



Väylävirasto
Trafikledsverket

Väyläviraston julkaisu
76/2023

Kuivatuksen kunnossapidon digitaalisen hallinnan kehittäminen

Projektin raportti 2023



Anni Heilala, Tomi Herronen, Tomi Herukka, Anssi Hiekkalahti,
Pauli Kolisoja, Timo Saarenketo, Timo Saarenpää, Kalle
Vaismaa

Kuivatuksen kunnossapidon digitaalisen hallinnan kehittäminen

Projektin raportti 2023

Väyläviraston julkaisuja 76/2023

Kannen kuva: Tomi Herukka, Arkance Systems Finland Oy

Verkkójulkaisu pdf (www.vayla.fi)

ISSN 2490-0745

ISBN 978-952-405-118-7

Väylävirasto
PL 33
00521 HELSINKI
puh. 0295 343 000

Anni Heilala, Tomi Herronen, Tomi Herukka, Anssi Hiekkalahti, Pauli Kolisoja, Timo Saarenketo, Timo Saarenpää, Kalle Vaismaa: Kuivatuksen kunnossapidon digitaalisen hallinnan kehittäminen - Projektin raportti 2023. Väylävirasto Helsinki 2023. Väyläviraston julkaisuja 76/2023. 37 sivua. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-405-118-7.

Avainsanat: maantiet, kuivatus

Tiivistelmä

Tässä työssä kehitettiin maantien kuivatuksen parantamista digitaalisia työkaluja hyödyntäen. Parantaminen on usein edullista massatyötä ilman riittävää suunnitelmaa, vaikka toimivalla kuivatuksella on iso merkitys tien elinkaareen. Infraraken- tamisessa on otettu käyttöön useita uusia digitaalisia teknologioita, joiden hyödyn- tämistä testattiin Uudenmaan ELY-keskuksen alueella toteutetussa pilotissa.

Lähtötietomalli laadittiin hyödyntäen laserkeilaus-, maatutkaus- ja inventointiai- neistoja useista eri lähteistä. Suunnittelun yksi pääkohdista oli varmistaa riittävä ojasyvyys suhteessa tierakenteisiin. Ojan pohjan tason kaivaminen tierakenteen alapinnan alapuolelle on mahdotonta ilman tietoa tierakenteen kokonaispaksuu- desta. Lisäksi suunnittelussa varmistettiin oikean suuntaiset ja suuruiset ojalalte- vuudet sekä tiealueen riittävyys.

Suunnittelutiedoista laadittiin kevyt 3D koneohjausmalli sisältäen ylimmän yhdis- telmäpinnan sekä tiealueen rajat. Koneohjausmalli luotiin Inframodel-muodossa. Maanteiden kuivatuksen parantamishankkeille tyypillisen kustannustason pienuu- den vuoksi alueelle ei luotu Väylän infrahankkeiden tietomalliohjeistuksen mukaista tarkkaa mittausperustaa vaan referenssitasona hyödynnettiin kaistan pinnan ta- soa. Se nähtiin riittävän yhteiseksi korkeusreferenssiksi eri lähtötietojen ja mallin sekä toteutuksen kesken.

Kaivutyön toteutuksen jälkeen kohteella tehtiin uusi laserkeilaus, josta muodostet- tua pintamallia verrattiin suunnitelmaan. Laadittu suunnitelma oli toteutunut ylei- sesti hyvin, etenkin ojan pohjan syvyyden suhteen. Merkittävin syy mallista poik- keamiseen oli viljellyn peltomaan säästäminen, vaikka tiealue olisi sallinut laajem- man kaivamisen. Tämän tyyppisillä kohteilla, joissa pelto on levinnyt tiealueelle, vuoropuhelua maanomistajien kanssa olisi hyvä käydä aikaisemmin suunnitteluvai- heessa ja vaikkapa merkitä tiealueen rajat maastoon ennen kaivutyötä konfliktien välttämiseksi.

Työssä tehdyn toimintatavan arvioinnin tuloksissa korostuivat kaivutyön laatu, kommunikaation merkitys, tiedonhallinnan tärkeys sekä elinkaaritalouden huomi- oon ottaminen ELY-keskusten budjetoinnissa ja tulosohejauksessa. Työssä laadittu suunnitelma tulisi tallentaa Väylän tietojärjestelmiin ja se on sellaisenaan hyödyn- nettävissä kuivatuksen seurannassa eikä tulevaisuuden parannushankkeista tarvita vastaavaa suunnittelutyötä koska nyt laadittu tavoitemalli on suoraan hyödynnet- tävissä tulevissa hankkeissa.

Anni Heilala, Tomi Herronen, Tomi Herukka, Anssi Hiekkalahti, Pauli Kolisoja, Timo Saarenketo, Timo Saarenpää, Kalle Vaismaa: Rapport från projektet Utveckling av den digitala hanteringen av dräneringsunderhållet, 2023. Trafikledsverket. Helsingfors 2023. Trafikledsverkets publikationer 76/2023. 37 sidor. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-405-118-7.

Sammanfattning

I detta arbete utvecklades sätt att förbättra dräneringen av landsvägar med hjälp av digitala verktyg. Förbättring är ofta ett förmånligt massarbete där en tillräcklig plan saknas, trots att välfungerande dränering har stor inverkan på vägens livscykel. I infrastrukturbyggande har man infört ett flertal nya digitala tekniker, vars nyttjande testades i ett pilotförsök som genomfördes i området för NTM-centralen i Nyland.

Modellen för utgångsdata utarbetades genom att utnyttja laserskannings-, georadarundersöknings- och inventeringsmaterial från flera olika källor. En av huvudpunkterna i planeringen var att säkerställa ett tillräckligt dikesdjup i förhållande till vägkonstruktionerna. Om man inte känner till vägkonstruktionens sammanlagda djup är det omöjligt att gräva diket så att dikesbotten ligger under vägkonstruktionens yta. I planeringen säkerställdes också rätt släntlutning och längsgående lutning för diket och vägområdets tillräcklighet.

Av konstruktionsdata utarbetades en lätt 3-dimensionell maskinstyrningsmodell som innehöll det övre lagret samt gränserna för vägområdet. Maskinstyrningsmodellen skapades i formatet Inframodel. På grund av den låga kostnadsnivån, som är typisk för projekt för förbättring av dräneringen av landsvägar, skapades för området ingen exakt mätgrund enligt Trafikledsverkets anvisningar om datamodellering i infrastrukturprojekt. I stället utnyttjades nivån på körfilens yta som referensnivå, vilken ansågs vara en tillräcklig, gemensam höjdreferens mellan olika utgångsdata och modellen samt utförandet.

Efter att grävarbetet var klart gjordes i området en ny laserskanning och ytmodellen från denna jämfördes med planen. Planen som utarbetats hade allmänt taget förverkligats väl, i synnerhet vad gäller dikesdjupet. Den viktigaste orsaken till att avvika från modellen var att spara åkermark, fastän vägområdet hade tillåtit mer omfattande grävning. Vid objekt av denna typ, där åkern tagit över vägområdet, vore det bra att föra en dialog med markägarna redan tidigare under planeringen och till exempel märka ut vägområdets gränser i terrängen innan grävning påbörjas för att undvika konflikter.

I arbetet ingick bedömning av verksamhetssättet, och i resultaten från denna framhövdes kvaliteten på grävningsarbetet, vikten av kommunikation, vikten av informationshantering samt beaktandet av livscykelekonomin i NTM-centralernas budgetering och resultatstyrning. Planen som utarbetades under arbetet borde sparas i Trafikledsverkets datasystem och kan användas som den är för uppföljning av dräneringen. För framtida förbättringsprojekt behövs inte motsvarande planeringsarbete, eftersom modellen som nu utarbetats kan utnyttjas direkt i kommande projekt.

Anni Heilala, Tomi Herronen, Tomi Herukka, Anssi Hiekkalahti, Pauli Kolisoja, Timo Saarenketo, Timo Saarenpää, Kalle Vaismaa: Drainage maintenance digital management development – Project report 2023. Finnish Transport Infrastructure Agency Helsinki 2023. Publications of the FTIA 76/2023. 37 pages. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-405-118-7.

Abstract

In this work, the improvement of road drainage using digital tools was developed. Improvement is often inexpensive mass work without an adequate plan, even though functional drainage has a major impact on the life cycle of the road. Several new digital technologies have been introduced in infrastructure construction, the utilization of which was tested in a pilot project carried out in the area of the Uusimaa ELY Centre.

The initial data model was created using laser scanner (Lidar), ground penetrating radar (GPR) and inventory data from several different sources. The main point of the design was to ensure sufficient ditch depth in relation to the road structures. Excavating the ditch to a depth below that of the bottom of the road structure is impossible without knowledge of the total thickness of the road structure. In addition, the design ensured ditch slopes in the right direction and size, as well as limitation of the designated road area. A lightweight 3D machine control model was prepared from the design data, including the combined uppermost layers and the boundaries of the road area. The machine control model was created in Inframodel format. Due to the low-cost level typical of road drainage improvement projects, an accurate measurement basis, following the information model guidelines for FTIA infrastructure projects was not made for the area, but the level of the lane surface was used as a reference level. It was seen as a sufficiently common height reference between the different initial data and model and implementation.

After the excavation work was completed, a new Lidar survey was made at the site, and the surface model from that survey was compared with the plan. The plan, as drawn, had generally been well implemented. The most significant reason for deviating from the model was to save farmland, even though the road area would have allowed for more extensive excavation. As a result of this work, it is proposed that the road area could be marked well in advance so that the owners of the adjacent land know to leave the road area unseeded.

The results of the evaluation of the operating method in practice highlighted the quality of the excavation work, the importance of communication, the importance of information management, and consideration of the life cycle economy in the budgeting and performance management of ELY Centres. The plan drawn up in the work should be saved in FTIA information systems and it can be used, as such, in monitoring the drainage, and there is no need for similar planning work for future improvement projects because the target model, as drawn, can now be directly used in future projects.

Esipuhe

Väyläviraston väylätiedonhallinnan visiossa vuodelle 2030 on linjattu väylätietojen kehittämisen suuntalinjat, jossa tavoitteena on entistä laajemmin ja tehokkaammin hyödyntää väylistä kerättävää tietoa ja edistää väylänpidon digitalisaatiota. Rakentamisen puolella mallipohjaista rakentamista on saatu viety käytäntöön jo vuosien ajan, mutta maanteiden kesähoidon töiden osalta löytyy useita töitä, joissa on paljon potentiaalia kehittää toimintaa digitaalisuuden saralla. Maanteiden kuivatuksen tärkeys on noussut esille yhtenä keinona parantaa päällysteiden kestävyyttä. Näistä asioista nousi ajatus kehittää kuivatuksen kunnossapitoa digitaalisen hallinnan kautta – kohti digitaalista kaksosta. Kehitystutkimuksen lähtökohtana onkin ollut löytää digitaaliset keinot kuivatuksen suunnitteluun, työn toteuttamiseen, laadunvalvontaan ja seurantaan.

Tutkimuksen teki yhteistyössä Roadscanners Oy (Timo Saarenpää, Timo Saarenketo, Annele Matintupa ja Anssi Hiekkalahti), Tampereen yliopiston tutkimuskeskus TERRA (Kalle Vaismaa ja Pauli Kolisoja) ja Arcane Systems Oy (Tomi Herukka ja Anni Heilala). Työtä ohjasi Väylävirastosta Magnus Nygård ja Jarkko Pirinen. Tutkimus toteutettiin Kaakkois-Suomen Ely-keskuksen hankinta-alueen kohteilla.

Helsingissä joulukuussa 2023

Väylävirasto
Teiden kunnossapidon ohjausosasto

Sisältö

1	JOHDANTO.....	8
2	KUIVATUKSEN PARANTAMISEN LÄHTÖTIETOMALLIN KOOSTAMINEN	10
2.1	Mittausperusta	10
2.2	Lähtöaineiston tietolähteet (raaka-aine)	11
2.3	Lähtötiedot	13
2.3.1	Kuivatusinventointien tulokset	13
2.3.2	Ojien syvyys.....	14
2.3.3	Tien päällysrakenteen alapinta.....	16
2.3.4	Rummut ja laskuojat.....	16
2.3.5	Tiealueen raja	17
2.3.6	Kaapelitiedot.....	18
3	SUUNNITTELU	19
3.1	Yleistä kuivatussuunnittelusta suunnitteluohjelmistoissa	19
3.2	Pilottikohteiden kuivatuksen suunnittelu	21
3.3	Toteutusmalli.....	24
4	KUIVATUKSEN PARANTAMINEN	27
5	KUIVATUKSEN KUNNON VARMISTAMINEN	29
6	TOIMINTAMALLIN ARVIOINTI.....	32
7	KUIVATUKSEN KUNNON SEURANTA JATKOSSA	35
8	JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET	36

1 Johdanto

Teiden kunnossapidossa veden läsnäolo eri muodoissaan merkitsee lähinnä ongelmia. Tärkein syy teiden vaurioitumiseen ja tieverkon palvelutasoon sekä elinkaareen liittyviin ongelmiin on liiallinen vesi, minkä kerääntyminen pyritään estämään teiden kuivatusrakenteilla. Niiden ensisijainen tarkoitus on poistaa vesi tieltä ja sen ympäristöstä. Kuivatuksen elementit ovat vettä läpäisemätön kulutuskerros ja riittävä sivukaltevuus, riittävän syvät sivuojat sopivan suuntaisilla ja suuruisilla pituuskaltevuuksilla, laskuojat sekä päätie- ja liittymärummut.

Tällä hetkellä tien kuivatusrakenteiden asianmukainen kunnossapito jätetään kuitenkin usein vaille riittävää huomiota. Esimerkiksi ROADEX-projektissa on todettu (Aho & Saarenketo 2006), että huonosti toimiva kuivatus on yksi suurimmista teiden käyttöikänsä ja elinkaarensä vaikuttavista tekijöistä Pohjois-Euroopassa.

Ylimääräinen kosteus on suurin tekijä useimpien kantavuusongelmien ja tien vaurioitumisen taustalla etenkin seutu-, yhdys- ja kantateillä, mutta myös valtateillä. Tästä syystä teiden kuivatusjärjestelmien on toimittava tehokkaasti koko päällysrakenteen elinkaaren ajan - eikä vain muutaman vuoden ajan.

Kuivatuksen kunnan seurannannassa ja erityisesti sivuojien kunnossapidossa yksi suurimmista ongelmista on se, miten ojan pohjan tasoa seurataan ja miten tunnistetaan veden virtauksen estävät kohteet. Pahat kuivatusongelmat voidaan helposti havaita silmämääräisesti, mutta pienempien ja tärkeiden yksityiskohtien löytäminen liikkuvasta autosta on lähes mahdotonta. ROADEX-projektissa tutkittiin eri tekniikoita ja parhaaksi vaihtoehdoksi ojien muutosten havainnointiin todettiin laserkeilaustekniikka. Tämän tekniikan tulosten avulla esimerkiksi kunnossapitourakoitsijat voivat tulevaisuudessa reagoida varhaisessa vaiheessa ojissa ilmeneviin ongelmiin ja estää näin uusien vaurioiden syntymisen teille.

Tämän ”Kuivatuksen kunnossapidon digitaalisen hallinnan kehittäminen”-projektin taustalla oli PEHKO-projekti, jossa Lapin, Keski-Suomen ja Uudenmaan alueilla on tehty jo lähes 10 vuoden ajan tutkimuksia ja päällysteen kunnan seuranta. Seurannan tulokset ovat osoittaneet tukkeutuneiden ja huonosti toimivien sivuojien ja liittymien kuivatuksen suuren vaikutuksen päällysteiden vuosikustannuksiin. Lisäksi laserkeilain- ja maatutkamittauksissa havaittiin, että kaikilla PEHKO-pilottialueilla ojien pohjien korkeusasema oli usein päällysrakenteen pohjan yläpuolella, mikä mahdollisti veden virtauksen ojista tien alle, kun sen pitäisi olla päinvastoin. PEHKO-pilotissa havaittiin myös, että kuivatuksen parantaminen oli usein ojien pohjien pientä puhdistusta, kun todellinen vaadittava taso ei ollut tiedossa.

Nykyisin kuivatuksen parannuksia suunnitellaan ja toteutetaan vaihtelevalla tasolla. Kevyimmillään toteutettuna urakoitsija saattaa saada lähtötietona vain tietyn kunnostettavan tiejakson/paaluvalin. Tällöin urakoitsija toteuttaa työn maastossa parhaaksi katsomallaan tavalla mm. silmämääräisesti veden virtaussuuntia ja ojan tasoa arvioiden. Menetelmän etuna on ollut sen edullinen hinta, joka on ollut alle eurosta muutamaan euroon juoksumetriltä.

Tämän projektin tavoitteena oli testata uusia digitaalisia menetelmiä kuivatuksen kunnan objektiiviseen mittaamiseen, kuivatussuunnitteluun, työn toteutukseen, laadunvalvontaan ja seurantaan. Lähtökohtana oli, että uudella tekniikalla tunnustettaisiin päällysteiden elinkaarikustannuksiin vaikuttavat kuivatuspuutteet ja niille

tehtäisiin riittävän laadukas kunnostussuunnitelma. Kunnostuksessa hyödynnettäisiin koneohjausta. Tällöin lopputuloksena kuivatus saataisiin alkuperäistä suunnittelutasoa vastaavaksi. Tämä tehtäisiin kuitenkin niin, että kustannukset eivät karkaisi liian suuriksi verrattuna silmämääräisesti tehtävään suunnitteluun ja toteutukseen. Tavoitteena oli, että kuivatuksen koneohjaus voitaisiin tehdä ilman paikallista tukiasemaa, mikä nostaa huomattavasti työn kustannuksia.

Pilotin kohteeksi valittiin kolme tietä Uudenmaan ELY-keskuksen alueelta, joista vuonna 2022 toteutettiin kaksi kohdetta. Projektiryhmään kuuluivat Väyläviraston ja Uudenmaan ELY-keskuksen lisäksi Roadscanners Oy ja Arkance Systems Finland Oy sekä Tampereen yliopiston tutkimuskeskus TERRA. Tässä raportissa kuvataan projektin taustat, käytetty lähtöaineisto, käytetty suunnittelu- ja koneohjaustekniikka sekä kuvataan, miten toteutus onnistui. Lisäksi arvioidaan toimintamallin onnistumista sekä tehdään suositukset työn jatkosta.

2 Kuivatuksen parantamisen lähtötietomallin koostaminen

Projektissa tavoiteltiin kuivatuksen kunnossapidon suunnittelussa uudenlaista tietomallipohjaista toimintatapaa. Suomessa tietomallipohjainen toiminta on hyvin edistyksellistä ja vakioitua investointihankkeissa, joissa suunnittelukustannukset ovat merkittävä osa hankkeen kokonaiskustannuksista. Mallipohjainen toiminta investointihankkeiden suunnittelussa ja toteutuksessa mahdollistaa tulevaisuudessa vastaavan toiminnan myös kunnossapidossa ja ylläpidossa. Tietoa luovutetaan väylän elinkaaren aikana vaiheesta toiseen entistä enemmän ja toisaalta erilaisia tietolähteitä suunnittelun tueksi löytyy useita. Tässä kuivatuksen kunnossapidon digitaalisen hallinnan kehittäminen -projektissa lähdettiin soveltamaan Väylän suunnitteluprojektien ohjeistuksen mukaista aineistoryhmien jaottelua jakamalla lähtöaineisto "raaka-aineeksi" ja siitä muodostettuun "lähtötietoon" (kuva 1). Termi "raaka-aine" tuntui kunnossapidon suunnittelijoiden keskuudessa vieraalta ja sopimattomalta. Projektissa käsittelemättömistä lähtötiedoista puhuttiin termillä "lähtöaineiston tietolähteet" ja siitä projektin käyttöön muokattua aineistoa kutsuttiin "lähtöaineistoksi".



Kuva 1. Velhon aineistoryhmät. (Väyläviraston ohjeita 32/2022)

2.1 Mittausperusta

Pilotin yhtenä tavoitteena oli selvittää suhteellisen tarkkuuden hyödyntämistä koneohjauksessa ja sitä kautta selvittää, voisiko koneohjausta hyödyntää nykyistä ohjeistusta kevyemmällä paikantamisella. Kuivatuksen parantamisen suunnittelun lopputuote nykyisin on kevyimmillään listaus ojitettavista paaluväleistä ja avattavista tai uusittavista rummuista sekä korjattavista laskuojista. Mittausperustaksi

muodostui kokeilussa kaksi erilaista referenssiaineistoa. Kohteilla olevien keskeisten rumpujen alapinnan taso mitattiin VRS-GPS laitteistolla. Samassa yhteydessä mitattiin pisteitä myös ajoradalta. Näitä pisteitä hyödynnettiin lähtöaineiston käsittelyssä aineiston korkeustason laadun arviointiin. Tässä pilottiprojektissa lähdettiin siitä, ettei rumpuja muuteta, vaikka ne olisivatkin ”liian korkealla”. Kuitenkin jatkossa päätie- ja liittymärumpujen tason muuttaminen pitäisi myös olla mahdollista kuivatussuunnittelussa.

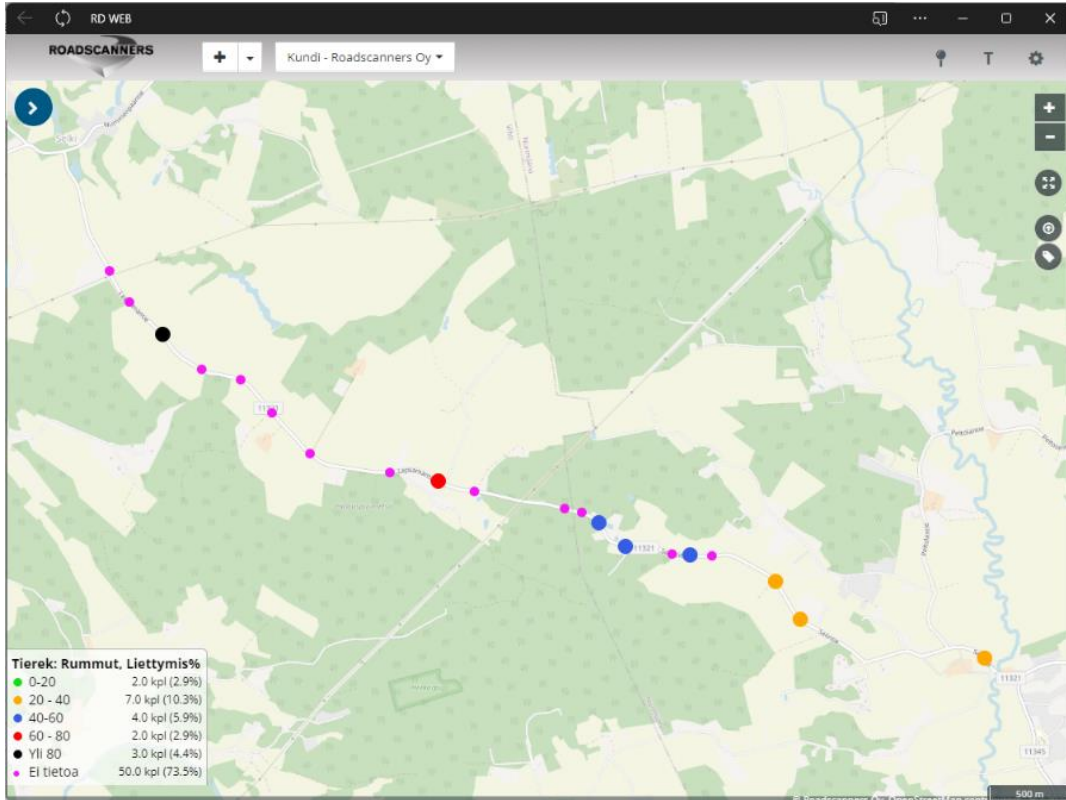
Kuivatuksen suunnittelun prosessissa mittausperustan (Väyläviraston ohjeita 32/2022) mittaaminen on uusi prosessi, joka vaatii osaamista ja resursseja. Projektin aikana käyttökelpoiseksi mittausperustaksi todettiin myös Maanmittauslaitoksen hallinnoima laserkeilausaineisto. Ajoradan pinta erottuu selkeästi sekä avoimena aineistona saatavilla olevasta että irrotuskustannuksella hankittavissa olevasta tiheämmästä aineistosta. MML-laserkeilausaineistosta saatua ajoradan pinnan korkeustasoa käytettiin referenssitasona muille mittausaineistoille. Tavoitteena oli karsia suunnittelukustannuksia verrattuna siihen, että esimerkiksi mitattaisiin runsaasti tarkepisteitä.

Vaikka pilottiprojektissa testattiinkin tien pinnan käyttämistä referenssinä, olisi pilotin mukainen suunnittelu mahdollista toteuttaa myös tarkemmalla absoluuttisella paikantamisella. Tämän etuna olisi suunnitelmien parempi hyödynnettävyys tulevaisuudessa. Nyt suunnittelussa ja toteutuksessa hyödynnettiin suhteellisia korkeuksia tien pinnasta, mutta esimerkiksi päälylystysten yhteydessä suhteellinen korkeustaso voi muuttua.

2.2 Lähtöaineiston tietolähteet (raaka-aine)

Projektissa käytetty lähtöaineiston raaka-aine (ks. kuva 1) muodostui erilaisista rekistereistä, tietovarastoista ja avoimesta datasta. Varsinaisia mittauksia työtä varten tehtiin hyvin vähän. Näitä olivat lähinnä suunnitteluvaiheen maastokäynnin yhteydessä tehdyt VRS-GPS mittaukset. Tätä projektia varten oli saatavilla mm. aikaisemmin mitattu ajoneuvolaserkeilausaineisto, mutta uudessa vastaavassa kuivatussuunnitteluprojektissa vastaavaa aineistoa ei välttämättä ole saatavilla. Tietomallipohjaisuuteen kuuluu olennaisesti yhteensopivuus ja tiedon siirtyminen tien elinkaaren aikana vaiheesta toiseen. Tässä projektissa pyrittiin hyödyntämään olemassa olevia aineistoja mahdollisimman laajasti.

Tierekisteritiedot ladattiin Väylän WFS palvelusta tienumeron avulla. Palvelusta tiedot saatiin kätevästi sekä tieosoitteella että paikkatiedolla varustettuna. Projektissa ladattiin tiedot rummuista (kuva 2), silloista, liikennemääristä ja ajoradan leveyksistä. Tietojen hyödynnettävyys jäi kuitenkin suunniteltua pienemmäksi, sillä rumputiedot käytiin tarkistamassa maastokäynnillä. Sillatkin ovat tavallaan itsestään selvyyttä tällaisessa projektissa. Ne näkyvät kaikissa tiedoissa sellaisenaan – rekistereistä siirrettyä tiedolla ei saatu suurta lisäarvoa. Rekistereistä saadaan tietoa myös tien kunnosta, muun muassa urasyvyyksistä ja urakasvunopeudesta sekä epätasaisuudesta. Nämä tien kuntotiedot indikoivat myös kuivatuksen kunnan vaikutusta tien kuntoon ja sitä kautta antavat hyödyllistä tietoa kuivatuksen parantamisesta.



Kuva 2. Kuva tierekisteritiedon esittämisestä kartalla roaddatacenter.com-palvelussa. Rummut luokiteltuna liettymisprosentin perusteella.

Maanmittauslaitoksen aineistoista hyödynnettiin kiinteistötietoja, taustakarttoja sekä laserkeilausaineistoja. Kiinteistötiedot ladattiin Maanmittauslaitoksen avoimen datan latauspalvelusta 2D aineistona. Tialueen rajaa ei ole saatavissa sellaisenaan vaan se muodostuu tiehen rajoittuvien kiinteistöjen yhdestä sivusta.

Projektissa testattiin Maanmittauslaitoksen hallinnoimia laserkeilausaineistoja. Pistetiheydeltään harvempi (0,5p/m²) on ilmaiseksi saatavilla oleva aineisto MML:n latauspalvelusta. Tiheämpi (5p/m²) aineisto on myös maksutonta, mutta käyttöluva (lisenssi) on maksullinen. Maksu on tuotantoaluekohtainen. Aineistosta ei peritä käyttöoikeusmaksuja. Tiedostolatauspalvelusta itsepalveluna aineistoja ladattaessa ei peritä myöskään tietoväline-, käsittely- eikä toimituskuluja. Muutoin toimitettaessa peritään noin 100 euron maksu per tuotantoalue.

PEHKO projektin yhteydessä mitatuista mittausaineistoista hyödynnettiin kohteilla suoritettua Road Doctor Survey Van (RDSV) -mittausta keväältä 2020. Mittaus sisälsi muun muassa maatutkauksen, videoinnin ja laserkeilauksen. RDSV laserkeilaukselle on tyypillistä sellaisenaan hyvä korkeustason suhteellinen tarkkuus – ei absoluuttinen tarkkuus.

Projektissa saatiin kuivatuksen nykykunnan mittaukset (laserkeilaus, maatutkaus, videointi) olemassa olevista mittauksista. Jos näitä ei ole saatavilla tulee kuivatuksen kunto mitata. Tätä aineistoa on mahdollista käyttää myöhemmin myös muussa kunnossapitoon liittyvässä suunnittelussa.

Suunnittelua varten kaapelitiedot kerättiin mm. www.johtotietopankki.fi, www.verkkoselvitys.fi ja verkkotietopiste.fi palveluista.

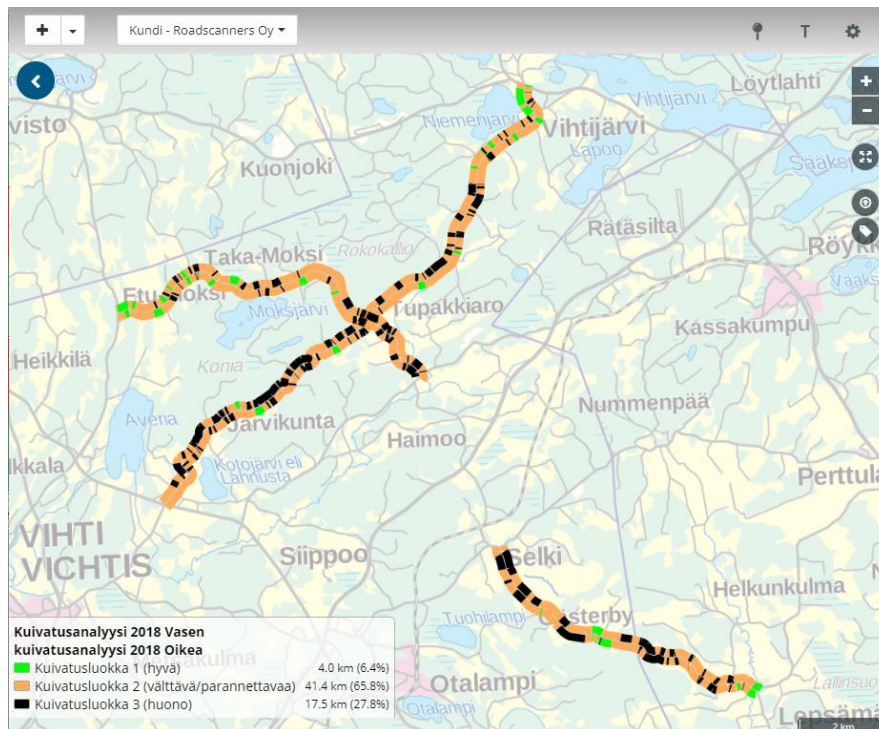
2.3 Lähtötiedot

2.3.1 Kuivatusinventointien tulokset

Projektin pilottikohteeksi haettiin teitä Uudenmaan PEHKO-projektin tiestön joukosta. Syynä oli se, että tiestöllä oli tehty visuaalinen kuivatuksen inventointi 2018, jonka lisäksi muuta Road Doctor Survey Van mittaus- ja seuranta-aineistoa oli saatavilla. Visuaalisessa kuivatusinventoinnissa kuivatuksen kunto oli luokiteltu silmämääräisesti kolmeen eri luokkaan (hyvä, välttävä, tyydyttävä). Pilottikohteiksi valituilla teillä oli visuaalisessa kuivatusinventoinnissa runsaasti välttävää ja tyydyttävää kuivatusta (kuva 3).

Aikaisemmin tehtyä visuaalista kuivatuksen inventointia käytettiin lähinnä kohteiden valintavaiheessa. Varsinaisessa suunnittelussa kuitenkin kuivatusta tarkastellaan tarkemmin. Parannusta rajoittavia tekijöitä pystytään arvioimaan paremmin, joten lopulliset parannettavat kohdat poikkeavat jossain määrin visuaalisen inventoinnin heikon kuivatuksen kohdista.

Tässä projektissa käytettyä visuaalista kuivatusinventointia hieman vastaava ”Päällystettyjen teiden kuivatuspuutteiden kartoittaminen” (Väyläviraston ohjeita 6/2021) on tehty suurelle osalle päällystettyjä teitä viime vuosien aikana ja nämä tiedot ovat tulossa hyödynnettäväksi Velho-järjestelmään. Tätä aineistoa voidaan jatkossa käyttää samaan tapaan valittaessa kohteita tarkempaa kuivatuksen suunnittelua varten. Toki kohteita valittaessa on otettava huomioon muitakin tekijöitä kuten kuivatuksen vaikutus tien kuntoon (esimerkiksi urakasvunopeus) ja tulevien vuosien suunnitellut päällystyskohteet.



Kuva 3. Visuaalisen kuivatusinventoinnin tulokset pilotissa mukana olleilta teiltä.

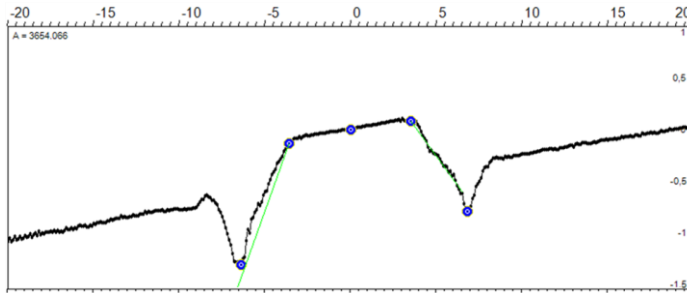
2.3.2 Ojien syvyys



Kuva 4. Kahdella eri tavalla muodostettu poikkileikkaus samasta pistepilvestä. Kuvassa on esitetty katuvalon ja kasvillisuuden aiheuttamien virhepisteiden poistamiseen kehitetyn laskenta-algoritmin toimintaa. Musta viiva on normaali prosessoimaton poikkileikkaus ja punainen viiva prosessoitu.

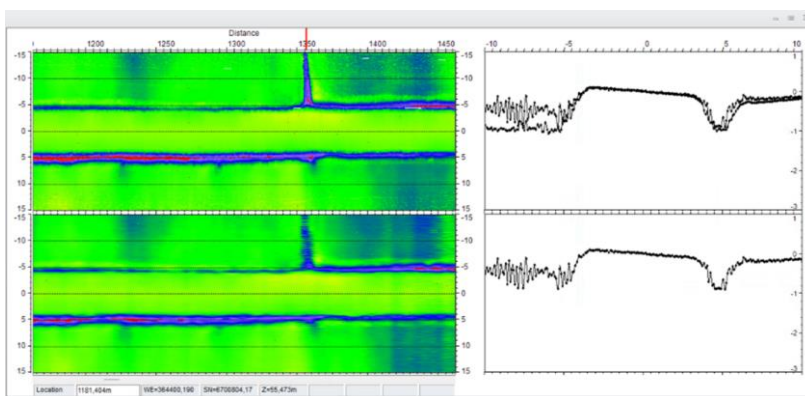
Ojien syvyyden määrittäminen oli projektin kokonaisuuden kannalta tärkeä osatehtävä. Ojan syvyyden määrittäminen olemassa olevasta tiestä on haastavaa sillä kasvillisuus ja mahdollisesti seisova vesi peittää näkyvyyden ojan pohjaan. Projektissa hyödynnettiin Road Doctor -ohjelmiston algoritmia, jolla voidaan etsiä tien linjan suuntaisesti asemoidun ruudukon alueelta alin piste. Ruudukon kooksi valittiin tässä tapauksessa 2 m pituussuunnassa ja 10 cm poikkisuunnassa. Kuvassa 4 on esitetty algoritmin toimintaa siten, että em. ruudukosta on etsitty alimmat ja ylimmät pisteet.

Kasvillisuuden poistamisen jälkeen pistepilvestä määritettiin tien poikkileikkauksen taitepisteet: Keskilinja (harjanne), pientareet, ojan pohjat sekä ulkoluiskan yläosan taitepiste. Määrittäminen tehtiin hyödyntäen Road Doctor -ohjelmiston poikkileikkauksien taitepisteet. Ohjelmalle annetaan laskentaa varten tietyt muuttujien arvoja, kuten keskilinjaa taitepisteiden haentaa varten vasemman puolen x-etäisyys ja oikean puolen x-etäisyys, joiden väliltä keskilinjaa haetaan. Sisä- ja ulkoluiskan taitepisteiden sekä ojanpohjien haentaa varten annetaan myös tietyt raja-arvoja mm. minimi- ja maksimisyvyyksien sekä -kaltevuuksien osalta sekä minimi- ja maksimietäisyyksiä tien keskilinjasta. Näiden määrittelyjen perusteella ohjelma hakee taitepisteet automaattisesti koko mittauslinjan matkalta. Laskenta-algoritmi toimii normaalin poikkileikkauksen osalta yleensä hyvin ja löytää hyvällä tarkkuudella poikkileikkauksen todelliset taitepisteet (kuva 5). Mikäli taitepisteiden avulla tehdään tarkempaa suunnittelua, kuten tässä projektissa tehdään, on pisteet vielä hyvä tarkistaa sekä muokata tarvittaessa.



Kuva 5. Poikkileikkaus ja siitä ohjelmiston tunnistamat taitepisteet sekä sisäluiskan kaltevuus. Kustakin poikkileikkauksen taitepisteestä muodostettiin kolmiulotteinen taiteviiva. Ohjelmistossa tunnistettiin kuvassa näkyvät taitepisteet automaattisesti (ojanpohja, pientareen taitepiste, keskilinja), mutta projektin loppuvaiheessa algoritmia kehitettiin edelleen tunnistamaan myös ulkoluiskan taitepiste. Tässä projektissa ulkoluiskan taitepiste digitoitiin kuitenkin vielä täysin käsin.

Ojan pohjan tunnistusta testattiin kaikilla kolmella käytössä olleella laserkeilausaineistolla. Kuvassa 6 on esitetty esimerkki eri aineistojen vertailusta. Tien pinnan poikkileikkauksen muoto on tunnistettavissa sekä Maanmittauslaitoksen 5 p/m2 aineistosta että RDSV-mittauksesta. Kuivatussuunnittelun näkökulmasta ongelmalliseksi muodostuu mittausajankohta. Maanmittauslaitoksen ilmasta tehtyjen laserkeilausten mittausajankohta näyttäisi olevan silloin, kun maastossa on jo runsaasti laserkeilaimen näkyvyyttä häiritsevää kasvillisuutta. Kuivatussuunnittelua varten ajoneuvolaserkeilaus, tässä tapauksessa RDSV, voidaan suorittaa optimaaliseen aikaan keuhällä kasvukauden alussa. Ajoneuvolaserkeilauksessa keilaimen korkeus voidaan optimoida tien poikkileikkauksen mittaamista varten sopivan korkealle siten että näkyvyys ojaan olisi hyvä, mutta kuitenkin sen verran matalalle, että puusto ei häiritse näkyvyyttä ojaan. Maanmittauslaitoksen ilmakeilaus ei näe hyvin oja, mikäli tien vieressä on puusto. Pistetiheys molemmissa aineistoissa on varsin riittävä erityisesti aukeilla paikoilla, joissa puut eivät varjosta ilmasta tapahtuvaa mittausta.

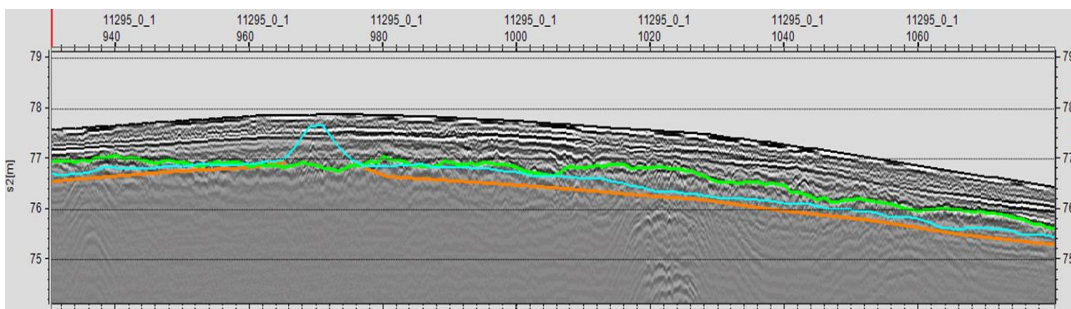


Kuva 6. RDSV laserkeilauksen ja MML:n 5 p aineiston vertailu. Kuvan vasemmassa reunassa on esitetty tien pinta ja ympäristö korkeuden mukaan väritettynä tasana. Vihreä kuvaa tien pinnan tasoa. Sinisen ja violetin sävyt kuvaavat tien pintaa alempana olevia tasojia. Ojat näkyvät molemmista aineistoista. Oikeassa reunassa ovat poikkileikkaukset molemmista aineistoista paalulta 1350. ylemmässä poikkileikkauksessa on molemmat aineistot. MML:n 5 p aineistossa vasemmalla laskuojan pinta korkeampana todennäköisesti kasvillisuuden vuoksi.

2.3.3 Tien päällysrakenteen alapinta

Tien päällysrakenteen alapinnan syvyys ja erityisesti suhde ojan pohjan tasoon on tärkeä tieto kuivatuksen toimivuuden rakenteellisessa arvioinnissa ja suunnittelussa. Mikäli ojan pohja on korkeammalla kuin päällysrakenteen alapinta, imeytyy vettä ojista todennäköisemmin tierakenteeseen ja altistaa tien nopeammalle vaurioitumiselle.

Maatutka-aineisto ja tulkittu tien päällysrakenteen alapinta saatiin PEHKO-projektin tietovarastosta. Projektissa käytettiin vuoden 2020 mittausten aineistoja. Projektissa maatutkaus on tehty molemmilta kaistoilta suunnilleen ulompien ajourien kohdilta. Näitä tulkittuja päällysrakenteen alapintoja verrattiin laserkeilainaineistosta laskettuihin ojasyvyyskiin (kuva 7). Maatutkalla määritetyn päällysrakenteen alapinnan tarkkuus on yleensä 10 %, jos referenssikairauksia ei ole saatavilla.



Kuva 7. Maatutka-aineisto pituusleikkauksessa. Maatutka-aineiston päälle on piirretty vihreällä aineistosta tulkittu päällysrakenteen alapinta. Sinisellä on pistepilvestä määritetty ojan pohja. Oranssilla suunniteltu uusi ojan pohja.

2.3.4 Rummut ja laskuojat

Rumpujen ja laskuojien kunto sekä korkeustaso ovat tärkeitä vaikuttavia tekijöitä sivuojien kuivatuksen toimivuudessa. Projektissa oli käytettävissä PEHKO-projektin yhteydessä 2018 tehdyt liittymärumpuinventoinnit (päätie- ja yksityisliittymärumpujen tierekisteriosoite ja arvioitu rummun kunto). Päätierummuista on yleensä saatavilla ainakin sijaintitiedot myös tierekisteristä tai nykyään Velhosta. Projektin yhteydessä liikkuvien mittausten aineiston perusteella tehdyn alustavan kuivatussuunnittelun jälkeen kuivatuksen kunnan kannalta oleelliset rummut valokuvattiin, arvioitiin ja osan korkeustaso mitattiin staattisella VRS-GPS-mittauksella maastokäynnin yhteydessä (kuva 8). Rumpujen valokuvat ja arvio kunnosta ja korjaustarpeesta vietiin roaddatacenter.com -palveluun kartalle tulevia kunnostuksia varten.



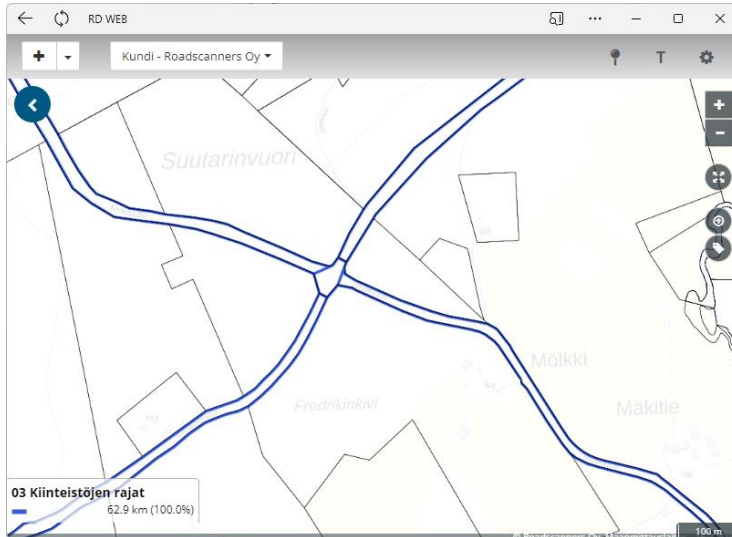
Kuva 8. Päätierummun korkeustason mittaaminen 11321 tiellä.

Rumpujen ja laskuojien kunnan arviointi ja korkeustason mittaaminen on merkittävästi aikaa vievä vaihe kuivatuksen suunnittelussa. Rumpujen korkeustason mittaamisen tarpeellisuus vaihtelee muun muassa kohteesta ja kuivatusparannuksien tasosta riippuen. Esimerkiksi vedenjakajilla sijaitsevien rumpujen korkeustason mittaaminen on usein vähemmän hyödyllistä kuin niiden rumpujen, joista selkeästi virtaa enemmän vettä läpi. Mikäli rumpujen korkeustason mittaamista halutaan karsia, voisi miettiä myös, onko rummun korkeustason tarkka mittaaminen aina tarpeellista. Tämä etenkin sellaisilla kohdilla, joissa ojan pohjan taso rummun läheisyydessä voidaan hyvällä varmuudella sovittaa työn aikana nykyiseen rumpukorkoon. Tällaisia voisivat olla ainakin kohdat, joissa pituuskaltevuus on riittävä ja pienet muutokset suunnittelussa ojasyvyydessä rummun läheisyydessä ovat mahdollisia. Toisaalta myös, jos päätetään, että rummut tarvittaessa uusitaan ja alustavassa suunnittelussa ojaa syvennetään siinä määrin, että nykyinen rumpu joudutaan joka tapauksessa uusimaan, voi nykyisen rummun korkeustason mittaaminen olla tarpeetonta. Rumpujen uusiminen tulee kysymykseen yleisimmin yksityistieliittymärumpujen yhteydessä. Päätierumpujen kohdalla yksi mahdollisuus korkeustason arviointiin voisi olla myös tulkita maatutkasta rummun yläpinnan korkeustaso ja lisätä siihen tierekisteristä löytyvä rummun halkaisija, jolloin voidaan arvioida rummun alapinnan korkeustaso.

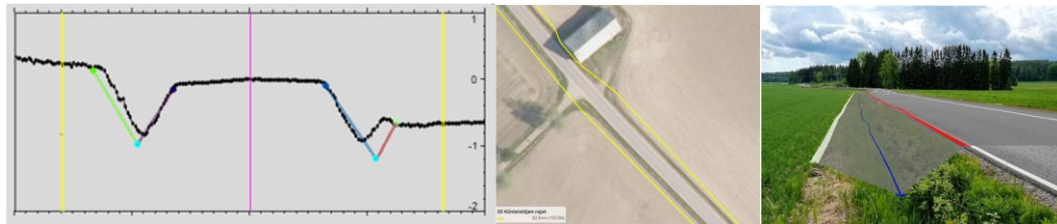
2.3.5 Tiealueen raja

Tiealueen raja muodostettiin kiinteistörekisterin aineistosta. Aineisto ladattiin projektin kansiorakenteeseen ja muokattiin projektin käyttöön sopivaksi. Aineisto muodostuu kiinteistöistä eli varsinaista tiealueen rajaa siitä ei löydy vaan rajan muodostaa tien rajoittuvien kiinteistöjen rajat. Aineistoa muokattiin siten, että kiinteistöjen alueista muodostettiin viivat. Tien rajoittuvat viivat yhdistettiin lopulta yhdeksi viivaksi, tiealueen rajaksi (kuva 9).

Kiinteistörekisterin tiedot ovat kaksiulotteisia. Tiealueen rajalle määritettiin korkeus maanmittauslaitoksen laserkeilauksen maanpinnan pisteistä. Tiealueen rajaa hyödynnettiin suunnitteluvaiheessa karttaesityksissä, poikkileikkauksissa ja toteutusmallissa (kuva 10).



Kuva 9. Esimerkki kiinteistöjen rajoista (mustat viivat) ja niistä muodostetusta tiealueen rajasta (sininen viiva).



Kuva 10. Tiealueen raja esitettynä keltaisella viivalla poikkileikkauksessa, ilmakuvassa (MML) ja lisätyn todellisuuden keinoin kameran "livekuvaan" yhdistettynä.

2.3.6 Kaapelitiedot

Kaapelitietoja hankittiin internet-palveluista. Kaapelitiedot saatiin osin pdf-tiedostoina ja osin dwg-tiedostoina. Dwg-tiedostoina saatuja kaapelitietoja saatiin vietyä suunnitteluohjelmistoihin ja tarkastelemaan kartalla. Kaapeleiden syvyystietoja ei näissäkään ollut saatavilla. Kaivutyön yhteydessä urakoitsija tilasi myös kaapelinäytöt kohdetta toteuttaessaan.

3 Suunnittelu

3.1 Yleistä kuivatussuunnittelusta suunnitteluohjelmistoissa

Tässä julkaisussa ei käydä kuivatuksen suunnittelun kaikkia periaatteita ja ohjeistuksia läpi, vaan ainoastaan pääkohtia ja tapoja miten tiettyjä kuivatuksen osatekijöitä voidaan digitaalisia menetelmiä hyödyntämällä suunnitella entistä tarkemmin. Samalla, kun saadaan parempaa työn laatua, saadaan myös dokumentoitua tehdyt suunnitteluratkaisut tulevaisuutta varten. Kirjallisuusluettelossa listatuista lähteistä löytyy tarkempia ohjeistuksia kuivatussuunnitteluun liittyen.

Uutta tietä suunniteltaessa on olemassa ohjeistuksia ja tyyppipoikkileikkauksia, joita noudattamalla varmistetaan kuivatuksen toimivuus. Kaikille teille kuivatusta ei ole kuitenkaan alunperinkään suunniteltu riittävän hyvälle tasolle, minkä lisäksi ajan saatossa ojan pohjan taso on noussut ja luiskien muodot muuttuneet. Puutteita saattaa olla ojasyvyyksissä, pituuskaltevuuksissa ja/tai luiskakaltevuuksissa. Usein näitä puutteita ei voida, rajoittavista tekijöistä johtuen, korjata nykyisen tiealueen sisällä jos ja kun noudatetaan nykyisiä ohjeiden mukaisia tyyppipoikkileikkauksia. Tosin ne on hyvä pitää suunnittelun tavoitteena.

Sivuojen kuivatuksen suunnittelussa huomioitavia pääkohtia ovat:

- Oikean suuntaiset ja suuruiset ojan pituuskaltevuudet:

Tavoitekaltevuus vähintään 0,4 % ja poikkeustapauksissakin vähintään 0,1 % (Väyläviraston ohjeita 6/2019). Laserkeilaamalla ja suunnitteluohjelmistoilla voidaan laskea nykyisten ojen pituuskaltevuudet ja suunnitella halutunlaiset uudet ojat. Kuvassa 7 on esitetty pituusleikkaus Road Doctor-ohjelmistossa. Suunnitteluohjelmistoissa nähdään hyvin visuaalisesti ja tarvittaessa myös numeroarvoina ojen pituuskaltevuudet ja virtaussuunnat.

- Riittävän ojasyvyyden varmistaminen:

Ojan pohja tulisi optimitilanteessa olla tien päällysrakenteiden alapuolella. Tällöin varmistutaan, ettei vesi imeydy ojista tierakenteisiin. Pilotissa käytetty ojan tavoitesyvyys oli noin 0,2–0,3 m päällysrakenteen alapinnan alla. Sivuojen syvyys tulee kuitenkin suunnitella sopivaksi ottaen huomioon ojan pohjan korkeustaso vesien purkukohdassa ja vedenjakajalla. Tavoitesyvyydestä on tingittävä, mikäli ojan syventäminen ei suunnittelun välin veden virtauksen varmistamisen näkökulmasta ole järkevää tai mikäli muut rajoittavat tekijät eivät mahdollista syvempiä ojia. Oikea ojasyvyys voidaan määrittää selvittämällä nykyisten tierakenteiden paksuus esimerkiksi maatumkaamalla. Kun verrataan nykyisiä laserkeilaamalla saatuja ojasyvyyksiä tähän, suunnitteluohjelmistoilla on mahdollista suunnitella parannettavat kohdat ja niiden uudet ojasyvyydet sekä ojan sijainnit (kuvat 11 ja 12).

- Riittävän loivat luiskat:

Ojamuotoilu ja luiskien kaltevuudet tulisi toteuttaa tieluokan asettamien vaatimusten mukaisesti. Liian jyrkät luiskat aiheuttavat kuivatusjärjestelmän kannalta ongelmia erityisesti luiskamateriaalin sortuessa ojan pohjalle ja aiheuttaessa vettä patoavia esteitä. Jyrkkäluiskaisuus voi olla ongelma myös niittämisen kannalta sekä liikenneturvallisuuden ja tien reunan kantavuuden kannalta. Nykyisiä teitä parannettaessa luiskat saattavat jo lähtökohtaisesti olla ohjeita jyrkempiä, jolloin kuivatusta suunniteltaessa tulisi mahdollisuuksien mukaan suunnitella loivemmat luiskat. Kaikilla kohdilla tämä ei ole mahdollista, vaan tulee tehdä kompromisseja luiskakaltevuuden ja ojan syvennystarpeiden välillä. Suunnitteluohjelmistoilla pystytään uusia luiskakaltevuuksia sovittamaan nykyiselle tiealueelle ja näkemään pystytäänkö luiskia muokkaamaan.

Suunnittelun tavoitteiden saavuttamista rajoittavia tekijöitä parannettavalla tiellä ovat muun muassa:

- Nykyiset rummut ja laskuojat:

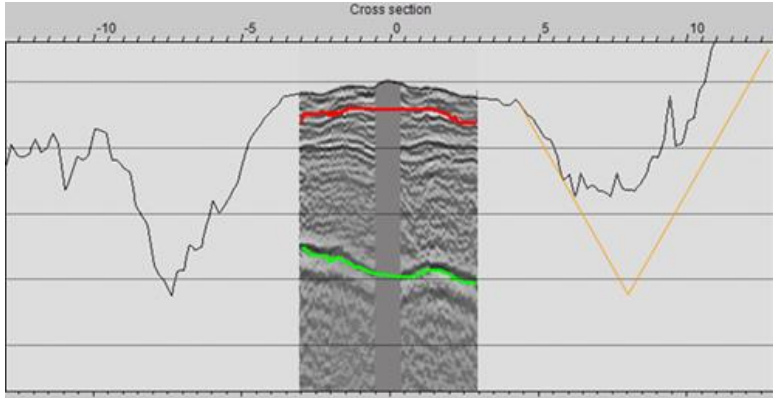
Nykyisten rumpujen ja laskuojien korkeustaso rajoittaa suunnitteluratkaisuja. Mikäli rumpuja on mahdollista uusia, voidaan ojan syvyytensä muokata vapaammin, kuin jos päätetään, että nykyisiä rumpuja ei uusita. Liittymien sijainti- ja korkeustietoja voidaan tarkastella suunnitteluohjelmistoissa. Rumpujen korkeustasoa voidaan suunnitteluohjelmistoissa arvioida laserkeilainaineiston ojan korkeustasosta (joka yhtyy kyseiseen rumpuun) tai tarkemmin, jos rummun korkeustaso on mitattu erikseen. Myöskin rumpujen kunnostus- tai vaihtotarpeen arvioinnin yhteydessä voidaan hyödyntää digitaalisia menetelmiä kuten valokuvausta ja pilvipalveluja korjattavien rumpujen viemiseksi kartalle ja tietokantoihin (pilotissa oli käytössä road-datacenter.com).

- Tiealueen riittävyys:

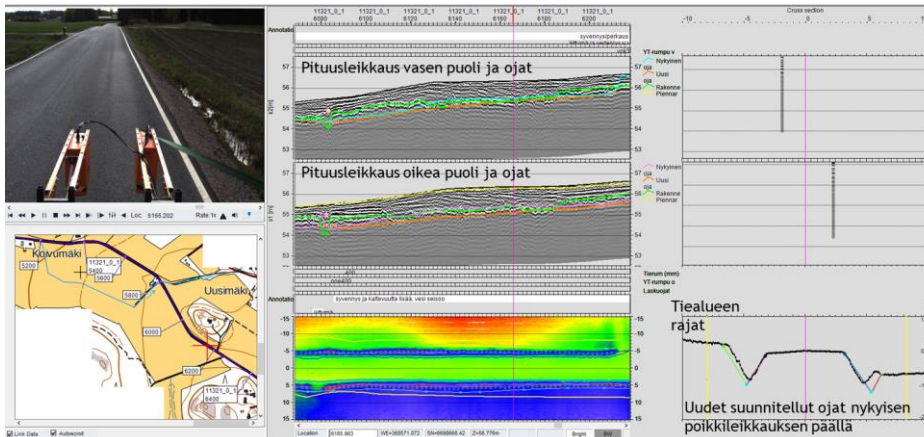
Yleensä kuivatusparannuksien yhteydessä on pysyttävä nykyisellä tiealueella. Suunnitteluohjelmistoilla voidaan tarkastella tiealueen rajoja ja eri suunnitteluratkaisujen sijoittumista tiealueelle. Jossain tapauksissa, myös esimerkiksi pellot voivat olla levinneet tiealueelle, jolloin suunnittelun yhteydessä olisi hyvä käydä vuoropuhelua viereisten maanomistajien kanssa.

- Kaapelit:

Tiealueella olevat kaapelit tulee suunnitteluvaiheessa selvittää mahdollisimman hyvin kaikista saatavilla olevista lähteistä. Joissain tapauksissa kaapeleita voi olla mahdollista myös siirtää, jos ne selkeästi aiheuttavat rajoituksia tarpeellisille kuivatuksen parannuksille. Digitaalisessa muodossa saatavilla olevia kaapeleita on mahdollista tarkastella suunnitteluohjelmistoissa.



Kuva 11. 3D-maatutka-aineisto laserkeilaimella mitatussa poikkileikkauksessa. Maatutka-aineiston päälle on tulkittu päällysrakenteen alapinta (vihreä) sekä päällysteen alapinta (punainen). Poikkileikkaukseen on piirretty oranssilla uusi oikean puolen ojanpohja nykyisen rakenteen alapuolelle.



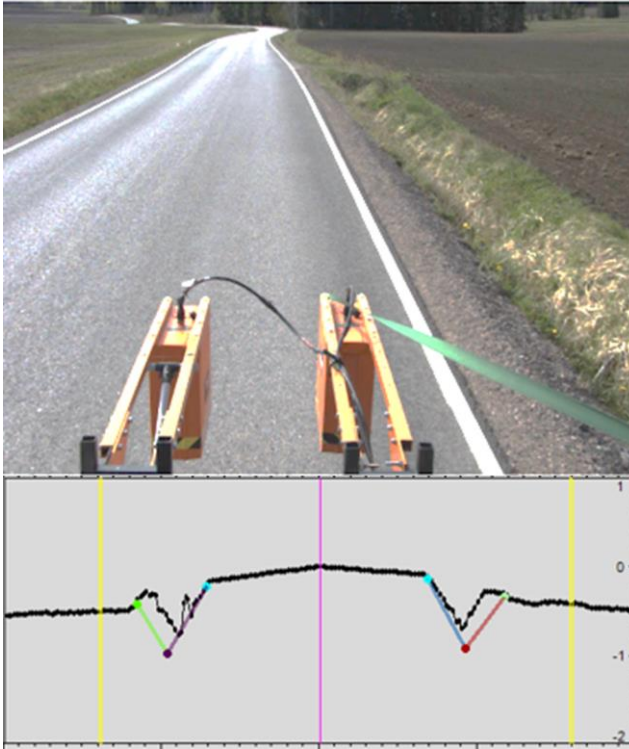
Kuva 12. Esimerkinäkymä Road Doctor -ohjelmistosta. Näkymää voidaan muokata halutun kaltaiseksi. Ohjelmistolla pystytään muun muassa käsittelemään ja visualisoimaan mittaus- ja muita lähtöaineistoja sekä suunnittelemaan uusien ojien geometriat.

3.2 Pilottikohteiden kuivatuksen suunnittelu

Tämän projektin yhteydessä tehtiin kuivatussuunnitelmat kolmelle tielle 11295, 11297 ja 11321. Näistä 11295 ja 11321 on toistaiseksi toteutettu. Kuivatussuunnittelukohteet valittiin olemassa olevien aineistojen ja ELY-keskuksen asiantuntijoiden kanssa käytyjen keskustelujen perusteella. Kohteilla oli 2018 tehdyissä visuaalisissa kuivatuksen inventoinneissa havaittu runsaasti heikkoa kuivatusta. Osittain kohteille oli sen jälkeen tehty kevyttä sivuojen perkausta, mutta keskustelujen ja analyysien perusteella tarvetta rankemmalle kuivatuksen parannukselle oli. Pilotissa mukana olleilla teillä liikennemäärät olivat suhteellisen alhaisia (KVL alle 500). Ne sijaitsivat suurilta osin peltojen keskellä ja osin vaihtelevammassa metsäisessä maastossa. Rakennukset eivät olleet aivan kiinni tiessä, mutta tiealue oli hyvin kapea.

Suunnitelmat tehtiin kevään ja kesän 2022 aikana ja toteutus oli 2022 loppusyksystä. Melko tiukan aikataulun takia tiettyjä rajoituksia tehtiin jo suunnitteluvai-

heessa. Suunnittelun alkuvaiheessa tehtyjä rajoituksia olivat esimerkiksi, että pysytään nykyisellä tiealueella ja ettei puita poisteta tai olemassa olevia kaapeleita siirretä, eikä rumpuja uusita. Myös esimerkiksi maanomistajien kontaktointi henkilökohtaisesti jäi tekemättä, vaikka suunnittelun yhteydessä tunnistettiin, että pellot ovat selkeästi levinneet tiealueelle (kuva 13). Tähän liittyen pelättiin mahdollisia maanomistajien yhteydenottoja ja protesteja, jos ulkoluiskat siirtyvät ulommas nykyiseltä sijainnilta viljellyille pelloille.

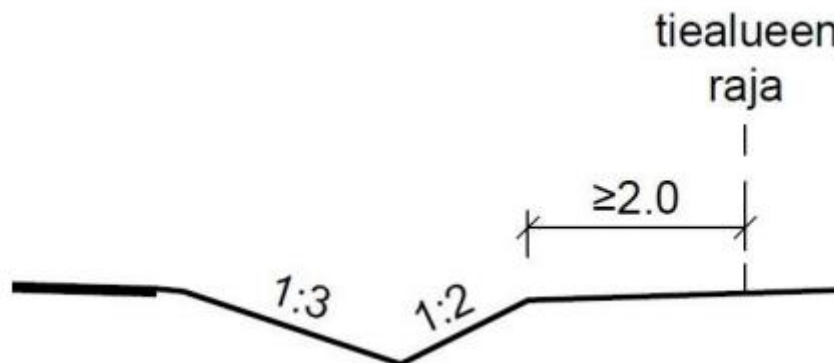


Kuva 13. Esimerkki kohdasta, jossa selkeästi pellot näyttävät levinneen tiealueen (keltaiset pystyviivat) sisäpuolelle. Kohdalla on suunniteltu uusia ojia syvemmiksi ja ulkoluiskia nykyistä ulommaksi (värikkäät viivat poikkileikkauksessa).

Suunnittelun yhteydessä kaapelitietoja hankittiin internet-palveluista ja näitä tietoja osittain käytettiin suunnittelun yhteydessä, mutta koska kaikkia mahdollisia kaapeleita ei ollut helposti saatavissa, eikä niistä ollut saatavissa esimerkiksi tarkkoja korkeustietoja, ei niiden hyödynnettävyys ollut niin hyvää, kuin suunnitteluvaiheessa olisi ollut toivottavaa. Jälkikäteen mietittynä, jo kuivatussuunnittelukohteita valittaessa voisi olla hyödyllistä hankkia kaapelitiedot ja mahdollisesti suunnata rajallisia resursseja enemmän sen tyyppisille kohteille, joissa kaapelit todennäköisesti rajoittavat suunnitteluratkaisuja vähemmän.

Tien poikkileikkauksen suunnittelu -ohjeen (Väyläviraston ohjeita 16/2021) perusteella tämän tyyppisillä teillä (KVL enintään 1500 tai suunnittelunopeus enintään 70 km/h) tulisi soveltaa kuvan 14 mukaista kapeaa loivaluiskaista poikkileikkausta. Ohjeen mukaan ahtaissa paikoissa myös sisäluiskan kaltevuus voi olla 1:2. Pilotissa mukana olleilla teillä oli lähes järjestelmällisesti luiskat jyrkempiä kuin ohjeessa (usein noin 1:1,5 luokkaa). Siksi usein tiealue ei mahdollistanut ohjeen mukaisia luiskakaltevuuksia, ainakaan niin, että ohjeen mukainen 2 metriä ulkoluiskan tai tepisteestä tiealueen rajalle olisi täyttynyt. Luiskakaltevuuden tavoitteena pidettiin 1:2, mutta koska monin paikoin luiskat olivat jo lähtökohtaisesti liian jyrkkiä ja

tiealue ei mahdollistanut loivempia luiskia, jäivät luiskat joissakin kohdin suunnitelmissa edelleen liian jyrkiksi.



Kuva 14. Tien poikkileikkauksen suunnittelu –ohjeen mukainen sivuojan poikkileikkaus teillä, joilla KVL enintään 1500 tai suunnittelunopeus enintään 70 km/h. Ahtaissa paikoissa myös sisäluiskan kaltevuus voi olla 1:2. (Väyläviraston ohjeita 16/2021)

Suunnitteluohjeissa annetaan ojien pituuskaltevuudelle tavoitteelliseksi pituuskaltevuudeksi 0,4 % ja poikkeustapauksissakin 0,1 % (Väyläviraston ohjeita 6/2019). Tässä projektissa tarkasteltiin nykyisiä pituuskaltevuusarvoja suunnitteluohjelmistolla. Mutta koska nykyisten rumpujen ja laskuojien korkeustaso rajoittaa suurella määrällä syvennysmahdollisuuksia, ei suuria muutoksia nykyisiin pituuskaltevuusarvoihin voitu tehdä. Lähinnä pyrittiin pituuskaltevuus saamaan tasaisesti laskevaksi vedenjakajalta vesien purkupisteeseen saakka, jos mahdollista. Suunnitteluohjelmistossa oli helppo tunnistaa kohdat, joissa pituuskaltevuus on alhaisempi ja kohdat, joissa se on jyrkempi. Maastossa pituuskaltevuuden vaihtelu on visuaalisesti vaikeampaa tunnistaa. Tasaisimmilla peltoaukeilla tavoitepituuskaltevuuteen ei suunnitelman jokaisella kohdalla päästy.

Tässä projektissa testattiin myös, kuinka suunnittelu ja toteutus sujuu ilman laserkeilainaineiston georeferointia. Laserkeilainaineiston korkeustasoa korjattiin käyttämällä Maanmittauslaitoksen ilmalaserkeilausta referenssinä. MML-aineistolle luvataan enintään 10 cm korkeustason keskivirhe. Tätä parempaan absoluuttiseen tarkkuuteen ei suunnittelussa oletettu tällä menetelmällä päästävän, vaikka suhteellinen tarkkuus tien pintaan verrattuna toki tätä parempi onkin. Suunnitteluohjelmistossa tarkasteltuna aineistojen korkeustaso vaikutti silmämääräisesti ja muutamisiin staattisella VRS-GPS-laitteistolla mitattuihin referenssipisteisiin verrattuna järkevältä ja kuivatussuunnittelua varten riittävältä. Trimble Sitevision -järjestelmällä maastossa tarkasteltuna havaittiin pientä korkeusheittoa lisätyn todellisuuden näkymän kamerakuvassa nähtävän maan pinnan ja toteutusmallin välillä. Työn toteutuksen aikana toteutusmallin korkeustaso ohjeistettiin nollaamaan tien pintaan tarvittaessa.

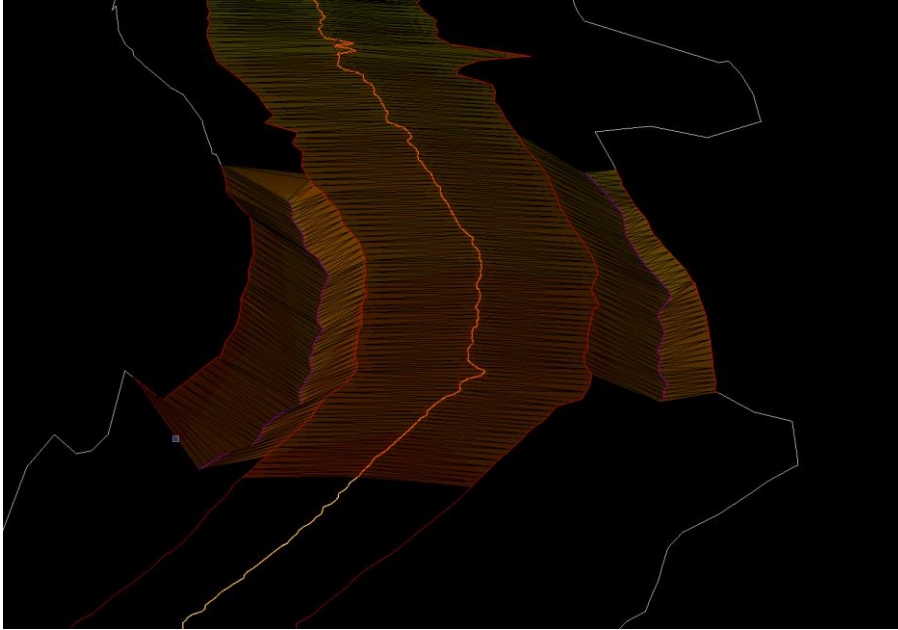
Suunnitelmamallit luotiin yhdistämällä RDSV-keilauksesta tulkitut nykyiset tien reuna- ja keskilinjat suunniteltuihin ojanpohjan taiteviivoihin sekä ulkoluiskan yläreunan taiteviivoihin Trimble Business Center -ohjelmistossa. Samalla aineistolle tehtiin visuaalinen tarkastus, jossa pyrittiin tarkastamaan mahdolliset virheet keilauksesta tulkituissa taiteviivoissa.

Suunnitelmamallien avulla laskettiin myös teoreettisia määriä tekemällä pintojen välisiä massalaskentoja suunnitelmamallien ja RDSV-keilauksesta muodostetun maanpintamallin välillä. Massamäärät arvioitiin pintojen välisen massalaskennan perusteella seuraavanlaisiksi. Tie 11321; Leikkaus 5077m³, täyttö 62,3m³. Tie 11295; Leikkaus 3586,3m², täyttö 111,1m³. Täyttöjä muodostui pintojen välisessä massalaskennassa sisäluisiin, jotka olivat paikoin erittäin jyrkkiä jo nykyisin. Käytännön toteutuksessa sisäluisia ei kuitenkaan muotoiltu vaan hankkeessa muodostui pelkästään leikkausmassoja.

3.3 Toteutusmalli

Väyläviraston tietomalliohjeistuksen mukaan toteutusmalli on päätoteuttajan tarkastama ja hyväksymä rakentamissuunnitelmamalli, jota käytetään työn toteutuksessa. Päätoteuttaja hyödyntää tarkastuksessa suunnittelijan laatimia aineistoselostusta ja aineistoluetteloa. Toteutusmalliin voidaan sisällyttää päätoteuttajan toimesta kohteen tuotetietoja, aikatauluja ja kustannustietoja (YIV). Edellä mainittu kuvaus on erittäin monitahoinen ja raskas kuivatuksen parantamisurakan näkökulmasta. Kuivatuksen parantamisurakassa toteuttavia osapuolia ei ole montaa. Aikataulullisesti kuivatuksen parantaminen on lyhyt ja kompakti työ verrattuna esimerkiksi eritasoliittymän tai ohituskaistan rakentamiseen. Siitä huolimatta tietomallipohjaisella toiminnalla voidaan yhtenäistää toimintamalleja ja tuottaa entistä tasalaatuisempia lopputuloksia.

Suunnitelmamalleille toteutetun tarkastelun jälkeen yhtenäiset koko suunnitteluosuuden kattavat taiteviiva-aineistot pilkottiin noin kilometrin pituisiin jaksoihin, jotta niistä muodostettujen mallien koko pysyisi pienenä ja niiden käsittely olisi helpompaa koneohjauksessa. Pilkotut taiteviiva-aineistot kolmioitiin toteutusmaalleiksi ja jokainen noin kilometrin osuus tuotettiin omaksi tiedostoksi. Jokainen tietomallitiedosto sisälsi mallinnettuna nykyisen tien kaistat, koko paaluväliltä. Koska suunnitellut ojanpohjan taiteviiva-aineistot sisälsivät vain ne osuudet, mistä ojia syvennettiin merkittävästi, mallinnettiin sivuojat vain siltä osin kuin ojaa oli tarkoitus syventää nykyisestä. Kuvassa 15 on esitetty miltä toteutusmallit näyttivät Trimble Business Center -ohjelmistossa tarkasteltuna.



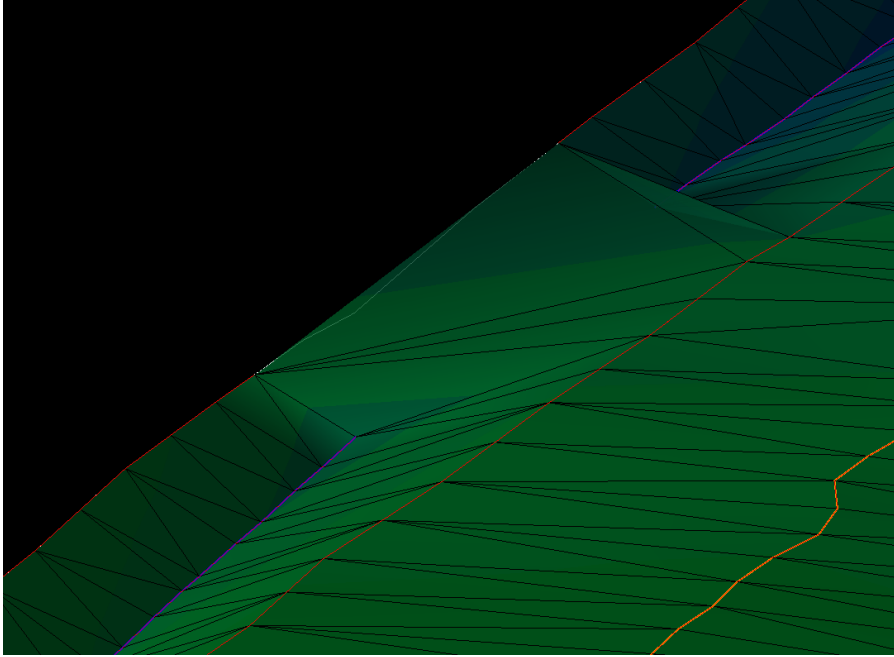
Kuva 15. Jokaisessa toteutusmallissa mallinnettuina olivat tien kaistat koko paaluväliltä, mutta sivuojat olivat mallinnettuina vain niiltä osin kuin ojaa oli tarkoitus syventää nykyisestä.

Toteutusmalleissa ajatuksena oli, että määräävä tekijä oli ojanpohjan taiteviiva, joka kertoi tavoitellun ojasyvyyden, taiteviivaa seuraamalla myös ojan pituuskaltevuuden suunta tulisi oikein. Toteutusmalleissa tavoitellut sisä- ja ulkoluiskat olivat suuntaa antavia, mutta lopullinen toteutus määräytyi paikallisten olosuhteiden mukaan. Luiskissa sijaitsevia erilaisia laite-infraa, puita (ei kaadettu tässä projektissa), kalliota, maakiviä.

Projektissa ei suunniteltu perustettavaksi kiinteää tukiasemaa paikannustarkkuuden parantamiseksi vaan valtaosa mittauksista toteutettiin verkko-RTK tarkkuudella reaaliaikaisena paikannuksena ilman jälkiprosessointia. Tavoitteena oli käyttää tien kaistan tasoa korkeusreferenssinä suunnittelun, toteutuksen ja laadunvarmistuksen yhteydessä. Toteutusmallien korkeustasoa suositeltiin korjattavan vastaamaan olemassa olevan tien korkeuteen toteutuksessa.

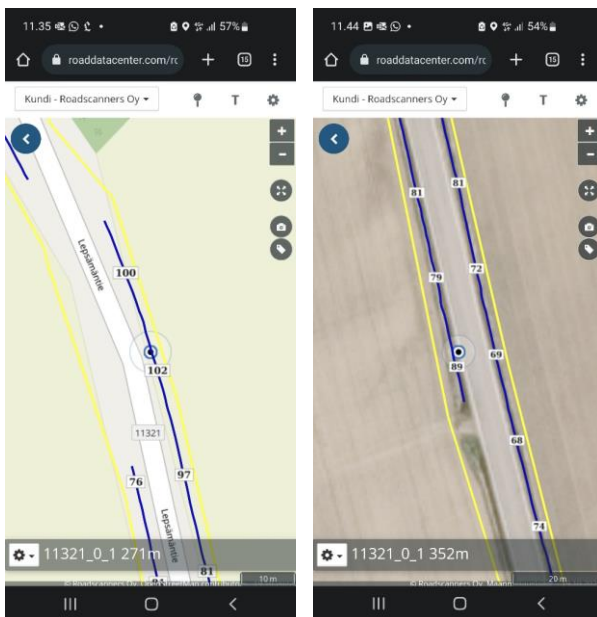
Toteutusmalli-aineisto sisälsi myös tiegeometria-tiedostot, jotka muodostettiin RDSV-keilauksesta tulkitun keskiviivan perusteella. Geometrian tarkoituksena oli tukea toteutusta kertomalla koneohjaukselle sama paalutus kuin mitä toteutusmallien tekoon oli käytetty. Lisäksi toteutusmalliaineistoon tuotettiin inframodel 4-formatissa tiealueen rajat koneohjauksessa hyödynnettäväksi.

Lisäksi tuotettiin tietomalliselostus ja sen yhteydessä tietomalliluettelo. Kuvassa 16 on esitetty tietomalliselostuksessa ollut havainto mallinnustarkkuudesta.



Kuva 16. Liittymiä ei mallinnettu, lisäksi liittymärumpujen kohdalla tuli oja sovittaa nykyisten rumpujen korkeuteen.

Projektin aikana oli tarkoitus testata myös 2D koneohjausta mutta työn aikana pääpaino siirtyi 3D koneohjauksen hyödyntämiseen. VRS-korjattu GPS-signaali osoittautui hyödylliseksi tähän käyttötarkoitukseen. Ilman GPS-paikannusta toimiva 2D-järjestelmä vaatii tuekseen toisen laitteen, jolla kerrotaan tieto tarvittavasta ojan syvyydestä suhteessa tien reunaan. Alla olevassa kuvassa 17 on esitettyä esimerkkinä näkymä Road Data Center -palvelusta, jossa suunniteltu ojan syvyys on nähtävissä 20 metrin välein. Ajatuksena oli, että kaivettaessa kuljettaja voi 2D-koneohjausjärjestelmällä tarkistaa, että ojan syvyys on suunniteltu.



Kuva 17. Esimerkkejä Road Data Center -palvelun kartoista, joissa näkyy ojan suunniteltu syvyys 20 metrin välein.

4 Kuivatuksen parantaminen

Projektissa tavoiteltiin laajasti käytössä olevan koneohjauksen hyödyntämistä kuivatuksen parantamisessa. Työryhmässä ei ollut mukana koneohjaukseen erikoistunutta yritystä vaan tarkoituksena oli tuottaa eri järjestelmissä toimiva koneohjausmalli olemassa olevia ohjeita hyödyntäen. Tässä onnistuttiin erittäin hyvin, sillä koneohjausmallien siirto onnistui toteuttajan toimesta omatoimisesti ja palaute mallista oli positiivinen.

Kuivatuksen parantaminen toteutettiin syksyllä 2022 pyöräalustaisella kaivinkoneella (kuva 18). Mallit siirrettiin USB muistitikulla kaivinkoneen Novatron X-Site koneohjausjärjestelmään. Kaivinkoneen kuljettaja osallistui kaivutyötä edeltävään maastokäyntiin, jossa järjestelmää esiteltiin projektin osapuolille. Samassa yhteydessä esiteltiin Trimble SiteVision -laitetta ja Road Data Center -pilvipalvelua.



Kuva 18. Kaivutyön toteutusta syksyllä 2022.

Kaivinkoneen kuljettajaa ohjeistettiin kaivamaan toteutusmallin perusteella mahdollisuuksien mukaan. Kaivamista edeltävissä keskusteluissa kerrottiin pilotin taustoista ja eroavaisuuksista perinteiseen mallipohjaiseen toimintatapaan. Kuljettajalle annettiin vapaus soveltaa toteutusta näkemyksensä mukaan. Perinteisessä toteutustavassa usein työ etenee täysin kaivinkoneen kuljettajan silmämääräisen arvion perusteella.

Kaivutyön aikana projektiryhmä vieraili kolme kertaa työmaalla mutta kaivutyö ei ollut käynnissä yhdenkään työnaikaisen maastokäynnin aikana. Yhteyttä pidettiin puhelimella ja yleisesti työ sujui hyvin. Toteumapisteitä kerättiin kaivinkoneen kauhallalla 21 kappaletta. Niiden hyödyntäminen jäi kuitenkin puutteelliseksi koska jälkikäteen todettiin pisteiden sijaitsevan kaistalla ja noin 2 metriä tien pinnan yläpuolella. Ojasta ja kaistalta otettujen pisteparien välillä korkeuseroa oli vain muutamia senttejä, joten pisteissä oli jotakin vialla. Vikaa ei saatu paikannettua jälkikäteen eikä toteumapisteiden viallisuuteen osattu varautua etukäteen.

Työtä edeltävän maastokäynnin ja työn aikana nousi esille jyrkät luiskat. Etukäteen sovittiin, että jyrkkiin sisäluiskiinkin ei kosketa, jotta niiden stabiliteetti ei heikkene muokkauksen yhteydessä. Niin ikään oli tiedossa, että ulkoluiskissa on paljon leikkausvaraa tiealueen puitteissa mutta viljelykset ovat hyvin lähellä ulkoluiskan taitepistettä. Ulkoluiskan suhteen ohjeistettiin toimimaan mahdollisuuksien puitteissa. Kuvassa 19 on kaksi kuvaa (jälkeen ja ennen) kohteelle tavanomaisesta kohdasta. Erittäin jyrkkään sisäluiskaan ei ole koskettu, mutta ojaa on syvennetty

hieman. Ulkoluiska on rakennettu mahdollisuuksien mukaan siten, että viljelysmaata ei leikattu suuresti. Kuvassa 20 on vastaavalla tavalla esitetty kohta, jossa ojaa on syvennetty reilusti. Ulkoluiska on jäänyt liian jyrkäksi koska tiealueelle leivittäytyneelle pellolle ei haluttu leikata reilusti. Vaikka ojia syvennettäessä saattaa syntyä suuria määriä läjitettäviä massoja, tien elinkaaren aikana kustannusvaikutus kääntyy yleensä erittäin positiiviseksi.



Kuva 19. Kuva kohteelta ennen ja jälkeen kaivutyön. Oikealla oleva kuva on otettu vuonna 2020.



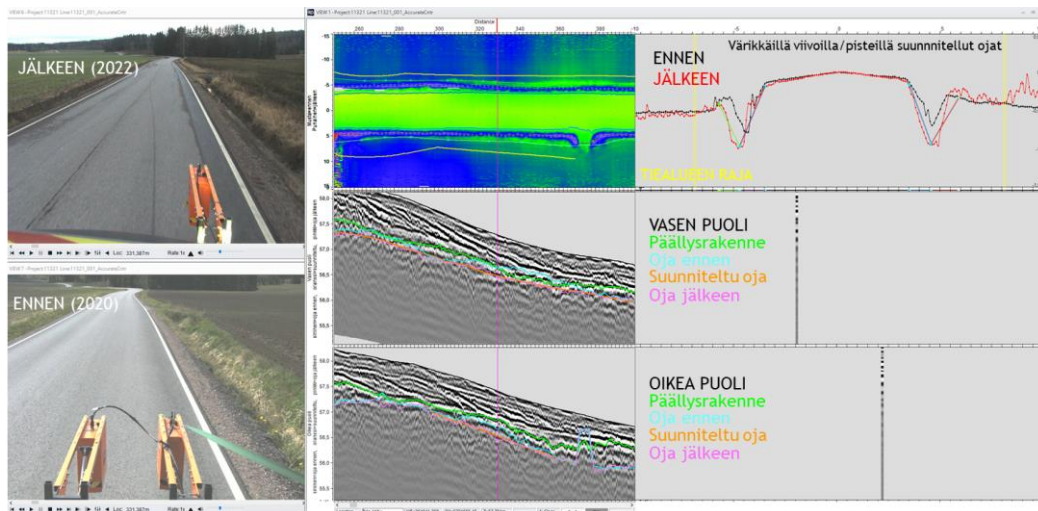
Kuva 20. Kuva kohteelta ennen ja jälkeen kaivutyön. Oikealla oleva kuva on otettu vuonna 2020.

5 Kuivatuksen kunnon varmistaminen

Kaivutyön jälkeen tulee varmistua siitä, että työ on toteutettu suunnitelmien mukaisesti. Työn laadun osoittamisessa voi olla erilaisia vaihtoehtoja. Yksi tapa on tehdä heti valmistumisen jälkeen mittaus laserkeilaamalla ja verrata mitattuja laserkeilauspistepilviä ja niistä muodostettuja pituus- ja poikkileikkauksia toisiinsa ennen ja jälkeen parannuksen. Suunnitteluohjelmistossa aineistoja tarkastelemalla nähdään mahdolliset puutteet tai voidaan todeta työ tehdyn suunnitelmien mukaisesti. Jo tieto laadunvarmistusmittauksista kannustaa urakoitsijaa tekemään työn huolellisesti tai tarvittaessa voitaisiin määritellä raja-arvot sallituille poikkeamille.

Projektissa suoritettiin laadunvarmistusmittaukset laserkeilaamalla tiet parannuksen jälkeen RDSV-mittausajoneuvolla. Mittaukset suoritettiin loppusyksystä, edeltävällä viikolla ennen lumen tuloa. Mittausten aikaan kaivutyöt olivat vielä kesken tiellä 11295, mutta tie 11321 oli saatu jo valmiiksi. Tästä johtuen laadunvarmistusmittausten johtopäätökset koskevat tietä 11321. Mittausten aikaan oli muutamilla paikoilla vielä heinää kesän jäljiltä ja jossain määrin kostean syksyn jäljiltä ojissa vettä, jotka hieman voivat haitata laserkeilaimen näkyvyyttä, mutta kokonaisuutena saadut tulokset vaikuttavat järkevilta ja totuudenmukaisilta.

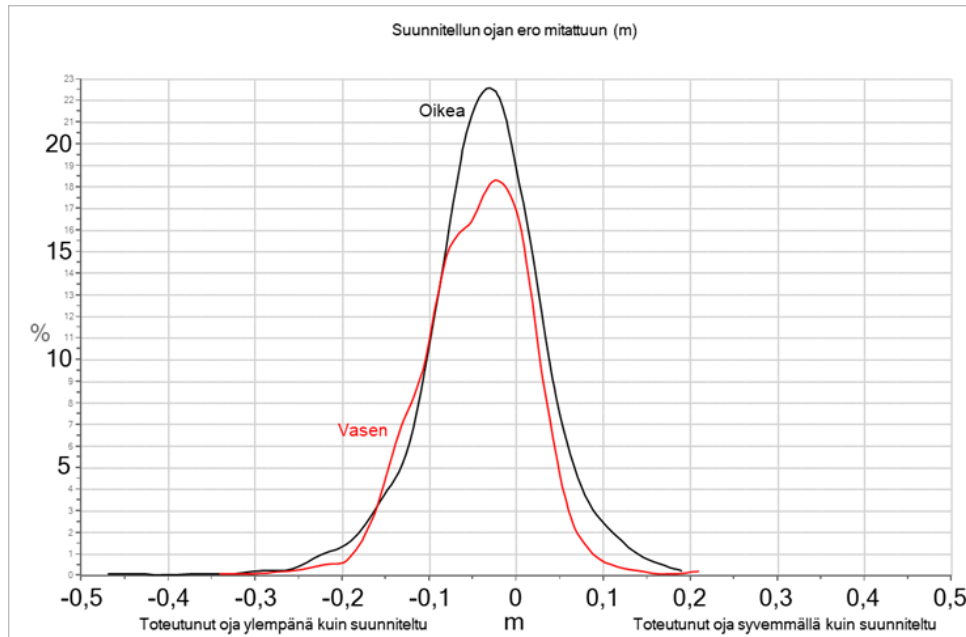
Ojien kaivun jälkeen tehtyjä mittauksia verrattiin Road Doctor -ohjelmistossa ennen parannuksia tehtyihin mittauksiin ja suunnitelmiin (kuva 21). Ohjelmistossa voidaan vertailla laserkeilaimella mitattuja tien poikkileikkauksia päällekkäin yhdessä suunniteltujen ojien kanssa. Ojasyvyys voidaan vertailla myös pituuslinjalla.



Kuva 21. Road Doctor -näkymä, jossa vertailtu ennen ojien kaivuuta tehtyjä mittauksia ojien kaivun jälkeen tehtyihin mittauksiin. Oikealla yläkulmassa poikkileikkausvertailu, jossa myös suunnitellut ojat esitettynä laserkeilainpisteiden päällä. Keskellä pituusleikkaukset molempien suuntien kaistoilta. Vasemmalla videokuvaa ennen ja jälkeen

Laadunvarmistusmittausten analyysien perusteella toteutuneen ojan syvyys suhteessa tien keskiliinjaan on suhteellisen lähellä suunniteltua ojan syvyyttä. Laadunvarmistusmittausten laserkeilainaineistosta laskettu vasemman ojan toteutunut mediaani on 3,2 cm ylempänä kuin suunniteltu ja oikean ojan 4,0 cm ylempänä

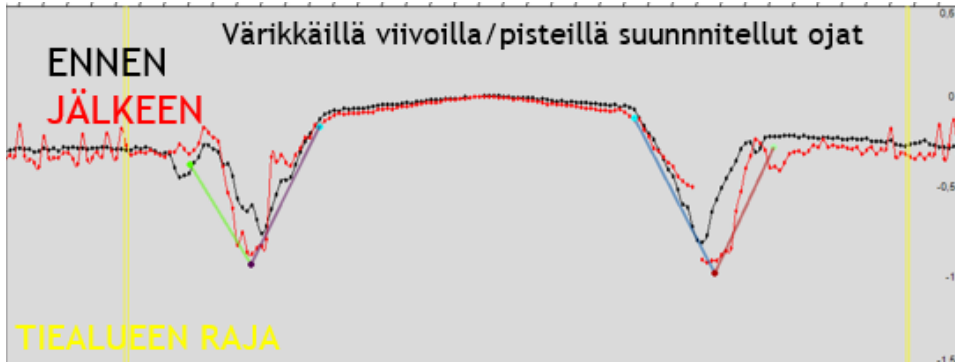
niillä kohdin, joihin on uusi ojan pohja suunniteltu, mitä voidaan pitää pilotiksi varsin hyvänä tuloksena. Laadunvarmistusmittauksista laskettujen ojasyvyyksien vertailun jakaumat on esitetty kuvassa 22.



Kuva 22. Suunnitellun ojan korkeustaso verrattuna mitattuun korkeustasoon. Vertailussa käytetyt korkeustasot on mitattu kummassakin tapauksessa suhteessa tien keskilinjaan.

Tieltä 11321 laskettiin myös, kuinka paljon suunnitelluilla syvennyskohdilla oli liian matalia ojia (tarkastelussa ojan pohja päällysrakenteen yläpuolella) ennen parannuksia ja jälkeen. Ennen ojan kaivuuta oli suunnitelluilla syvennyskohdilla vasemmassa ojassa noin 19,3 % ja oikeassa ojassa noin 47,8 % tällaisia kohtia. Ojan syvennyksien jälkeen vastaavat prosentit olivat vasen 9,7 % ja oikea 30,3 %. Liian matalia kohtia on siis saatu merkittävästi vähennettyä. Suurimmilta osin jäljelle jäivät liian matalat ojat selittynevät suunnittelua rajoittaneilla tekijöillä, jotka eivät ole mahdollistaneet tavoitesyvyysien suunnittelemista joka kohdalle. Osittain matalat ojat selittyvät myös sillä, että laadunvarmistusmittausten toteumien mukaan ojat olivat keskimäärin lievästi suunniteltua korkeammalla. Tämän tyyllisellä suunnittelulla saadaan liian matalia ojia vähennettyä paremmin kuin silmämääräisesti suunnittelemalla, mutta tämän projektin osalta varsinaista laskennallista vertailua kuinka paljon paremmin ei saada tehtyä.

Laadunvarmistusmittausten analyseistä voidaan kuitenkin myös todeta, että vaikka ojien syvyudet olivat suhteellisen lähellä suunniteltuja, poikkeamia nähtiin enemmän ulkoluisien luiskakaltevuuksissa, jotka olivat osittain liian jyrkkiä suhteessa suunnitelmiin (kuva 23). Kaivinkonekuljettajan kommenttien mukaan, hän oli käyttänyt osin omaa harkintaa ulkoluisissa ja varonut kaivamasta uutta ulkoluiskaa liikaa viljellyn pellon puolelle, mikä näkyy myös laadunvarmistusmittausten tuloksista. Toinen poikkeama suhteessa suunnitelmiin oli ojan pohjan muoto, joka oli suunnitelmissa piirretty jyrkän V:n muotoiseksi. Koska kaivinkoneen kauhan leveys oli noin 30 cm luokkaa, toteutuneet ojan pohjat ovat leveämmät, mikä osaltaan myös hieman jyrkentää ulkoluisia. Tämä tekijä voitaisiin toki jatkossa suunnitteluvaiheessa huomioida.



Kuva 23. Esimerkki poikkileikkauksien ja suunniteltujen ojien vertailusta tieltä 11321. Kuvasta nähdään, että toteutuneet ojasyydydet ovat tässä kohdin lähellä suunniteltuja, mutta ulkoluiskat ovat jyrkemmät kuin suunnitelmissa. Myöskin ojan pohjan muoto on hieman leveämpi kuin suunnitelman jyrkkä V-muoto.

6 Toimintamallin arviointi

Toimintatavan arviointi tehtiin Tampereen yliopiston Tutkimuskeskus Terrassa. Arviointia varten haastateltiin tilaajaorganisaatioista Väyläviraston ja Uudenmaan ELY-keskuksen asiantuntijoita sekä tuottajaorganisaatioista Destian edustajia sekä aliurakoitsijana toiminutta kaivinkoneen kuljettajaa. Toimintatavan arvioinnin tuloksissa korostuivat kaivutyön laatu, kommunikaation merkitys, tiedonhallinnan tärkeys sekä elinkaartilouden huomioon ottaminen ELY-keskusten budjetoinnissa ja tulohajauksessa. Tulokset on jaoteltu alla tärkeimpiin teemoihin.

Mallin ohjaamana tehty kaivutyö tuottaa toimivan kuivatuksen. Uusi toimintatapa parantaa kuivatuksen kunnossapidon suunnitelmallisuutta. Sen avulla voidaan kohdentaa toimenpiteet todellisen kunnostustarpeen mukaisesti, eikä lopputulos perustu pelkästään kaivutyön tekijän silmänvaraiseen arvioon. Ojan pohjan sijainti ja syvyys tulevat mallin avulla oikeaan paikkaan, ja samoin luiskat tulee kaivettua oikeaan kaltevuuteen. Kuljettaja teki korkeustason tarkemmittauksia kauhallalla tien pinnasta 20–100 metrin välein kaivukohdasta ja olosuhteista riippuen. Jatkossa suunnittelussa tosin tulee ottaa huomioon kauhan kärjen todellinen leveys. Nyt mallissa ojan pohja oli suunniteltu teräväksi, mutta koska kauhan kärki on noin 30 cm leveä, ojan pohja täytyy suunnitella malliin sen levyiseksi.

Kaivinkoneen kuljettajan ammattitaito on edelleen tärkeä. Uusikin toimintatapa vaatii ammattitaitoisen tekijän, koska kaivutyön aikana tulee tilanteita, jolloin mallista täytyy poiketa. Esimerkiksi tonttiliittymien rumpujen korkeustasot olivat tässä työkohteessa paikoin liian korkealla, jolloin kaivinkoneen kuljettaja hyödynsi korkeuseron rummun päähän tehtynä sakkapesänä. Uuden toimintatavan ei sinällään koettu nopeuttavan tai hidastavan kaivutyötä, mutta toteutusmalli helpotti merkittävästi työskentelyä erityisesti maastoltaan tasaisilla alueilla. Trimblen SiteVision koettiin myös hyödylliseksi apuvälineeksi työn valvonnassa.

Peltomaan säästäminen oli merkittävin syy mallista poikkeamiseen. Pelot olivat paikoin laajentuneet tiealueelle, joten kaivinkoneen kuljettaja ei voinut jokaisessa kohdassa kaivaa ulkoluiskaa oikeaan kaltevuuteen peltoalan merkittävän kaventumisen vuoksi. Se voi pahimmillaan aiheuttaa paikallisille viljelijöille jopa pinta-alaperustaisiin maataloustukiin liittyviä ongelmia. Jatkossa on tarpeen käydä maanviljelijöiden kanssa vähintään vuotta aiemmin keskustelut ja katselmoinnit tiealueen rajasta, jotta peltoala viljellään oikein ja ojan ulkoluiska voidaan kaivaa oikeaan kaltevuuteen.

Kaapelit eivät aiheuttaneet suurta ongelmaa. Yhdessä kohdassa kaapeli meni ojan pohjalla niin pinnassa, että ojaa ei voitu kaivaa oikeaan syvyyteen. Muuten kaapelit eivät aiheuttaneet ongelmia. Vaikka kaapeleiden sijaintitieto saatiinkin aiemmin lähtötietona, oli ennen kaivutyötä pidetty kaapelikatselmus hyödyllinen. Kaapelien osalta X- ja Y-koordinaatit usein pitävät paikkansa, mutta tieto niiden asennussyvyydestä on puutteellinen. Kaivinkoneen kuljettajan mukaan tämä on kuitenkin isompi ongelma kaupunkialuille kuin haja-asutusalueella, jossa kaapeleitten asennussyvyys ei yleensä rajoita kuivatuksen kunnostustöiden toteutusta.

Kommunikaatio paikallisten asukkaiden, maanomistajien ja viljelijöiden kanssa on tärkeää. Maanomistajien ja viljelijöiden kanssa tapahtuvan kommunikaation lisäksi on tärkeää informoida paikallisia asukkaita. Tässä kohteessa alu-

eurakoitsija jakoi paikallisille asukkaille postilaatikkoihin ennakkoinformaation tulossa olevasta kuivatuksen parantamistyöstä. Sen ansiosta löytyi muun muassa sijoituspaikka kaivumassoille läheltä työkohdetta. Samoin ennakkoinformaation ansiosta kaivinkoneen kuljettaja sai tiedon pinnassa olleesta kaapelista. Muutenkin hyvän kommunikaation kautta on mahdollista saada arvokasta tietoa myös muista paikallisista erityisolosuhteista.

Tieto tulee varastoida niin, että se on helposti saavutettavissa. Digitaalisessa muodossa oleva toteutumamalli on arvokas tietolähde lähtötiedoksi kunnossapidon seurantaan sekä seuraaviin suunnitelmiin. Tiedon tulee olla Velhossa helposti myös urakoitsijoiden saatavilla.

Tietolajit, tiedon laatu ja tarkkuus tulee sopia ja määrittää yhteisesti. Haastateltavien mukaan tällaisesta kohteesta riittää tieto tien keskilinjasta, ojanpohjan sijainnista (x, y, z), luiskien kaltevuudesta sekä rumpujen päiden sijainnista (x, y, z). Tien keskilinja on jo vakiotietona Velhossa, joten se tieto on jo tallennettuna järjestelmissä. Rummuistakin löytyy jo paikkatieto, mutta niiden korkeustieto on epäluotettava. Se on tarpeen päivittää kuivatuksen kunnossapitotöiden myötä.

Ajantasainen tieto on johtamisen avain. Oikea ja ajantasainen tieto on edellytyksenä tilannekuvalle, joka puolestaan on pohja hyvälle johtamiselle. Ilman tietoa on mahdotonta johtaa ja tehdä oikeita päätöksiä. Mallipohjainen toimintatapa tuottaa tietoa johtamisen pohjaksi. Kaivutyössä aiheutuneet poikkeamat tulee päivittää toteutusmalliin. Se onnistuu parhaiten, kun tieto saadaan suoraan kaivinkoneen järjestelmästä. Myös seuraavilla kuivatuksen kunnostuskierroksilla tapahtuvat tietomuutokset tulee päivittää.

Mallipohjainen työskentelytapa mahdollistaa tasapuolisen kilpailuasetelman, koska kukaan kaivutyön toteuttaja ei pysty saamaan epäreilua kilpailuetua sillä, että ei toteuta työtä asianmukaisella tavalla.

Mallin suunnittelu ja mittaukset aiheuttavat lisäkustannuksia, jotka nostavat kuivatuksen kunnostustyön hintaa. On kuitenkin ilmeistä, että paremmin toimivalla kuivatuksella saavutettava hyöty tien elinkaaren aikana (esimerkiksi päällysteen parempi kunto, routavaurioitten väheneminen, viherhoitotöiden helpottuminen) on potentiaalisesti merkittävästi investointikustannuksia suurempi. Uudella toimintatavalla on siis paljon potentiaalia, kunhan sen vaikutus tiepidon kokonaiskustannuksiin tiedetään ja ymmärretään oikealla tavalla. Tutkimusperustaista tietoa kuivatuksen vaikutuksesta tierakenteen kuntoon on jaettava ja tarvittaessa täydennettävä.

ELY-keskusten budjetointikäytäntöä ja tulosohjausta on tarpeen muuttaa niin, että niissä otetaan elinkaaritalous huomioon. Kunnossapidon suunnitteluttaminen vaatii talous- ja henkilöresursseja, joten uusi toimintamalli on mahdotonta ottaa käyttöön ilman merkittävän lisäresurssin osoittamista. Toisaalta uuden toimintamallin avulla näyttää olevan mahdollista säästää resursseja tien koko elinkaarella.

Toimintakulttuurin muutosta tarvitaan. Jotta toimintatapa saadaan käytännöksi, tarvitaan muutoksia toimintamalleihin ja asenteisiin. "Elinkaari" on tärkeä sana toimintakulttuurin muutoksessa. Toimintatapa parantaa kuivatuksen ja tiedonhallinnan laatutasoa, mikä tulee nähdä elinkaarenhallinnan näkökulmasta. Talousajattelua tulee kehittää elinkaaritalous huomioiden. Vaikka investointivaiheessa kustannukset kasvavat, väylän koko elinkaarella toimintatapa vähentää

kustannuksia kuivatuksen. Myös budjetoinnissa elinkaaritalous tulee ottaa huomioon. Toimintamallien ja -kulttuurin muutos vaativat ensisijaisesti asenneilmapiirin muutosta, joka taas on mahdollista saavuttaa hyvällä tiedolla ja hyvällä johtamisella.

7 Kuivatuksen kunnan seuranta jatkossa

Kuten aiemmin on jo todettu, tämän projektin lopullinen tavoite on luoda kuva sivuojan muodosta ja sen pohjan tasosta. Tämän pitäisi olla niin, että kuivatus toimisi tien elinkaaren kannalta optimaalisella tavalla. Uusilla ja juuri rakennetuilla teillä kuivatuksen tavoitetietomalli saadaan suunnitelma-asiakirjoista, mutta olemassa olevalla tieverkolla tavoitetietomallin tulisi syntyä korjaussuunnittelun ja kuivatuksen parantamisen yhteydessä. Olemassa olevan tieverkon syntyminen on tapahtunut pitkän ajan kuluessa ja väylät ovat kehittyneet ajan saatossa liikenteen ja kuormituksen lisääntyessä. Tästä johtuen olemassa olevien väylien kuivatusta ei aina pystytä toteuttamaan käytössä olevan ohjeistuksen mukaan vaan ratkaisuissa tehdään tapauskohtaisia kompromisseja.

Jotta kuivatuksen toimivuutta voidaan arvioida uusilla digitaalisilla menetelmillä, paras mahdollinen ratkaisu tulisi olla tallennettuna väylän omistajan tietojärjestelmiin. Paras mahdollinen kuivatusratkaisu on käytännössä edellä mainittu tavoitetietomalli, johon kuivatusrakenteita verrataan vuosien saatossa. Tavoitetietomalli mahdollistaa kuivatuksen kunnossapidon digitaalisen hallinnan kehittämisen ja tien elinkaarikustannusten näkökulmasta merkittävän kuivatuksen jatkuvan kunnossapidon esimerkiksi osana kunnossapidon alueurakoita.

Jos tavoitetietomalli osoittautuu edelleen puutteelliseksi, tulisi suunnittelijoiden laatia uusi tietomalli, johon kuivatuksen parantamisessa pyritään. Tulevaisuudessa kuivatuksen jatkuvan seurannan (nykytilan vertaamista tavoitteeseen) tulisi olla automatisoitua ja jatkuvaa. Tilannetta ei tulisi päästää huonoksi, jonka jälkeen suunnitellaan parantamista vaan kunnossapidon tulisi olla jatkuvaa. Tämä edellyttää kehitysaskelia niin seurannan mahdollistamisessa kustannustehokkaasti kuin myös työmenetelmien kehittämistä.

Kuivatuksen kunnan seurannassa sivuojen pohjien tasoa ja muotoa voitaisiin seurata esimerkiksi kerran vuodessa tehtävillä laserkeilainmittauksilla tai vastaavalla tekniikalla, jotka tehdään keväällä tai syksyllä, kun ojissa ja luiskissa ei ole kasvillisuutta. Nämä mittaukset voidaan jatkossa automatisoida niin, että mitatun tilanekuvan ja tavoitetietomallin erotus voidaan todeta vaivattomasti. Urakkasopimukseen voidaan sitten kirjata säännöt, missä vaiheessa mitattuihin poikkeamiin suhteessa tavoitetietomalliin tulee puuttua ja kuivatus korjata. Vuosittaisten seurannamittausten tulokset tallennetaan myös tietokantaan, josta kunnan kehitystä voidaan seurata.

8 Johtopäätökset ja suositukset

Pilotin kokemusten perusteella voidaan sanoa, että raportissa kuvatulla toimintamallilla saavutetaan hyötyjä luonnollisesti siinä, että kuivatus kohteella todella paranee ja tien kestoikä kasvaa. Toinen merkittävä etu on se, että kuivatuksen parantaminen saadaan vietyä tietovarastoon ja tallennettua. Se mahdollistaa kuivatuksen toimivuuden seurannan ja reagoimisen tilanteen huononemiseen ajoissa eikä tämä jää vain silmämääräisten havaintojen varaan. Lähtökohtaisesti tietovarastoa voidaan kartoittaa kohde kerrallaan sitä mukaa kun kohteita otetaan kuivatuksen osalta käsittelyyn.

Pilottiprojektissa päädyttiin ehdottamaan termin ”tavoitemalli” käyttöönottoa. Se on rekistereihin tallennettava tieto toimivasta kuivatuksesta. Tavoitemalli on suunnitelmamalli, johon tarvittavat muutokset päivitetään ajan kuluessa. Kuivatuksen kunnan monitoroinnin aikaskaala on erittäin pitkä, 10–20 vuotta. On hyvin mahdollista, että nyt laaditussa suunnitelmassa huomataan ongelmia ajan kuluessa. Niiden päivittämiseksi rekistereissä oleviin tavoitemalleihin tulee luoda prosessit. Teoriassa kuivatussuunnittelun tarve vähenee ajan saatossa, kun tieverkolle on tehty ensimmäiset tavoitemallit, joihin nykyistä kuntoa seurataan ja parantamistarpeen syntyessä tavoitemalli kaapelitiedoilla päivitettyinä toimitaan urakoitsijalle työkoneisiin siirrettäväksi.

Kuivatuksessa muutoksia saattaa tapahtua nopeastikin ja vertailemalla uusia mittauksia rekisterin tavoitemalliin, havaitaan muutokset ja niihin voidaan puuttua palauttamalla ojan syvyys tavoitemallin mukaiseksi. Tämän myötä selviää myös kohteita, joissa ongelmat toistuvat ja niihin voidaan suunnitella paremmin toimivia ratkaisuja. Tietomallipohjaisessa toiminnassa korostuu myös se, että mm. kaapelit, rumpuinventointitiedot, uudet liittymät ja vaikkapa kiinteistörajojen päivitysten täytyy olla ajan tasalla rekistereissä.

Ongelmakohta on ainakin tavoitemallin käytännön toteuttamisessa, eli tehty kuivatuksen parantaminen ei vastaa mallia – joko pakottavista syistä tai esimerkiksi tavoitemallin heikosta toteuttamisesta kaivutyössä. Mikäli tavoite on toteuttamiskelvoton, sitä pitää muuttaa, mutta missä vaiheessa tämä viedään tavoitemalliin ja millä tiedolla uusi malli tehdään?

Tärkeää olisi myös kerätä lähtötiedoksi aineistoa aina kun tiestöllä tehdään laserkeilausta tai maatutkausta. Maatutkauksessa kerättävä tieto ei vanhene kovinkaan nopeasti, sillä etenkin alemmalla verkolla päällysrakenteen paksuutta muuttavia toimenpiteitä tehdään harvoin ja toisaalta siinä yhteydessä myös kuivatus todennäköisesti suunnitellaan uudestaan. Laserkeilaus on nopeammin vanhenevaa tietoa, mutta esimerkiksi MML:n keilaustietoa kerätään harvakseltaan. Maan kattava aineisto saadaan keilattua noin kuudessa vuodessa ja sen uusimisesta emme löyäneet tietoa.

Kustannustekijöitä suunnittelun osalta saadaan laskettua, kun toimintaa voidaan suoraviivaistaa ja yhdistellä. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että se tehdään mittausten yhteydessä. Vaihtoehtoisesti maastokäyntiä voidaan jakaa alueella muutoinkin liikkuvalla henkilöstölle (hoitourakoitsijat, inventoijat, hoidon projektipäälliköt). Mittauksissa puolestaan suuri etu olisi kerätä mahdollisimman paljon aineistoa yhdellä kertaa.

Lähdeluettelo

- /1/ Päällystettyjen teiden kuivatuspuutteiden kartoittaminen. 2021. Helsinki. Väylävirasto. Väyläviraston ohjeita 6/2021.
- /2/ Tien poikkileikkauksen suunnittelu. 2021. Helsinki. Väylävirasto. Väyläviraston ohjeita 16/2021.
- /3/ Maanteiden kuivatuksen kunnossapidon hallinta. 2019. Helsinki. Väylävirasto. Väyläviraston ohjeita 6/2019.
- /4/ Päällystettyjen teiden kuivatuksen kunnossapidon toimintalinjat. 2019. Helsinki. Väylävirasto. Väyläviraston julkaisuja 16/2019.
- /5/ Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu. 2013. Helsinki. Liikennevirasto. Liikenneviraston ohjeita 5/2013.
- /6/ Liikenneviraston määräys johtojen ja rakenteiden sijoittamisesta maantien tiealueelle. 2018. Helsinki. Liikennevirasto. Liikenneviraston määräys LIVI/44/06.04.01/2018.
- /7/ Sähkö- ja telejohdot ja maantiet. 2018. Helsinki. Liikennevirasto. Liikenneviraston ohjeita 3/2018.
- /8/ Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje. 2017. Helsinki. Liikennevirasto. Liikenneviraston ohjeita 12/2017.
- /9/ Berntsen Geir & Saarenketo Timo. 2005. Drainage on Low Traffic Volume Roads.
- /10/ Aho Saara & Saarenketo Timo. 2006. Managing Drainage on Low Volume Roads.
- /11/ Suunnittelu- ja toteutusprojektien aineiston hallinta Velho - järjestelmässä. 2020. Väyläviraston ohjeita 8/2020
- /12/ Väyläviraston inframallivaatimukset. 2022. Väyläviraston ohjeita 32/2022



Väylävirasto
Trafikledsverket

ISSN 2490-0745
ISBN 978-952-405-118-7
www.vayla.fi