



Luonnonmukaisen vesirakentamisen pilotti

Tulvatasanteen kokeilu kunnostusojituksessa

Samuli Joensuu

Lauri Laaksonen

Asmo Hyvärinen

2016 - 2017

Sisällys

	1
1 Projektin tausta ja tarkoitus	3
1.1 Tausta	3
1.2 Tarkoitus	9
2 Projektin toteutus	10
3 Projektin tulokset	10
3.1 Tulvatasanteen suunnittelun muistilista	10
3.2. Tulvatasanteen suunnitelma	13
4 Tulvatasanteen käytännön toteutus	13
4.1 Huomioita toteutuksesta	13
4.2 Huomioita kohteen seurannasta 2017	14
4.3. Tulvatasanteen mitoitus	15
4.4. Kuvamateriaalia	17
5 Suositukset	20
Kirjallisuutta	21

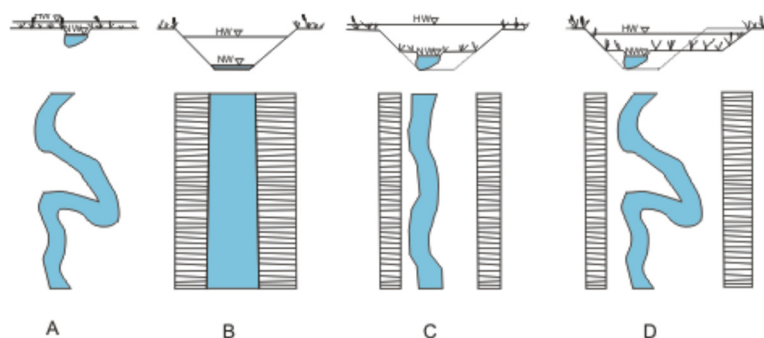
Tulvatasanteen kokeilu kunnostusojituksessa

1 Projektin tausta ja tarkoitus

1.1 Tausta

Luonnonmukaisella vesirakentamisella tavoitellaan yleensä vesistöjen luonto- ja maisema-arvojen säilymistä. Samoilla menetelmillä hyödytetään myös tulvasuojelua ja vesiensuojelua, koska menetelmien soveltamisessa hidastetaan yleensä veden virtausnopeutta uomassa. Muun muassa maatalouden peruskuivatuksen kunnossapidon ohjeissa (2006) korostetaan kaivuumenetelmien valinnassa uomien monimuotoisuuden säilyttämistä. Kaivuussa suositetaan siten kosteikkoja, uomien mutkittelua, eroosiosuojauksia ja tulvatasanteita. Myös 2012 voimaan tulleessa vesilaissa luonnontilaisuus ja luonnontilaisen kaltaiseksi muuttuneiden uomien suojeleminen korostuu tiukentuneen lupakäytännön myötä (Vesilaki 5 luku 8§ ja 5 luku 3§). Monista luonnonmukaisista vesirakentamistekniikoista on metsätaloudessakin kokemusta muun muassa purojen kunnostusten yhteydessä luonnonhoitohankkeina. Luonnonmukaisen vesirakentamisen menetelmät voisivat olla hyvä lisä metsätalouden vesiensuojelumenetelmien valikoimaan. Tästä syystä menetelmiä pitää testata käytännössä ennen kuin niitä voidaan kuvata vesiensuojelusuosituksissa.

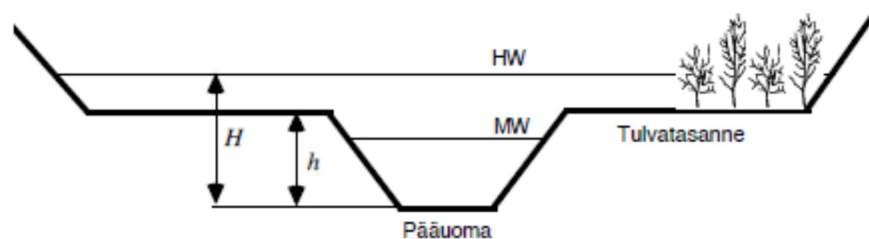
Tulvatasanteiden rakentaminen peltojen viemäri- ja laskuojiin on verrattain uusi menetelmä. Niiden toimivuutta on tutkittu maatalouden peruskuivatuksenkin yhteydessä vasta viime vuosikymmenen loppupuolelta lähtien. Keväällä 2016 tarkastettiin aiheeseen liittyvä ensimmäinen kotimainen väitöskirja (Västilä 2016). Aihepiiristä on meillä eniten julkaissut Jukka Jormola (2007, 2011 ja 2012) Suomen ympäristökeskuksesta. Metsätaloudessa tulvatasanteista ei ennen tätä pilottia ole kokemusta.



- A = Luonnontilainen
B = Perinteisesti kaivettu
C = Liettynyt ja elpynyt, perkaustarve
D = Kaivettu tulvatasanne, mutkittelu voi jatkua

Kuva 1. Uoman kaivuuvaihtoehdot. Vaihtoehto A kuvaa luonnontilaa, B perinteistä tapaa kaivaa oja sekä C ja D tulvatasannevaihtoehtoja. Tulvatasanteen kaivamisella voidaan muun muassa säilyttää vanhan uoman mutkitteleva muoto. Tässä vaihtoehdossa vanhaan uomaan ei kosketa.

Tulvatasanteita koskevien suositusten mukaan uoman vedenjohtokykyä voidaan parantaa kaivamalla uoma poikkileikkaukseltaan kaksitasoiseksi. Penkan yläosa kaivetaan tulvatasanteeksi ja vanhan uoman pohja jätetään koskematta.



Kuva 2. Periaatepiirros tulvatasanteista, jotka on kaivettu pääuoman molempiin luiskiin. Tavoitteena on, että ylivirtaamat nousevat tulvatasanteille. Lähde: Järvelä 1998).

Tulvatasanteiden alapuolelle jäävässä alivesiuomassa on eliöstölle riittävästi vettä myös vähävetisenä aikana, ja jatkuva virtaus estää uomaa liettymästä ja kasvamasta umpeen. Tulvatasanne on maaperästä ja rantakasvillisuudesta riippuen yleensä **30–60 cm** alivesiuoman pohjaa korkeammalla ja vesi nousee sille normaalia kesävirtaamaa suuremmilla virtaamilla. Tämä tarkoittaa sitä, että tulvatasannetta kaivettaessa kesäveden aikaan, tasanteen pohjan taso jätetään **10 – 20 cm** uoman vedenpinnan tason yläpuolelle. Tulvatasanteet parantavat luiskien kestävyyttä. Ne myös jossakin määrin vähentävät valumaveden kiintoainepitoisuutta, koska eroosion välttämiseksi alivesiuoman reunan ja pohjan kasvillisuus säästetään. Tavoitteena kaivuussa on, että vanhan uoman pohjaan ei kosketa. Tulvatasanteilla vanhan uoman mutkaisuutta voidaan lisätä tai säilyttää, mikä edistää luontaista elpymistä.

Tulvatasanne voi tilanteesta riippuen sopia myös tilanteisiin, jossa alun perin leveäksi kaivettu uoma on liettynyt ja kasvanut umpeen. Tällöin kapea, mutkitteleva alivesiuoma vain kaivetaan kasvillisuuden sekaan leveän uoman pohjalle. Tällöin puhutaan tulvatasangosta (Järvelä 1998). Vesi ohjautuu kaivettuun alivesiuomaan ja virtaus pitää sen puhtaana. Tulvien aikana muu osa uomasta toimii tulvatasanteena, jolla kasvava kasvillisuus sitoo veden mukana kulkevaa kiintoainetta ja ravinteita. Tulvaterassin tai -tasanteen muodostama tulva-alue leikkaa huippuvirtaamia ja ehkäisee tulvimista. Sortuminen vähenee ja kiintoaines pysähtyy suurilla virtaamilla kasvillisuuden sekaan. Pohjakulkeuman pysäyttämistä voidaan vielä tehostaa tekemällä pohjakynnyksiä.

Tulvatasanne suositellaan yleensä kaivettavaksi toispuoleisena. Tällöin kaivuussa uoman vedenjohtokykyä parannetaan perkaamalla vain toinen uoman luiskista. Vastakkainen luiska ja sille kehittynyt kasvillisuus sekä uoman pohja ja osa kaivuun puoleista luiskaa jätetään koskematta, jolloin monimuotoisuutta voidaan säilyttää.

Uoman varrella kasvavat puut ja uoman luiskaa sitova ruohovartinen kasvillisuus kannattaa säästää, koska kasvillisuus ja puiden juuret toimivat luontaisena eroosiosuojana. Näin uoman rakenne on kestävämpi ja siten voidaan vähentää kunnostustarvetta.



Kuva 3. Kuvasta selviää tulvatasanteen idea maatalouden laskuojassa. Veden levittäytyessä tulva-aikana tulvatasanteelle, veden virtausnopeus heikkenee oleellisesti. Tämä vähentää eroosion vaaraa ja siten kiintoainekuormitusta. Kuva: Kaisa Västilä.



Kuva 4. Kaivuussa vanhaan uomaan ei kosketa ja vanhan uoman reunaan pyritään jättämään kasvillisuutta sitomaan vanhan uoman luiskia. Kuva: Jukka Jormola.

Tulvatasanne toteutetaan siten, että kaivu tapahtuu pelkästään koneen puolelta vanhaa uoma. Vanha uoma jää alkuperäiseen leveyteen ja syvyyteen. Siitä muodostuu alivesiuoma toispuoleisen tasanteen reunaan. Mikäli tulvatasanne toteutetaan vanhan uoman molempiin luiskiin, vanha uoma jää koskemattomaksi ja mutkittelevaksi alivesiuomaksi tasanteiden keskelle.



Kuva 5. Syken seurannoissa olevilla kohteilla vähäistä eroosiota on tapahtunut sellaisissa tulvatasanteen kohdissa, joissa ei ole ollut kasvillisuussuojaa. Kuvat: Jukka Jormola



Kuva 6. Vertailuna perinteiseen valtaojan kaivuun, normaalisti peratussa uomassa eroosiota alkaa syntyä luiskan alareunassa, uoman reuna alkaa jyrkentyä. Uomasta tulee yksipuolinen suora, jossa on matalavetinen uoma. Lohkeamat ovat erityisesti odotettavissa, jos maaperä on syöpyvää ja ranta jää pystysuoraksi. Asian tila voidaan ennakoida loiventamalla kaivuuta ja siirtämällä kasvimättäitä. Kuva: Jukka Jormola

Tulvatasanne on kaivettava riittävän alas, jotta vesi nousee sille helposti tulvatilanteessa. Suojaavan rantakasvillisuuden säästäminen on haasteellista. Lietettä alkaa kasaantua välittömästi etenkin kasvillisuuden taakse. Kasvillisuuden tulo ja taimettuminen kostealle tasanteelle alkaa toisaalta nopeasti. Myös puustoa kannattaa mahdollisuuksien mukaan säästää alueella sopivassa paikassa eroosion välttämiseksi.

Hyödyt ovat kokemusten mukaan nähtävissä heti. Alueella ei tapahdu samentumista ja lietteen kertyminen alkaa. Ongelmana on tasanteen korkeuden määrittely ja rantakasvillisuuden suojaus. Tasanteelle kannattaa siirtää kasvimättäitä. Maataloudessa alueet on voitu myös kylvää kauralle tai nurmelle. Tasanne tiivistetään kauhalla.



Kuva 7. Tulvatasanteille alkaa kehittyä runsaasti kasvillisuutta, myös puita. Esimerkkitapauksessa on kulunut kuusi vuotta tulvatasanteen rakentamisesta. Kuva: Jukka Jormola



Kuva 8. Kuvassa tulvatasanne on kaivettu liian ylös. Ongelmana tuolloin on, että tulva vain poikkeustapauksissa ulottuu tulvatasanteelle. Kuva: Jukka Jormola

Västilän (2016) mukaan kasvillisuus nostaa virtausvastusta ja hidastaa veden virtausnopeutta.

Alla on listattuna Sipoon Ritåbäckenillä saatuja kokemuksia viljelysvaltaojaan tehdystä tulvatasanteesta:

- Kaivuun toteutettiin siten, ettei vanhan ojan pohjaan koskettu
- Kaivuun aikainen kiintoaineskuorma oli hyvin pieni, vain 2 % vuoden kokonaiskuormasta
- Tärkeätä oli, että uoman pohja säilyi ennallaan
- Kaivuun jälkeen kasvittomalta tasanteen osalta tapahtui lievää eroosiota
- Eroosiosuojaus parantaisi asiaa
- Viljan satotappiot vähenivät tulvien hävittyä tulvatasanteen myötä
- Toisaalta peltopinta-ala hieman supistui
- Kasvillisuuden kehittyminen tasanteelle vähensi uomaeroosiota ja aikaansai kiintoaineksen kasautumista
- Tulvatasanteelle kasaantui hienoakin ainesta
- Menetelmä alensi veden kiintoainespitoisuutta ja sameutta sadantatapahtumien aikana
- Uomaeroosio oli vähäisempää kuin vastaavissa suoristetuissa, kokonaan peratuissa uomissa
- Päättelmänä on, että uomien uudelleenperkaustarve vähenee, kun uoman poikkipinta-alaa on riittävästi
- Pitkällä tähtäimellä kustannussäästöjä sekä ekologista hyötyä
- Vedenjohtokyky pääuomassa pysyy hyvänä, koska kasautuminen pääuomaan vähenee
- Etuna monimuotoinen elinympäristö; tulvatasanne muodostaa ekologisen käytävän
- Tulvatasannekasvillisuus voi potentiaalisesti pidättää liukoisia ravinteita samalla tavalla kuin kosteikkokasvillisuus
- Tulvatasanteen huolto ja hoito sekä niitto ovat helpompia kuin kosteikoissa

Kaisa Västilä selvitti väitöskirjassaan Ritobäckenin tulvatasannekasvillisuuden ominaisuuksien vaikutusta virtausvastukseen ja uomaeroosioon sekä sedimentaatioon. Huomiona oli, että vedenkorkeus nousee tulvatasanteella kasvillisuuden kehittymisen myötä. Virtausvastus ja virtausnopeus riippuvat voimakkaasti kasvillisuuden korkeudesta ja vedenkorkeudesta. Tulvatasanne vähensi selvästi eroosiota niin tulvatasanteella kuin sen yläpuolellakin. Tulvatasanne vaikuttaa siten veden virtausnopeutta hidastavasti. Kiintoainesta sedimentoituu tulvatasanteelle. Koska kaivuun aikana ei vanhan uoman pohjaan koskettu, kaivuun aikainen kiintoaineskuorma jäi erittäin vähäiseksi. Uoman pohja säilyi ennallaan. Kasvipeite tulvatasanteella paransi kiintoaineskuorman pidättymisen tehokkuutta. Veden tulviminen uomasta pellolle väheni. Johtopäätöksenä oli, että vedenjohtokyky uomassa pysyy hyvänä ja uudelleenperkauksen tarve vähenee.

1.2 Tarkoitus

Tämän hankkeen tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa kunnostusojitushankkeella laskuojaan tulvatasanne. Tarkoituksena oli saada kokemusta menetelmän toteutuksesta metsätaloudessa. Tavoitteena oli saada pohja menetelmäkuvaukselle ja ohjeistojen täydentämiselle metsätalouden vesiensuojelua varten.

2 Projektin toteutus

Hankkeen tavoitteena oli tutustua tulvatasanteen rakentamistekniikkaan ja soveltaa muualla saatua kokemuseräistä tietoa kunnostusojitushankkeella suunniteltavan vastaavan rakenteen toteuttamiseen käytännössä.

Kokemuksen perusteella tavoitteena oli laatia kuvaus menetelmän soveltamisesta käytäntöön yhdellä pilottikohteella.

Hankkeella saatiin kokemusta luonnonmukaisesta vesirakennustekniikasta käytännön mittakaavassa. Toiminta sovitettiin käytännön kunnostusojitushankkeen yhteyteen. Testimenetelmänä oli tulvatasanteen toteuttaminen kunnostusojitushankkeella laskuojan yhteyteen, tekniikan kuvaus kirjallisuuden perusteella, suunnittelu käytännössä, kaivuun toteutus ja dokumentointi.

Koska metsätaloudessa ei ole kokemusta tästä maatalouden kuivatushankkeissa kehitetystä luonnonmukaisen vesirakennustekniikan menetelmästä, tässä hankkeessa saatiin alustavaa käytännön tuntumaa tulvatasanteen suunnitteluun ja erityisesti sen toteutukseen. Käytännön kokemuksesta rakentamistekniikassa on hyötyä menetelmän ohjeistoja laadittaessa.

Pilottikohde valittiin vuonna 2016 toteutettavaksi suunniteltujen ja rahoitettujen kunnostusojitushankkeiden joukosta Kanta-Hämeen metsänhoitoyhdistyksen alueella. Pilottikohteen kunnostusojitushankkeen toteutuskustannukset rahoitettiin hankkeen kustannusarviossa normaalisti suunnitellulla tavalla. Tällä hankkeella varauduttiin kustantamaan vain tulvatasanteen toteutuksesta johtuvat ylimääräiset kustannukset. Hankkeella ei seurattu vesinäyttein toteutuksen ympäristövaikutuksia. Tulvatasanteen kehittymistä seurattiin vuosina 2016 – 2017.

Työn toteutukseen osallistuivat Samuli Joensuu Tapio Oy:stä, Lauri Laaksonen Kanta-Hämeen metsänhoitoyhdistyksestä ja Asmo Hyvärinen Otso Metsäpalvelut Oy:stä.

3 Projektin tulokset

3.1 Tulvatasanteen suunnittelun muistilista

Pilottikohteen suunnittelupalaverissa koottiin yhteen kunnostusojitussuunnittelijan työssä huomioon otettavat seikat:

1. Sopivan kohteen valinta / löytäminen

maaston kaltevuus / ojakaltevuus – virtaama ja virtausnopeus

- kohteella tulee olla riittävästi kaatoa mutta ei liikaa
 - vesi nousee tulvatasanteelle mutta ei aiheuta vettymishaittaa yläpuolelle
 - vedenjohtokyvyn säilyttäminen - kuivatusvaikutus
- kohteeksi tulisi löytää luonnostaan alava paikka

- notkopaikat – vesien johtaminen tästä eteenpäin
- vanhat turvemaapelot
- metsätalouden kannalta vähäarvoiset alueet
- veden varastointi / viivyttäminen vain tulvan aikana
- **laserkeilausaineisto (M2)**
 - Maanmittauslaitoksen julkaisema laserkeilausaineisto on kaikkien vapaasti hyödynnettävissä. Hyödyntämiseen tarvitaan sopiva paikkatietotyökalu
- **vesimäärän arviointi, valuma-alueen kuvaus**
- **laskuojien korko, karikot, kynnykset**
 - maaperätutkimus, rassaaminen
 - riittävän tiheä rassaaminen voi paljastaa esimerkiksi kalliokynnysten olemassaolon, joka heikentäisi tulvatasanteen rakentamismahdollisuuksia
- **luonnontilaisen kaltaisten uomien hyödyntäminen**
- **oltava osan vuotta kuiva jotta kasvillisuutta pääsee kehittymään**
 - ei liian voimakas virtaus
- **mahdollisuuksien mukaan metsänuudistamisen yhteydessä**

2. Maaperän arviointi

- **turvekerroksen paksuus**
- **turpeen koostumus, maatuneisuus**
 - Kohteet, joissa turve on valtaosin heikosti maatunutta saraturvetta ovat otollisia kohteita
 - Pitkälle maatuneilla kohteilla eroosio on todennäköisesti suurempaa kuin heikosti maatuneilla kohteilla; turpeen maatuneisuus mielellään alle 6 Von Postin asteikolla
- **pohjamaalaji, eroosioherkkyys**
- **maaston kivisyys**
- **kallionkärjet**
- **liekopuut**

3. Rakenteiden mitoitus (laskentamallit ja ohjeet)

- **rakenteiden ja kaivumassojen vaatima tila, luiskan kaltevuus**
 - maanomistajien suostumus
 - neuvottelut maanomistajien kanssa
- **vesimäärän arviointi, valuma-alueen kuvaus**
- **maaperän ominaisuuksien huomioiminen**
- **tulvatasanteen korkeus vanhaan uomaan nähden**
- **vaatukset**
- **vettä ei tavallisesti nosteta tulvatasanteelle padottamalla – tulee nousta luontaisesti tulvan mukana**
- **alivesiuoman leveys**
- **luiskan kaltevuus max 1:2**
- **kaivuomaiden luiskaus ja maisemointi**

- koneen leveys tilaa luiskan yläreunan ja läjitysmaiden väliin

4. Suunnitelman sisältö:

- yleiskartta
- tulvatasanteen asemointi
- kaivuumassojen sijoittelu
- karttamerkinnot työmaalle
- edellyttää suunnittelutyökalujen päivitystä, jotta ojakarttoihin saadaan tulvatasannetta kuvaava karttamerkki
- kulkureitit kohteelle – toimii jatkossa huoltoreittinä
- poikkileikkauspiirros (mallipiirros)

5. Toteutuksen aikana huomioitavaa

- puuston poisto riittävältä alueelta – maastomerkinnot!!!
- toteutus matalan veden aikaan
- riittävät työohjeet – havainnollistaminen, mitoitus
- vanhan uoman säilyminen koskemattomana
- maastomerkinnot
- luiskan yläreunan sekä alku ja loppupään merkitseminen
- kaivuumaiden läjitys / tasaus
 - kulkuyhteyksien säilyttäminen tulevaa huoltoa varten
 - koneen leveys tilaa luiskan yläreunan ja läjitysmaiden väliin
- Työskentelyolosuhteiden ja maaperän ominaisuuksien tarkkailu työn aikana
 - työskentelytavan tai menetelmän muuttaminen tarvittaessa

6. Arvio, onko sopivin menetelmä vai onko joku muu parempi?

- vaihtoehdot?
 - laskeutusallas, putkipadot
 - kosteikko

7. Kunnossapito

- hoitovelvoite?
- menetelmät?
- tarve?
 - tasanteen ja luiskien niiton ja heinäkorjuun tarpeen arviointi
 - liiallisen vesakoitumisen ja umpeen kasvamisen estäminen
- huoltomahdollisuus – kulkuyhteydet
- välineet
- kunnossapidon ajoitus n. 5 vuoden kuluttua
- kustannukset – kuka maksaa?

8. Seuranta

- viipymän arviointi

- **toimiiko suunnitellusti – nouseeko vesi tulvan aikana tasanteelle?**
- **vedenkorkeuden mittaaminen tulvahuipun aikana toimivuuden mittarina**

3.2. Tulvatasanteen suunnitelma

Liitteenä (Liite 1) on Lauri Laaksosen laatima suunnitelma tulvatasanteen toteuttamiseksi Lopella sijaitsevan Pipakallionsuon kunnostusojitus suunnitelman yhteydessä.

4 Tulvatasanteen käytännön toteutus

Mallikohteen toteuttajana toimi Metsänhoitoyhdistys Kanta-Häme. Työnjohdosta kohteella vastasi MHY Kanta-Hämeen metsäneuvoja Lauri Laaksonen. Hankkeen maanrakennustyöt aliurakoi yhdistykselle Kuljetusliike Silen Ay Lopelta. Kalustona on Hyundai 210 LC kaivinkone varustettuna luiskahydrauliikalla ja kauhanpyörityllä.

Työt toteutettiin yhtäjaksoisesti 17.10.2016. Säätila ja olosuhteet töiden toteutukselle olivat suotuisat pitkstä sateettomasta jaksosta johtuen. Kaivuutyöt pystyttiin ajoittamaan vähävetisen aikaan eikä myöskään toteutushetkellä satanut. Puusto tulvatasanteelle varatulta alueelta oli poistettu edellisellä viikolla. Tulvatasanteen kaivuupuoli tulee uudistettavaksi, vastapuolen puusto harvennetaan talvikaudella 2016–17 ennen varsinaista kunnostusojitusta.

Tulvatasanteen reuna merkittiin aloituspäästä ennen kaivua suuntaa antavasti. Kaivuu toteutettiin siten, ettei vanhan ojan pohjaan koskettu. Uoma kaivettiin poikkileikkaukseltaan kaksitasoiseksi. Penkan yläosa kaivettiin tulvatasanteeksi ja uoman pohja ja vastapuolen luiska jätettiin koskematta. Tasanne tiivistettiin kauhalli. Vastapuolen luiskaan sekä uoman tulvatasanteen puoleiseen reunaan pyrittiin jättämään mahdollisimman paljon kasvavia puita ja uoman luiskaa sitova ruohovartista kasvillisuutta. Tulvatasanteen luiska rakennettiin noin 1:2 kaltevuuteen.

Tasanne oli suunniteltu noin 3 metriä leveäksi ja sen pohjan korkeus 15–20 senttimetriä korkeammalla kuin kesäveden korkeus ojassa. Toteutuneen tasanteen leveydeksi muodostui noin 3,5-4 metriä. Tasanteen pituus on noin 200 metriä. Kaivuutyöhön meni aikaa yksi työpäivä eli kahdeksan (8) tuntia.

4.1 Huomioita toteutuksesta

Tulvatasanteen käytännön toteutuksesta saadut kokemukset vastasivat varsin pitkälle maatalouspuolen tulvatasanteista saatuja kokemuksia sekä sitä mitä suunnitteluvaiheessa oli ennakoitukin. Huolellinen kohteen valinta säästää aikaa toteutuksessa.

Suunnitteluvaiheessa ja puunkorjuussa on tärkeää huomioida kaivuutyön ja kaivuumassojen vaatima tila. Kaivuumassoille tulee varata riittävästi tilaa, jotta ne mahdutaan läjittämään riittävän etäälle tulvatasanteen reunasta ja maakasat pystytään tekemään riittävän loivaluiskaisiksi. Lisäksi kaivinkoneen tulee mahtua kulkemaan ja työskentelemään siten, ettei sen tarvitse liikkua tulevan tulvatasanteen päällä. Korjuu-urakoitsija tulee ohjeistaa siten, ettei maanpintaa rikota tulevan tulvatasanteen paikalta tarpeettomasti. Erityisen tärkeää on, että korjuu-ura sijoitetaan mahdollisimman kauas vanhasta ojasta ja että ojan penkka säilyy ehjänä.

Kaivuujankohdalla on suuri merkitys työn onnistumiselle. Mallikohde päästiin toteuttamaan sekä puunkorjuun että kaivutyön osalta mahdollisimman kuivaan ja vähävetiseen aikaan. Näin maapohjalle aiheutuvat vauriot pysyvät mahdollisimman pieninä ja tulvatasanne voidaan kaivaa riittävän matalana.

Maapohja tulvatasanteelle varatulla alueella oli esimerkkikohteella pääosin rahkaturvetta. Tulvatasanteen alapäässä turpeen paksuus oli noin metri, yläpäässä jopa 4-5 metriä. Pohjamaa oli savea. Käytetty kaivinkonekalusto oli työhön ja maapohjaan nähden varsin raskasta (työpaino n. 25 tn) eikä konetta ollut varustettu erikseen metsäkäyttöön. Kuivissa olosuhteissa tämä ei kuitenkaan aiheuttanut ongelmia. Lisäksi puusto tulvatasanteen paikalla oli uudistuskypsää joten koneen alle oli saatavissa suuria kantoja. Toisaalta kannoista ja niiden irrottamistarpeesta johtuen kaivutyö tehtiin kokonaisuudessaan kuokkakauhalla.

Tulvatasanteen kaivuu aloitettiin yläpäästä koska kaivinkoneelle ei ollut sinne muuta kulkureittiä kuin tasanteelle hakattu alue. Kaivutyö tulee mallikohteen kaltaisella turvemaapohjalla tehdä kerralla valmiiksi. Pintamaan ja kantojen poistamisen jälkeen valmis tulvatasanne ei kestä edestakaista liikkumista. Myöskään kaivupenkan päällä liikkuminen koneilla ei ole suositeltavaa koska riskinä on maan painuminen ja luiskan leviäminen tai jopa sortuminen tasanteen suuntaan.

Mallikohteen kaltaisilla turvemailla uoman varrella kasvavat puut jotka eivät haittaa veden kulkua tai kaivutyötä sekä uoman luiskaa sitova ruohovartinen kasvillisuus kannattaa pyrkiä säästämään. Jos tulvatasanteelle varatulla alueella on runsaasti suuria kantoja kuten mallikohteella, tulee varoa etteivät pitkälle ulottuvat juuristot tarpeettomasti revi maanpintaa auki kantoja nostettaessa. Kantoja ja muuta kasvillisuutta kannattaa mahdollisuuksien mukaan pyrkiä jättämään myös tulvatasanteen kaivun puoleiseen luiskaan.

4.2 Huomioita kohteen seurannasta 2017

Tulvatasanteen kehittymistä seurattiin vuosina 2016 – 2017. Kohteella käytiin tekemässä silmänvaraista seuranta kesäkaudella 2017 neljä kertaa; keväällä, keskikesällä, alkusyksystä ja loppusyksystä. Kesä ja erityisesti syksy 2017 olivat erittäin sateisia, joten kevättä lukuun ottamatta virtaamat kohteella olivat tarkasteluaikana keskimääräistä suurempia.

Seuranta vahvisti maatalouspuolelta saatuja kokemuksia siitä, että tulvatasanne on kaivettava riittävän alas jotta vesi nousee sille helposti tulvatilanteessa. Mallikohde oli toteutettu matalan veden aikaan ja tulvatasanteen pohjan korkeus oli noin 15–20 senttimetriä korkeammalla kuin kaivunaikainen vedenpinta. Tästä huolimatta näytti siltä, että tulvatasanne on pääosin jäänyt liian ylös. Vesi nousi tulvatasanteelle vain sen alapäässä sekä muutamassa painanteessa. Lyhyen seurannan perusteella voidaan todeta, että nykyisellään tulva vain poikkeustapauksissa ulottuu kauttaaltaan tulvatasanteelle. Tähän vaikuttavat todennäköisesti myös alivesiuoman vielä toistaiseksi kohtuullisen hyvä vedenjohtokyky sekä yläpuolisen valuma-alueen pienehkö koko (n. 150 ha). Toisaalta alivesiuomassa on eliöstölle varmasti riittävästi vettä myös vähävetisenä aikana ja jatkuva virtaus estää uomaan liettymästä ja kasvamasta umpeen.

Tulvatasanteelle alkoi kehittyä runsaasti kasvillisuutta jo kaivua seuraavana keväänä. Kasvupaikka ja maaperä (paksuturpeinen reheväkö korpi) ovat kasvillisuuden tulon ja taimettumisen kannalta otollisia. Näin ollen tasanteen tai luiskien täydennyskylvö tai kasvillisuuden siirto eivät ole kohteella tarpeen. Osittain kasvipeitteisyyden nopeasta kehittymisestä johtuen tulvatasanteella tai alivesiuomassa ei ollut havaittavissa eroosiota.

Yhtenä syynä tulvatasanteen puutteelliseen toimivuuteen lienee varsin kevyesti tehty suunnittelu. Vedenpinnan vaihtelua kohteella eri vuodenaikoina ei ollut mahdollista seurata eikä tulvatasanteen korkeutta määritetty esimerkiksi vaaituksella. Tulvatasanteen toimivuutta voidaan jatkossa parantaa esimerkiksi rakentamalla sen alapäähän padottava pohjakynnys. Tämä voidaan kuitenkin toteuttaa vasta sitten kun alueella on tehty varsinainen metsäojien perkaus ja nähdään mille tasolle vedenpinta se jälkeen asettuu. Lisäksi on odotettavissa, että tulevaisuudessa vedenkorkeus nousee tulvatasanteella luonnollisesti kasvillisuuden kehittymisen myötä. Odotettavissa on myös, että kaivetun tulvatasanteen pinta tulee luonnostaan painumaan turpeen kuivumisen ja tiivistymisen myötä.

4.3. Tulvatasanteen mitoitus

Tulvatasanteen mitoitus perustuu laskuojan ylivirtaaman aikaan veden nopeuden hidastamiseen alle laskuojan maalajin rajanopeuden. Ylivirtaaman aikaista veden nopeutta laskuojassa voidaan hidastaa kasvattamalla laskuojan vesipoikkileikkausta tulvatasanteella ja lisäämällä tulvatasanteen pohjan kasvipeitteisyyttä.

Vanhan laskuojan pohja jätetään perkaamattomana alivesiuomaksi ja tulvatasanne kaivetaan toiselle tai molemmille puolille vanhaa laskuojaa. Alivesiuomaksi tulee jättää vain kesäaikaisen virtaaman vaatima syvyys, esim. 20-30 cm, jotta ylivirtaaman aikana vesi nousisi tulvatasanteelle. Luotettavin arvio alivesiuomalle tarvittavasta syvyydestä saadaan mittaamalla veden syvyys laskuojassa kesä-elokuun aikana ennen tulvatasanteen toteutusta.

Tulvatasanteen sivuluiskien kaltevuus tulee tehdä loivemmaksi, kuin normaalin metsäojan sivukaltevuus 1:0,7, suositeltava sivukaltevuus tulvatasanteella on 1:2. Tulvatasanteen pohjan leveys tulee suunnitella siten, että ylivirtaaman aikainen veden nopeus laskee uomassa alle maalajin rajanopeuden.

Tulvatasanteen käyttökelpoisuuden arviointia ja mitoitusta varten on jatkokehitetty Metsäkeskuksen kehittämästä veden nopeuden laskentataulukosta uusi laskentataulukko Tulvatasanne.xls. Laskentataulukossa on oltava makrojen käyttö sallittu ja se on tallennettu Excel 97-2003 muodossa xls.

Taulukkoon on tallennettava lähtötietoina:

- Laskuojan pituus ja korkeusero, joista lasketaan laskuojan kaltevuus m/m.
- Laskuojan yläpuolisen valuma-alueen pinta-ala ha, puuston keskitalavuus valuma-alueella m³/ha ja purkupisteen korkeus m, joista lasketaan Seunan kaavalla keskiylivaluma l/s/km² ja edelleen tulovirtaama m³/s.
- Tulvatasanteen karkeuskerroin (Manningin kerroin), jona käytetään vastakaivetulla ojalla arvoa 0,22 ja kasvipeitteisellä ojalla 0,35. Koska tulvatasanne pyritään nurmettavaan

mahdollisimman nopeasti, käytetään taulukossa tulvatasanteen karkeuskertoimen arvoa 0,35. Karkeuskerroin kuvaa ojan pohjan ja sivuluiskien kasvillisuuden veden nopeutta hidastavaa vaikutusta uomassa.

- Tulvatasanteen ja alivesiuoman korkeus, pohjan leveys ja sivuluiskan kaltevuus, joista lasketaan uoman vesipoikkileikkaus.

Metsäkeskuksen kehittämä uoman virtausnopeuden laskenta tehdään Manningin yhtälöllä, mutta koska veden syvyyttä uomassa ylivirtaaman aikana ei tiedetä, virtausnopeus on laskettava iteroimalla. Painikkeella **Laske virtausnopeus** taulukossa oleva makro antaa veden nopeuden alkuarvoksi 0,01 m/s ja laskee virtausnopeuden mukaisen vesipoikkileikkauksen jakamalla lasketun tulovirtaaman m³/s veden nopeudella m/s ($A=Q/v$). Saadusta vesipoikkileikkauksesta ja uoman mitoista lasketaan Manningin yhtälöllä uoman kaltevuus, jota verrataan uoman mitattuun kaltevuuteen. Makro lisää veden nopeutta 0,01 m/s portain niin pitkään, että Manningin yhtälöllä laskettu uoman kaltevuus vastaa mitattua kaltevuutta.

Laskentataulukossa Tulvatasanne.xls lasketaan kahden eri tavalla toteutetun laskuojan virtausnopeudet; Tulvatasanteellisen laskuojan virtausnopeus ja normaalina metsäojana peratun laskuojan virtausnopeus. Taulukolla voidaan siis laskea ylivirtaaman aikainen veden nopeus normaalisti peratussa laskuojassa ja arvioida sen eroosioriski ja tulvatasanteen mitoitusta muuttamalla arvioida, voidaanko laskuojassa vähentää tulvatasanteella veden nopeutta alle laskuojan maalajin rajanopeuden. Siis käytännössä: Onko tulvatasanteesta hyötyä kohteena olevan laskuojan uomaeroosion estämisessä.

Alivesiuoman tallennettuun syvyyteen tulee kiinnittää huomioita. Mikäli tulvatasanteelle laskettu veden syvyys uomassa (sarake E) on sama tai pienempi, kuin alivesiuoman tallennettu syvyys, ei vesi nouse ylivirtaaman aikana tulvatasanteelle, eikä tulvatasanne toimi veden nopeuden hidastajana. Alivesiuoman syvyyttä tulee tällöin pienentää ja laskea virtausnopeus uudestaan.

Laskentataulukko on tallennettu maalajien rajanopeudet Tapion vesiensuojeluohjeesta. Tavoiteltava veden nopeus tulvatasanteella on alle 0,35 m/s, jolloin yleisin maalajimme silttimoreeni ei vielä erodoidu.

Taulukossa lasketaan myös veden viipymä tulvatasanteella. Jos tulvatasanne toteutetaan normaaliin enintään metrin syvyyseen laskuojaan, tulvatasanteen vesipoikkileikkaus ja pituus jäävät usein käytännössä niin pieniksi, että viipymä tulvatasanteella jää alle tuntiin, jolloin tulvatasanteelle voi pysähtyä vain hienoa hietaa karkeampaa maa-ainesta.

4.4. Kuvamateriaalia



Kuva 9. Tulvatasanteelle hakattu alue



Kuva 10. Valmis tulvatasanne alapäästä



Kuva 11. Valmis tulvatasanne keskivaiheilta



Kuva 12. Valmis tulvatasanne yläpäästä



Kuva 13. Uoman varteen jätettyä pienpuustoa ja kasvillisuutta



Kuva 14. Kasvillisuuden kehitystä tulvatasanteella vuosi kaivuun jälkeen.



Kuva 15. Lopen testikohteella vesi nousi vain voimakkaalla tulvalla tulvatasanteelle. Vasemmalla puolella olevalla ojitusalueella tehdään kunnostusojitus talvella 2018, jolloin tilanne todennäköisesti muuttuu. Tulvatasanteelle ohjautuu tällöin esimerkiksi sulamisvaiheen aikana nopeammin vettä, jolloin tasanteella on mahdollisuus toimia. Lisäksi kaivuun yhteydessä on mahdollista rakentaa tulvatasanteen alapäähän pato, jolla voidaan nopeuttaa veden pinnan nousua tulvatasanteelle. Patokorkeuden määrittämisessä käytetään apuna tällä hankkeella kehitettyä tulvatasanteen mitoituskaskia.

5 Suositukset

1. Valitse tulvatasanteeksi sopiva kohde huolella
 - a. Huolellinen kohteen valinta säästää aikaa toteutuksessa
 - b. Maapohjan kivisyyden kartoitus rassaamalla vähentää yllätysmahdollisuuksia toteutuksessa
2. Piirrä suunnitteluvaiheessa tulvatasanteesta poikkileikkauspiirros
 - a. Varaa maastossa kaivuutyön toteuttamiseen riittävästi tilaa
 - b. Jätä kaivuumasojen maisemoinnille riittävästi tilaa
 - c. Tulvatasanteen luiskankaltevuus tulisi olla vähintään 1:2
 - d. Varaa kaivinkoneelle kulkumahdollisuus läjitysalueen ja tulvatasanteen välissä
 - e. Ura toimii myöhemmin huoltoväylänä
3. Huomioi riittävä tila kaikkien vaiheiden työskentelylle
 - a. Ohjeista korjuu-urakoitsija välttämään maanpinnan rikkomista tulvatasanteella
 - b. Korjuu-uran tulee olla mahdollisimman kaukana vanhasta laskuojasta, jotta laskuojan penkat säilyvät koskemattomina ja mahdollisimman kasvipeitteisinä
 - c. Ohjeista kaivinkoneen kuljettajaa välttämään kulkua tulevan tulvatasanteen tai kaivuumasojen päällä, koska riskinä on, että maa painuu ja luiska leviää tai sortuu tasanteen suuntaan
4. Sovita kaivuuaika mahdollisimman kuivaan ja vähäsateiseen aikaan

- a. Tavoitteena on, että kaivuutyö tehdään kerralla valmiiksi ainakin sellaisilla kohteilla, joissa pintamaan ja kantojen poisto heikentää alueen kulkukelpoisuutta. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi paksuturpeiset alueet.
5. Valitse kaivuriyrittäjä sen mukaan, että kalusto on sopiva tulvatasanteen kaivamiseen
6. Sovita kaivuujärjestys siten, että alueen kulkukelpoisuus säilyy
 - a. Jos tulvatasanteelle varatulla alueella on runsaasti kantoja, tulee varoa, etteivät pitkälle ulottuvat juuristot tarpeettomasti revi maanpintaa esimerkiksi vanhan ojan luiskasta
 - b. Kantoja ja kasvillisuutta kannattaa säästää mahdollisuuksien mukaan myös tulvatasanteen kaivuun puoleiseen luiskaan.
7. Jätä vastapenkkaan kasvillisuutta

Kirjallisuutta

Aulaskari, H. 2014. Luonnonmukaisen peruskuivatuksen tavoitteena maatalousuomien luontoarvojen turvaaminen – esimerkkinä Sipoon Ritobäcken. Esitelmä Vesistökunnostusverkoston vuosiseminaarissa, 11.-12.6.2014.

Hämäläinen, L., Jormola, J., Järvenpää, L., Kasvio, P., Tertsunen, J. ja Muilu, T. 2014. Luontoarvojen huomioon ottaminen ojitusten peruskorjauksissa ja kunnossapidossa. Hankeraportti.

Jormola, J., Harjula, H. ja Sarvilinna, A. (toim.) 2003. Luonnonmukainen vesirakentaminen. Uusia näkökulmia vesistösuunnitteluun. Suomen ympäristö 631, 168 s.

Jormola, J. 2011. Luonnonmukainen peruskuivatus ja vesirakentaminen. Esitelmä Tarvasjoella 16.3.2011.

Jormola, J. 2012. Luonnonmukainen peruskuivatus. Esitelmä Ahlmannin maatalousoppilaitoksessa 17.2.2012.

Jormola, J. 2014. Luonnonmukaisen peruskuivatuksen onnistumisen arviointi, Juottimenoja ja Leppioja. Esitelmä Luonnonmukaisen peruskuivatustoiminnan kehittämisen seminaarissa 29.1.2014.

Jormola, J. 2016. Luonnonmukainen vesirakentaminen ja Illepuisto. Esitelmä Lepaalla 13.8.2016.

Järvelä, J. 1998. Luonnonmukainen vesirakennus. Periaatteet ja hydrauliset näkökohdat virtavesien ennallistamisessa ja uudisrakentamisessa. Teknillisen korkeakoulun vesitalouden ja vesirakennuksen julkaisuja 1. 129 s.

Järvenpää, L. 2007. Luonnonmukainen vesirakentaminen peruskuivatuksessa. Esitelmä salaojateknikoiden neuvottelupäivillä 1.2.2007, Hyvinkää.

Järvenpää, L. ja Savolainen, M. 2015. (toim.) Maankuivatuksen ja kastelun suunnittelu. Ympäristöhallinnon ohjeita 4/2015, 191 s.

Näreaho, T., Jormola, J., Laitinen, L. ja Sarvilinna A. 2006. Maatalousalueiden perattujen purojen luonnonmukainen kunnossapito. Suomen ympäristö 52/2006, 64s.

Opas kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle vesilain mukaisten ojitusasioiden ratkaisemiseen. Etelä-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Opas 3/2016, 60 s.

Purojen hoito maatalousalueilla. Luonnonmukainen peruskuivatus. Esite. 2008. 12 s.

Purot – elävää maaseutua. Purokunnostusopas 2008. 54 s.

Siitonen, N., Västilä, K. ja Järvelä, J. 2013. Hienojakoisen sedimentin kulkeutuminen ja kasautuminen maatalousuomissa. Vesitalous 6/2013, 30 – 34.

Särkelä, A., Aulaskari, H. ja Västilä, K. 2011. Luonnonmukaisen kuivatushankkeen vesistövaikutukset ja uomassa tapahtuvat muutokset. Luonnonmukaisen vesirakentamisen hankkeiden loppuraportti. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry.

Vesilaki, 27.5.2011/587

Västilä, K. 2010. Sedimenttiprosessit ja fluviaalimorfologia. Luento ekohydrauliikka – kurssilla 20.10.2010.

Västilä, K. 2012. Luonnonmukainen vesirakentaminen maatalousuomissa; menetelmä ja Ritobäckenin demokohteen esittely. Luonnonmukainen peruskuivatus – Opintoretki Uudellamaalla 10.10.2012.

Västilä, K. 2015. Flow – plant – sediment interactions: Vegetative resistance modelling and cohesive sediment processes. Tiivistelmä: Virtaus – kasvi – sedimentti – vuorovaikutukset: Kasvillisuuden virtausvastuksen mallintaminen ja kohesiivisen sedimentin prosessit. Aalto University publication series, Doctoral dissertations 220/2015, 158 s.

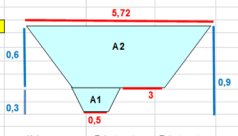
Västilä, Kaisa; Järvelä, Juha. 2014. Modeling the flow resistance of woody vegetation using physically-based properties of the foliage and stem. Water Resources Research, 50, 1, 229-245.

LIITE1.: Pipakalliosuon kunnostusojitushankkeen vesiensuojelun tehostaminen Lopella; Esimerkki kunnostusojitushankkeella toteutettavasta tulvatasanteesta

Liite 2. Tulvatasannelaskuri tasanteen mitoituksen apuvälineenä.

Tulvatasannelaskuri 2017

Valuma-alue:	Valuma-alue Ha	Korkeus MPY m	Keskisuurb m3/ha m3/ha	MHQ l/s/ha	Virtaama Q m3/s
100	111	90	1.007	0.101	
Laskuoja:	21	180	0.0012		
Tulvatasanne:	3.00	0.60	1.50	0.035	
Alivesiuoma:	0.50	0.30	0.7	0.21	



Mitat	Arvo	Yksikkö	Leveys
Alivesiuoman pohja	0.50	m	Leveys 1
Alivesiuoman lasku	0.42	m	Leveys 2
Tulvatasanteen pohja	3.00	m	Leveys 3
Tulvatasanteen pohjan koko leveys	3.92	m	Leveys 4
Tulvatasanteen lasku maanpinta	1.80	m	Leveys 5
Tulvatasanteen leveys maanpinta	5.72	m	Leveys 6
Alivesiuoman korkeus	0.30	m	Korkeus 1
Tulvatasanteen korkeus	0.60	m	Korkeus 2
Uoman koko syvyys	0.90	m	Korkeus 3
Tulvatasanteen laskun kaltevuus	1.50	1:150	
Alivesiuoman laskun kaltevuus	0.7	1:070	
Poikkeikkaus A1	0.21	m2	Ala 1
Poikkeikkaus A2	2.89	m2	Ala 2
Poikkeikkaus A1+A2	3.10	m2	Ala 3
Täyd. uoman märkepiiri m	3.82	m	
Täyd. uoman hydraulinen säde m	0.81	m	

VIRTAAMA Q	Lasku virtausnopeus Veden nopeus v	Vesipölkkeikkaus A	uoman korkeuskertoimen n	Veden syvyys uomassa h	Uoman märkepiiri P	Uoman hydraulinen säde R	Uoman mitattu kaltevuus I	Laskettu kaltevuus (kyläisten nopeuden laskennassa) I
m³/s	m/s	m²		m	m	m	m/m	
0.101	0.218	0.46	0.035	0.36	4.45	0.10	0.0012	0.0013
0.101	0.474	0.21	0.022	0.30	1.23	0.17	0.0012	0.0012

Muuttujat:

Q = tulvitaama m³/s

v = laskimääräinen veden nopeus m/s

A = vesipölkkeikkaus m²

I = pituuskaltevuus

n = Manningin karkeuskertoimen

B = Uoman pohjan leveys m

h = veden syvyys uomassa m

t = laskun kaltevuus

p = märkepiiri m = vesipölkkeikkauksen pohjan ja sivujen yhteispiiri

R = hydraulinen säde (vesipölkkeikkauksen suhte märkepiiriin)

Laskennan vaiheet:

- Tiedetään tulvitaama ja uoman kaltevuus
- Makro antaa virtausnopeudeksi 0.01 m/s
- Kaava laskee vesipölkkeikkauksen Qv
- Tiedetään uoman pohjan leveys ja laskun kaltevuus
- Kaava laskee veden syvyyden uomassa vesipölkkeikkauksesta ja veden syvyydestä
- Kaava laskee uoman märkepiiriin ja hydraulisen säteen uoman mitasta, vesipölkkeikkauksesta ja kaltevuuskertoimesta
- Makro vertailee uoman laskettua kaltevuutta sen mitattuun kaltevuuteen
- Jos laskettu kaltevuus < mitattu kaltevuus, makro laskee virtausnopeutta 0.001 m/s
- Makro lisää vaiheita 3-9 niin pitkään, että uoman laskettu kaltevuus >= mitattu kaltevuus

Muuttujat:

Maastajien rajanopeudet m/s

Savi	0.6
Hiesu	0.4
Hietä	0.35
Hiekä	0.35-0.45
Kieä	0.45-0.8
Maat turve	0.5
Maakun turve	0.8

Uusi oja

Peltien oja

Karkeuskertoimen n

Uusi oja	0.022
Peltien oja	0.035

Taulukko laskee valuma-alueen, laskujan, tulvatasanteen ja alivesiuoman tallennettujen tietojen perusteella ylivirtaaman aikaisen veden nopeuden laskuosa, jos laskuosaan lisätään tulvatasanne vs. oja perataan normaalisti.

Uomaeroosiota ei synny, mikäli veden nopeus alittaa maastajien rajanopeuden.

Uuden ojakauhalla kävelen määrittäminen

Pohjan leveys 0.3 m

Laskun kaltevuus 1: 0.7