viranomaisten kesken. Suurtulvatyöryhmän raportin tavoitteet on tarpeen ottaa huomioon myös silta-aukkojen ja rumpujen mitoituksessa alueilla ja kohteissa, joissa tulvista voi aiheutua merkittäviä tai huomattavia vahinkoja, käyttämällä mitoitusvirtaamana keskimäärin kerran 100 tai 250 vuodessa toistuvaa ylivirtaamaa.

Julkaisun laadinnassa on tutustuttu selvityksiin ja arvioihin ilmastomuutoksen vaikutuksesta virtaamiin. Lisäksi on arvioitu ilmastomuutoksen mahdollisia vaikutuksia vesiaukon padotuksen suuruuteen. Vuonna 2000 valmistuneessa Suurtulvaselvityksessä (Suomen ympäristö 441) arvioitiin Lapin ympäristökeskuksen alueella Lapin tiepiirin toimesta varsin tarkasti vahingot, joita tarkasteltavaksi suurtulvaksi valittu, keskimäärin kerran 250 vuodessa toistuva tulva aiheuttaisi silloille. Arvion mukaan, jota tukivat monet Lapin alueella todetut tulvien silloille aiheuttamat vahingot, kokonaisvahingot olisivat silloille noin 30 milj. €. Siltojen sortuminen voisi aiheuttaa niiden yläpuolella huomattavaa padotusta ja lisätä tulvavahinkoja. Näin ollen sellaisissa kohdissa, joissa sillan yläpuolella on merkittäviä tulvariskikohteita, myös sillan mahdollisesta sortumisesta aiheutuva tulvavahinkoriski tulee ottaa huomioon.

LIITE 2. Aukkomitoituksen käsitteistö ja periaatteet (Merenkulkulaitos)

3. Aukkomitoituksen käsitteistö ja periaatteet

3.1 Käsitteiden ja termien määritelmät

Seuraavassa on määritelty sillan alikulkukorkeuteen liittyvät keskeiset käsitteet. Käsitteet on lisäksi havainnollistettu kuvassa 4.

Sillan alikulkukorkeus

Määrittää alittavan aluksen suurimman sallitun korkeuden mitoitusvedenpinnasta lukien. Silta-aukon vapaan korkeuden ja turvallisuusvälin erotus.

Silta-aukon vapaa korkeus

Määräävän vedenkorkeustason ja sillan päällysrakenteen alapinnan välinen etäisyys. Silta-aukon alikulkukorkeuden ja turvallisuusvälin summa.

Silta-aukon vapaa leveys (vapaa aukon leveys)

Sillan rakenteista vapaa, väylään nähden kohtisuora aukon leveys, joka on voimassa korkeussuunnassa uoman tai siinä olevan kulkuväylän pohjatasosta alikulkukorkeuden ilmoittamaan tasoon saakka.

Turvallisuusväli

Vapaan korkeuden ja alikulkukorkeuden erotus. Aaltoilun ja aluksen keinumisen johdosta tarvittava turvallisuusvara. Sisältyy myös erilaisista mittausten epätarkkuuksista aiheutuvat epävarmuustekijät. Sisävesillä normaalisti 0,5 m, merialueilla 0,5 – 1m. Alle 5 m korkuisilla silloilla turvavälin minimiarvo on 10% vapaasta korkeudesta, kuitenkin vähintään 0,2 m.

Alikulkukorkeuden vertailutaso (määräävä vedenkorkeustaso)

Vedenkorkeuden vertailutaso, jonka suhteen alikulkukorkeus ilmoitetaan. Määräävänä vedenkorkeustasona on:

- merialueilla keskivedentaso (MW)
- järviolueilla purjehduskauden ylin vedenkorkeustaso (HW_{NAV})
- järviolueilla, joilla purjehduskauden ylävertailutasoa ei ole määritelty, voidaan käyttää määräävänä vedenkorkeustasona keskiylivettä (MHW).

Haraussyvyys

Väylän nimellinen haraussyvyys tarkoittaa tietystä vertailutasosta ilmoitettua vesisyvyyttä, johon saakka väylän alueella (vahvistetulla väyläalueella tai väyläalueeksi katsottavalla alueella) on joka kohdassa varmistettu olevan vapaata vettä.

Kulkussyvyys

Väylän kulkussyvyys tarkoittaa suurinta syvyyttä, jolla alus voi käyttää väylää. Kulkussyvyys määritetään vertailutason mukaisesta vedenpinnantasosta. Vertailutaso on merialueilla MW-tason mukainen taso ja sisävesillä purjehduskauden aliveden taso (NW_{NAV}).

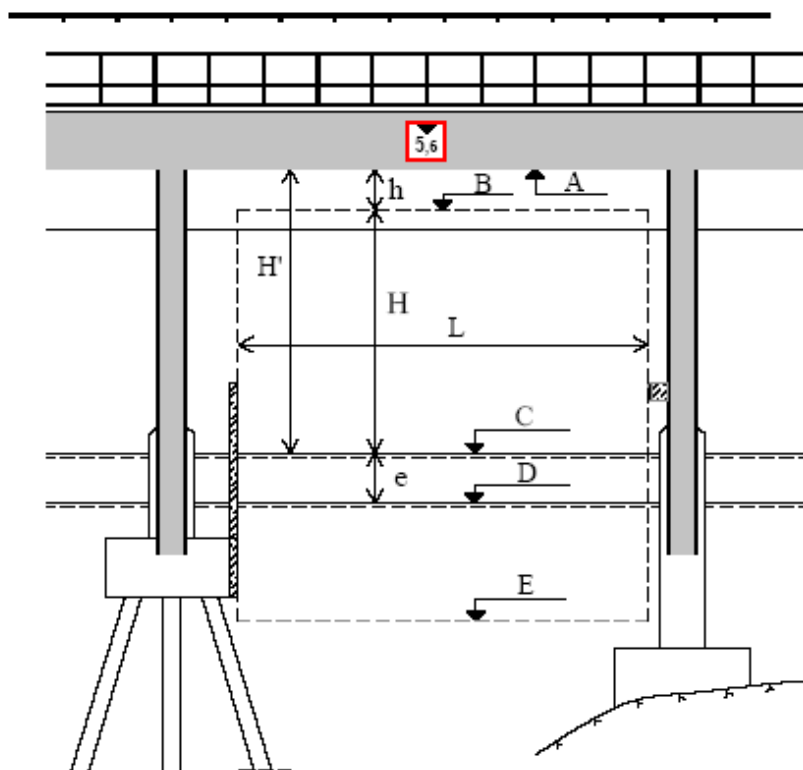
Väyläalue

Väyläalue on vesiliikenteen käyttöön tarkoitettu, väyläalueen reunalinjojen rajaama alue.

Väylätila

Väylätila on väyläalueen reunalinjojen, haraustason sekä käytettävissä olevan alikulkukorkeuden rajaama tila, joka on tarkoitettu vesiliikenteen käyttöön. Alikulkukorkeus voi vaihdella eri osissa väylätilaa.

LIITE 3. Kuva: Sillan alikulkukorkeuteen liittyvät käsitteet (Merenkululaitos)



- H = Sillan alikulkukorkeus
h = Aaltoilun ja aluksen keinumisen johdosta tarvittava turvallisuusväli.
H' = Silta-aukon vapaa korkeus (H + h).
L = Silta-aukon vapaa leveys.
A = Sillan alapinnan korkeustaso.
B = Turvallisen alikulkukorkeuden suurin korkeustaso.
C = Määräävä vedenkorkeustaso
- merialueilla keskivedentaso (MW)
 - järviolueilla purjehduskauden aikainen ylin vedenkorkeus (HW_{NAV}).
- D = Purjehduskauden aikainen alin vedenkorkeustaso (NW_{NAV}).
E = Väylän haraustaso.
e = Vertailutasoa alemmasta vedenkorkeudesta johtuva vaihteleva lisä alikulkukorkeuteen. Ei voida sisällyttää karttoihin ja siltoihin merkittävään alikulkukorkeuteen.

Kuva 4. Sillan alikulkukorkeuteen liittyvät käsitteet.

3.2 Sillan kulkuaukon määräytyminen

3.2.1 Yleiset tekijät

Sillan kulkuaukko määräytyy vesiliikenteen tarpeiden, ympäristövaikutusten, siltateknisten ratkaisujen ja aiheutuvien kustannusten perusteella. Silta-aukon vapaita mittoja harkittaessa on lisäksi tarpeen ottaa huomioon samalla vesireitillä jo olemassa olevat sillat ja muut mahdollisesti rajoittavat esteet (mm. ilmajohdot), samoin kuin alikulkukorkeusrajoituksen vaikutusalueen laajuus.

LIITE 4. Ojan syvyyden määräytyminen

Ojan ja puron syvyyden tulee olla sellainen, että tarvittava kuivatus toteutuu sekä peruskuivatukseen että tulvien kannalta. Peruskuivatusuoman kaivussyvyys määritetään ensisijassa kasvukauden aikaisen kuivatuksen minimisyvyyden eli kuivavaran mukaan. Lisäksi uoman syvyyteen vaikuttavat varautuminen uoman liettymiseen ja maan painumiseen sekä tasaisilla alueilla salaojituksen minimikaltevuusvaatimuksesta aiheutuva etäisyyslisä (Kuva). Tulvanaikaisella kuivavalla tarkoitetaan uoman veden ja pellonpinnan korkeuseroa mitoitusvirtaamalla. Tulvanaikaisen kuivavaran vaatimus on kasvukauden aikaista pienempi. Tulvanaikaisen kuivavaran mitoitukseen vaikuttavat tulvan esiintymisajankohta ja kesto sekä maaperän kantavuus.

Peruskuivatusta tarvitaan alueen salaojituksen mahdollistamiseksi tai jo toteutetun salaojituksen toiminnan turvaamiseksi. Salaojituksen kuivatussyvyys riippuu imuojien ohjesyvyydestä (1,0...1,2m) sekä kokoojaojien kaltevuudesta ja tarvittavasta liettymisvarasta. Yleisesti voidaan salaojituksen edellyttämänä kuivatussyvyytenä pitää 1,4 m, kun se avo-ojitetulla pellolla on 1,2m ja metsäalueella 0,9m mitattuna ns. kesävesipinnasta.

Valtaojan syvyys määräytyy peruskuivatuksen vaatiman kuivavaran sekä etäisyys-, painumis- ja liettymisvaran mukaan

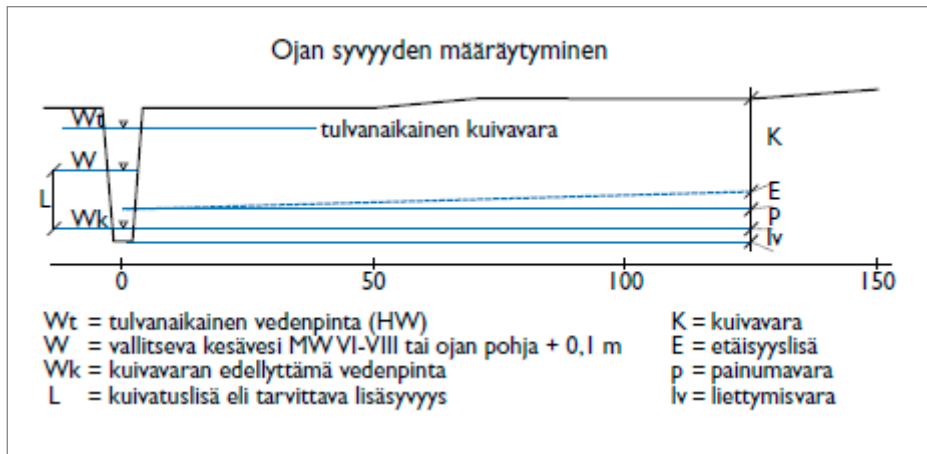
(Kuva). Syvyys määräytyy kuivatettavan alueen matalimpien kohtien mukaan lisätynä etäisyyslisällä, joka on salaojituksen osalta 0,2m/100m ja avo-ojituksen osalta 0,1...0,2m/100m. Toisin sanoen ojan syvyyden tulee tasaisilla mailla olla selvästi kuivatussyvyyttä suurempi. Aina se ei kuitenkaan ole mahdollista vesistön vedenkorkeuden tai maan laadun takia, jolloin on turvaututtava vedenalaisen salaojituksen tai pumppaukseen. Suunnitellun ja nykyisen kuivatussyvyyden erotus osoittaa vallitsevan vajaakuivatuksen eli sen lisäsyvennyksen määrän, joka tarvitaan suunnitellun kuivatustavoitteen saavuttamiseksi. Tätä vajaakuivatuksen eli lisäsyvennyksen määrää nimitetään myös kuivatuslisäksi (L).

Salaojituksen edellyttämä liettymisvara on yleensä 0,3m laskuaukon alareunasta ojan pohjaan. Jos uomassa on jatkuvasti vettä, liettymisvara on 0,1...0,2m mitattuna kesäajan keskimääräisestä vedenkorkeudesta laskuaukon alareunaan.

Valtaojan syvyydessä on otettava huomioon myös maan painuminen ja kuluminen. Maan painuminen riippuu ensisijaisesti painuvan maalajin paksuudesta ja pohjavedenpinnan alenemisesta eli kuivatuksen lisäyksestä. Viljelyksessä pitkään olleiden turve- ja liejumaiden osalta voidaan aikaisemman painuman perusteella tulevaksi painumaksi yleensä arvioida 30...50 % vedenpinnan alenemisesta. Maanpinnan kulumi-

seksi voidaan turve- ja liejumilla olettaa 0,5...1,0cm vuodessa eli 10...20cm 20 vuoden aikana.

Kuva. Ojan syvyyden määräytyminen.



LIITE 5. Esimerkki mitoituksessa käytettävistä laskentamenetelmistä

Mitoitetaan vesiaukko taajaman halki virtaavalle purolle, jonka valuma-alue on 30 km² ja järvisyys 1%. Siltapaikka sijaitsee Keski-Suomessa. Uoman perkausmitoitus on peruskuivatussuunnitelman mukaan seuraava: pl=2,0 m, sk=1:2, I=0,001.

Ensimmäiseksi valitaan taulukosta 1 käytettävä mitoitusvirtaama, joka tässä tapauksessa on $HQ_{1/100}$. Mitoitusvirtaama otetaan Kaiteran nomogrammista (kuva 1.) $F = 30 \text{ km}^2$, järvisyys = 1%, lumen vesiarvon vuosimaksimi (kuva 2) = 140 => $Mhq = 150 \text{ l/skm}^2$, johon lisätään 20% (ilmastonmuutos) => $Mhq = 180 \text{ l/skm}^2$. Tämä kerrotaan taulukon 2 kertoimella 2,5 ($Mhq \rightarrow Hq_{1/100}$). Siltapaikan mitoitusvirtaamaksi saadaan $0,18 \text{ m}^3/\text{skm}^2 * 2,5 * 30 \text{ km}^2 = 13,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Mitoitusvirtaamaa vastaava vedenkorkeus saadaan kokeilemalla eri vedenkorkeuden arvoja Manningin kaavaan, kunnes laskenta antaa tavoitellun mitoitusvirtaaman (13,5 m³/s). Manningin kertoimena käytetään arvoa 0.034.

Hydraulinen mitoitus tapahtuu Manningin kaavasta johdetulla kaavalla:

$$Q = (A * R^{2/3} * J^{1/2}) / n,$$

jossa Q = virtaama (m³/s)

A = veden poikkipinta-ala (m²)

R = hydraulinen säde (m)

J = uoman pituuskaltevuus

n = uoman seinämän hankauskerroin

Hydraulinen säde R tarkoittaa veden poikkipinta-alaa jaettuna märkäpiirillä = A/P

$$\Rightarrow R = A / (B + L1 + L2) = [h * (B + s * h / 2 + t * h / 2)] / [B + h * ((1 + s^2)^{1/2} + h * ((1 + t^2)^{1/2})],$$

jossa B = uoman pohjanleveys

h = mitoitusvirtaaman vedensyvyys

s = uoman luiskakaltevuus

t = uoman luiskakaltevuus

- vedenkorkeudella 2,00 m saadaan virtaamaksi 11,86 m³/s, virtausalaksi 12 m² ja hydrauliseksi säteeksi (R) 1,096.
- vedenkorkeudella 2,20 m saadaan virtaamaksi 14,70 m³/s, virtausalaksi 14,08 m² ja hydrauliseksi säteeksi (R) 1,189.
- iteroimalla saadaan vedenkorkeudeksi 2,12 m (virtaama 13,52 m³/s), virtausalaksi 13,23 m² ja hydrauliseksi säteeksi (R) 1,152.
 - veden virtausnopeus uomassa on 1,02 m/s ja uoman pintaleveys B = 10,48 m.

Sallittavaksi mitoituspadotukseksi saadaan 3 cm taulukosta 7 (puro, yläpuolinen alue taajama, pituuskaltevuus 0,001).

Vesiaukon mitoitus:

Nissisen nomogrammista (kuva 9) saadaan supistumiskertoimeksi $s \sim 0,78 \Rightarrow$ vaadittava vesiaukon ala $= 0,78 * 13,23 \text{ m}^2 = 10,32 \text{ m}^2$.

Tolkmittin menetelmällä saadaan, sallimalla vedenkorkeuden kokonaismuutokseksi 5 cm (josta vesiaukon aiheuttama padotus ~ 3 cm) virtausnopeudeksi vesiaukossa $v_1 = 1,39 \text{ m/s}$ ja vaadittavaksi vesiaukon alaksi $10,76 \text{ m}^2$.

Seunan k-menetelmällä saadaan Nissisen mukaan lasketun vesiaukon padotukseksi 0,03 m ja Tolkmittin mukaan lasketun vesiaukon padotukseksi 0,023 m.

Bradleyn menetelmällä saadaan Nissisen mukaan lasketun vesiaukon padotukseksi 0,03 m ja Tolkmittin mukaan lasketun vesiaukon padotukseksi 0,022 m.

Morris & Wiggertin menetelmällä saadaan Nissisen mukaan lasketun vesiaukon padotukseksi 0,041 m ja Tolkmittin mukaan lasketun vesiaukon padotukseksi 0,032 m.

Nissisen menetelmällä saadun vesiaukon vaadittava virtausala $10,3 \text{ m}^2$ vedenkorkeudella 2,12 m saadaan asentamalla uomaan halkaisijaltaan 5000 mm rumpu, joka upotetaan 1,44 m uoman tasausviivan alapuolelle (optimaalinen upotus $= (D - H_t)/2$). Tällöin putken virtausala H_t -korkeudella $= 10,27 \text{ m}^2$ (= ympyrän ala $19,635 \text{ m}^2$ – upotuksen osuus $4,68 \text{ m}^2$ – H_t -korkeuden yläpuolelle jäävä tehoton tila $4,68 \text{ m}^2$).

Frouden luku uomassa on 0,22 ja vesiaukossa 0,27.

LIITE 6. Ympyrämuotoisen rummun pinta-ala korkeuden mukaan pohjasta lukien

Rummut d = 2,2 ... 5,0 m

virtausala A [m²]

rummun halkaisija d [m]	5.00	0.00	0.26	0.74	1.33	2.03	2.80	3.62	4.50	5.42	6.36	7.33	8.32	9.32	10.32	11.31	12.30	13.27	14.22	15.13	16.01	16.84
	4.80	0.00	0.26	0.72	1.31	1.98	2.73	3.54	4.39	5.28	6.20	7.14	8.09	9.05	10.01	10.96	11.90	12.82	13.71	14.56	15.36	16.11
	4.60	0.00	0.25	0.70	1.28	1.94	2.67	3.45	4.28	5.14	6.03	6.93	7.85	8.77	9.69	10.59	11.48	12.34	13.17	13.95	14.68	15.34
	4.40	0.00	0.25	0.69	1.25	1.89	2.60	3.36	4.16	5.00	5.85	6.72	7.60	8.48	9.35	10.21	11.04	11.85	12.61	13.32	13.96	14.52
	4.20	0.00	0.24	0.67	1.21	1.84	2.53	3.27	4.04	4.85	5.67	6.51	7.35	8.18	9.01	9.81	10.59	11.33	12.02	12.64	13.18	13.61
	4.00	0.00	0.23	0.65	1.18	1.79	2.46	3.17	3.92	4.69	5.48	6.28	7.08	7.87	8.65	9.40	10.11	10.78	11.38	11.91	12.33	12.57
	3.80	0.00	0.23	0.64	1.15	1.74	2.38	3.07	3.79	4.54	5.29	6.05	6.81	7.55	8.27	8.96	9.60	10.19	10.70	11.11	11.34	
	3.60	0.00	0.22	0.62	1.12	1.68	2.31	2.97	3.66	4.37	5.09	5.81	6.52	7.21	7.87	8.49	9.06	9.56	9.96	10.18		
	3.40	0.00	0.22	0.60	1.08	1.63	2.23	2.86	3.52	4.20	4.88	5.55	6.21	6.85	7.45	8.00	8.48	8.86	9.08			
	3.20	0.00	0.21	0.58	1.04	1.57	2.15	2.75	3.38	4.02	4.66	5.29	5.90	6.47	7.00	7.46	7.83	8.04				
	3.00	0.00	0.20	0.56	1.01	1.51	2.06	2.64	3.23	3.83	4.43	5.01	5.56	6.06	6.51	6.87	7.07					
	2.80	0.00	0.20	0.54	0.97	1.45	1.97	2.52	3.08	3.64	4.18	4.71	5.19	5.62	5.96	6.16						
	2.60	0.00	0.19	0.52	0.93	1.39	1.88	2.39	2.91	3.43	3.92	4.38	4.79	5.12	5.31							
	2.40	0.00	0.18	0.50	0.88	1.32	1.78	2.26	2.74	3.20	3.64	4.03	4.34	4.52								
	2.20	0.00	0.17	0.47	0.84	1.25	1.68	2.12	2.55	2.96	3.33	3.63	3.80									
		0.00	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80	3.00	3.20	3.40	3.60	3.80	4.00

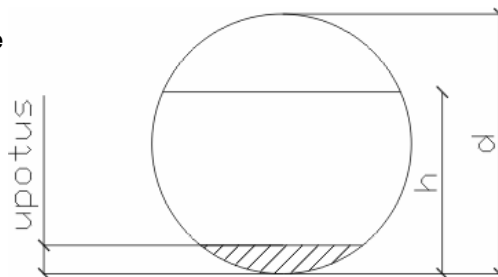
vedenkorkeus rummussa h [m]

Rummut d = 0,8 ... 2,0 m

virtausala A [m²]

rummun halkaisija d [m]	2.00	0.00	0.06	0.16	0.30	0.45	0.61	0.79	0.98	1.17	1.37	1.57	1.77	1.97	2.16	2.35	2.53	2.69	2.85	2.98	3.08	3.14
	1.80	0.00	0.06	0.15	0.28	0.42	0.58	0.74	0.92	1.09	1.27	1.45	1.63	1.80	1.97	2.12	2.27	2.39	2.49	2.54		
	1.60	0.00	0.05	0.15	0.26	0.39	0.54	0.69	0.85	1.01	1.16	1.32	1.47	1.62	1.75	1.87	1.96	2.01				
	1.40	0.00	0.05	0.13	0.24	0.36	0.49	0.63	0.77	0.91	1.05	1.18	1.30	1.40	1.49	1.54						
	1.20	0.00	0.05	0.12	0.22	0.33	0.45	0.57	0.68	0.80	0.91	1.01	1.09	1.13								
	1.00	0.00	0.04	0.11	0.20	0.29	0.39	0.49	0.59	0.67	0.74	0.79										
	0.80	0.00	0.04	0.10	0.17	0.25	0.33	0.40	0.47	0.50												
		0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	1.90	2.00

Esimerkki: Uoman vesisyvyys (Ht)=1,20 m ja vesiaukon pinta-alan tulee olla vähintään 1,88 m². Rummun upotus tulee olla (d-Ht)/2, silloin 1,80 m halkaisijaltaan olevan rummun upotus olisi 0,3 m. Tällöin veden poikkipinta-ala vesiaukossa Ht korkeudella olisi 2,54 m² - 2*0,28 m² (upotus 0,3 m + vesipinnan yläpuolelle jäävä tehoton tila) = 1,98 m².

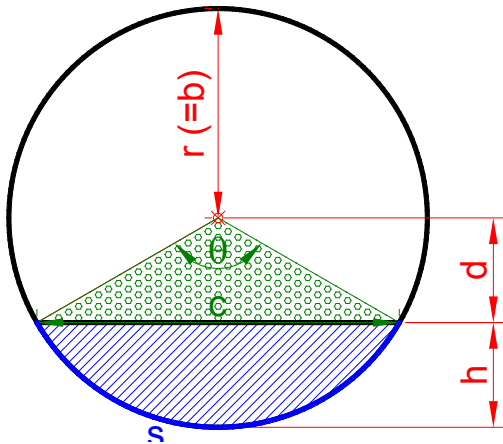


LIITE 8. Ellipsin (soikion) segmentin pinta-alan laskentakaava

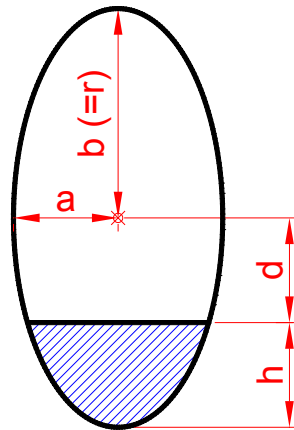
Ellipsin segmentin pinta-alan kaava voidaan johtaa ympyrän segmentin pinta-alan kaavasta.

Ympyrän segmentin pinta-ala (kuva 1, sininen viivoitus) saadaan laskettua sektorin alan ja keskuskolmion alan (kuva 1, vihreä pisteikkö) erotuksena, kun $0 < \theta \leq 180^\circ$ ja vastaavasti näiden summana, kun $180 < \theta < 360^\circ$. Pinta-alan laskemiseksi voidaan johtaa kaava (esim. <http://mathworld.wolfram.com/CircularSegment.html>):

$$A = r^2 \arccos\left(\frac{r-h}{r}\right) - (r-h)\sqrt{2rh - h^2} \quad \text{jossa} \quad \begin{array}{l} r = \text{ympyrän säde ja} \\ h = \text{segmentin korkeus.} \end{array}$$



Kuva 1. Merkintöjä ympyrän segmentin (viniivioitus) pinta-alan laskemiseksi.



Kuva 2. Merkintöjä ellipsin segmentin (viniivioitus) pinta-alan laskemiseksi.

Ellipsi (soikio) on ikään kuin "puristettu" (tai "venytetty") ympyrä. Ellipsi puoliakseleilla a ja b (kuva 2) voidaan laatia kuvassa 1 esitetystä b -säteisestä ympyrästä kertomalla sen kaikki x -koordinaatit puoliakselien osamäärällä a/b . Näin laaditun ellipsin pinta-ala voidaan laskea b -säteisen ympyrän pinta-alasta $A = \pi \cdot b^2$ kertomalla se a/b :llä. Ellipsin pinta-alaksi saadaan tällöin $A = a \cdot b \cdot \pi$.

Vastaavasti kun halutaan laskea ellipsin segmentin pinta-ala, lasketaan ensin ko. ellipsin puoliakselin b -säteisen ympyrän h -korkuisen segmentin pinta-ala ja kerrotaan tämä (kaava 1) a/b :llä. Kaava 1 saadaan tällöin muotoon (esim. <http://mathforum.org/library/drmath/view/51786.html>):

$$A = \left(b^2 \arccos\left(\frac{b-h}{b}\right) - (b-h)\sqrt{2bh - h^2} \right) \cdot \left(\frac{a}{b}\right), \quad \text{jossa} \quad (2)$$

a = ellipsin "puristetun/venytetyn" puoliakselin pituus (horisontaalinen),

b = ellipsin toisen puoliakselin pituus (vertikaalinen), sama kuin em. ympyrän säde ja

h = segmentin korkeus b -akselin suuntaisesti (vrt. vesisyvyys rummussa).

LIITE 9. Lausuntomalli (ojarumpu, yksityistie)

LAUSUNTO X YKSITYISTIEN X-OJAN RUMMUSTA, *kunta*

Lausunto koskee vesiaukon mitoitusta rummun rakentamista varten. Rummulla on tarkoitus korvata nykyinen puusilta.

Rummun nimi: X rumpu
Tie: X yksityistie, paalulukema x
Kunta: X
Koordinaatit: x, y (ETRS-TM35FIN)
Korkeusjärjestelmä: N2000

Lausunnon lähtökohtana on varmistaa, ettei rumpu padota haitallisesti eikä aiheuta vaellusesteitä vesieliöstölle tai muuta oleellisesti virtausolosuhteita rummun kohdalla tai sen läheisyydessä. Lausunto perustuu X-ojan perkaussuunnitelmaan (Tnro x, *päivämäärä*), jolla on oma korkeustaso N_x ja paikalla suoritettuun tarkastukseen. Korkeustaso $N_x:n$ ja Korkeusjärjestelmä N2000 välinen ero on $+x$ metriä, jolloin korkeustasoon N_x on lisättävä x metriä, jotta se vastaisi N2000-korkeusjärjestelmää. Lausunnossa mainitut korkeudet on ilmoitettu N2000-korkeusjärjestelmässä.

Rumpupaikka sijaitsee X-ojan alaosalla perkauskohteen alkupäässä paalulla (PI) x. X-oja laskee *Kyläjokeen*. Ylävirran puolella on peltoa ja alavirran puolella metsää. Maaston kaltevuus on kohtalainen. Ojan liettymisen takia peltoalueella ei ole täyttä kuivatusta.

Valuma-alue on $x \text{ km}^2$, josta peltoa noin $x\%$. Mitoitusvirtaamana käytetään ylivirtaaman toistuvuutta $HQ_{1/20}$. Kun ylivaluman ($Hq_{1/20}$) suuruus on $x \text{ l/skm}^2$, saadaan valuma-alueen ja järvisyyden mukaan laskettuna mitoitusvirtaamaksi $x \text{ m}^3/\text{s}$.

X-ojan perkaussuunnitelman mitoitustiedot ovat:

- pituuskaltevuus (l) on x ,
- pohjan leveys (pl) on $x \text{ m}$,
- luiskien kaltevuudet (lk) ovat $1:x$ ja
- uoman pohjan korkeus (k) on $x \text{ m}$ (N2000) paalulla x.

Kun oja on kaivettu perkaussuunnitelman mukaan, niin mitoitusvirtaamalla vesisyvyys (Ht) on $x \text{ m}$ ja virtausala (A) on $x \text{ m}^2$.

Nykyisen sillan paikalle voidaan rakentaa rumpu, jonka

- halkaisija (d) on x m,
- kaltevuus (l) on x
- yläpäässä aukon alareunan korkeus (k) on x m (N2000) eli x m nykyisen ojanpohjan tason alapuolella.

Ojaa on suotavaa siivota sekä rummun ala- että ylävirran puolelta, mistä toimenpiteestä pitää sopia ennakkoon maanomistajien kanssa, elleivät työt kuulu ojan kunnossapitoon.

Mitoituslaskelmat on tehty Tolkmitt'in menetelmällä. Mitoitusvirtaamalla rumpu padottaa x m ja supistaa uoman virtausalaa x %, mitä voidaan lausunnon lähtökohta ja paikan olosuhteet huomioon ottaen pitää kohtuullisena. Mitoitus on suositeltavaa tarkistaa, kun rumpu aikanaan uusitaan.

Paikkakunta ja päivämäärä

Lausunnon antaja

LIITE 10. Lausuntomalli (purosilta, taajama)

LAUSUNTO X SILLASTA, (kunta)

Lausunto koskee sillan vesiaukon mitoitusta. Silta on tarkoitus rakentaa tien oikaisun yhteydessä, jolloin nykyinen silta ylävirrän puolelta puretaan.

Sillan nimi:	X
Tie:	X (x tie) nro x, tien paalulukema x
Kunta:	X
Koordinaatit:	x, y (ETRS-TM35FIN)
Korkeusjärjestelmä:	N2000

Lausunnon lähtökohtana on varmistaa, ettei rumpu padota haitallisesti eikä aiheuta vaellusesteitä vesieliöstölle tai muuta oleellisesti virtausolosuhteita rummun kohdalla tai sen läheisyydessä. Lausunto perustuu lausunnon pyytäjän antamiin uomatietoihin sekä aikaisempaan siltalausuntoon (nro x, päiväys), tarkistettuihin virtaamatietoihin ja paikalla suoritettuun tarkastukseen.

Siltapaikka sijaitsee *Isosuonojan* alaosalla ja siitä on x km alapuoliseen *Kotajärveen*. Siltapaikan molemmin puolin on peltoa ja ylävirrän puolella myös taajama-aluetta. Maaston vietto ojaan on hyvä. Sillasta alapäin ojalla on kohtalainen kaltevuus. Ylävirrän puolella ojan kaltevuus on vähäinen ja oja tulvii herkästi, joskin tulvat rajoittuvat vain kapealle vyöhykkeelle. Uomassa kalankulku on mahdollista.

Valuma-alue siltapaikalla on x km², järvisyys x % ja peltojen osuus valuma-alueesta alle x %. Viereiselle taajamalle mahdollisesti aiheutuvien vahinkojen estämiseksi ylivirtaaman toistuvuudeksi valitaan $HQ_{1/100}$. Kun ylivaluman ($Hq_{1/100}$) suuruus on x l/skm², saadaan valuma-alueen ja järvisyyden mukaan laskettuna mitoitusvirtaamaksi x m³/s. Keskivirtaama on x m³/s. Kuivina kausina virtaus voi tyrehtyä kokonaan. Ylävirrän puolella uoman vedenpinnan leveys keskivirtaamalla on x m ja vesisyvyys x m.

Jos uomaa on mahdollista (saa) perata, voidaan rakentaa vaihtoehtoisesti

1. silta, jonka
 - aukon leveys (b) on vähintään x m,
 - pohjan korkeus (k) on x m (N2000) ja
 - kannen alareunan korkeus (k) on x m (N2000), jolloin alikulkukorkeus on x m eli HW+0,5 m.
2. pyöreä rumpu, jonka
 - halkaisija (d) on x m,
 - kaltevuus (l) on x ja
 - yläpäässä aukon alareunan korkeus (k) on x m (N2000).
3. matalarakenteinen rumpu, jonka
 - leveyden ja korkeuden suhde (B/H) on x m/x m,
 - kaltevuus (l) on x ja
 - yläpäässä aukon alareunan korkeus (k) on x m (N2000).

Nämä kolme vaihtoehtoa edellyttävät perkausta ja sen yhteydessä ylävirran puolella uoman kiveämistä. Uomaa on tarpeen perata 80 metriä sillasta alavirtaan niin, että:

- pohjan korkeuden taso sillan kohdalla on x m (N2000) eli x m nykyistä uoman pohjaa alempana,
- pohjan kaltevuus (l) on x ,
- pohjan leveys (pl) on x m ja
- luiskakaltevuudet ovat 1: x .

Tällöin mitoitusvirtaamalla vesisyvyys (H_t) on x m ja virtausala (A) on x m². Ylävirran puolelta uomaa on kivettävä luonnonmukaisesti korkeuseron loiventamiseksi siten, että kalankulku on mahdollista. Pyydettyäessä voidaan työn aikana antaa tarkempia ohjeita. Tämä teialueen ulkopuolella tehtävä vähäinen perkaus edellyttää kunnan ja maanomistajien suostumusta.

Ilman perkausta paikalle voidaan vaihtoehtoisesti rakentaa

1. silta, jonka

- aukon leveys (b) on vähintään x m,
- pohjan korkeus (k) on x m (N2000) ja
- kannen alareunan korkeus (k) on x m (N2000), jolloin alikulkukorkeus on x m eli HW+0,5 m.

2. pyöreä rumpu, jonka

- halkaisija (d) on x m,
- kaltevuus (l) on x
- yläpäässä aukon alareunan korkeus (k) on x m (N2000).

3. matalarakenteinen rumpu, jonka

- leveyden ja korkeuden suhde (B/H) on x m/ x m,
- kaltevuus (l) on x ja
- yläpäässä aukon alareunan korkeus (k) on x m (N2000).

Siltojen mitoituslaskenta on tehty Seunan K-menetelmällä ja rumpujen Tolkmitt'in menetelmällä. Kaikissa edellä esitetyissä vaihtoehtoisissa silta tai rumpu padottaa mitoitusvirtaamalla enintään x m ja aukko supistaa uoman virtausalaa vaihtoehdosta riippuen $x...x\%$ vesiaukon virtausalan ollessa vastaavasti $x...x$ m², mitä voidaan lausunnon lähtökohta ja paikan olosuhteet huomioon ottaen pitää kohtuullisena. Mitoitus on suositeltavaa tarkistaa silloin, kun silta tai rumpu aikanaan peruskorjataan tai uusitaan.

Isosuonoja on vesilain mukaan purovesistö. Koska sillan tai rummun rakentamisesta tämän lausunnon mukaisesti ei aiheudu haittaa vesistölle tai sen käytölle, rakentamiseen ei tarvitse hakea aluehallintoviraston lupaa (VLx§)/Sillan tai rummun rakentamisesta tulee tehdä vesirakentamisilmoitus alueelliselle valvontaviranomaiselle (ELY-keskus), joka arvioi rakentamisen luvantarpeen.

Paikkakunta ja päivämäärä

Lausunnon antaja

LIITE 11. Lausuntomalli (jokisilta, valtatie)

LAUSUNTO VALTATIEN NRO X KYLÄJOEN SILLASTA, (kunta)

Lausunto koskee sillan vesiaukon mitoitusta sillan suunnittelua varten. Sillan rakentaminen liittyy tieosuuden parantamiseen moottoritieksi. Tielinja ylittää joen hieman vinosti.

Sillan nimi: *Kyläjoen valtatiesilta*

Tie, tieosuus: *Valtatie nro x, väli X-X, tien paalulukema x*

Kunta: *X*

Koordinaatit: *x, y (ETRS-TM35FIN)*

Korkeusjärjestelmä: *N2000*

Lausunnon lähtökohtana on turvata yläpuolisin alueen maankuivatus sekä joen virtaus- ja käyttöolosuhteet. Lausunto perustuu lausunnonpyytäjän antamiin uomatietoihin ja nykyisen sillan lausuntoon (nro x, päivämäärä) sekä 1990-luvulla toteutettuun *Kyläjoen kunnostussuunnitelmaan* (nro x, päivämäärä) ja paikalla suoritettuun tarkastukseen. Laskelmissa on käytetty kunnostussuunnitelmasta saatuja virtaamatietoja. Niiden suuruusluokka on tarkistettu ympäristöhallinnon Hertta-järjestelmästä haetuista päivitetystä virtaamatiedoista.

Siltapaikka sijaitsee *Kyläjoen keskiosan kunnostussuunnitelman jokipaalulla x*. Alapuolisesta *Isojärvestä* alkaen *Kyläjokijoki* on kunnostettu paaluvälillä *x...x*. Kunnostusosuudella maasto on varsin tasaista pelto- ja metsämaata, jonka kuivatus on kunnossa. Joessa kuljetaan vähäisessä määrin pienillä moottoriveneillä.

Mitoituksen lähtötiedot

Valuma-alue siltapaikalla on $x \text{ km}^2$ ja järvisyys $x\%$. Silta-aukon mitoitusvirtaamana on käytetty kunnostussuunnitelman ylivirtaamaa $HQ_{1/100}$, joka siltapaikalla on $x \text{ m}^3/\text{s}$. Tämä vastaa ylivalumaa $x \text{ l/s km}^2$. Mitoitus tarkistetaan lausuntopyyntöön mukaisesti myös suurtulvien varalta ylivirtaamalla $HQ_{1/250}$, joksi on arvioitu $x \text{ m}^3/\text{s}$. Keski virtaama MQ on $x \text{ m}^3/\text{s}$ ja keskialivirtaama MNQ on $x \text{ m}^3/\text{s}$. Siltapaikan vedenkorkeudet ovat: ylivesi $HW_{1/100}$ on $x \text{ m}$ (N2000), ylivesi $HW_{1/250}$ on $x \text{ m}$ (N2000), keskivesi MW on $x \text{ m}$ (N2000) ja keskialivesi MNW on $x \text{ m}$ (N2000). Kun kunnostussuunnitelman mukaisessa perkausmitoituksessa joen pohjan korkeus on $x \text{ m}$ (N2000), pohjankaltevuus (I) on x , pohjan leveys (pl) on $x \text{ m}$ ja luiskaltevuus (lk) on 1: x , niin ylivirtaamalla $HQ_{1/100}$ vesisyvyys (Ht) on $x \text{ m}$ ja virtausala (A) on $x \text{ m}^2$ sekä ylivirtaamalla $HQ_{1/250}$ vastaavasti Ht on $x \text{ m}$ ja A on $x \text{ m}^2$.

Mitoitus

Aukon rajoituksessa perkausmitoituksen mukaisesti luiskiin silta voidaan rakentaa yksiaukkoisena niin, että aukon kohtisuora leveys joen poikki (b) on vähintään x m ja pohjan korkeus (k) on x m (N2000) eli x m kunnostussuunnitelmassa esitettyä joen pohjan korkeutta alempana. Silta-aukon alikulkukorkeuden on oltava x m keskivedenkorkeudesta (MW) mitattuna. Kannen alareunan on oltava kuitenkin vähintään tulvakorkeuden $HW_{1/250}$ tasolla. Näin mitoitettuna alikulkukorkeus on purjehduskaute-na riittävä pienveneille. Vaihtoehtoisesti paikalle voidaan rakentaa 3-aukkoinen silta, jonka keskiaukon leveys on vähintään x m ja jonka aukkojen yhteenlaskettu virtausala on vähintään sama kuin yksiaukkoisessa sillassa. Kannen alareunan on oltava vähintään samassa tasossa kuin edellä mainitussa yksiaukkoisessa siltavaihtoehdossa.

Laskelmat on tehty Seunan K-menetelmällä. Ylivirtaamalla $HQ_{1/100}$ padotus on x m ja ylivirtaamalla $HQ_{1/250}$ padotus on x m. Ylivirtaamalla $HQ_{1/100}$ silta-aukon virtausala on x m² ja uoman virtausalan on supistuminen $x\%$ ja ylivirtaamalla $HQ_{1/250}$ ovat vastaavasti x m² ja $x\%$. Mitoitusperusteita voidaan lausunnon lähtökohta sekä vesistö- ja tieolosuhteet huomioon ottaen pitää kohtuullisina. Mitoituksen tarkistustarve on kuitenkin syytä selvittää, kun silta aikanaan peruskorjataan.

Luvan tarve

Kyläjoki on vesilain mukaan vesistönä joki, joten sillan rakentamiselle on, vaikkei siitä aiheutuisikaan haittaa vesistölle tai sen käytölle, haettava aluehallintoviraston lupa.

Paikkakunta ja päivämäärä x

Lausunnon antaja

OPAS 4 | 2016

SILTA- JA RUMPURAKENTEIDEN AUKKOMITOITUS

Etelä-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

ISBN 978-952-314-429-3 (painettu)

ISBN 978-952-314-430-9 (PDF)

ISSN-L 2242-2927

ISSN 2242-2927 (painettu)

ISSN 2242-2935 (verkkojulkaisu)

URN:ISBN:978-952-314-430-9

www.doria.fi/ely-keskus

