

Elinkaaren läpäisevä tieto

ProDigital-tutkimusohjelman loppuraportti

Elinkaaren läpäisevä tieto

ProDigial-tutkimusohjelman loppuraportti

Viivi Siuko, Jussi Myllärniemi, Juha Liukas,
Pasi Hellsten

Kannen kuva: Microsoft 365 Stock images

ISBN: 978-952-03-3214-3

16.11.2023

Tampereen yliopisto

Sisältö

1. Tiedonhallinta ja infran omistaja

- 1.1. Tiedonhallinta ja tiedolla johtaminen
- 1.2. Infran elinkaaren hallinta omistajana
- 1.3. Tiedonhallinnan nykytila infran elinkaarella
- 1.4. Hankkeen pilotit ja selvitykset

2. Tiedonhallinta elinkaaren kattavan tiedon mahdollistajana

- 2.1. Tiedonhallinta elinkaarella
- 2.2. Visio, strategia ja toiminnan organisointi
- 2.3. Tärkeiden tietojen tunnistaminen
- 2.4. Tiedon hankkiminen ja tallentaminen
- 2.5. Tiedon jakaminen
- 2.6. Tietomallit, dokumentit ja tilannekuva

3. Johtopäätökset

- 3.1. Tiivistelmä haasteista
- 3.2. Tiivistelmä kehitysehdotuksista
- 3.3. Kohti tiedolla johtamista

Lähdeluettelo

1. Tiedonhallinta ja infran omistaja

Tässä ProDigial-tutkimusohjelmaan kuuluvassa Elinkaaren läpäisevä tieto-tutkimuskokonaisuuden (myöh. ELT) loppuraportissa keskitytään tiedon saatavuuden, luotettavuuden ja hyödyntämisen mahdollistamiseen infran suunnittelun, toteutuksen ja kunnossapidon välillä. Tarve tutkimusohjelmalle on lähtöisin infra-alan heikosta tuottavuuskehityksestä, ja haasteet tiedon luotettavuuden ja saavutettavuuden osalta on tunnistettu yhdeksi tuottavuuden kasvun esteeksi aiemmin toteutetussa Tikari-hankkeessa. ELT:n tavoitteena oli parantaa tiedon luotettavuutta ja saatavuutta koko infran elinkaarella.

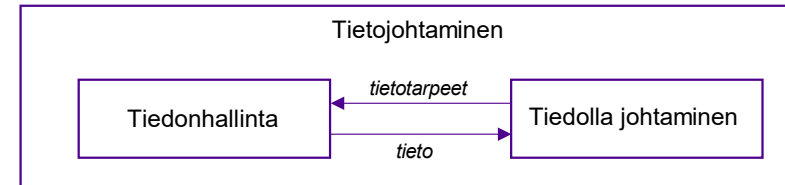
ELT-tutkimuskokonaisuudessa selvitimme suomalaisten infra-alan toimijoiden – niin tilaajien kuin yritystenkin – nykytilaa ja valmiuksia tiedolla johtamisen suhteen. Tekemiemme löydösten pohjalta päätimme keskittyä etenkin tilaajien tiedonhallinnan haasteisiin ja ratkaisuehdotuksiin hankkeen edetessä, sillä tiedonhallinta on edellytys toimivalle tiedolla johtamiselle. Otamme kantaa etenkin tietotarpeiden määrittelyn ja näkyvyyden merkitykseen, tiedon varastoinnin ja organisoinnin käytäntöihin sekä toiminnan mukauttamiseen kerättyjen tietojen pohjalta.

Toivomme, että tästä raportista saa kokonaiskäsityksen infra-alan tiedonhallinnasta niin haasteiden kuin käytännön ratkaisuiden osalta. Raportissa esitellyt ratkaisuehdotukset ovat monipuolisia, mutta eivät kaikenkattavia. Ratkaisuehdotuksia voi laittaa käytäntöön omassa organisaatiossa tai hyödyntää niitä inspiraation lähteenä uusille ratkaisuille. Niiden tavoitteena ei ole suoraan ratkaista infra-alan haasteita, vaan pikemminkin laajentaa yleistä käsitystä ratkaisumahdollisuuksista: pienilläkin muutoksilla voi saada aikaan isoja hyötyjä, eikä ratkaisujen aina tarvitse koskea koko alaa, vaan muutos voi lähteä omasta tiimistä.

Tässä loppuraportissa puhutaan tiedonhallinnasta ja tiedolla johtamisesta, ja raportti on tietojohtamisen asiantuntijoiden kirjoittama. Määrittelimme nämä termit seuraavassa alaluvussa sinua varten, jotta lukijana tiedät, mitä milläkin termillä tarkoitamme.

1.1. Tiedonhallinta ja tiedolla johtaminen

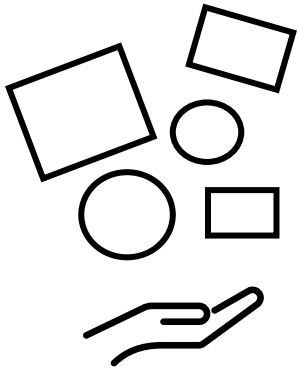
Tietojohtaminen alana on syntynyt digitalisoituvien organisaatioiden tarpeisiin. Toimintaympäristön muuttuessa yhä monimutkaisemmaksi, muuttuu tiedon laadun varmistaminen ja tiedon jakaminen entistä vaikeammaksi, ja siten yhteisten tiedonhallinnan käytäntöjen määrittäminen korostuu. Toimintaympäristö on sitä monimutkaisempi, mitä useampi organisaatio siihen osallistuu, mitä enemmän sitä tehdään projekteissa ja mitä pidempi ajanjakso pitää ottaa huomioon. Nämä kriteerit ovat tyypillisiä infra-alalle, jossa usean organisaation yhteistyö, pirstaleiset projektit ja pitkä elinkaari ovat arkipäivää. Siten tiedonhallinta, tiedolla johtaminen ja tietojohtaminen ovat alalla keskimääräistä haastavampia toteuttaa, mutta pienilläkin muutoksilla organisaatioiden käytännöissä on mahdollista saavuttaa suuria hyötyjä.



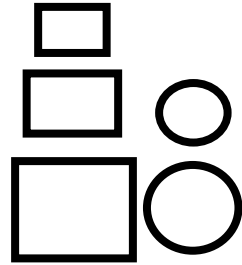
Kuva 1. Tietojohtamisen keskeiset termit

Tiedonhallinta. Tiedonhallinta on toimintaa, joka mahdollistaa tiedon hyödyntämisen päätöksenteossa, eli tiedolla johtamisen, mutta samanaikaisesti tiedolla johtamisen tarpeet ohjaavat tiedonhallintaa. Tiedonhallinta sisältää tärkeiden tietojen tunnistamisen, tiedon hankinnan, sen varastoinnin ja edelleen jalostamisen arvokkaammaksi tiedoksi, sekä tiedon jakamisen eteenpäin sitä tarvitseville. On tärkeää tunnistaa, että tietoa tuotetaan päätöksentekoa ja toiminnan muuttamista varten. Seuraavalla sivulla kuvassa 2 on visuaalinen kuvaus tiedonhallinnasta.

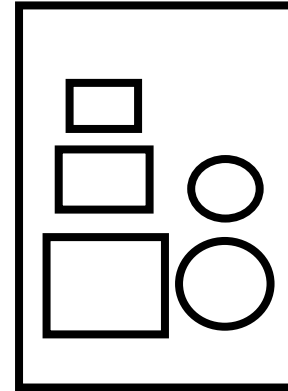
Tiedonhallinta on...



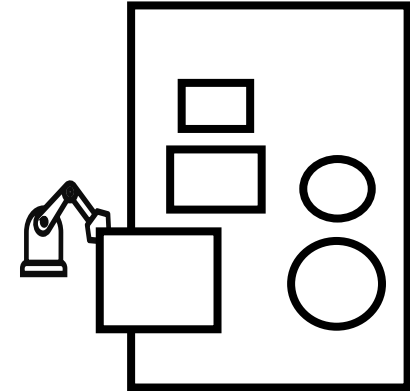
tiedon
keräämistä



tiedon
organisointia



tiedon
tallentamista



tiedon
hallittua käyttöä

Jokaisessa vaiheessa tarvitaan ihmisiä, teknisiä ratkaisuja, sekä selkeitä toimintatapoja!

Kuva 2. Tiedonhallinta on tiedon keräämistä, organisointia, tallentamista ja hallittua käyttöä.

Tiedolla johtaminen. Usein tiedolla johtaminen määritellään yksinkertaisesti dataan ja tietoon pohjautuvana päätöksentekona. Tässä raportissa ajatus viedään kuitenkin pidemmälle - päätösten jalkauttamiseen, eli niiden muuttamiseen toiminnaksi asti - sillä päätökset ja erilaiset tiedonkeruuhankkeet yksinään eivät ole hyödyllisiä, ellei niitä saada vietyä käytäntöön. Tästä johtuen tämän käsikirjan lopussa esitellään datasta toimintaan -toimintamalli, jonka tarkoituksena on mahdollistaa kerätyn tiedon hyödyntäminen laajasti organisaatiossa ja tukea tiedonhallinnan käytäntöjen jalkauttamisessa.

Tietojohtaminen. Tietojohtaminen on toiminnan ja teknologian johtamista, jossa tunnustetaan tiedon keskeinen rooli organisaatiossa ja kilpailukyvyyn tuottajana. Tietojohtaminen on laaja käsite, joka sisältää tiedonhallinnan, tiedolla johtamisen sekä mm. organisaation oppimisen. Tietojohtamisen keinoihin sisältyy mm. ihmisten toiminnan muuttaminen, tietojärjestelmien kehittäminen ja data-analytiikan hyödyntäminen. Infra-alan kontekstissa esimerkiksi tietomallinnuksen johtaminen elinkaarella sekä digitaalisen kaksosen kehittäminen voidaan nähdä tietojohtamisena.

1.2. Infran elinkaaren hallinta omistajana

Tilaaaja, eli infran omistajaorganisaatio (myöh. infran omistaja), ja infran suunnittelevat, toteuttavat ja kunnossapitävät yritykset toimivat tiiviissä yhteistyössä projektien, hankkeiden tai sopimuskausien ajan. Koska yksittäiset yritykset voivat vaihtua projektista ja sopimuskaudesta toiseen, on infran omistajalla suuri vastuu omaisuustiedon tallessa pitäjänä ja sen välittäjänä yritykseltä toiselle.

Infran elinkaarella infran omistajan rooli tiedon luotettavuuden ja saatavuuden ylläpitäjänä sekä tiedon jakajana on todella keskeinen. Infran omistajan tulee olla selvillä tarvittavasta tiedosta, olemassa olevasta tiedosta sekä hankittavasta tiedosta, sillä infran elinkaaren osaan osallistuva yritys ei kykene yksinään ratkaisemaan infran elinkaarella esiintyviä tiedonhallinnan haasteita. Infran omistaja on tiedon portinvartija, sillä se on ainoa pysyvä toimija koko infran elinkaaren ajan, ja ainoa toimija, joka voi hallinnoida koko elinkaarella tarvittavaa, hankittavaa ja tallennettua tietoa.

Infran elinkaarella tärkeitä tietoja ovat erityisesti infraomaisuutta käsittelevät tiedot, kuten esimerkiksi sillan rakenne, kunto ja sijainti. On kuitenkin hyvä huomioida, että infraomaisuuden suunnittelussa, toteutuksessa ja kunnossapidossa tarvitaan paljon muitakin tietoja, kuten yksittäisen projektin eteneminen, lumitilanne tai hyvä kokonaiskuva olemassa olevasta omaisuudesta ja suunnitelmista. Tiedonhallinnan avulla voidaan edistää tiedon hyödyntämistä monipuolisesti.

Tiedolla johtamisen nykytila infra-alan projekteissa

Tutkimus – Siuko, Myllärniemi & Hellsten 2022, KMIS

Siuko et al. (2022a) toteuttaman tutkimuksen mukaan tiedolla johtamisessa on haasteita etenkin infra-alan julkisissa organisaatioissa. Tulokset osoittavat, että alan yritykset ovat tyytyväisiä omaan tiedonhallinnan tasoon, mutta sillä on vähän vaikutusta koko elinkaaren tiedonhallintaan. Tutkimuksen tulosten pohjalta vaikuttaa siltä, että infran omistajan tiedonhallinnan tasolla on suurempi vaikutus elinkaaren tiedonhallinnan onnistumiseen kuin yksittäisen yrityksen tiedonhallinnan käytännöllä. Tutkimukseen osallistui 22 suomalaista organisaatioita, joista 10 oli julkisia organisaatioita ja 12 yrityksiä.

1.3. Tiedonhallinnan visio ja nykytila infran elinkaarella

Infra-alan tiedonhallinnan visioissa ja tutkimuskirjallisuudessa keskitytään tiedonhallinnan osalta pitkälti teknologisiin ratkaisuihin ja tulevaisuuden tuomiin mahdollisuuksiin AI:n, digitaalisen kaksosen ja elinkaarenläpäisevän tietomallinnuksen myötä. Tämä raportti tarjoaa kuitenkin toisen näkökulman: jotta infran elinkaarella voidaan menestyksekkäästi hyödyntää kehittyneitä teknologioita, tiedonhallinnan käytäntöjä on kehitettävä kattavasti.

Infra- ja rakennusalan ulkopuolella on jo tunnistettu organisaation muutosten ja jokapäiväisten käytäntöjen merkitys onnistuneeseen tiedonhallintaan ja luotettavan tiedon hyödyntämiseen. Tietojohtamisen saralla on useita tätä ilmiötä kuvaavia sanontoja. ”Jokainen on tietojohtaja” ja ”Parhaimmatkaan teknologiat eivät auta, mikäli ihmiset eivät halua jakaa tietoaan” kuvaavat jokaisen työntekijän merkityksellistä roolia onnistuneen tiedonhallinnan kannalta. Toisaalta olennaista on myös se, että tiedon merkityksen tulee olla selvä myös muille kuin organisaation johdolle. Jokainen työntekijä tarvitsee tietoa toimiakseen osana organisaatiota ja tehdäkseen työnsä, ja sen näkyväksi tekeminen auttaa tiedon merkittävyyden ymmärtämisessä.

Tutkimuksemme tiedolla johtamisesta infran elinkaarella osoitti, että infra-alan haasteet keskittyvät tiedonhallintaan, jolloin tiedolla johtamisella on vaillinaiset onnistumisen mahdollisuudet. Haasteita kuvataan tarkemmin myöhemmissä luvuissa.

Tiedolla johtamisen haasteet infran elinkaarella *Tutkimus – Siuko, Myllärniemi & Hellsten 2022, ECKM*

Siuko et al. (2022b) toteuttaman tutkimuksen mukaan tiedolla johtamisessa on haasteita jokaisessa infran elinkaaren vaiheessa. Yksittäisiin elinkaaren vaiheisiin keskittymisen sijaan tutkimuksen tulokset ohjaavat kehittämään yhteistyötä elinkaaren vaiheiden välillä sekä tarkastelemaan elinkaaren tiedonhallintaa kokonaisuutena.

1.4. Hankkeen pilotit ja selvitykset

ProDigial-tutkimusohjelmaan sisältyi yhteensä 12 pilottia, joista viisi sijoittuu Elinkaaren läpäisevä tieto -tutkimuskokonaisuuteen. Seuraavaksi esitellään lyhyesti nämä viisi pilottia sekä tutkimusohjelman aikana toteutetut selvitykset. Mikäli haluat piloteista, selvityksistä tai tutkimuksista lisää tietoa, löydät pilottikohtaiset raportit, selvitykset ja julkaistut tutkimukset tutkimusohjelman julkaisulistauksesta.

Tiedon- ja laadunhallintasuunnitelma. Infrakit ja Tampereen yliopisto laativat yhteistyössä Jyväskylän kaupungille tiedon- ja laadunhallintavaatimukset infrahankkeisiin etenkin suunnittelu- ja toteutusvaiheissa.

Teknisen tiedon virtaus infran elinkaarella. Sitowise ja Tampereen yliopisto toteuttivat yhteistyössä Kuopion kaupungille selvityksen omaisuudenhallintaa ja kunnossapitoa palvelevan teknisen tiedon virtauksesta ja sen ongelmakohtista. Tuloksena saatiin tiedonhallinnan kokonaisuuden nykytila-analyysi ja tiedon tietomallipohjaisen virtauksen kypsyysarviointi. Lisäksi prosessin muutosta kokeiltiin kolmella valitulla tietolajilla.

Sitowise toteutti Väylävirastolle tietolajikohtaisen analyysin, miten hankkeen suunnittelun ja rakentamisen luovutusaineistot palvelevat kunnossapidon ja omaisuudenhallinnan tietotarpeita, ja miten inframallien tietosisältöjä ja tiedonhallinnan toimintatapoja tulisi kehittää. Rinnakkaisessa projektissa Ramboll testasi bSDD:n (buildingSMART Data Dictionary) tietokatalogin hyödyntämistä ohjelmissa parantamaan teknisen tiedon virtausta.

Kunnossapidon toiminnanohjauksen kehittäminen. Solita ja Tampereen yliopisto toteuttivat yhteistyössä Oulun Infralle selvityksen kunnossapidon toiminnanohjauksen kehittämisestä. Selvitys sisältää toiminnanohjauksen tekniset edellytykset, digitalisaation mahdollistajat ja tulevat askelmerkit.

Infrasuunnittelun tehostaminen. Solita ja Tampereen yliopisto toteuttivat yhteistyössä Lappeenrannan kaupungille selvityksen suunnittelukokonaisuuden tilannekuvan tehostamisesta. Kehitysehdotuksiin sisältyi mm. Kanban-tyylinen suunnittelutyön seuranta.

Tietomallihankkeet. Arkance Systems toteutti selvityksenä nykytilakartoituksen tietomallipohjaisesta toiminnasta Suomessa ja Norjassa. Havaintoihin sisältyi mm. tietomallinnuksen tuottama arvo, haasteet yhtenäisten toimintatapojen jalkauttamisessa ja tiiviin yhteistyön merkitys.

Tietomallien hankinta. Solita toteutti selvityksen tietomallien hankintaan ja käyttöön liittyvistä haasteista. Havaintoihin sisältyi mm. elinkaarinäkökulman ja tiedon omistajuuden keskeisyys.

2. Tiedonhallinta elinkaaren kattavan tiedon mahdollistajana

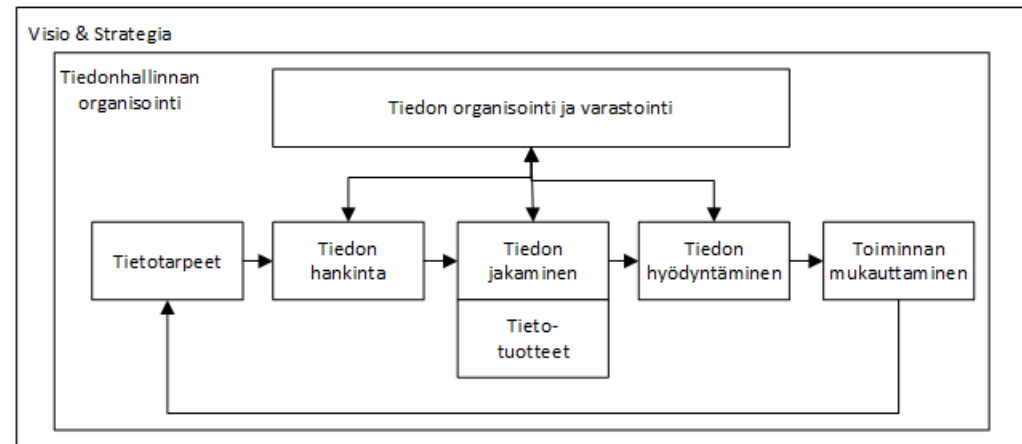
2.1. Tiedonhallinta elinkaarella

Tausta. Tiedonhallinnan prosessimalli (Choo 2002) on kehitetty alun perin vuosituhannen vaihteessa, kun digitaalisten aineistojen parissa työskentely alkoi yleistyä paperien pyörittelyn sijaan. Prosessimallin tarkoituksena on kuvata tiedonhallinnan vaiheet, niiden muodostama kokonaisuus, sekä auttaa tiedon valjastamista hyötykäyttöön (ks. kuva 3). Tiedonhallinnan prosessimallissa tunnistetaan, että koko prosessi lähtee tärkeiden ja tarvittavien tietojen tunnistamisesta, ja että tiedon tarkoitus on auttaa päätöksenteossa sekä toiminnan mukauttamisessa parempaan suuntaan. Tämä kyseinen prosessimalli keskittyy tiedonhallinnan aktiviteetteihin ja toimintaan, joka mahdollistaa tiedon hyödyntämisen sitä tarvittaessa. Prosessimallin avulla kuvataan käytännöllisiä keinoja tiedonhallinnan parantamiseksi organisaatioissa.

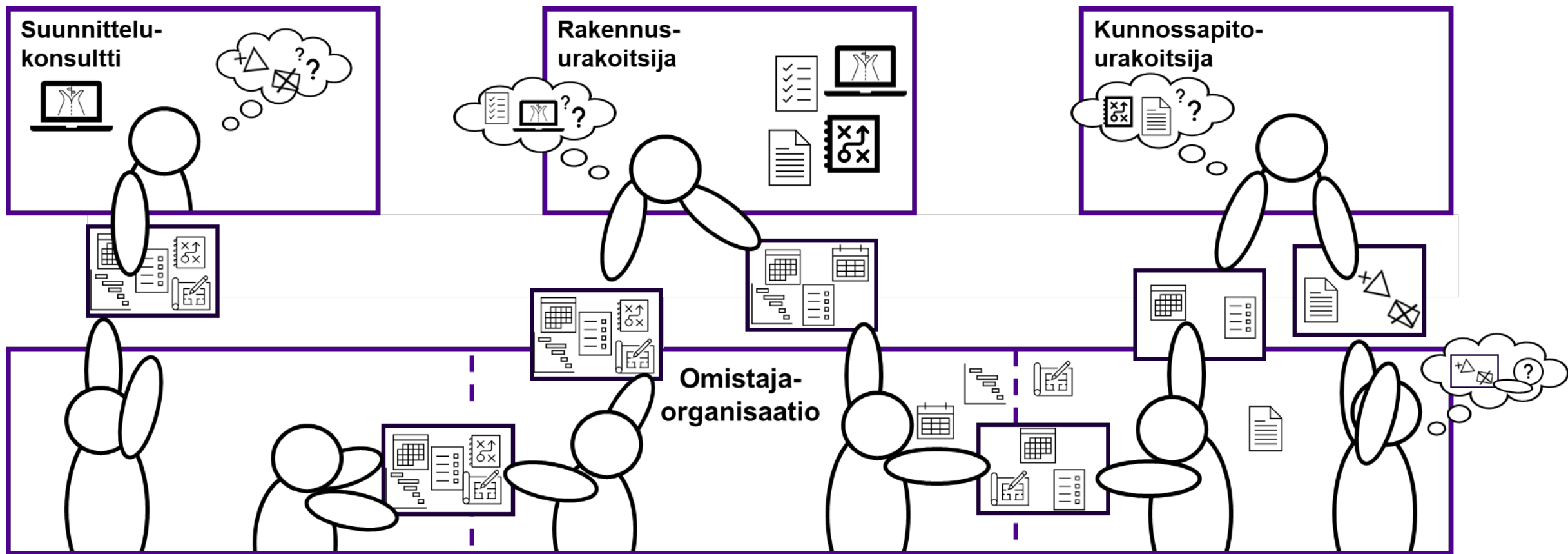
Elinkaaren tiedonhallinta. Elinkaaren tiedonhallinta lähtee johtamisesta, eli koko elinkaaren tiedonhallinnan vision ja strategian määrittämisestä, niiden jalkauttamisesta sekä toiminnan johtamisesta. Operatiivisella tasolla tiedonhallinnan organisointi tulisi tapahtua siten, että määrittelyssä otetaan huomioon koko elinkaari ja tuloksena syntyy työntekijöiden omiin tehtäviin soveltuvat tiedonhallinnan ohjeistukset. Elinkaarella tietotarpeiden määrittämisessä on tärkeää, että elinkaaren loppupään, eli kunnossapidon, tarpeet ovat tiedossa jo elinkaaren alussa eli suunnittelussa. Tiedon hankkiminen alkaa kuitenkin elinkaaren alusta ja ideaalissa tilanteessa myöhemmät elinkaaren vaiheet lisäävät ja tarkentavat elinkaaren alussa kerättyjä ja tallennettuja tietoja. Tietojen tallennus ja organisointi tulisi toteuttaa siten, että tietovarastossa oleviin tietoihin on pääsy kaikista elinkaaren vaiheista aina kun tietoja tarvitsee. Tietoa jaetaan ensisijaisesti elinkaaren alusta elinkaaren loppuun, sillä on työn kannalta tehokkaampaa, kun tietoa jaetaan vain ensisijaisesti tietoa välittömästi

hyödyntäville ja muut pääsevät tietoon käsiksi tietovaraston kautta. Yleensä elinkaaren alussa tuotettua tietoa hyödynnetään elinkaaren edetessä aina elinkaaren loppuun asti, ja osa alussa tehtyjen päätösten seurauksista tulee näkyväksi vasta aivan elinkaaren lopulla, minkä vuoksi on erityisen tärkeää että palautetta annetaan elinkaaren lopusta elinkaaren alkuun.

Seuraavissa alaluvuissa käydään tarkemmin läpi elinkaaren tiedonhallinnan prosessimallin vaiheet, piloteissa esiin nousseet haasteet sekä tarjotaan jokaiseen vaiheeseen soveltuvia kehitysehdotuksia. Toiminnan muuttamiseen otetaan kantaa alaluvussa 3.3.



Kuva 3. Tiedonhallinnan prosessimalli (Choo 2002; Jääskeläinen et al. 2022)



Kuva 4. Tiedonhallinta elinkaarella on haastavaa, sillä myös elinkaaren loppuvaiheen tietotarpeet tulisi ottaa huomioon jo elinkaaren alussa. Vaikka tärkeää tietoa tuotetaan jo elinkaaren alkupäässä, sitä ei välttämättä ole saatavilla myöhemmin, koska sitä ei ole pyydetty oikealta henkilöltä oikeaan aikaan tai sen tarvitsija ei tiedä sen olemassa olost. Siten samoja tietoja joudutaan hankkimaan ja luomaan uudelleen. Lisäksi elinkaari asettaa haasteen virheistä ja onnistumisista oppimiselle: suunnittelun onnistumiset ja epäonnistumiset ovat näkyvissä vasta seuraavissa elinkaaren vaiheissa, eikä oppiminen ole mahdollista, kun palaute ei saavuta sen tarvitsijaa.

2.2. Visio, strategia ja toiminnan organisointi

Yleisesti. Elinkaaren tiedonhallinta lähtee johtamisesta, eli tiedonhallinnan vision ja strategian määrittämisestä, niiden jalkauttamisesta sekä toiminnan johtamisesta. Ilman johtamista tiedonhallinnan osat voivat toimia itseohjautuvissa tiimeissä, mutta etenkin infran elinkaarella kokonaisuus ei toimi ilman johtamista. Sekä digitalisaation edistäminen että tiedonhallinta on helpompaa, kun tiedonhallinnalle ja muutosten jalkauttamiselle on varattu resursseja, yhteistyöhön panostetaan ja tavoitteet on asetettu ja kommunikoitu selkeästi.

Haasteet. Useissa piloteissa nousi esiin, että tiedonhallinnan visiot olivat vaikeita saavuttaa: joko visiota ei ollut oikein edes mietitty tai toiveet olivat kaukana nykytilasta. Visioiden saavuttamiseksi ei ollut havaittavissa selkeää strategiaa eli suunnitelmaa tavoitteiden saavuttamiseksi ei ollut määritelty. Niiltä osin kuin tiedonhallintaa oli edistetty, koettiin käytäntöjen jalkauttaminen haastavaksi. Sekä uusien käytäntöjen jalkauttamista että jokapäiväistä tiedonhallintaa hankaloittaa resurssien riittämättömyys tai niiden puutteellinen allokointi.

Suunnittelijoiden projektinhallinta

Pilotti – Lappeenrannan kaupunki, Solita, Tampereen yliopisto

Lappeenrannassa keskityttiin suunnittelijoiden työn helpottamiseen. Pilotin aikana tunnistettiin useita haasteita, joista keskeisimmät olivat: epäselvyys työn alla olevien hankkeiden kokonaiskuvasta, dokumenttien jakamisen ja tallentamisen haasteet, sekä epäselvät yhteistyön raamit. Ratkaisuksi tarjottiin Kanban-tyylistä projektinhallintaa, sekä luotiin dokumenttien hallinnalle ja yhteistyölle selkeät käytännöt. Lappeenrannassa vietiin ratkaisut käytäntöön Solitan avustuksella, ja muutokset on koettu todella positiivisiksi.

Kehitysehdotuksia. Vision ja strategian määrittelyssä auttaa tiiviin työryhmän perustaminen, johon osallistuu edustaja jokaisesta infran elinkaaren vaiheesta. Työryhmän tulee määrittää tiedonhallinnan visio ja strategia, sekä valvoa sen jalkauttamista. Elinkaaren tiedonhallintaa pitää myös johtaa, kun se on saatu

jalkautettua, jolloin tehtävään tulee nimetä henkilö tai työryhmä ratkaisemaan vastaan tulevia haasteita. Resurssien riittävyyttä voidaan parantaa määrittelemällä roolit ja vastuut tarkemmin, jolloin tehtävät tulevat tehtyä ja vain kertaalleen. Lisäksi systemaattinen projektinhallinta, kuten Kanban, auttaa projektien kokonaiskuvan ja resurssien riittävyyden hahmottamisessa.

2.3. Tärkeiden tietojen tunnistaminen

Yleisesti. Tärkeiden tietojen tunnistaminen sekä olemassa olevan tiedon kartoittaminen ja tietotarpeiden määrittäminen ovat todella olennainen vaihe tiedonhallinnassa. Tietotarpeiden määrittelyn avulla tiedon hankinnassa voidaan keskittyä tärkeiden tietojen hankintaan ja tietoa hyödynnettäessä tarvittavat tiedot ovat saatavilla. Mikäli tietotarpeita ei ole määritelty ja kommunikoitu kunnolla, ei tarvittavia tietoja ole todennäköisesti saatavilla päätöksenteon ja työn tueksi silloin kun niitä tarvitaan.

Haasteet. Piloteissa nousi esiin, että toisinaan tärkeitäkään tietoja ei kerätä, sillä tiedon kerääjä ei ole tietoinen tietotarpeista toisessa organisaatiossa tai elinkaaren vaiheessa. Tietotarpeita ei ollut usein määritelty, vaan pikemminkin haluttiin kaikki tieto kerättäväksi. Kaiken tiedon kerääminen vie resursseja sekä tiedon kerääjältä, tallentajalta, päivittäjältä että tiedon etsijältä, kun tarpeellinen tieto hukkuu tarpeettoman tiedon sekaan. Myös tietotarpeiden kommunikointi etenkin organisaatioiden ja elinkaaren vaiheiden välillä koettiin hankalaksi. Lyhyesti sanoen, mikäli haasteena on se, ettei tarvittavia tietoja ole saatavilla, tietotarpeiden määrittelyyn kannattaa panostaa.

Kehitysehdotuksia. Tärkeiden tietojen määrittelyä ja kommunikointia voidaan helpottaa luomalla päivitettävä dokumentti organisaation tietovaatimuksista, kuten Jyväskylän pilotissa. Tärkeät tiedot voi tehdä näkyväksi myös esimerkiksi mobiilisovelluksella, joka ohjaa käyttäjää keräämään ja tallentamaan tarvittavat tiedot. Tärkeintä on kuitenkin systemaattinen tietotarpeiden läpikäynti kaikissa elinkaaren vaiheissa. Yhteistyötä ja ymmärrystä koko elinkaarella ja erityisesti vaiheiden rajapinnoissa tulee parantaa.

Tiedon- ja laadunhallintavaatimukset

Pilotti – Jyväskylän kaupunki, Infrakit, Tampereen yliopisto

Jyväskylän kaupungille laadittiin tiedon- ja laadunhallintavaatimukset, joiden avulla ratkaistaan haasteita mm. tiedonhallinnan johtamisen, tietotarpeiden määrittelyn, tiedon hankinnan, tiedon organisoinnin ja tiedon hyödynnettävyyden kanssa. Tiedonhallintavaatimukset ottavat kantaa lähtötietoaineistoon sekä suunnittelu-, toteutus- ja kunnossapitovaiheiden tiedonhallintaan. Ne sisältävät mm. lähtöaineistoluettelon ja tietomallipohjaisen hankkeen vastuumatriisin.

2.4. Tiedon hankkiminen ja tallentaminen

Yleisesti. Tietotarpeiden määrittely ohjaa tiedon hankintaa. Hyvin määriteltyjen tietotarpeiden avulla tiedon hankkijat tietävät, mitkä tiedot kannattaa kerätä ja tallentaa, ja missä muodossa. Hankittu tieto voidaan joko jakaa suoraan tarvitsijalle tai tallentaa myöhempää käyttöä varten. Jotta tallennetusta tiedosta on hyötyä, se on oltava helposti löydettävissä, ajantasaista ja luotettavaa. Elinkaaren läpäisevän tiedon tallentaminen helposti saatavaan ja ajantasaiseen muotoon vaatii paljon sekä toimintatavoilta että tietojärjestelmiltä.

Haasteet. Tiedon hankinnan osalta piloteissa esiintyi suunnitelmallisuuden ja yhteistyön puutetta. Tietoa hankittiin usein reaktiivisesti sitä tarvittaessa, josta seurasi tarvetta saada tiedon tuottajia kiinni välittömästi ongelmien ilmetessä. Kiireisessä toimintaympäristössä ihmisten tavoittaminen oikea-aikaisesti ei aina ole mahdollista, mikä aiheuttaa viivästyksiä. Yhteistyön ja kommunikoinnin puute sekä puutteelliset tiedon hankinnan työkalut vaikuttivat siihen, että tietoa joudutaan hankkimaan uudelleen kun se ei joko täysin vastaa tarvetta tai se katoaa ilman tallennusta.

Tiedon tallentamisen osalta korostuivat haasteet tiedon tallentamisesta useaan paikkaan, tietojen päivittäminen ja ylläpito, sekä automaattisten rajapintojen

puute. Nämä haasteet näkyvät jokapäiväisessä työssä tietojen katoamisena, vanhentumisena ja ristiriitaisuuksina. Tietojärjestelmien käyttöoikeuksien osalta ilmeni myös haasteita – kaikilla ei ollut pääsyä tarvitsemiinsa tietoihin.

Kehitysehdotuksia. Tiedon hankintaa voidaan parantaa muuttamalla asenteita epävarmaa tai puutteellista tietoa kohtaan. Jaettaessa puutteellisia tietoja, on dokumentoitava perusteellisesti, mitkä tiedot ovat oletuksia ja mitkä tarkentuvat vasta elinkaaren seuraavissa vaiheissa. Kun epävarmaakin tietoa jaetaan, tietojen keräämistä ei tarvitse aloittaa täysin alusta seuraavissa vaiheissa. Kun dokumentoidaan tiedon luotettavuusaste, tiedon hyödyntäjä tietää, miten suhtautua käsissään olevaan tietoon. Toisaalta myös tiedon hankinnan työkaluihin tulee panostaa – mikäli työkalut ovat epäluotettavia, on tietokin epäluotettavaa. Esimerkiksi tiedon hankintaa ohjaava mobiilisovellus auttaa tiedon kerääjää tallentamaan kaikki tarvittavat tiedot.

Tiedon tallentamista ja varastointia kehittäessä on hyvä kiinnittää huomioita kokonaisarkkitehtuuriin: tärkeitä toimintoja tukevat tietojärjestelmät ja niiden väliset rajapinnat mahdollistavat tiedon parhaan mahdollisen hyödynnettävyyden läpi elinkaaren. Kokonaisarkkitehtuuria suunnitellessa tulee huomioida koko elinkaari, jotta tietojärjestelmät ovat keskenään yhteensopivia ja tieto liikkuu saumattomasti elinkaaren vaiheesta toiseen. Käyttöoikeuksien tarkistaminen on pieni, mutta vaikuttava muutos: kun tiedon tarvitsijalla on suora pääsy tietojärjestelmiin, tiedon hankkiminen helpottuu huomattavasti.

Kunnossapidon toiminnanohjaus

Pilotti – Oulun Infra, Solita, Tampereen yliopisto

Oulun Infralle toteutettiin pilotti, jossa selvitettiin toiminnanohjausjärjestelmän kehittämistä kunnossapidon tarpeisiin. Pilotin pohjalta ehdotettiin, että järjestelmäkokonaisuudesta voitaisiin hakea tukea oman työn ohjaukseen ja kokonaisuuden seurantaan hankkimalla näihin omat järjestelmät. Rajapintojen kautta ne voivat olla yhteydessä toisiinsa sekä omaisuudenhallinta- ja palautejärjestelmiin.

2.5. Tiedon jakaminen

Yleisesti. Tiedon jakamisessa on tärkeää huomioida tiedon vastaanottajat ja oikea-aikaisuus. Jotta tieto voi saavuttaa oikeat henkilöt, on tiedon hankkijalla oltava tiedossa kuka tietoa tarvitsee seuraavaksi. Tiedon jakamisen käytäntöihin vaikuttaa myös se, tarvitaanko tietoa heti vai vuosien päästä. Välittömässä tiedon jaossa tiedon tarvitsijan suora tavoittaminen on tärkeää, kun taas tiedon tallentamisen käytännöt korostuvat, kun kerättyä tietoa tarvitaan vasta vuosien päästä. Koska infran elinkaarella toimitaan eri organisaatioiden välisessä yhteistyössä, on tärkeää pohtia mitä tietoja jaetaan organisaation ulkopuolelle, ja minkä pitäminen vain omassa käytössä on toiminnan kannalta kannattavampaa. Yleisesti infrahankkeessa prosessi tähtää vaatimusten mukaisen fyysisen lopputuotteen hankintaan, ei tiedon tuottamiseen rakennuskohteesta.

Haasteet. Piloteissa havaittiin tiedon jakamisen osalta siiloutumista, ja haasteita tiedon jakamisessa etenkin organisaatorajojen yli. Etenkin tietomallien jakaminen koettiin haastaviksi, sillä niissä olevien virheiden korjaaminen vie enemmän aikaa ja toisaalta vastuukysymykset olivat epäselviä virheiden osalta. Toisaalta rakennusvaiheessa toivottiin, että virheet huomattaisiin ajoissa ja tietomallit helpottaisivat virheiden löytämistä. Piloteissa nostettiin esiin myös sisäisen palautteen puute, mikä tekee virheistä oppimisen hankalaksi.

Prosesseissa käsitellään useita eri tekniikka- ja tietolajeja, joiden vastaava tai omistaja on eri taho (tietolähteitä ja/tai -varastoja on useita). Tietoa hankitaan elinkaarella vaihekohtaisesti. Luovutusaineistokin määritellään vaiheen näkökulmasta. Lisäksi toimijoille oli epäselvää, mistä tietyn kohteen tiedot löytyvät tai miksi joitakin tietoja kerätään. Edellä mainitut seikat aiheuttavat haasteita tiedon virtaamisen osalta.

Kehitysehdotuksia. Tiedon jakamisen merkitystä korostamalla ja vastuukysymykset sopimalla, tiedon ja tietomallien jakamisesta voidaan tehdä työntekijöille helpompaa. Epävarman tiedon jakaminen avoimesti ja dokumentoiden sen epävarmuudet selkeästi, tiedon hyödyntäjä saa epävarmankin tiedon hyödynnettäväkseen tietäen samalla kuinka tietoon suhtautua. Virheistä oppimista voidaan parantaa kehittämällä sisäinen palaute

kanava: osa suunnitelmaratkaisuiden onnistumisista ja epäonnistumisista ovat näkyvissä vasta elinkareen myöhemmissä vaiheissa, ja palaute molemmista auttaa suunnittelijoita lisäämään onnistuneita ratkaisuja ja vähentämään vähemmän onnistuneita. Tiedon virtaamista auttaa, kun tietolajilla on tiedon omistaja, joka vastaa ja ymmärtää tiedon keräämisestä ja rikastamisesta koko elinkaarella. Tiedon elinkaaren ymmärrystä tulee kehittää ja laajentaa systemaattisesti

Omaisuuksienhallintaa ja kunnossapitoa palvelevan tiedon virtauksen kypsyysmalli ja pilotointi

Pilotti – Kuopion kaupunki, Sitowise, Tampereen yliopisto

Pilottikohteena oli Savilahdentien ja Volttikadun liittymähanke Kuopiossa. Tutkimuksessa analysoitiin eri infrakohteiden tietosisältöjä ja niiden hyödyntämistä lähtötiedoista suunnitteluun ja rakentamiseen sekä edelleen omaisuushallintaan ja kunnossapitoon. Tuloksena saatiin tiedonhallinnan kokonaisuuden nykytila-analyysi ja tiedon tietomallipohjaisen virtauksen kypsyysarviointi. Toiminta perustuu perinteisiin dokumentteihin edellyttäen tiedontulkintaa ja manuaalista muokkausta. Prosessin muutosta tietomallipohjaiseen toimintaan, jossa tieto jalostuu elinkaarella, kokeiltiin kolmella kokonaisuudella: liikennemerkkit, katualueet ja viheralueet (sis. istutukset ja kalusteet).

2.6. Tietomallit, dokumentit ja tilannekuvat

Yleisesti. Tietomallit, dokumentit ja tilannekuvat ovat tietotuotteita, jotka luodaan hankitun ja olemassa olevan tiedon pohjalta tiedon analysointiin ja jalostamiseen hyödynnettävien menetelmien avulla. Tietotuotteiden tehtävä on välittää tietoa valmiiksi koostetussa ja ymmärrettävämmässä muodossa ja lisätä siten tiedon käyttöarvoa. Esimerkiksi valmis suunnitelmadokumentti on arvokkaampi elinkaaren seuraavassa vaiheessa, kuin yksittäiset lähtötiedot. Tietotuotteita voidaan luoda joko käsityönä tai automaattisesti. Uusien suunnitteludokumenttien laatimiseen tarvitaan aina suunnittelija, mutta tilannekuvan voi rakentaa kertaalleen siten, että siihen linkitetyt tiedot päivittyvät automaattisesti sensoridatan muuttuessa tai tiedon kerääjän päivittäessä tietoa tietojärjestelmiin.

Suunnittelua alalla tehdään tietomallipohjaisesti, minkä lisäksi mallinnusta hyödynnetään vuorovaikutuksessa ja yhteensovituksessa osittain (kaikki tekniikkalajit eivät aina mukana). Rakentaja hyödyntää automaatiota ja koneohjausmalleja. Suunnitteluohjeiden sisältö- ja esitystapavaatimukset tähtäävät dokumenttien tuottamiseen, mutta digitaalisen tiedon tuottaminen on sivuosassa. Rakentaja tuottaa pääosin laadunvarmistusaineistoa.

Haasteet. Pilottien perusteella tietotuotteissa on paljon virheitä, mikä johtuu vaillinaisista lähtötiedoista. Tietomallit jakoivat tässä suhteessa mielipiteitä: toisaalta virheiden korjaamisen tietomalleihin nähtiin olevan vaikeampaa, ja toisaalta tietomallien koettiin paljastavan virheet ajoissa. Toisinaan toteutusvaiheessa huomataan suunnitelmien yhteensopimattomuus. Kun suunnitteluvirheet huomataan ennen toteutuksen aloittamista, virheen elinkaarikustannukset pienenevät. Lisäksi haasteita aiheuttaa tietotuotteiden, dokumenttien ja tilannekuvien teossa hyödynnettävien työkalujen laaja kirjo.

Suunnittelun ja rakentamisen aineistoissa samaa tietoa on eri tiedostoissa ja formaateissa, niin dokumenteissa kuin tietomalleissa. Muutos tiedossa aiheuttaa päivittämisen useaan paikkaan. Tiedon hyödyntäminen ja tuottaminen vaatii paljon manuaalista työtä. Lisäksi samaan kohteeseen liittyvä terminologia vaihtelee elinkaaren eri vaiheissa.

Inframallinnuksen osalta tulee muistaa ero ohjelmiston sisäisen tietomallin ja tuotettavan luovutusaineiston inframallien välillä. Ohjelmistojen sisäinen tietomalli on suunnittelun aikana dynaaminen muokattavissa oleva malli, luovutettava aineisto (tiedonsiirtomalli) on staattinen valmiin suunnitelman tai rakennetun kohteen sisältävä aineisto. Haasteita on vaatimusten mukaisten inframallien tuottamisessa ohjelmistoista ja toisaalta tietosisällöissä. Piirustukset, luettelot ja dokumentit koetaan tarpeelliseksi, yksittäisistä piirustuksista on vaikea luopua

Kehitysehdotuksia. Tietomallien, dokumenttien ja tilannekuvien tuottamiseen ja jakamiseen tarvitaan asennemuutosta ja yhteistyötä läpi elinkaaren. Virheitä ei ole mahdollista välttää täysin, kun lähtötiedot ovat epäluotettavia. Tietotuotteen luotettavuuden taso tulee dokumentoida, jotta tiedon hyödyntäjä osaa suhtautua tietoon oikealla ja vaadittavalla tavalla. Toisaalta myös kiire ja siiloissa työskentely aiheuttaa virheitä, joita on mahdollista välttää yhteistyötä lisäämällä.

Tietomallinnuksen käyttöönotto on jäänyt elinkaaren kannalta kesken. Informaatiomallintamisen periaatteet sekä siihen liittyvät tiedonhallinnan ja tiedonsiirron standardit tulee ottaa laaja-alaisesti käyttöön Suomessa. Dokumenttien ja piirustusten vaatimuksia tulee tarkastella uudelleen: miten tuottamista voidaan keventää ja tuottaa tietomalliaineiston näkyminä)

Infrahankkeen elinkaaren aikaisen inframallintamisen ja tiedon virtauksen arviointi ja kehittäminen

Pilotti – Väylävirasto, Sitowise, Tampereen yliopisto

Pilottikohteena, tutkimuksen kehyksenä, oli vuonna 2022 toteutettu Vesangantien (maantie 16684) jalankulku- ja pyörätie Jyväskylässä (KES-Ely). Tutkimuksessa tehtiin tietolajikohtainen aineistoanalyysi sekä haastattelututkimus eri rooleissa hankkeeseen osallistuneille. Tuloksena syntyi raportti siitä, miten hankkeen suunnittelun ja rakentamisen luovutusaineistot palvelevat kunnossapidon ja omaisuudenhallinnan tietotarpeita, ja miten inframallien tietosisältöjä ja tiedonhallinnan toimintatapoja tulisi kehittää. Rinnakkaisessa projektissa Ramboll Finland testasi bSDD:n (buildingSMART Data Dictionary) tietokatalogin hyödyntämistä eri suunnitteluohjelmissa. bSDD mahdollistaa infrakohteen ominaisuuksien ja vaatimusten julkaisemisen ja jakamisen, mikä osaltaan auttaa parantamaan teknisen tiedon virtausta.

3. Johtopäätökset

3.1. Tiivistelmä haasteista

Infran elinkaaren haasteet tiedonhallinnan näkökulmasta on esitelty aiemmin jaoteltuna tiedonhallinnan eri vaiheisiin. Taulukosta 1 on nähtävillä kooste olennaisimmista tiedonhallinnan haasteista.

Taulukko 1. Tiedonhallinnan haasteet infran elinkaarella

Haaste	Selitys
Jalkauttaminen	Vision, strategian ja käytännön toiminnan yhteensovittaminen on osoittautunut hankalaksi. Tavoitteiden viestinnässä organisaatioiden läpi on parannettavaa.
Resurssipula	Resurssien ollessa rajalliset, priorisoinnin tärkeys korostuu. Resurssit tulisi allokoida tarkemmin, vastuut määrittää täsmällisemmin ja sisällyttää myös tietoon liittyvät vastuut työtehtävien kuvauksiin.
Epäselvät tietotarpeet	Tietotarpeet eivät ole täysin tunnistettu, eli tietoa hankitaan vasta kun sitä tarvitaan ennakoimatta tarpeita. Niiltä osin kun tietotarpeet ovat tiedossa, niitä ei ole riittävästi kommunikoitu tiedon tuottajalle.
Tiedon epäluotettavuus	Tiedon hankintaan käytetyt työalut ovat toisinaan epäluotettavia, eikä kaikkea arvokastaan kerättyä tietoa tallenneta. Toisaalta tallennettu tieto saattaa jäädä päivittämättä ja siten vanhentua.
Tiedon löydettävyys	Vaikka tieto olisi tallennettu, käyttäjän voi olla vaikeaa tai jopa mahdotonta löytää sitä.
Tiedon pantaaminen	Tietoa ei aina uskalleta jakaa varsinkaan organisaation rajojen yli. Vastuuasiat huolettavat: kuka on vastuussa, jos tiedoissa onkin virheitä?
Sisäisen palautteen puute	Palaute on arvokasta tietoa, joka ei saavuta kohdettaan infran elinkaarella.

3.2. Tiivistelmä kehitysehdotuksista

Edellä kuvattuihin haasteisiin on esitetty kehitysehdotuksia raportissa. Alla olevaan taulukkoon 2 on kerätty kooste kehitysehdotuksista.

Taulukko 2. Kehitysehdotuksia tiedonhallintaan infran elinkaarella

Kehitysehdotus	Selitys
Tiedonhallinnan strateginen työryhmä	Tiedonhallinnan vision ja strategian selkeyttämistä tukee elinkaaren läpäisevän työryhmän perustaminen, jonka velvollisuuksiin kuuluu tavoitteiden asettaminen ja osatavoitteiden toteuttamisen seuranta.
Vastuiden määrittely	Vastuiden tarkempi määrittely niin työtehtävien kuin tiedonhallinnan osalta parantaa resurssien hyötykäyttöä.
Tärkeiden tietojen määrittely ja kommunikointi	Tärkeiden tietojen määrittelyä ja kommunikointia voidaan parantaa luomalla päivitettävä dokumentti organisaation tietovaatimuksista. Tärkeät tiedot voi tehdä näkyväksi myös esimerkiksi mobiilisovelluksella, joka ohjaa käyttäjää keräämään ja tallentamaan tarvittavat tiedot.
Kokonais-arkkitehtuuri	Kun kokonaisarkkitehtuuri on toteutettu hyvin ja rajapinnat toimivat, samaa tietoa ei tarvitse tallentaa useaan paikkaan erikseen.
Tiedon organisointi	Tiedon tulee olla löydettävissä. Yhteisten toimintatapojen sopiminen tiedon tallentamiseen ja tiedostojen nimeämiseen lisäävät tietojen löydettävyyttä.
Jaettavan tiedon tarkastelu	Jaettavan tiedon osalta tulee tehdä selkeät päätökset: mikä tieto on arvokkaampaa jaettuna ja minkä tiedon jakamisen riskit ovat suuremmat kuin hyödyt.
Sisäinen palautekanava	Organisaatioiden oppimisen kannalta on hyödyllistä jakaa tietoa onnistuneista ja epäonnistuneista ratkaisuista.

3.3. Kohti tiedolla johtamista

Tässä loppuraportissa tarjottiin tietoa tiedonhallinnan haasteista infran elinkaarella sekä ideoita tiedonhallinnan kehittämiseen matalalla kynnyksellä sekä suuremmin investoinnein. Kehitysehdotukset ovat monipuolisia, mutta eivät kaiken kattavia. Tiedonhallinnan kehittäminen parantaa tiedon luotettavuutta ja saatavuutta, sekä luo pohjaa elinkaaren kattavalle yhteistyölle, kuten elinkaarenläpäisevien tietomallien käytölle.

Tietoon perustuvien organisaatioiden suorituskyky perustuu niiden kykyyn hyödyntää käytössä olevia tietoresursseja. Organisaatioiden tulee osata määrittää, mikä on toiminnan kannalta olennaista tietoa, mistä sitä hankitaan ja miten jalostetaan ymmärrettävämpään muotoon, sekä miten tietoa jaetaan infran elinkaaren osapuolille. Tiedonhallinta mahdollistaa infran elinkaaren läpäisevän tiedon virtaamisen sekä siten tietopääoman monipuolisemman hyödyntämisen. Toimiva tiedonhallinta on edellytys tiedolla johtamiselle, eli toiminnalle, jossa tieto, esim. ajankohtaiset tilannekuvat, jalkautetaan osaksi elinkaaren aikaista päätöksentekoa. Tiedolla johtaminen, eli tietoperustainen päätöksenteko, mahdollistaa arvon luomisen infran elinkaaren eri sidosryhmille. Tiedolla johtamisessa tavoitteena tulee olla oivalluksien, visioiden sekä tietämyksen tuottaminen ja näin mahdollistaa oikean tiedon oikea-aikainen hyödyntäminen

Koska piloteissamme korostuivat hyvienkin hankkeiden jalkauttamisen haasteet, suosittelemme tutustumista ProDigial-tutkimusohjelman muihin loppuraportteihin. Esimerkiksi toimintakulttuurin muutosta käsittelevässä raportissa otetaan kantaa pysyvien muutosten tekemiseen, hukan poistamiseen, yhteistoiminnallisuuteen sekä tavoitteiden asetantaan ja jalkauttamiseen. Hyvän yleiskuvan muutoksen epäonnistumisten ja onnistumisten taustoista saa myös kuvasta 5. Pilottien pohjalta vaikuttaa siltä, että infra-alan elinkaaren muutoksissa on nähtävissä ainakin hämmennystä ja turhautumista. Muuten onnistuneet hankkeet lienevät jääneen jalkauttamatta, kun tarpeeksi perusteellinen toteutusohjelma on jäänyt suunnittelematta ja valvomatta.



Kuva 5. Vaikuttavan muutoksenhallinnan kehikko
(Vaismaa et al. 2020, alkuperäinen Knoster et al. 2000)

Toivomme, että tästä raportista sai kokonaiskäsityksen infra-alan tiedonhallinnasta niin haasteiden kuin käytännön ratkaisuiden osalta. Ratkaisuehdotuksia voi laittaa käytäntöön omassa organisaatiossaan tai hyödyntää niitä inspiraation lähteenä uusille ratkaisuille. Datasta toimintaan -ajattelun kautta muutoksen voi aloittaa myös omasta tiimistä. Ongelman hahmottamisen ja ideoinnin jälkeen ideaa voi rohkeasti testata omassa tiimissä mahdollisimman matalankynnyksen toteutuksen kautta. Jos esimerkiksi ongelmana on projektien tilannekuvan puute, Kanban-taulun piirtäminen kokoushuoneen seinälle ei tarvitse sen suurempaa investointia. Mikäli matalankynnyksen toteutuksesta on hyötyä, siihen tarkoitetun työkalun hankkimisen perustelu voi olla helpompaa. Lisäksi hyödyllisistä toimintatavoista voi jakaa tietoa muille tiimeille, ja siten kehittää toimintaa ns. alhaalta ylöspäin.

Lähteet

- Choo, C. W. (2002). Information management for the intelligent organization: the art of scanning the environment. Information Today, Inc.
- Jääskeläinen, A., Sillanpää, V., Helander, N., Leskelä R. L., Haavisto, I., Laasonen, V., Torkki, P. (2022). Designing a maturity model for analyzing information and knowledge management in the public sector. VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems.
- Knoster, T., Villa, R. & Thousand, J. (2000). A framework for thinking about systems change. In R. Villa and J. Thousand (Eds.) Restructuring for caring and effective education: Piecing the puzzle together, 2nd edition, Baltimor, Paul H. Brookes.
- Siuko, V., Myllärniemi, J., Hellsten, P. (2022a). State of knowledge-based management in project networks – case in Finnish infrastructure construction sector. In Proceedings of the 14th IC3K – KMIS.
- Siuko, V., Myllärniemi, J., Hellsten, P. (2022b). Knowledge-based management challenges in the asset life cycle. In Proceedings of the 23rd ECKM.
- Siuko, V., Myllärniemi, J., Hellsten, P. (2023). Towards digital transformation: Knowledge management as an enabler in public sector asset lifecycle. In Proceedings of the 15th IC3K – KMIS.
- Vaismaa, K. Laitinen, K., Örmä, M., Wallander, J., Koskinen, A., Junnonen J-M., Saari, A. (2020). Tiekartta infra-alan tuottavuuteen. Väylävirasto.

Lisäksi raportin taustalla on hyödynnetty lähteitä, joihin on viitattu etenkin Siuko et al. toteuttamissa julkaisuissa, sekä toistaiseksi julkaisemattomaksi jääneitä haastattelu- ja työpajatuloksia. Muihin lähteisiin ei kuitenkaan ole erikseen viitattu tässä raportissa.

