



TEURONJOEN JA PUUJOEN EROO- SIOKARTOITUS

Vanajavesikeskus

Päiväys	08/01/2021
Tekijä	Antti Kinnunen
Tarkastaja	Lauri Harilainen
Hyväksynyt	Suvi Mäkelä
Projektinumero	YKK65589



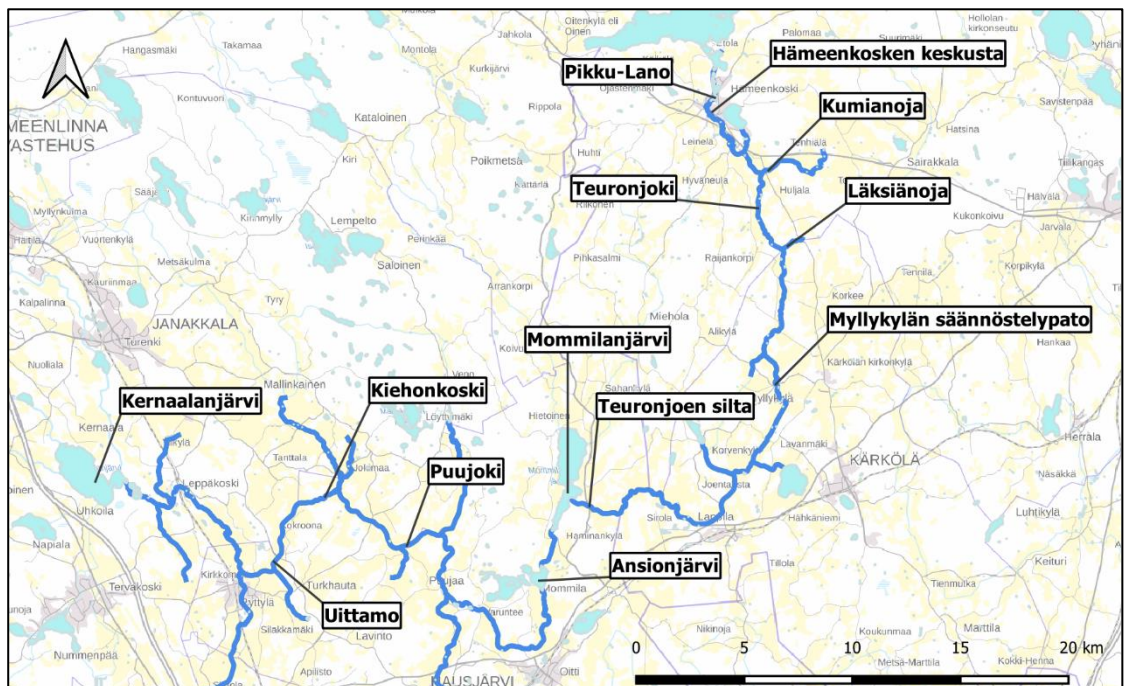
Sisällys

1	Johdanto.....	2
2	Aineisto ja menetelmät.....	3
	2.1 Uomaerosiomallin luominen	3
	2.2 Maastokartoitus.....	4
	2.3 Aineiston jatkokäsittely	5
3	Tulokset	7
4	Tulosten tarkastelu ja ehdotus jatkotoimenpiteiksi	10
	4.1 Ehdotetut jatkotoimenpiteet.....	10
	4.2 Kustannusarvio	21
	4.3 Jatkosuunnittelun lähtötiedot	22
5	Yhteenveto	22
6	Lähteet	24

1 Johdanto

Sitowise Oy toteutti Vanajavesikeskuksen toimeksiannosta eroosikartoituksen ja eroosion torjuntasuunnitelman laatimisen Teuronjoen ja Puujoen vesistöalueelle. Työ toteutettiin osana Teuronjoen ja Puujoen tilan parantamiseen tähtäävää Verso-hanketta. Kartoituksen tavoitteena oli selvittää uomaerosion yleistä esiintymistä Teuronjoen ja Puujoen alueella, tunnistaa keskeiset eroosiokohteet sekä laatia näille suunnitelma toimenpiteistä uomaerosion ehkäisemiseksi. Vanajavesikeskuksen yhteyshenkilönä projektissa toimi Suvi Mäkelä. Sitowise Oy:n puolelta projektipäällikkönä toimi Antti Kinnunen (FM), projektipäällikön varahenkilönä Sonja Oksman (FM) ja laadunvarmistajana Lauri Harilainen (DI). Maastotöistä ja raportoinnista vastasi Antti Kinnunen.

Teuronjoki ja Puujoki sijaitsevat Kokemäenjoen vesistöalueen latvoilla kulki Hämeenlinnan, Hollolan, Kärkölan, Hausjärven ja Janakkalan alueella. Teuronjoki laskee Mommilanjärven ja Ansionjärven kautta Puujokeen, joka puolestaan päättyy Janakkalan Kernaalanjärven Vettenjakamoon. Teuronjoki on n. 35 km pitkä joki, jossa on n. 22 m pudotuskorkeutta. Joessa on patoja ja koskiosuuksia ja tulvaherkin alue sijaitsee Myllykylän-Mommilanjärven välillä, jossa pudotuskorkeus hieman laskee yläjuoksuun verrattuna. Puujoki on niin ikään n. 35 km pitkä joki, mutta siinä on pudotuskorkeutta vain n. 3 m. Myös Puujoessa on patoja ja se on tulvivaa seutua. Molempien jokien pääuomat kulkevat maastossa, jonka maaperän ominaisuudet ja maalajit vaihtelevat pienalaisesti. Paikoin uomien rannat ovatkin hyvin eroosioherkkiä ja jokien penkoista voi sortua uomaan suuriakin maakimpaleita. Eroosikartoituksessa käsiteltiin yhtenä kokonaisuutena Teuronjoen ja Puujoen vesistöaluetta välillä Pikku-Lano - Kernaalanjärvi. Kartoituksessa huomioitiin myös jokien keskeiset sivu-uomat esimerkiksi eroosiomallinnuksen ja maastokartoituskohteiden valinnan osalta.



Kuva 1. Teuronjoen ja Puujoen vesistöalue. Kartalla esitetty eroosikartoituksen kannalta keskeistä nimitystä.

2 Aineisto ja menetelmät

2.1 Uomaeroosiomallin luominen

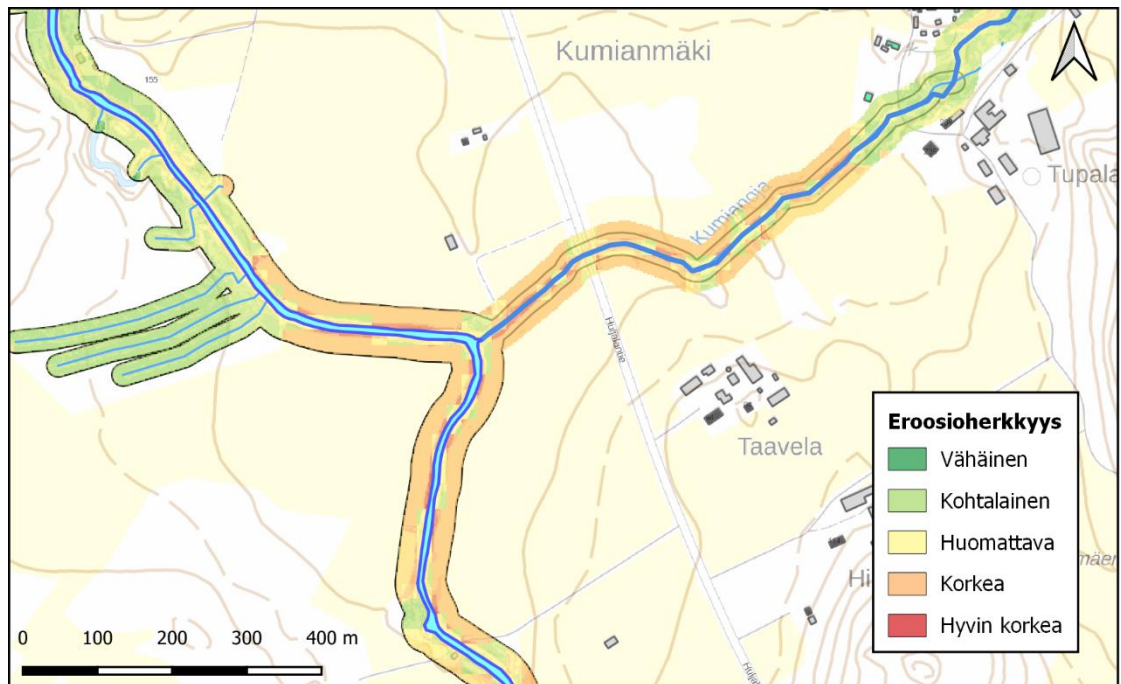
Maastokartoitusalueiden määrittämiseksi Teuronjoen ja Puujoen pääuomien sekä merkittävien sivu-uomien alueelle muodostettiin uomaeroosiopotentialia kuvaava laskennallinen malli. Mallinnus toteutettiin Rstudio-ohjelman versiolla 1.1.463 (R-versio 4.0.2) johtamalla lähtöaineistona hyödynnetyistä paikkatietoaineistoista eroosioherkkyyttä kuvaava rasteripinta. Lähtöaineistoina käytettiin Maanmittauslaitoksen julkaisemaa pinnanmuotoja kuvaavaa digitaalista korkeusmallia (2m resoluutio), Suomen ympäristökeskuksen julkaisemaa Corine Land Cover 2018-rasteriaineistoa (20 m resoluutio), GTK:n maaperäkarttaa (1:20 000) sekä Maanmittauslaitoksen maastotietokannan sijaintitietoa koskista.

Lähtöaineistoa muokattiin ja jatkojalostettiin pikselikohtaisen eroosiopotentialin selvittämiseksi. Maanmittauslaitoksen digitaalisesta korkeusmallista johdettiin rinnekaltevuutta kuvaava rasteritaso ja GTK:n maaperäkartan maalajiaineisto sekä maastotietokannan koskipisteet käännettiin vektorimuotoisista aineistoista rasterimuotoon. Lisäksi kaikki rasteritasot muokattiin yhteneviksi spatiaalisen laajuutensa ja resoluutionsa suhteen. Lopuksi kunkin rasteritason pikseleille määriteltiin uusi arvo alla olevan Taulukko 1 mukaisesti. Pistearvojen johtamisessa sovellettiin Kyrönjoen eroosikartoituksessa (Lukkarinen & Takala 2018) esiteltyä menetelmää.

Taulukko 1. Rasteritasojen uudelleenluokittelutaulukko pikselin eroosioherkkyyden mukaan. Arvo 1 kuvaa hyvin pientä eroosioherkkyyttä ja arvo 5 puolestaan hyvin suurta.

AINEISTO	1	2	3	4	5
Corine Land Cover 2018	Metsät ja kosteikot	Urbaanit alueet	Luonnon laidunmaat, harvapuus- toiset alueet, puu- ja pensasviljelmät	Laidunmaat, käytöstä poistunut maatalousmaa	Pellot
GTK:n maaperä- aineisto, pinta- maalaji	Kallio	Savi, lieju, karkearakei- nen maalaji	Sekalajittei- nen maalaji	Liejuinen hienorakei- nen maalaji	Hieno hieta, hiesu, hie- nojakoinen maalaji
Rinteen kalte- vuus °	0 - 3	3 - 10	10 - 25	> 25	-
Joen kohdat	Muut	-	Koski	-	-

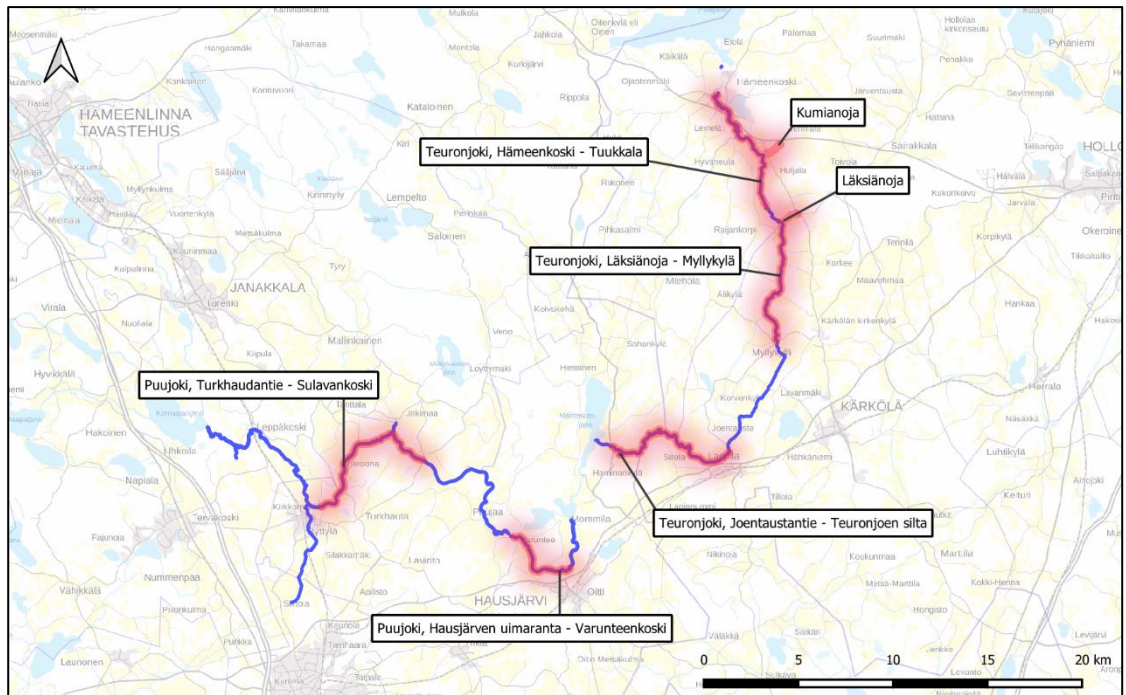
Näin muodostetuista taustamuuttujien eroosioherkkyyttä kuvaavista rasteriaineistoista johdettiin yksi yhtenäinen 2m resoluutioinen rasteripinta, jonka pikselien arvo määräytyi edellisessä vaiheessa muodostettujen rasteritasojen pikseliarvojen summasta. Teuronjoen ja Puujoen pääuomille ja merkittävälle sivu-uomille muodostettiin 25 m puskurivyöhyke uoman molemmin puolin, jolla tästä rasteripinnasta leikattiin näille uoman ja rantavyöhykkeen eroosioherkkyyttä kuvaavat tasot. Ote eroosiomallista on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Ote työn alussa muodostetusta uomaerosioalttiutta kuvaavasta mallista Kumianojan alueelta. Tulosten havainnollistamiseksi yksittäisten pikselien saamat lukuarvot on kuvassa luokiteltu viiteen luokkaan.

2.2 Maastokartoitus

Uomaerosion potentiaalia kuvaavan mallin, asukkailta tulleiden eroosiohavaintojen sekä Teuronjoelle aikaisemmin toteutetun eroosikartoituksen (Suhonen & Kosme, 2014 & 2016) havaintojen perusteella tunnistettiin uomaerosion kannalta herkimät kohteet, joille maastotutkimukset kohdistettiin. Kohteet on esitetty kuvassa 3. Maastotutkimukset keskitettiin erityisesti Teuronjoen yläjuoksulle, joka vaikutti mallinnuksen tulokset sekä asukasilmoitukset ja aikaisemmat tutkimukset huomioiden uomaerosiolle herkimältä uomajaksolta.



Kuva 3. Maastokartoituksissa kartoitetut uomaosuudet (korostettu punaisella).

Yhteensä Teuronjoen pääuomaa kartoitettiin noin 25 kilometrin matkalta ja Puujoen pääuomaa puolestaan noin 15 kilometrin matkalta. Lisäksi Teuronjoen vesistöalueelta kartoitettiin kahden sivu-uoman, Läksiänojan sekä Kumianojan alaosa noin kilometrin matkoilta. Kartoitukset toteutettiin aikavälillä 29.9. - 2.10.2020. Maastotutkimuksissa liikuttiin pääasiassa vettä pitkin ilmatäytteistä packraft-melontalauttaa hyödyntäen. Lisäksi Läksiänojan ja Kumianojan sekä Teuronjoen Hämeenkosken keskustan alueella virtaavat yläosat kartoitettiin rannalta käsin. Havaittujen eroosiokohteiden sijainti ja ominaistiedot merkittiin ylös Garmin inReach Mini-GPS paikanninta ja mobiilisovellusta hyödyntäen ja lisäksi kohteet kuvattiin pääuomien osalta Garmin VIRB 360-kameralla.

2.3 Aineiston jatkokäsittely

Maastokartoituksissa kerätty pistemäinen paikkatietoaineisto muunnettiin gpx-muodosta ESRI shapefile-muotoon, josta edelleen eroteltiin havaitut syöpmä- ja sortumamuotoiset eroosiokohteet omiksi tasoikseen. Sortumat ja syöpmät eroteltiin aineistossa erilleen seuraavasti: mikäli eroosiokohteella oli havaittavissa selkeitä merkkejä penkan sortumista ja kokonaisten suurten maakimpaleiden lohkeamisesta veteen, luokiteltiin kohde sortumaksi. Mikäli puolestaan kohteella oli havaittavissa selkeitä merkkejä uomaeroosiosta mutta ei edellä mainittujen kaltaisia äkillisten eroosiotapahtumien jälkiä, luokiteltiin kohde syöpymäksi. Syöpymiksi luokitetuilla kohteilla esiintyy kohonnut riski sortumille, vaikka merkkejä niistä ei tämän kartoituksen yhteydessä näillä havaittukaan. Esimerkit sortuma- ja syöpymäkohteista on esitetty kuvissa 4 ja 5.



Kuva 4. Teuronjoen penkassa havaittu keskisuuri sortuma.



Kuva 5. Teuronjoen penkassa havaittu pienehkö syöpymä.

Näin muodostetut aineistot luettiin sisään Rstudio-ohjelman versioon 1.1.463 (R-versio 4.0.2), jossa sortumakohteista johdettiin niiden kokoluokkaa kuvaavat aluetasot yhdistämällä tieto sortuman pituudesta sen korkeuteen. Syöpymistä johdettiin niiden pituutta kuvaava viivataso leikkaamalla kartoitettujen uomaosuuksien rantapenkasta yksittäisen syöpymän pituutta vastaava jakso. Lopuksi näin muodostetut tasot tallennettiin omiksi tiedostoikseen ESRI shapefile-muodossa ja visualisoitiin QGIS-ohjelman versiolla 3.14. Aineistosta tunnistettiin visuaalisen tarkastelun perusteella eroosiolle alttiimmat uomajaksot sekä riskikohteet ja laadittiin näille alustava suunnitelma toteutettavista suojaustoimenpiteistä.

3 Tulokset

Maastokartoituksissa havaittiin runsaasti laajamittaisia uomaerosion merkkejä erityisesti Teuronjoen yläjuoksulla. Uomaosuuden paikoin runsas meanderointi yhdistettynä suhteellisen jyrkkään pudotuskorkeuteen ja eroosiolle alttiiseen maaperään sekä maankäyttöön on luonut alueelle otolliset olosuhteet kulumiselle, mikä näkyy selkeinä yhtäjaksoisina syöpyminä ja suurikokoisina sortumina joen rantatörmässä. Erityisesti osuuden keskivaiheen peltojen kohdilla rantapenkat olivat käytännössä koko matkaltaan syöpyneet ja joen uoma oli uurtunut todella syvälle ympäröivään maaperään. Yläosilla puolestaan joen törmäitä hallitsivat laaja-alaiset sortumat, jotka sijaitsivat paikoin aivan rantavyöhykkeen asuinrakennusten tuntumassa. Erityisesti Jokelankosken ja Hankalankosken kohdilla sijaitsi kiinteistöjä, joille uomaerosio aiheutti selkeän ja välittömän uhkatekijän.

Teuronjoen rantatörmien syöpyminen jatkui runsaana vielä noin kahden kilometrin matkalta Läksiänojan risteyksestä alavirtaan päin, kunnes alkoi selkeästi vähentyä Tuomelan ja Vähätalon peltoalueiden kohdilla. Näiden ja Myllykylän säännöstelypadon välisellä uomaosuudella esiintyi toki yhä paikoin laajojakin erodoituneita alueita, mutta esiintymisen tiheys oli selkeästi joen yläosia alhaisempi. Teuronjoen alaosilta kartoitetulla alueella välillä Joentaustantie - Teuronjoen silta esiintymistiheys laski entisestään ja täällä esiintyi lähinnä yksittäisiä selkeitä eroosiokohteiden keskittymiä esimerkiksi Koskipääntien sillan ympäristössä. Alueen rantatörmät olivat myös selkeästi yläjuoksua loivemmat ja runsaammin kasvillisuuden peittämät, mikä osaltaan selittää havaittua alhaisempaa eroosioherkkyyttä.

Puujoella eroosiokohteiden esiintyminen oli selkeästi Teuronjokea vähäisempää ja näitä havaittiin lähinnä pudotuskorkeudeltaan hieman jyrkempien kiivasvirtaisten osuuksien tai kapeiden kuristumien yhteydessä. Tällöinkin erodoituneiden alueiden laajuus ja koko oli pääsääntöisesti hyvin pieni. Selkeimmät keskittymät sijaitsivat kapealla uomaosuudella Jokimaan ja Huhkainmäen alueella, ympäristöään hieman kiivasvirtaisemman Kiehonkosken alueella sekä Uittamon peltoalueiden yhteydessä. Lisäksi yksittäisiä eroosiokohteita havaittiin Vuolteenkosken, Varunteenkosken ja Sulavankosken alueella. Puujoen rantatörmät olivat yleisesti ottaen huomattavasti loivempia ja paremmin kasvillisuuden paikoilleen sitomia kuin Teuronjoella, mikä selittää hyvin pitkälti tuloksia. Lisäksi Teuronjoen yläosien kaltaiset pudotuskorkeudeltaan jyrkemmät yhtäjaksoiset osuudet puuttuvat käytännössä kokonaan.

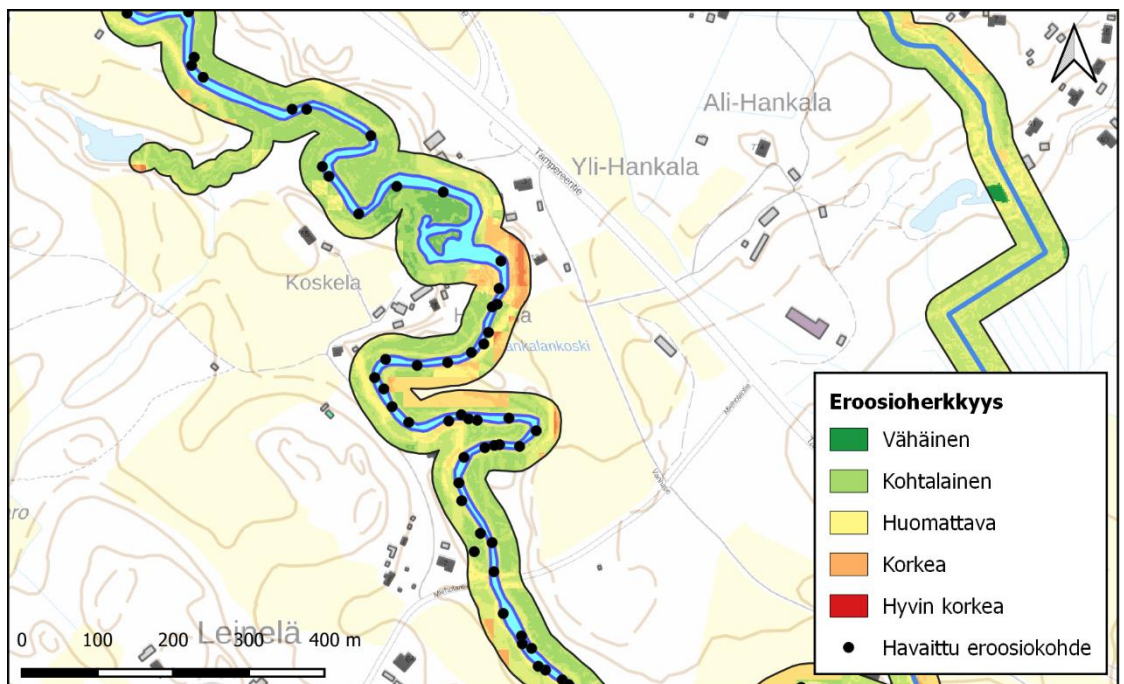
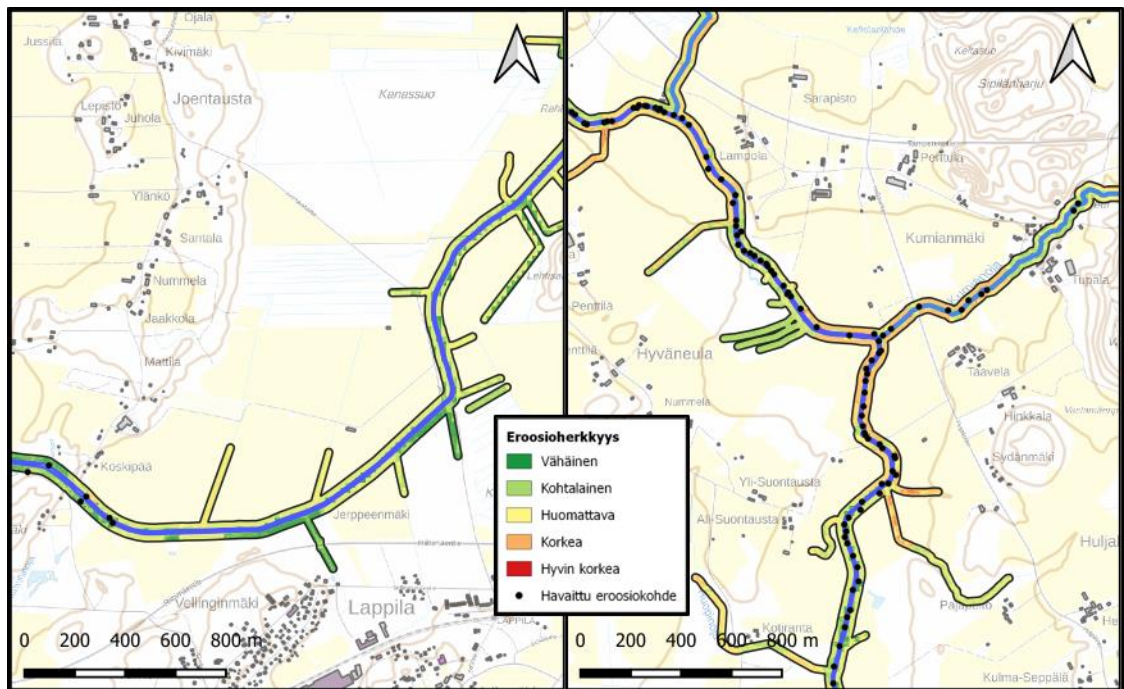
Teuronjoen kartoitetut sivuojat Kumianoja ja Läksiänoja vastasivat yleispiirteiltään hyvin pitkälti toisiaan. Molemmat virtasivat alaosiltaan peltovaltaisen alueen halki törmiltään jyrkässä, syvässä uomassa, joka muuttui uomien keskivaiheilla luonnontilaiseksi tai luonnontilaisen kaltaiseksi metsäiseksi purolaaksoksi. Molemmissa esiintyi pienimuotoisia uomaerosion jälkiä pitkin kartoitettua osuutta, joskin näiden tiheys oli aavistuksen suurempi alaosien peltovaltaisilla uomaosuuksilla. Kuitenkin myös erityisesti Kumianojan Helvetinrotkolaakossa esiintyi paikoin laajojakin rantapenkkojen syöpyviä suuren pudotuskorkeuden ja luonnostaan jyrkkien törmien johdosta. Molemmilla kartoitetuilla uomaosuuksilla havaittiin myös runsaasti taimenen kutu- ja poikastuotantoalueiksi soveltuvia kohteita.

Kartta maastokartoituksen tuloksista on esitetty raportin liitteessä 1.



Kuva 6. Kumianojan alaosa Helvetinrotkossa. Puron törmät ovat luonnostaan voimakkaan syöpyneet. Alueella esiintyy runsaasti taimenen poikastuotantoalueiksi soveltuvaa soraa ja pienpoikaskivikkoa.

Maastokartoituskohteiden valinnassa hyödynnetty eroosiomalli kuvasi eroosiokohteiden esiintymistä tutkimusalueella pääsääntöisesti hyvin, joskin eroavaisuuksiakin esiintyi. Erityisesti laajalla spatiaalisen tarkastelun tasolla eroosiomallista erottuivat selkeästi uomaerosion kannalta potentiaalisimmiksi alueiksi luokitellut Teuronjoen latvaosat, joilla myös kartoituksen tulosten perusteella esiintyi selkeästi eniten uomaerosion merkkejä. Eroosiomalli luokitteli myös Teuronjoen alaosat sekä Puujoen pääsääntöisesti uomaerosion kannalta alhaisemman potentiaalin alueiksi, mikä maastokartoituksen tulosten perusteella piti niin ikään paikkansa. Sen sijaan pienipiirteisemmällä spatiaalisen tarkastelun tasolla eroosiomallissa esiintyi välillä epä johdonmukaisuuksia havaintojen kanssa; esimerkiksi Teuronjoen yläosilla eroosiokohteiden keskittymiä esiintyi paikoin mallinnuksen mukaisilla alhaisen eroosiopotentiaalin alueilla ja toisaalta joillain korkeilla eroosiopotentiaalin alueilla ei puolestaan lainkaan. Myös Puujoella selkeimmät havaitut eroosiokeskittymät Jokimaan ja Huhkainmäen sekä Kiehonkosken alueilla sijaitsivat eroosiopotentiaaliltaan alhaisilla alueilla. Vaikuttaisi siis siltä, että eroosiomalli kuvasi eroosion esiintymistä hyvin laajalla spatiaalisen tarkastelun tasolla, mutta heikommin pienipiirteisesti. Tämä voi johtua muun muassa taustamuuttujina käytettyjen rasteriaineistojen spatiaalisesta resoluutiosta, jonka johdosta käytetylle 2x2 m rasteripinnalle jouduttiin johtamaan arvot laajemmalle tasolle yleistetystä aineistosta. Tällöin on mahdollista, että hyödynnetyt laajan mittakaavan taustamuuttujat eivät huomioineet tarpeeksi hyvin kaikkia eroosiopotentiaalin vaikuttaneita pienipiirteisiä paikallisia tekijöitä, kuten maalajien ja maankäytön todellista vaihtelua tutkimusalueella.



Kuvat 7 ja 8. Eroosiomalli kuvasi todellista eroosipotentialia ja sen eroja hyvin laajalla spatioalisella tarkastelun tasolla, kuten ensimmäiset kuvat Teuronjoen ala- ja yläjuoksulta osoittavat, mutta heikommin tarkemmalla mittakaavalla, kuten alempi kuva Hankalankosken tie-noilta osoittaa.

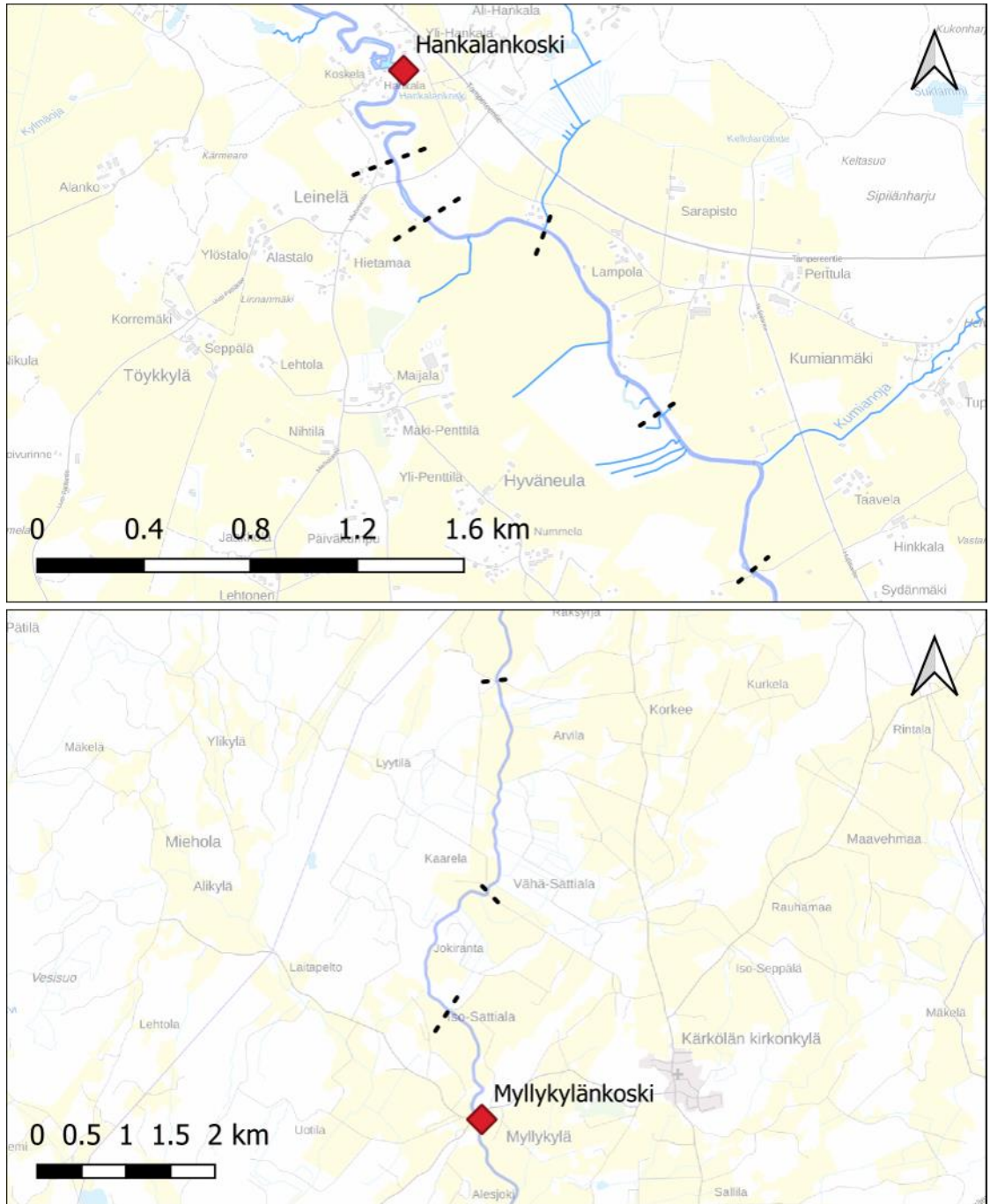
4 Tulosten tarkastelu ja ehdotus jatkotoimenpiteiksi

4.1 Ehdotetut jatkotoimenpiteet

Maastokartoituksen tulosten perusteella Teuronjoen ja Puujoen vesistöalueella uomaeroosiosta aiheutuvat ongelmat vaikuttaisivat keskittyvän Teuronjoen yläjuoksulle ja erityisesti välille Hankalankoski-Motinkoski, joskin laajamittaisia eroosioalueita esiintyy myös tämän osuuden ulkopuolella. Voimakkaasti syöpyneet rantapenkat aiheuttavat alueelle jatkuvan sortumien riskin erityisesti kevät- ja syystulvien yhteydessä. Eroosiolle alttiit törmät lisäävät uoman kiintoainekuormaa ja tätä myötä alavirtaan suuntautuvaa ravinnekuormitusta runsaasti, mikä voi aiheuttaa rehevöitymistä alueen järvissä. Alueella sijaitsee myös paikoin paljon rantavyöhykkeelle sijoitettua rakennuskantaa, jolle aiheutuu välitöntä haittaa tai suoranaista vaaraa voimakkaan uomaeroosion myötä. Näin ollen tulevien eroosiontorjuntatoimenpiteiden pääpaino tulee keskittää tälle alueelle.

Teuronjoen yläosien eroosionhallinnan tehostamiseksi uomaosuudelle suositellaan selvitetävän pohjapatokokonaisuuden sijoittamisedellytyksiä välillä Jokelankoski-Myllykylän säännöstelypato. Sopivasti porrastetulla, moniosaisella pohjapatoratkaisulla kyettäisiin tehokkaimmin vaikuttamaan veden korkeuteen ja tasaamaan sen vaihteluita koko uomajakson pituudelta, jolloin veden hydrostaattinen paine tukisi penkkoja kokonaisvaltaisesti. Ratkaisu olisi kokonaiskustannukset ja näillä aikaansaatu pitkäkestoinen sekä laaja-alainen vaikutus huomioiden todennäköisesti kustannustehokkain eroosiontorjuntaratkaisu pitkällä tarkastelun aikavälillä. Uomaosuudella sijaitsee nykyiselläänkin useita säännöstelypatoja, mutta maastokartoituksen havaintojen perusteella näillä ei nykyisellään kyetä vaikuttamaan uoman vedenkorkeuteen riittävän tehokkaasti eroosiohaittojen torjumiseksi. Pohjapatoratkaisun toteutuksessa on huomioitava alueen pitkän tähtäimen mahdolliset kehityssuunnat, eikä saa aiheuttaa haittaa esimerkiksi vaelluskalojen vapaalle liikkumiselle ja lisääntymiselle tai melonnalle. Lisäksi on huomioitava ratkaisun vaikutukset alueen tulvaherkkyyteen erityisesti Läksiänojan alapuolisilla peltoalueilla ja tarvittaessa parannettava näiden alueiden tulvantorjuntaa esimerkiksi keinotekoisien tulvatasanteiden avulla.

Mahdolliselle pohjapatokompleksille soveltuvia alustavia kohtia on esitetty kuvissa 9 ja 10. Erityisesti Hankalankosken jälkeisellä uomaosuudella esiintyi hyvin runsaasti laajamittaisia eroosioaurioita ja alue olisikin otollista maastoa moniosaseille porrastetulle pohjapatoratkaisulle. Myllykylänkoskea edeltävällä uomaosuudella uoman pudotuskorkeus on Hankalankosken jälkeistä osuutta alhaisempi ja joki virtaa hitaammin, mikä mahdollistaisi harvemman pohjapatorakenteiden sijoittelun. Kohottamalla vedenpinnan tasoa tällä osuudella kyettäisiin tehokkaasti tukemaan Teuronjoen keskiosuuden peltoalueiden voimakkaasti syöpyneitä rantapenkkoja. Mikäli pohjapatorakenteiden toteuttamiseen päädytään, tulee niiden lopullista sijoittamista tutkia tarkemmin varsinaisessa hankesuunnitelmavaiheessa, kiinnittäen erityistä huomiota peltoalueiden tulvaherkkyyteen.



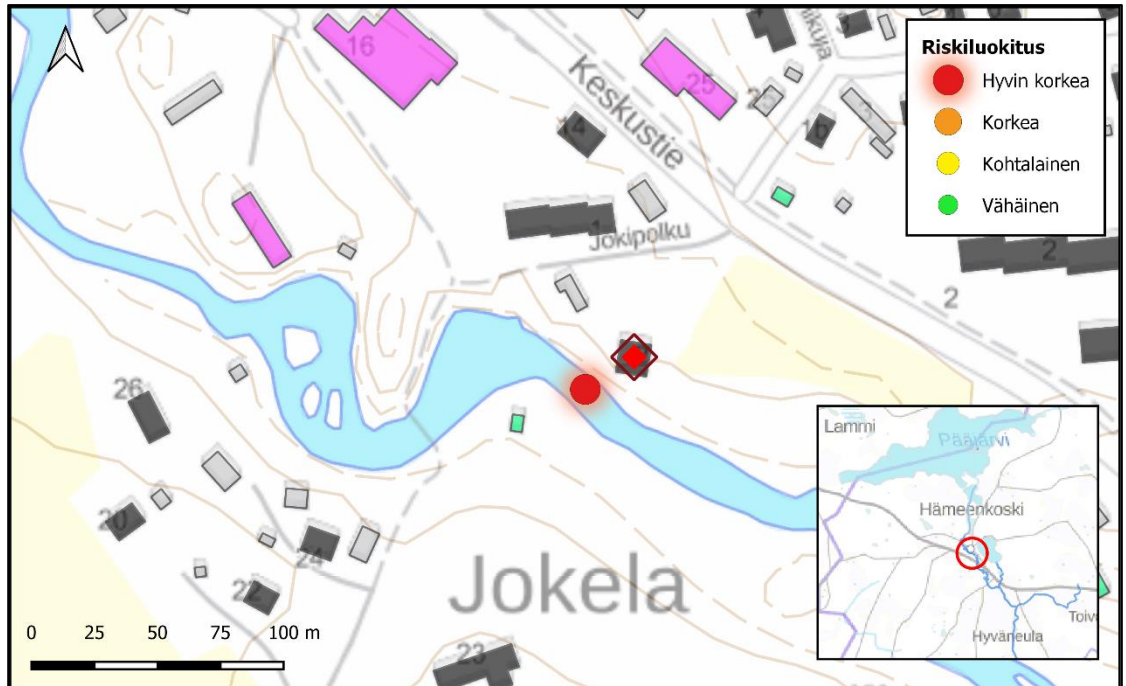
Kuvat 9 ja 10. Pohjapadoille soveltuvia alustavia kohtia Teuronjoen yläosilla. Pohjapatorakenteille soveltuvat potentiaaliset kohdat merkitty mustilla katkoviivoilla.

Pohjapatoratkaisun lisäksi Teuronjoen yläosille suositellaan vaikutuksiltaan kriittisille kohteille myös erillisiä kohdistettuja eroosiontorjuntatoimenpiteitä. Asukkailta saatujen tietojen ja ilmakuvatarkastelun perusteella Teuronjoen varrella esiintyy paikoin peltoalueita, joiden peruskuivatus saattaa olla vajavaista etenkin keväisin. Näillä alueilla maaperä saattaa muodostua veden kyllästäväksi, jolloin maa-aines on liikkuvassa tilassa ja sen eroosioherkkyys kasvaa. Tästä kehityksestä on havaittavissa viitteitä esimerkiksi Tuukkalan, Koskipään sekä Teuronjoen sillan tienoilla. Näillä alueilla peltojen kuivatusta voisi tehostaa salaoituksen avulla. Kasvanut valumanopeus ja lyhyempi viipymä edesauttaisi peltoalueiden kuivumisesta tulvimisen yhteydessä ja vähentäisi täten sekä maaperän eroosioherkkyttä että ravinteiden kulkeutumista Teuronjokeen.

Muita eroosiontorjuntatoimenpiteitä voivat olla esimerkiksi törmien tukeminen paalutusten, tukiaitojen ja kiveämisten sekä eroosiolaatoituksen avulla, virtauksen paikoittainen uudelleenohjaus ja/tai hidastaminen suisteiden ja muiden elementtien avulla sekä uoman penkkojen loiventaminen ja tulvatasanteiden rakentaminen tähän soveltuvilla osuuksilla. Myös törmien paikalleen sitomiseen kasvillisuuden lisäämisen avulla olisi paikoin edellytyksiä. Toimenpiteissä suositellaan mahdollisuuksien mukaan hyödyntämään luonnollisia materiaaleja kuten luonnonpuuta paalutuksissa ja tukiaidoissa, luonnonkivistä toteutettuja suisteita ja muita virtausta ohjaavia elementtejä sekä kasvillisuusmattojen yhdistämistä eroosiolaatoitukseen jokiympäristön luonnontilaisuuden ja melontareitin virkistyskäyttömahdollisuuksien edistämiseksi.

Eroosiontorjuntatoimenpiteiden tärkeimpiä toteutuskohteita on tunnistettu ja esitetty kuvissa 11-15. Näillä kohteilla uhkana voi olla esimerkiksi törmien sortumisen aiheuttama riski joen partaalla sijaitseville rakennuksille, ravinteiden runsas huuhtoutuminen pellolta jokeen tai törmien syöpmisen aiheuttama kiihtynyt kiintoaineksen kulkeutuminen ja kasvanut sortumariski.

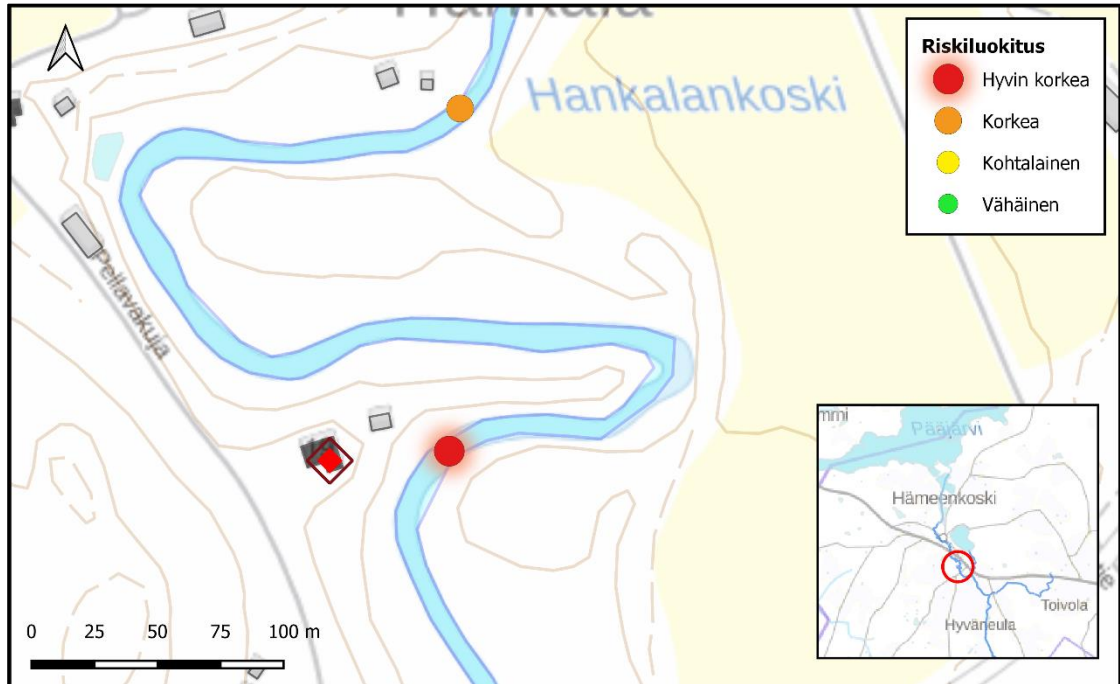
Eriytyisen huomionarvoinen kohde on Jokelankosken alapuolella joen ulkokaarteessa sijaitseva kiinteistö, jonka alta virtaus on kovertanut penkkaa todella voimakkaasti. Paikalla kasvava puusto sitoo penkkaa jonkin verran paikalleen ja hidastaa todennäköisesti eroosiokehitystä, mutta jyrkän penkan aiheuttama sortumavaara on silti ilmeinen. Tälle kohteelle suositellaan välittömiä lisäselvityksiä ja näiden perusteella toteutettavia kiireellisiä toimenpiteitä penkan tukemiseksi ja syövyttävän virtauksen ohjaamiseksi pois rantavyöhykkeen rakennusten alueelta. Kohteelle esitetään alustavasti törmän loiventamista sekä eroosiolaatoitusta koko erodoituneen alueen matkalta. Lisäksi esitetään Jokelankoskesta työntyvän virtauksen uudelleenohjausta suisteiden avulla siten, että voimakkain syövyttävä virtaus uudelleenohjautuu vastarannan puolelle. Näin kyetään ehkäisemään törmän syöpmistä eroosiolaatoituksen takaa ja vakauttamaan penkkaa. Esitetyt toimenpiteet edellyttävät todennäköisesti puuston kaatoa ja raivausta rantavyöhykkeeltä ja tämän jälkeistä törmän uudelleenkasvitumista voidaan edistää muokatun vyöhykkeen yläosiin sekä mahdollisesti osin eroosiolaattojen päälle asennettujen kasvillisuusmattojen avulla. Kohde vaatii kiireellisiä ja kohtalaisen laajamittaisia toimenpiteitä, joiden alustava kustannusarvio jatkosuunnittelutöineen on noin 25 000e. Kustannusarviossa on pyritty huomioimaan kohteen kiireellisyydestä ja riskitasosta johtuvat epävarmuustekijät.



Kuvat 11 ja 12. Jokelankosken alapuolella sijaitseva ehdotettu toimenpidekohde. Ylemmässä kuvassa punaisella vinoneliöllä osoitetulle kiinteistölle aiheutuu voimakkaasta uomaeroosiosta johtuva välitön uhka. Alemmassa kuvassa otos kiinteistön rantavyöhykkeeltä.

Hankalankosken alapuolella joen ulkokaarteessa sijaitsee kiinteistö, jonka rantavyöhykkeellä virtaus on kovertanut uoman penkkaa ja aiheuttanut laajamittaisen sortuman. Sortuma ei ole erityisen jyrkkä ja kohtalaisen hyvin kasvillisuuden peittämä, mutta sortuma-alueella läheiset rakennukset aiheuttavat silti kohteelle kiireellisen toimenpidetarpeen. Sortumavyöhykkeeltä ylävirtaan esitetään sijoitettavan esimerkiksi kiviriuttana toteutettu suisterakenne, joka ohjaisi virtauksen kääntymään pääasiassa vastarannan puolelle ennen kiinteistön aluetta. Joen vastakkainen puoli on alueella erittäin hyvin kasvillisuuden ja puuston peittämä, joten virtauksen uudelleenohjauksesta ei todennäköisesti aiheutuisi sille vastaavaa

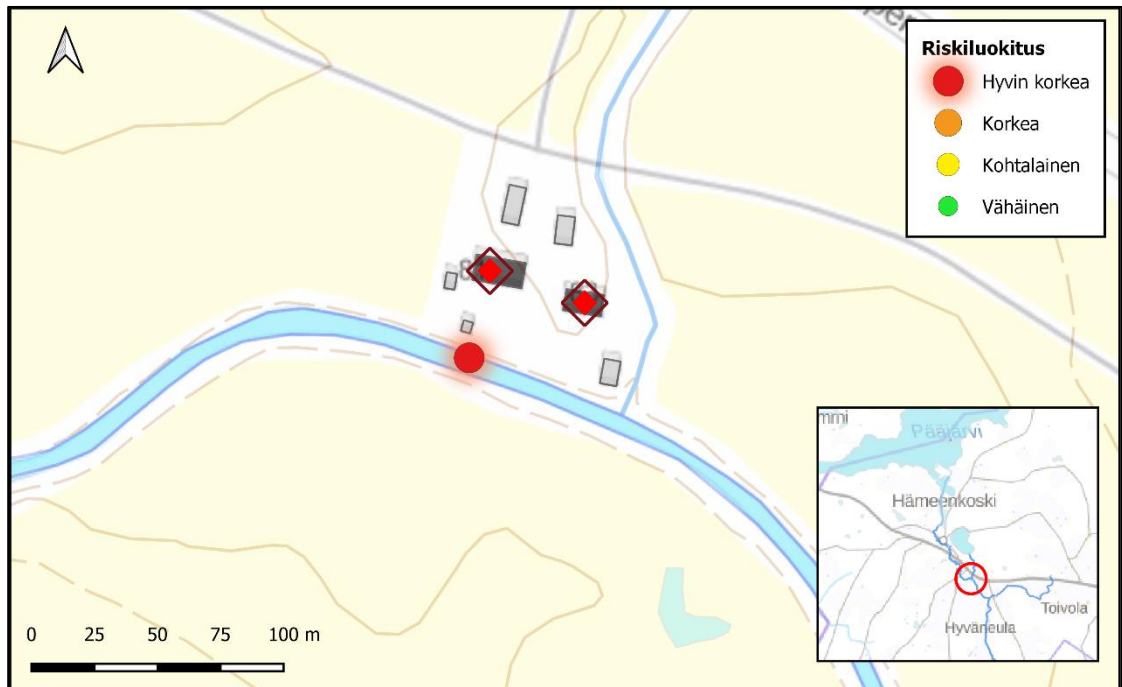
eroosiovaikutusta. Lisäksi kiinteistön rantavyöhykkeen kasvillisuuspeittävyttä voitaisiin lisätä esimerkiksi kasvillisuusmattojen avulla. Laajamittaisemmat eroosiontorjuntatoimenpiteet, kuten eroosiolaattojen asennus, vaativat todennäköisesti rantavyöhykkeen puuston ja kasvillisuuden raivausta sortuma-alueelta. Tämä voisi lyhyellä aikavälillä johtaa kohteella jopa kiihtyneeseen eroosiokehitykseen ennen törmän uudelleenstabiloitumista, eikä niitä näin ollen suositella ensisijaisina toimenpiteinä. Mikäli eroosiokehitystä ei kuitenkaan nyt esitetyillä toimenpiteillä saada kohteella hallintaan tulee näiden toteuttamista arvioida uudelleen. Alustava kustannusarvio kohteelle toteutettaville toimenpiteille on noin 10 000e.



Kuvat 13 ja 14. Hankalankosken alapuolinen eroosiokohteiden keskittymä. Ylemmässä kuvassa punaisella vinoneliöllä osoitetulle kiinteistölle aiheutuu uomaeroosiosta riski, joka voi lähitulevaisuudessa muodostua huomattavan suureksi. Alemmassa kuvassa otos kiinteistön rantavyöhykkeeltä.

Hankalankoskelta alavirtaan sijaitsee useita eroosiokeskittymiä, joilla voimakas virtaus on aiheuttanut joen penkkoihin voimakkaita syöpymiä ja sortumia aivan rantakiinteistöillä

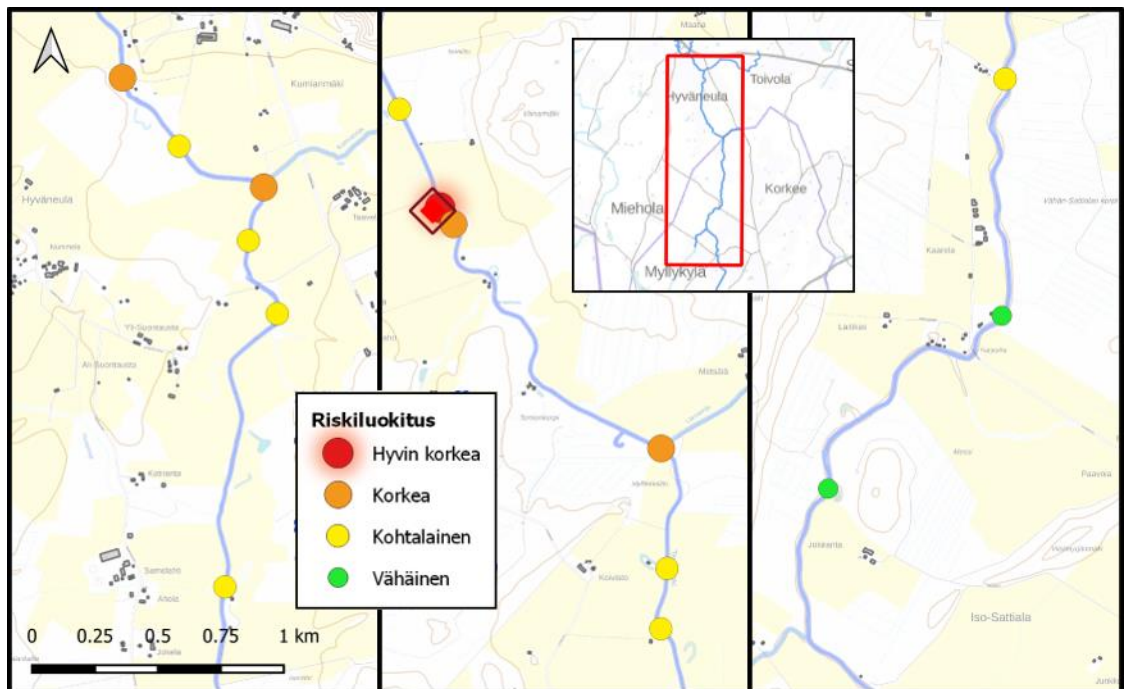
sijaitsevien rakennusten läheisyyteen. Myös näille kohteille suositellaan pikaisia lisäselvityksiä ja toimenpiteitä rakennuskannan suojelemiseksi. Kohde on eroosiontorjunnan kannalta haastava, sillä vaikka törmä onkin nykyisellään jyrkkä siinä kasvaa toisaalta myös runsaasti puustoa ja muuta sitovaa kasvillisuutta, jonka poistaminen laajamittaisten toimenpiteiden alta voisi johtaa pikemminkin eroosiokehityksen kiihtymiseen lyhyellä aikavälillä. Lisäksi osa kiinteistöjen rakenteista ja rakennuksista sijaitsee hyvin lähellä rantavyöhykettä. Valtaosa eroosiovaikutuksesta vaikuttaisi kohdistuvan nykyisellään aivan vesirajaan rantatörmän alaosaan, jossa on havaittavissa penkan kovertumista varsinaisen rantatörmän alle. Kohteelle esitetään toimenpiteiksi virtausta rikkovia, hidastavia ja uudelleenohjaavia suisteita kiinteistöjen puoleiselle rannalle joen ulkokaarten jälkeen. Lisäksi esitetään penkan alaosan tukemista paalutusten, kiviaineksen sekä mahdollisesti myös maa-ainestäytön avulla. Alustava kustannusarvio toimenpiteille on noin 15 000e.



Kuvat 15 ja 16. Hankalankoskelta alavirtaan sijaitseva ehdotettu toimenpidekohde. Voimakas virtaus on kovertanut penkkaa ylemmässä kuvassa punaisilla vinoneliöillä osoitettujen kiinteistöjen kohdilta, jolloin niiden rantavyöhykkeelle aiheutuu sortumisuhka. Alemmassa kuvassa otos kiinteistöjen rantavyöhykkeeltä.

Muita erityisen huomionarvoisia kohteita Teuronjoen yläjuoksun uomaosuudella ovat Läksiänojan risteuksen molemmin puolin sijaitsevat jyrkät ja laajat penkkojen syöpymät, joille suositellaan paikallisia tukitoimenpiteitä ja törmien loivennusta mahdollisesti toteutettavan pohjapatoratkaisun lisäksi. Näitä toimia suositellaan toteutettavaksi mahdollisimman pian ennaltaehkäisevinä toimenpiteinä, joiden avulla uomajakson eroosio-tilannetta kyetään vaikuttamaan suhteellisen nopeasti. Käytännössä tämä tarkoittaisi penkkojen loiventamista ja eroosiolaatoitusta soveltuvin uomaosuuksien tai vaihtoehtoisesti tukemista puupaalutusten sekä näiden ja penkan väliin sijoitettavan tukimateriaalin avulla. Ensimmäisellä menettelytavalla saavutettaisiin todennäköisesti luotettavampi ja pitkäikäisempi eroosiosuojauksen taso, mutta toisaalta maa-alan tarve pellon puolelta ja myös kustannukset olisivat todennäköisesti ainakin lyhyellä aikavälillä suuremmat kuin paalutuksessa. Paalutusta jouduttaisiin toisaalta todennäköisesti ylläpitämään säännöllisemmin. Uomaosuudelle esitetään alustavasti toteutettavaksi eroosiolaatoituksia korkean riskitason alueille Kumianojan ja Läksiänojan risteysalueiden läheisyyteen ja muille alhaisemman riskiluokituksen kohteille lähtökohtaisesti penkkojen tukemista paalutuksen avulla.

Tuukkalan alueella sijaitsee vapaa-ajan asunto, jonka rantavyöhykkeeltä joki on kovertanut maa-ainesta pois penkasta suuria määriä. Tälle kohteelle esitetään virtauksen ohjaamista pois kiinteistön rantavyöhykkeeltä suisteen avulla ja eroosiolaatoitusta erodoituneelle osuudelle. Lisäksi rantavyöhyke kiinteistön jälkeisellä osuudella sekä kiinteistön vastarannalla tulee tukea esimerkiksi paalutusten ja kiveämisen avulla. Kiinteistön rantavyöhykkeeltä pois ohjattava virtaus lisää kulutusta jo valmiiksi syöpyneen vastarannan puolella, jolloin sen tukeminen on ensiarvoisen tärkeää sortumien ehkäisyn sekä suojauksen onnistumisen kannalta. Vastarannalta virtaus myös kimpoaa takaisin kiinteistön puoleiselle rannalle, jolloin sen tukeminen on perusteltua. Läheisillä pelloilla saattaa ilmakuvatarkastelun perusteella esiintyä myös veden viipymistä tulva-aikana, jolloin niiden kuivatusta voisi tehostaa salaojituksen avulla. Alustava kustannusarvio uomaan kohdistettaville toimenpiteille on noin 20 000e. Pellon salaojituksen kustannukset ovat pitkälti riippuvaisia ojitetun peltoalueen osuudesta ja pinta-alasta, mutta niiden arvioidaan karkeasti asettuvan noin välille 10 000-15 000e.



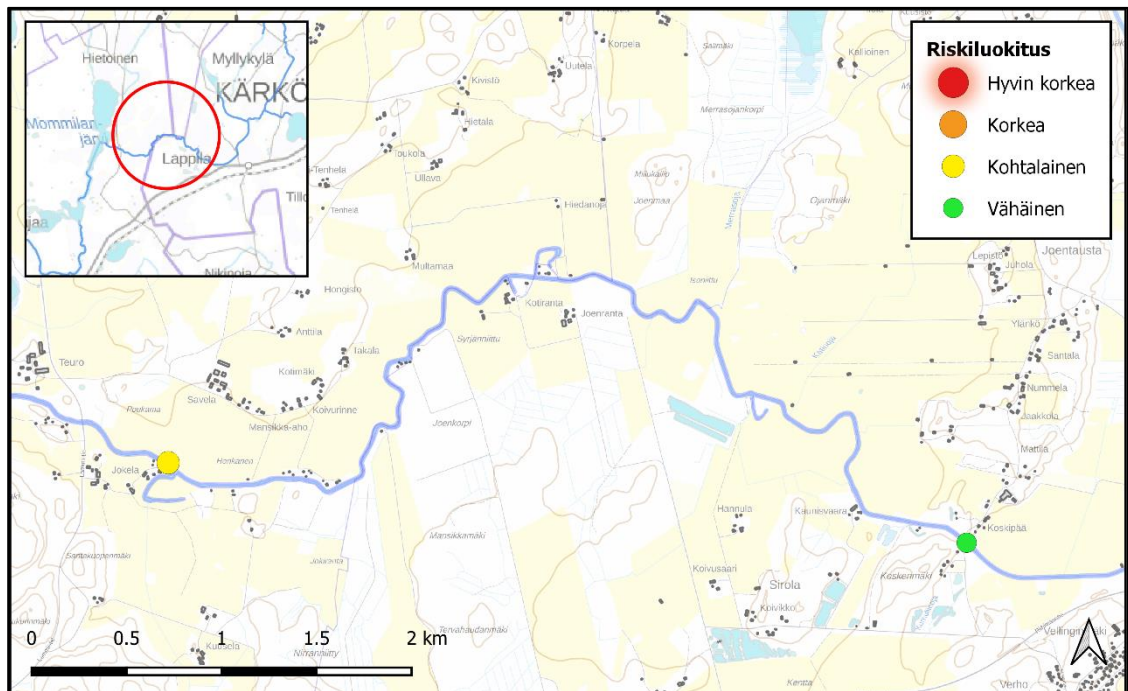
Kuva 17. Teuronjoen keskiosilla ehdotetut toimenpiteet koostuvat lähinnä pelto-osuuksilla sijaitsevien pitkien yhtäjaksoisten syöpmien tukemistoimista ja törmien loivennuksista. Myllykylää kohti alavirtaan päin siirryttäessä kohteiden esiintymistiheys ja kokoluokka pienentyvät selkeästi. Keskimmäisessä kuvassa esitetty punaisella vinoneliöllä Tuukkalassa sijaitseva vapaa-ajan kiinteistö, jolle esitetään kiireellisiä toimenpiteitä.



Kuva 18. Tuukkalassa rantavyöhykkeellä sijaitseva vapaa-ajan kiinteistö, jolle suositellaan kiireellisiä toimenpiteitä.

Teuronjoen alaosilla uomaerosion aiheuttamat ongelmat eivät maastokartoituksen havaintojen perusteella ole laajuudeltaan tai vaikutuksiltaan yhtä mittavia kuin sen yläosilla. Näin ollen suorille laajamittaisille toimenpiteille ei alueella katsota esiintyvän samanlaista tarvetta

kuin yläjuoksulla. Eroosioilanteen kehittymistä suositellaan kuitenkin seurattavan tiiviisti erityisesti nyt tunnistettujen keskittymien yhteydessä ja siihen puututtavan ajoissa korjaavin toimenpitein, mikäli merkkejä eroosion kiihtymisestä ilmenee. Pienimuotoisia toimia suositellaan toteutettavaksi jo nyt tiettyjen havaittujen kohteiden yhteydessä. Esimerkiksi Koskipäntien sillan molemmin puolin havaittiin kohtalaisen runsaasti pienimuotoisia uomaeroosion aiheuttamia syöpymiä ja sortumia mikä viittaisi siihen, että alueelle saattaa kehittyä laajamittaisempiakin eroosio-ongelmia tulevaisuudessa. Näin ollen osuudelle suositellaan sijoitettavan esimerkiksi virtausnopeutta hidastavia ja uudelleenohjaavia elementtejä, kuten uomaan toteutettavia virtausta hidastavia luonnonmukaisia suisteita ja kiveyksiä sekä penkkojen tukemista. Lisäksi ennen Lammintien Teuronjoen siltaa sijaitsee asukkaan ilmoituksen perusteella sortuma, josta keväisin valuu viereiseltä pellolta runsaasti kiintoainesta penkan läpi suoraan jokeen. Ensisijaisena toimenpiteenä tälle kohteelle suositellaan pellon kuivatuksen tehostamista salaojituksen avulla. Lisäksi kohteella voisi toteuttaa penkan loiventamista ja tukemista paalutuksen avulla. Myös virtauksen uudelleenohjaus pois sortuman alueelta suisteen avulla voisi edesauttaa törmän stabiloitumista, mutta huomioiden vastarannan asuintalo tätä ei voida pitää kokonaiskustannusten tai pitkän aikavälin kehityksen kannalta järkevänä ratkaisuna. Riskinä olisi, että virtaus alkaisi kuluttaa asuintalon puoleista rantapenkkaa.

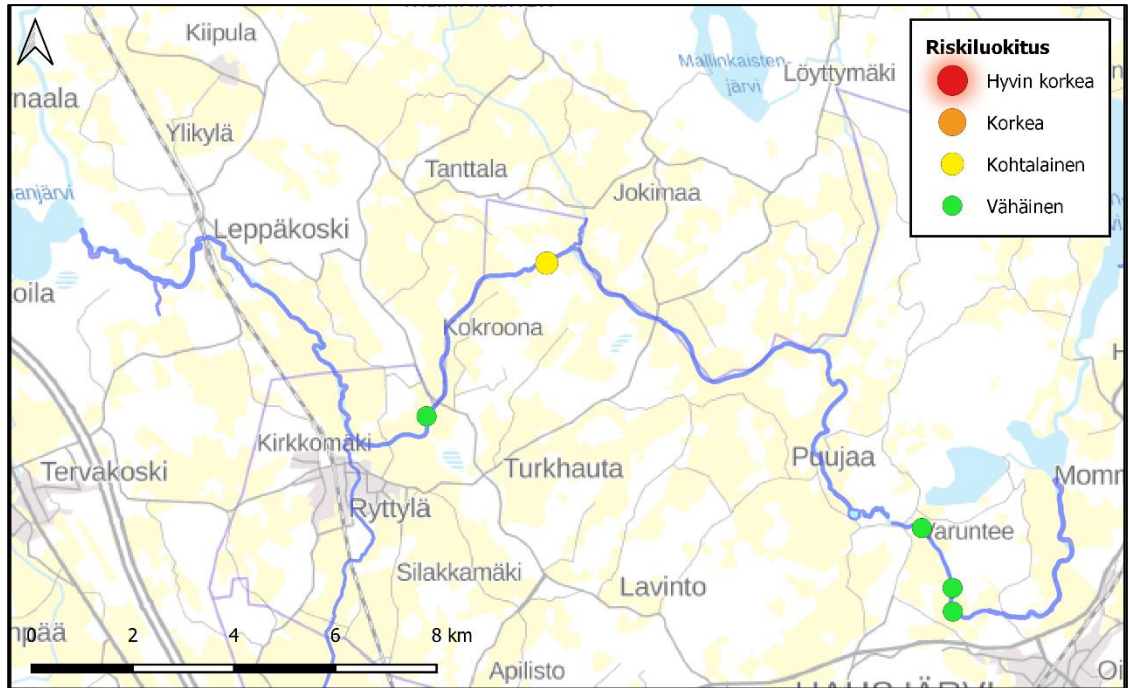


Kuva 19. Teuronjoen alaosilla toimenpiteitä vaativia eroosiokohteita esiintyy harvakseltaan.



Kuva 20. Teuronjoki ennen Teuronjoen siltaa. Kuvassa erottuvalta kasvillisuuden osittain peittämältä törmältä valuu asukkaan ilmoituksen mukaan keväisin kiintoainesta suoraan penkan läpi jokeen.

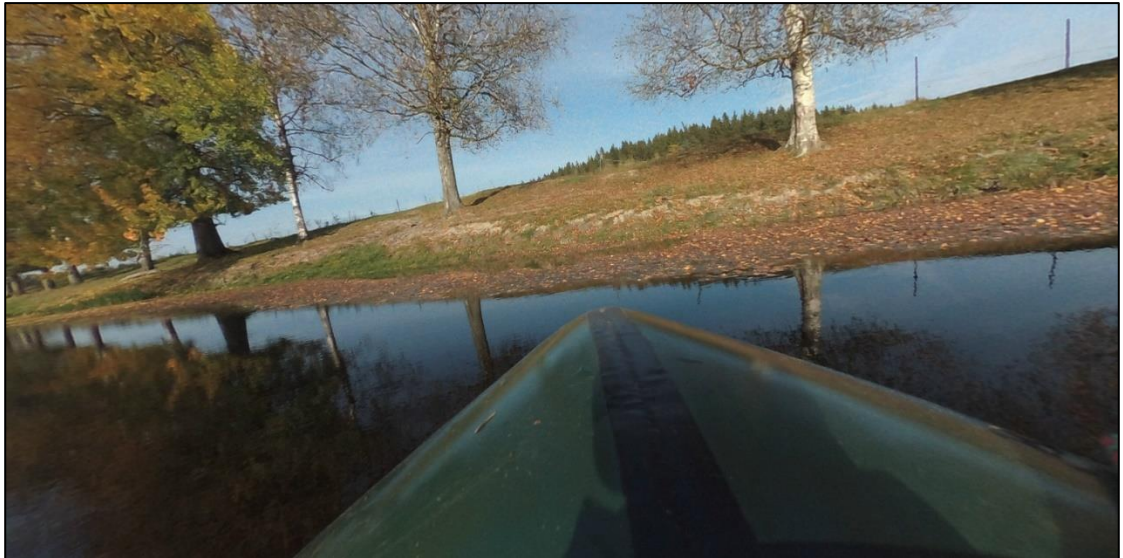
Puujoella ei maastokartoituksen havaintojen perusteella sijaitse juurikaan laajoja yhtäjaksoisia eroosioalueita. Pienimuotoisia kasvipeitteen lisäyksiä tai virtausnopeuden hidastustoimenpiteitä voisi toteuttaa Jokimaan ja Huhkainmäen paikoin lievästi syöpyneellä omaosuudella, joskin alue on logistisesti haastava kunnostustoimenpiteille. Lisäksi Kiehonkosken ja Uittamon alueella sijaitseville suurikokoisille sortumille suositellaan penkkojen loiventamista ja tukemista sekä istutettavan näiden materiaalia tehokkaasti sitovaa kasvillisuutta, kuten pajukkoa, eroosiokehityksen hillitsemiseksi. Muuten Puujoen osalta suositellaan keskittyttävän tunnistettujen eroosiolle alttiiden uomanosuuksien tarkkailuun ja priorisoitavan Teuronjoelle kohdistettavia toimenpiteitä.



Kuva 21. Puujoella suoria toimenpiteitä ehdotetaan kohdistettavan lähinnä yksittäisille eroosikohteiden keskittymille. Huhkainmäen ja Jokimaan alueella sijaitsevat keskittymät voivat osoittautua logistisesti liian haastaviksi kunnostuksille. Kiehonkosken alueella esiintyviä kookkaita sortumia pidetään Puujoella merkittävimpana eroosiontorjuntakohteena.



Kuva 22. Puujoen penkat ovat pääosin matalat ja hyvin kasvillisuuden peittämät.



Kuvat 23 ja 24. Puujoella havaitut eroosiokohteet olivat pääosin hyvin pienimuotoisia.

4.2 Kustannusarvio

Erosiontorjuntatoimenpiteiden kustannukset vaihtelevat valituista toimenpiteistä ja eroosiokohteista toiseen. Kustannukset muodostuvat muun muassa käytetyistä materiaaleista, mahdollisista työkoneista, henkilötyöstä sekä tarvittaessa varsinaisia torjuntatoimia edeltävästä suunnittelutyöstä. Mikäli toimenpidekohde sijaitsee yksityisomistuksessa olevilla mailla, on myös mahdollista, että kunnostustoimenpiteiden aikaisesta toiminnasta ja kulusta muodostuvasta rasitteesta lankeaa maksettavaksi erillinen kiinteistötoimitusmaksu. Karkeasti arvioiden useimpien yksittäisten eroosiokohteiden yhteydessä toteutettavien toimenpiteiden kohdekohtaiset kustannukset vaihtelevat noin välillä 1 000 - 5 000e, hieman kohteen koosta ja valituista työmenetelmistä riippuen.

Poikkeuksen edellä mainitusta muodostavat Teuronjoen yläjuoksun erityisen huomionarvoiset korkean riskitason kohteet, joilla mittavista eroosiontorjuntatoimenpiteistä ja näiden suunnittelutyöstä aiheutuvat kustannukset yhdistettynä rakennusten suojaustoimenpiteisiin

voivat nousta kohtalaisen korkeiksi. Näillä kohteilla kustannukset on arvioitu tarkemmin kohdekohtaisten kuvauksien yhteydessä.

Peltoalueiden kuivatuksen tehostamisesta salaojituksen avulla muodostuvat kustannukset ovat pitkälti riippuvaisia yksittäisen peltoalueen maaperästä sekä koosta. Keskimäärin ojituksen kustannukset vaihtelevat noin välillä 3 000-4 000e/ha.

Kokonaiskustannuksiltaan todennäköisesti kalleimmaksi toimenpiteeksi muodostuisi pohjapatokompleksin toteutus Teuronjoen yläjuoksulle suunnittelutöineen. Toimenpiteen lopullinen kustannus voi vaihdella huomattavastikin esimerkiksi valittavien rakenteiden määrästä, laadusta ja sijoittelusta riippuen, mutta karkea hinta-arvio työlle kokonaisuudessaan asettuisi noin välille 50 000 - 100 000e. On kuitenkin huomattava, että vaikka pohjapatoratkaisun kokonaiskustannukset olisivatkin ehdotetuista eroosiontorjuntatoimenpiteistä korkeimmat saavutettaisiin sen avulla kuitenkin myös todennäköisesti laaja-alaisimmat ja pitkäkestoisimmat hyötyvaikutukset muihin ehdotettuihin toimenpiteisiin verrattuna. Näin ollen ratkaisu olisi pitkällä aikavälillä todennäköisesti ehdotetuista menetelmistä kustannustehokkain.

4.3 Jatkosuunnittelun lähtötiedot

Jatkosuunnittelun kannalta keskeinen aineisto on dokumentoitu ja toimitettu tilaajalle (Vanajavesikeskus). Toimitettu aineisto sisältää ESRI Shapefile-muodossa (.shp) toimitetun paikkatietoaineiston kartoituksessa tunnistetuista eroosiokohteista, sisältäen tiedot näiden koosta (leveys ja korkeus sortumien osalta, pituus syöpymien) sekä suositelluista eroosiontorjuntatoimista ja riskiluokituksesta ehdotettujen toimenpidekohteiden yhteydessä. Lisäksi tilaajalle on toimitettu muokkaamattomat 360-kuvat maastokartoituksissa tunnistetuista ja kuvatuista eroosiokohteista sekä näiden sijaintitieto paikkatietomuodossa. Tilaajalle on toimitettu myös Teuronjoen ja Puujoen alueen uomaeroosioherkkyyttä kuvaava rasteripinta Geotiff-muodossa. Aineistot ovat tarvittaessa saatavilla myös Sitowise Oy:ltä.

5 Yhteenveto

Tämän kartoitusten tulosten perusteella Teuronjoen ja Puujoen vesistöalueen eroosiolle herkkimmät uomaosuudet ovat keskittyneet eritoten Teuronjoen yläjuoksulle, jossa suurempi pudotuskorkeus, eroosiolle altis maaperä sekä paikoin esiintyvät peltoalueiden kuivatusvaikeudet ovat yhdessä aiheuttaneet paikoin mittaviakin eroosio-ongelmia. Uomaeroosio vaikuttaisi jaksolla keskittyneen lähinnä joen pääuomaan sivu-uomissa esiintyvien eroosiokohteiden ollessa kahden tarkastetun uoman alaosan (Kumianoja ja Läksiänoja) perusteella pääosin pienimuotoisia ja esiintymiseltään satunnaisia. Teuronjoen alaosilla ja Puujoella selvästi havaittavat eroosiokohteet olivat huomattavasti harvinaisempia ja useimmiten pienimuotoisempia kuin Teuronjoen yläosilla.

Tätä taustaa vasten esitettyjen eroosioitoimenpiteiden kannalta keskeisimpänä alueena pidetään Teuronjoen yläosia ja etenkin näillä tunnistettuja kohteita, joilla eroosiosta aiheutuu vaaraa rantavyöhykkeen kiinteistöille. Ihmisten ja omaisuuden turvaamiseksi eroosiontorjunnassa tulee priorisoida ensisijaisesti Jokelankosken ja Hankalankosken alla sijaitsevia asuintaloja sekä Tuukkalassa sijaitsevaa vapaa-ajan kiinteistöä. Vastuu kohteiden eroosiontorjunnasta tulee selvittää pikimmiten ja tämän jälkeen ryhtyä pikaisesti toimenpiteisiin kiinteistöjen suojaamiseksi.

Edellä esitettyjen akuuttien toimenpidekohteiden jälkeen toimenpiteitä suositellaan kohdistettavan Teuronjoella tunnistetuille kohteille kartoituksessa esitetyn riskiluokan mukaisessa tärkeysjärjestyksessä painottaen edelleen joen yläosia. Hydrologia sekä vaikutusten laaja-alaisuus huomioiden toimenpidekohteissa suositellaan priorisoitavan peltojen kuivatusten tehostamista niillä osuuksilla, joissa tähän on tunnistettu esiintyvän selkeää tarvetta.

Teuronjoen yläosille esitetty pohjapatoratkaisu on vaikutuksiltaan laaja-alainen hanke, joka vaatisi toteutuessaan kattavaa ennakkosuunnittelua. Näin ollen toimenpiteissä suositellaan tässä vaiheessa priorisoitavan kustannuksiltaan alhaisia paikallisia toimia, joilla saavutetaan nopea ja välitön vaikutus. Pohjapatoratkaisun tuomat hyödyt eroosiontorjunnassa olisivat kuitenkin luonteeltaan pitkäikäisiä ja laajoja, mistä syystä sen mahdollista toteutusta tulisi puolestaan priorisoida keskipitkällä aikavälillä.

Puujoen eroosiotilanne on tämän selvityksen tulosten perusteella huomattavasti Teuronjokea parempi ja sillä ei katsota esiintyvän yhtä kiireellisiä toimenpidetarpeita. Puujoenkin eroosiokehitystä suositellaan kuitenkin seurattavan säännöllisesti nyt tunnistettujen potentiaalisten riskikohteiden osalta ja havaittuihin ongelma-kohtiin puututtavan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.

6 Lähteet

GTK (2020). *Maaperäkartta 1:20 000*.

Lukkarinen, V. & Takala, M. (2018). *Vieraslaji- ja eroosiokartoitus Kyrönjoki*. Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus. 73 s.

Maanmittauslaitos (2019). *Digitaalinen korkeusmalli (2m)*.

Maanmittauslaitos (2019). *Taustakarttasarja*.

Maanmittauslaitos (2020). *Maastotietokanta (rakennukset, korkeuskäyrät, järvet, joet, koskipaikat)*.

Suhonen, H. & Kosme, M. (2014 & 2016). *Teuronjoen eroosiokartoitus*. Vanajavesikeskus. 38 s.

Suomen ympäristökeskus (2016). *VHS Vesimuodostumat*.

Suomen ympäristökeskus (2016). *Uomaverkosto*.

Suomen ympäristökeskus (2018). *Corine Land Cover 2018 (20m) maanpeiteaineisto*.