



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Janne Råman

Tunnelityömaan tuotannonohjauksen digitalisointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Opinnäytetyö

31.10.2019

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Janne Råman Tunnelityömaan tuotannonohjauksen digitalisointi 47 sivua + 1 liitettä 31.10.2019
Tutkinto	rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma	rakennusmestari
Ammatillinen pääaine	infrarakentaminen
Ohjaajat	Lehtori Tapani Järvenpää Laatuinsinööri Annika Henriksson
Opinnäytetyö tehtiin Skanska Infra Oy:lle ja sen tavoitteena oli kehittää tunnelitöiden tuotannonohjaukseen tarkoitukseen räätälöity digitaalinen työkalu. Sovelluksen kehittämistä varten työssä kartoitetaan nykyisen tunnelityön tuotannonohjauksen käyttämät menetelmät ja työkalut viikon mittaisen intensiiviyömaavierailun aikana Skanska Infra Oy:n tunnelityömaalla Lahden Liipolassa. Kartoituksen jälkeen opinnäytetyössä kehitettiin tunneliympäristöön soveltuvaa digityökalua, joka tuottaa projektille lisäarvoa, parantaa laadunvarmistusta ja lisää kentältä kerättävän informaation luotettavuutta ja uudelleen käytettävyyttä. Opinnäytetyössä tehdyt sovelluksen kehitysideat on hyväksyttävä Skanskan kehitysryhmällä budjetointia varten ja pilotoitava kentällä toimivien toimihenkilöiden toimesta ennen sovelluksen täysimittaista ohjelmointia. Työn aikana onnistuttiin nykyisiä raportointimalleja kehittämään niin, että projektien laadunvarmistuksen taso parani ja kerätyn lähtötiedon käyttö oli jälkikäteen helpompaa. Opinnäytetyön aikana sovelluksen kehitystyö eteni pilotointivaiheeseen asti ja toiselle tarkastelukierrokselle Skanskan kehitysryhmässä.	
Avainsanat	Digitalisaatio, laatu, prosessi, tunnelityö, tuotannonohjaus

Author Title Number of Pages Date	Janne Råman Digitalization of Rock Construction Worksite's Production Management 47 pages + 1 appendices 31st October 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Construction Site Management
Professional Major	Infrastructure Site Management
Instructors	Tapani Järvenpää, Senior Lecturer Annika Henriksson, Quality Engineer
This thesis was made for Skanska Infra Oy and the goal of the thesis was to develop a new digital tool tailored specifically for the use of rock building unit's production management. The aim of this study was first to map the current production management methods and tools used in Skanska Infra Oy's Rock Building Unit during a week-long intensive visit to one of the unit's worksites. After the current production management tools had been mapped the focus of the study was to design a digital software which would increase the value of the project, make the quality assurance better and increase the trustworthiness and reusability of the data gathered from the field. Design ideas for the software created in the study had to be approved through Skanska's development unit for budgeting purposes. These ideas also had to be piloted in the field by the current quality control reporters before starting full scale development of the software. As a conclusion this thesis managed to improve upon the current reporting models so that the level of quality assurance and reusability of gathered data both increased. During the schedule of this thesis the development of the software has moved into the first testing stages.	
Keywords	Digitalization, mining, production management, quality assurance

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Ongelma	1
1.2	Tavoite	2
1.3	Skanska yrityksenä (Skanska Oy, 2019)	2
2	Tunnelityömaa	4
2.1	Mittaus	4
2.2	Poraus	5
2.3	Panostus	6
2.4	Räjäytys	6
2.5	Tuuletus	6
2.6	Lastaus ja kuljetus	6
2.7	Rusnaus	7
2.8	Lujitus	7
3	Tuotannonohjauksen nykytilanne	8
3.1	Pultituspöytäkirja	9
3.2	Ruiskubetonointipöytäkirja	10
3.3	Räjäytyspäiväkirja	12
3.4	Työmaapäiväkirja	12
3.5	Muut raportit	13
3.6	Projektin etenemän seuranta	14
3.7	Projektin taloudellinen ja aikataulullinen seuranta	15
4	Digityökalun suunnittelu	21
4.1	Sovelluksen suunnittelun näkökulmat	21
4.1.1	Lisäarvon tuottaminen	21
4.1.2	Kustannustehokkuus	22
4.1.3	Toteutettavuus	22
4.1.4	Käyttäjäystävällisyys ja intuitiivisuus	22
4.1.5	Jatkokehitettävyyys	23

4.2	Sovelluksen alusta	23
4.2.1	Formworks	23
4.2.2	PowerApps ja Power BI	25
4.3	Sovelluksen nykyinen rakenne	26
4.4	Sovelluksen kehitys ja työkaluesimerkit	27
4.4.1	Pultituspöytäkirjan digityökalun suunnitelma	27
4.4.2	Ruiskubetonointipöytäkirjan digityökalun suunnitelma	31
4.4.3	Räjäytyspäiväkirjan digityökalun suunnitelma	32
4.4.4	Yhteenvedon suunnitelma	34
5	Tulos	41
6	Yhteenveto	42
7	Lähdeluettelo	43
Liitteet		
Liite 1. Seuraavaksi digitalisoitavat raportit		

1 Johdanto

Rakennusallalla tuotannonohjauksen vaatimat raporttimäärät ja niiden sisältämä informaatio ovat alati kasvussa. Riittävän raportoinnin tuottaminen töistä, raportoinnin tallentaminen, johdannaistiedon laskeminen ja käsittely sekä hyväksynnät aiheuttavat työmaille kustannuksia työnjohdon työtunneissa. Tiedon tuottaminen vie myös huomiota paikan päällä suoritettavasta käytännön valvonnasta ja sisältää saman informaation siirtämistä yhdestä paikasta toiseen manuaalisesti.

Tarkan raportoinnin tärkeyttä työmaan eri osapuolten ongelmatilanteiden ja epäselvyyksien selvittelyn välineenä ei tule aliarvioida. Takuuajkana ilmenevät ongelmat ovat myös vastuukysymyksiltään ongelmallisia, jos työstä ei ole sen suorittamisen aikana tehty riittävää raportointia. Pahimmillaan raportoinnin puutteellisuuden taloudelliset vaikutukset urakoitsijoille voivat olla merkittäviä, kun ei pystytä näyttämään jälkikäteen, että työt on tehty urakkasopimuksen vaatimalla tavalla.

Skanska Oy haluaa tehostaa raportointia käyttämällä kentältä mitattua ja raportoitua informaatiota myös hallintotasolla ilman manuaalisesti tehtyjä siirtoja. Ensimmäinen prosessi, jota yritys lähtee uudistamaan, on tunnelityömaan tuotannonohjaus.

1.1 Ongelma

Tunnelityömaille raportoinnin tuottamisen tehokkuuteen liittyvät ongelmat ovat olleet teknisiä ja taloudellisia. Internetyhteyden ylläpitäminen tunnelikomplekseissa ilman lisäkustannuksia on ollut hankalaa. Jatkuvan yhteyden puuttuminen on sulkenut pois ratkaisualustoja, jolla raportointia ja tuotannonohjausta olisi pystynyt tehostamaan.

Vaikka nykytekniikoilla on mahdollista 3D-mallintaa tunneleita ja kerätä mallien avulla informaatiota tunnelista ilman langattomia yhteyksiä, on näiden mallien käyttäminen päivittäiseen raportointiin joko kallista tai raskasta ja pahimmillaan molempia. Pistepilvimallit vaativat myös palvelimilta isoja määriä tallennustilaa.

Kynä ja tietokoneella esitetyt paperilomake ovat edelleen osoittautuneet projektista toiseen kustannustehokkaaksi ratkaisuksi raportointiin. Tämän vaihtoehdon etuna on ollut myös ratkaisun intuitiivisuus kaikille projektin osapuolille.

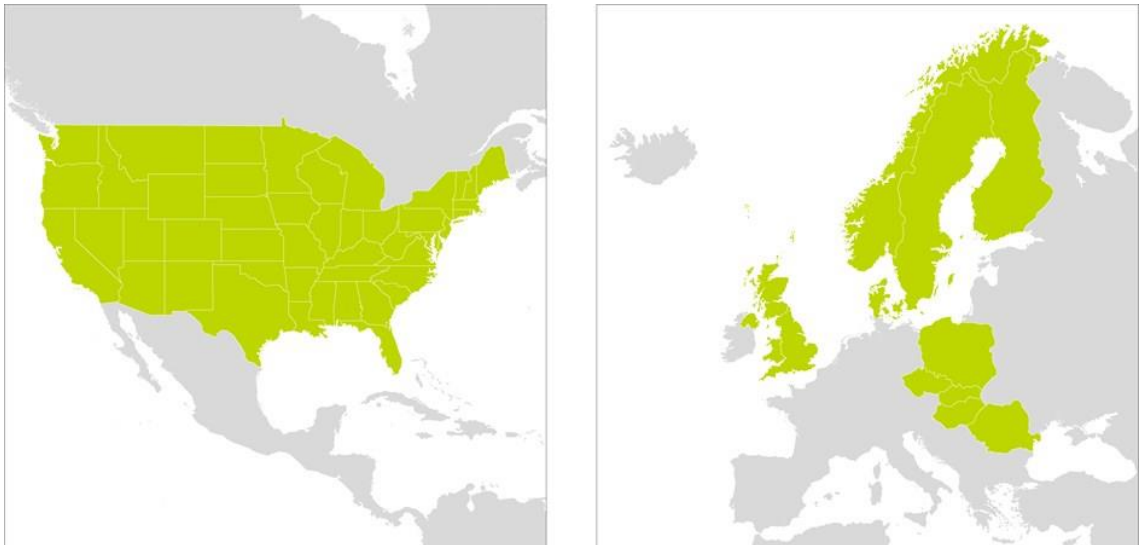
Ongelma käsin täytetyissä lomakkeissa on se, että manuaaliset itseään toistavat työvaiheet lisääntyvät. Lomakkeet pitää täytön jälkeen siirtää sähköiseen muotoon, joko valokuvaamalla tai skannaamalla. Siirron jälkeenkään tieto ei ole taattavasti määrämuotoista, joten tiedolle ei voida tehdä automatisoituja toimenpiteitä, kuten suodatus, summaaminen, vertailu ja niin edelleen.

1.2 Tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on kartoittaa nykyisen tunnelityömaaohjauksen tilanne, työkalut sekä menetelmät ja pyrkiä kehittämään Skanskan omaan toiminnanohjaukseen räätälöity digityökalu, jolla pystyy suorittamaan louhintatyön kaikki päivittäiset raportointitehtävät tehostetusti. Itse kehitetyn sovelluksen on myös oltava kustannustehokas ja helposti jatkokehitettävissä. Digityökalun sisältö tulisi suunnitella tässä opinnäytetyössä tarkkuudella, jonka pohjalta pystytään aloittamaan sovelluksen kehitystyö.

1.3 Skanska yrityksenä (Skanska Oy, 2019)

Skanska on monikansallinen rakennusalan konserniyritys, jolla on töissä maailmanlaajuisesti 37 000 henkeä 12 000 eri hankkeen parissa. Skanska-konsernin emoyhtiö Skanska AB on listattu Tukholman pörssiin. Konsernin liikevaihto vuonna 2018 oli n. 16,6 miljardia euroa. Kuvassa 1 näytetään Skanskan nykyiset toimialueet.



Kuva 1. Skanskan toimialueet. (Skanska Oy, 2019)

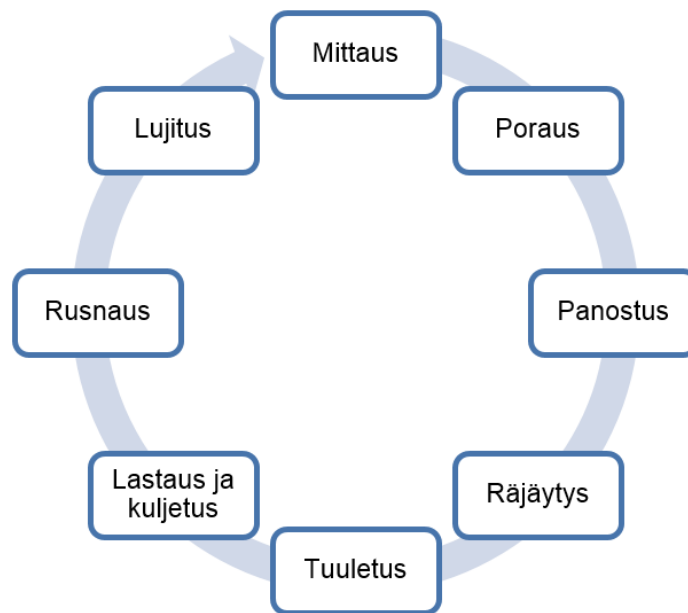
Skanskan Suomen yhtiöissä työskentelee yhteensä n. 2150 henkilöä. Suomessa Skanskan yhtiöt jaettu toimialoittain:

- Skanska Oy
- Skanska Talonrakennus Oy
- Skanska Rakennuskone Oy
- Skanska Infra Oy
- Skanska Industrial Solutions Oy
- Skanska CDF Oy.

Opinnäytetyö tehdään Skanska Infra Oy:lle ja Skanska Oy:lle käyttäen avuksi nykyisiä raportointimalleja ja kentällä suoritettavaa tutkimusta.

2 Tunnelityömaa

Tunnelityöt sisältävät tasaisesti itseään toistavia raportteja, jotka tulevat saman kenttätyöjohtajan täytettäväksi. Prosessimaisuudestaan johtuen tunnelityömaa hyötyy eniten tehokkaasta raportointityökalusta. Tunnelityön louhintaa sisältää pääpiirteittäin kuvassa 2 esitetyt vaiheet:



Kuva 2. Louhintatyön prosessi.

Kuvassa 2 on esitetty louhintaprosessin yleinen etenemismuoto. Seuraavassa käydään lyhyesti jokaisen prosessin vaiheen sisältö läpi.

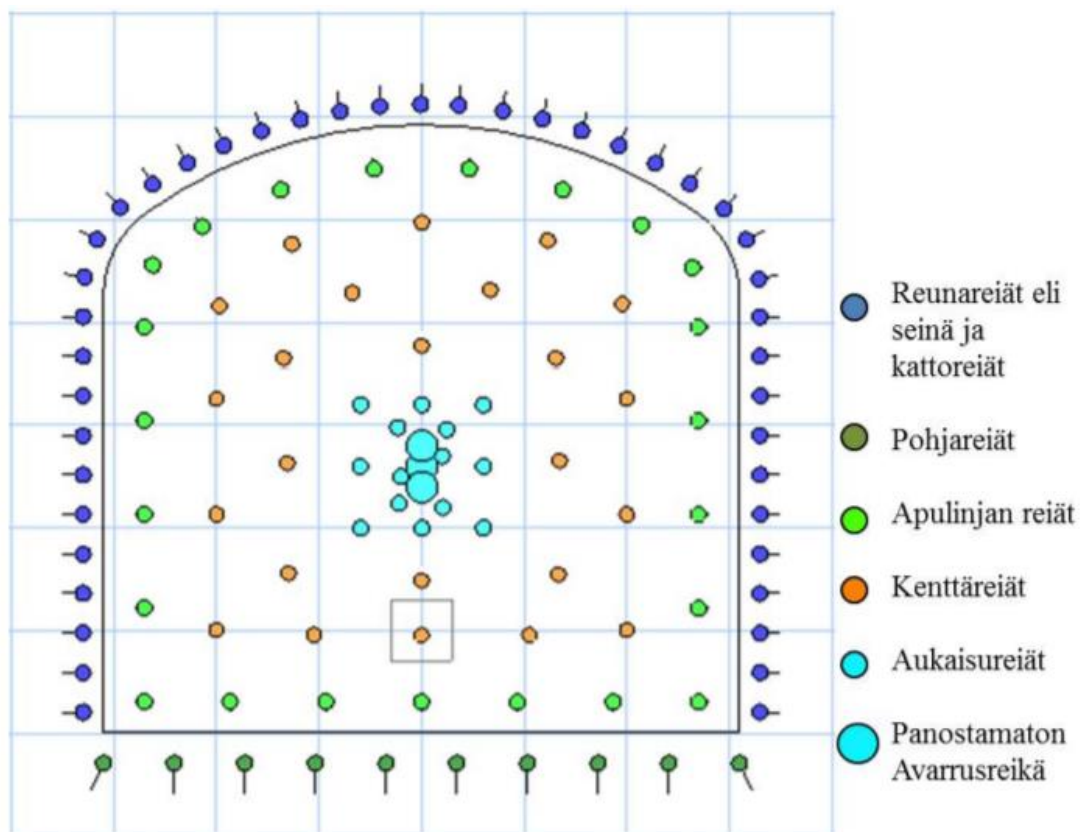
2.1 Mittaus

Mittausvaiheen aikana projektin mittamies käy tunnelin perällä varmentamassa tunnelin oikean etenemissuunnan ja etäisyyden. Perän mittaamisen aikana mittamies tarkistaa myös syntyneen profiilin mittojen oikeellisuuden. Tarvittaessa mittamies merkitsee tunneliin uuden kiintopisteen täkymetrille. Ennen porajumboihin integroituja täkymetrejä, mittamiehen tuli merkitä tunnelin perään myös keskilinja, korkeus ja seinälinjat.

2.2 Poraus

Poraus-räjäytys tyypisessä louhinnassa tunnelin perään porataan ennakoon suunnitellun porakaavion perusteella reikiä. Porattavien reikien syvyys riippuu räjäytettävän osan pituudesta (katko) mutta usein tavoitemitta on 5 m. Kallion porattavuus on poraus-
töissä käytettävä kivilajin ja/tai kallion ominaisuus (Rakennusinsinöörien Liitto RIL, 1987).

Tunnelityömailla porauskalustona toimivat useasti monipuomiset porajumbot. Tällä kalustolla pystytään päädyn edellyttämät porakaaviot tekemään siedettävässä ajassa. Porakaavio sisältää monta kymmentä eri reikää. Kuvassa 3 on esitetty esimerkki porakaaviosta. Kaavion oikealla puolella on reikien värikoodaukselle selitteet. Reiän nimi vaihtelee sen sijainnin mukaan porakaaviossa.



Kuva 3. Porakaavion esimerkki. (Koskinen, 2014)

Reiän nimityksen lisäksi sijainti kaaviossa vaikuttaa reikään panostettavaan räjähdysainemäärään. Esimerkiksi reunareikiin asennetaan huomattavasti vähemmän räjäytysainetta tiuhemmalla reikävälillä, jotta louhintatarkkuus paranee.

2.3 Panostus

Nykyaikaiset porajumbot tulevat myös porapuumien lisäksi varustettuna erillisellä puominostimella, jota voidaan käyttää panostustyön suorittamiseen. Panostuksessa poratut reiät täytetään räjähdysaineella ja niihin asetetaan nallit räjähtämään eri viivästyksillä.

2.4 Räjätys

Kemiallinen räjähdys on erittäin nopeasta palamisesta johtuvaa energianpurkautumista. Tällaisessa räjähdyksessä palava aine synnyttää lämpöenergiaa ja valtavan määrän kaasua suhteessa omaan tilavuuteensa. Räjätyn tarkoituksena on irrottaa ja murentaa mitoitettu katko louhittavasta kalliosta pois haalattavaan muotoon.

2.5 Tuuletus

Räjätystyöt synnyttävät myrkyllisiä kaasuja, jotka edellyttävät tunnelin tuulettamista ennen töiden jatkamista. Tuulettusta ja työnaikaista ilmanvaihtoa varten tunneleihin joudutaan asentamaan puhalluskanavia, jotka työntävät raitista ilmaa suoraan tunnelin perälle asti. Tunneleiden tuulettaminen kesäaikaan ulkoilman ollessa lämmintä ja tunnelin sisäilman huomattavasti viileämpää vie enemmän aikaa kuin talvella.

2.6 Lastaus ja kuljetus

Tuuletuksen jälkeen haalaus- ja lastauskalusto käyvät keräämässä räjähdyksessä irronneen louheen pois tunnelin perältä ja kuljettavat sen murskattavaksi. Louheen poistamiseen liittyviä ajokilometrejä kutsutaan nousuksi.

Kalliosta louhimalla saatavat ainekset voidaan jakaa kolmeen pääryhmään (Rakennusinsinöörien Liitto RIL, 1987):

- Malmit eli arvomineraalikivet
- Muotokivet
- Louhetuotteet.

2.7 Rusnaus

Kun perä on saatu tyhjäksi irtolouheesta, suoritetaan perälle mekaaninen raavinta, joko koneellisesti tai ihmisvoimin käsityökalun avulla. Tätä raavintaa kutsutaan rusnaukseksi ja sen tarkoitus on irrottaa kallion seinämistä ruhjeiset osat pois.

2.8 Lujitus

Rusnauksen jälkeen tunnelin perä tulee lujittaa. Lujittaminen sisältää sekä pultitustyöt että ruiskubetonoinnin. Ruiskubetonointityöt ja pultitus voidaan jakaa louhinnan keskeyttävään, louhintaa hidastavaan ja louhinnan ohessa tehtävään ruiskubetonointiin kustannusrakenteensa perusteella. (Rakennusinsinöörien Liitto RIL, 1987.) Tunnelin perän lujittamisen jälkeen voidaan turvallisesti siirtyä louhintatyössä eteenpäin.

3 Tuotannonohjauksen nykytilanne

Työvaiheet tunnelitoissa ovat laitteiston ja suorituskyvyn puolesta pitkälle vietyjä. Laitteistoon myös investoidaan rahaa ja kehitystä seurataan, mutta arkipäiväisen työnjohdon työkalut eivät ole kehittyneet digitalisaation mukana samaa tahtia.

Laadunvarmistuksessa ja raportoinnissa yleisesti käytetään Excel-pohjia, jotka esitaytetään projekteittain. Näitä esitaytettuja kaavakkeita sitten tulostetaan työmaatoimistolle, josta työnjohtajat voivat ottaa niitä tarpeen mukaan käyttöönsä. Raporttien lopputayttäminen tapahtuu perinteikkäästi kuulakärkikynällä, joko työkohteessa suoraan tai työmaatoimistolla kierroksen jälkeen muistin perusteella. Työraportoinnin lisäksi kenttätyönjohtaja täyttää janapäiväkirjaan erikseen päivän aikana tehtyjen töiden kestot.

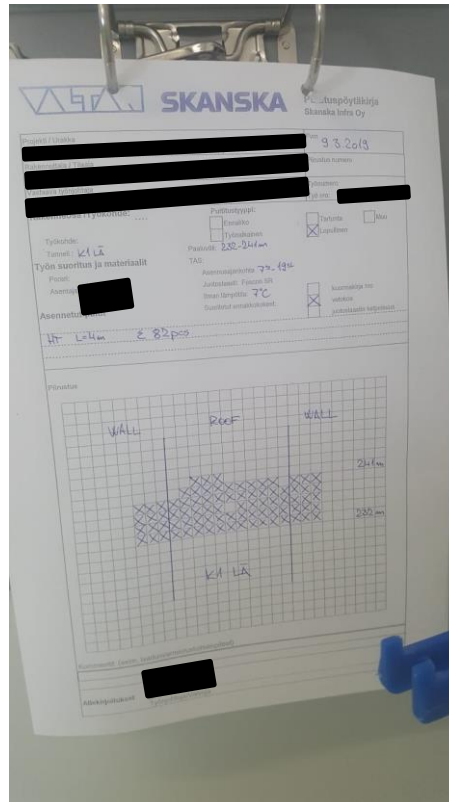
Täytetyt raporttilomakkeet kerätään tyypeittäin omiin mappeihinsa, jotka työmaainsinööri sitten skannaa ja tallettaa sähköiseen muotoon. Tallettamisen jälkeen työmaan vastaava mestari, työmaapäällikkö tai työmaainsinööri työnjaosta riippuen perkaa raportit ja laskee raporttien perusteella työmaan avainlukuja yhteen. Tärkeimpänä näistä urakkasopimuksessa sovitut maksuperusteelliset lukuarvot. Tunnelityömailla maksuperusteena käytetään mm. louhittuja kuutiota.

Raporttien perkaamisen jälkeen tiedostot pitää vielä tallettaa projektipankkiin ja työmaakansioon. Projektin etenemä ja paaluväleihin liittyvät räjäytysraportit käydään täyttämässä työmaatoimiston seinällä olevaan tunnelin pohjakuvaan. Kunnollisen raportointityökalun avulla raportin täyttämisen jälkeen käytetyt työnjohdon tunnit tiedon läpikäymiseen pystyttäisiin eliminoimaan lähes kokonaan.

Luvuissa 3.1-3.5 käydään tunnelityömaan yleisiä raporttityyppejä lävitse, joiden pohjalta pystytään digitaalisen raportointityökalun suunnittelu aloittamaan. Digityökalun räätälöiminen niin että se soveltuu juuri Skanskan käyttämiin raportointimenetelmiin, tekee sen jalkauttamisesta helppoa.

3.1 Pultituspöytäkirja

Tarkastellaan ensiksi pulttistustyötä ja sen raportointia. Kuvassa 4 näkyy Skanskan käytämä pulttuspöytäkirja. Pöytäkirja on esitätetty tietokoneella ja täytetty työpisteessä työvaiheen suorittamisen jälkeen kuulakärkikynällä.



Kuva 4. Skanskan pultituspöytäkirja täytettynä.

Pultituspöytäkirjassa esitetään esimerkkiprojektin K1 paaluväliin 232-241 tehtyä pultitus-työtä. Pöytäkirjassa annetaan ensin projektin yleistiedot ja sen jälkeen pultitukseen liittyvät tiedot. Työlle oleellinen informaatio on tiiviissä paketissa. Käytettyjen pulttien tyyppi, lukumäärä ja pituus, pultitustyyppi, tehdyt ennakkotestit, käytetyt massat, ympäristön oleelliset olosuhteet, tekijäryhmä ja työn kesto selviävät kaikki täytettävästä Excel-pohjasta. Tekstitiedon lisäksi raportoijan on piirrettävä valmiista alueesta skissi eli luonnos. Skissin avulla voidaan alueelle syntynyttä pultituskaaviota havainnollistaa konkreettisesti.

3.2 Ruiskubetonointipöytäkirja

Ruiskubetonointipöytäkirja on toiminnallisuudeltaan samankaltainen pultituspöytäkirjan kanssa. Projektikohtaisesti täytettävät esitiedot ovat lomakkeen alussa ja sen jälkeen informaatio liittyen tehtyyn ruiskubetonointiin. Kuvassa 5 on esitetty rinnakkain esitetyt ruiskubetonointipöytäkirja ja kokonaan täytetty ruiskubetonointipöytäkirja.

SKANSKA

Ruiskubetonointipöytäkirja
Skanska Infra Oy

Projekti / Urakka	Pvm.
Rakennuttaja / Tilaja	Piirustus nr.
Vastaava työnjohtaja	Työnumero
Käytetty rb-resepti	Ruiskubetonin määrä
	laatu luokka I, lujuusluokka C30/37, rakenneluokka 2, rasitusluokka XC3, XF1
	sementtipitoisuus 440 kg/m ³ , suunnittelukäyttöikä 100 vuotta, S3
	max raekoko 8mm, max v/s-suhde 0,5, muovikuitujen annostus 7 kg/m ³
Ruiskubetonointi alue ja ruiskubetonin toteutunut rakenne	Turva (m ²): Louhintatyön keskeyttävä (m ³): Lopullinen:
	PLV: Alue:
	Profiilit: Pinta-ala:
	Lämpötila: Ruiskutusaika:
Ruiskuttaja	
Koekappaleiden porauskohdat ja päivämäärä	
Paksuusmittausten tulokset	
Ainemenekit m ³	
	kulutus: 41 ilman kuitua: 8
Mahdolliset korjaustoimenpiteet	
Muuta huomioitavaa	
Työnjohtaja	

SKANSKA

Ruiskubetonointipöytäkirja
Skanska Infra Oy

22

Projekti / Urakka	Pvm.
Rakennuttaja / Tilaja	Piirustus nr.
Vastaava työnjohtaja	Työnumero
Käytetty rb-resepti	Ruiskubetonin määrä
	laatu luokka II, lujuusluokka C30/37, rakenneluokka 2, rasitusluokka XC1
	sementtipitoisuus 440 kg/m ³ , suunnittelukäyttöikä 50 vuotta, S3
	max raekoko 8mm, max v/s-suhde 0,5, muovikuitujen annostus 7 kg/m ³
Ruiskubetonointi alue ja ruiskubetonin toteutunut rakenne	Turva (m ²): Louhintatyön keskeyttävä (m ³): Lopullinen:
	PLV: VENTURITUNNELI 0-30 Alue: VENTURITUNNELI - PUOLIKUUKAHO
	VENTURITUNNELI ~20-45 +15-0
	Profiilit: L2/L114/PUOLIKUUKAHO Pinta-ala:
	Lämpötila: 14 Ruiskutusaika: 6:40 - 14:00
Ruiskuttaja	
Koekappaleiden porauskohdat ja päivämäärä	KOE KPL 5 VENTURI TUNNELI FL2 JA KPL 6 PUOLIKUUKAHO FL14 PORAUS 7.3.6.19 GRIIDIN TAULUKKO
Paksuusmittausten tulokset	PUOLIKUUKAHO SENA KUITU PINTA KATTO KATTOREUNAT
Ainemenekit m ³	
	kulutus: 41 ilman kuitua: 8
Mahdolliset korjaustoimenpiteet	PUOLIKUUKAHO L. DIFF. ASEETTU KOKO RS. PROFILI
Muuta huomioitavaa	KASTELTU 2 KERT. PVA
Työnjohtaja	

Kuva 5. Skanskan ruiskubetonointipöytäkirja esitetytynä ja kokonaan täytettynä.

Ruiskubetonointipöytäkirjat korvamerkitään järjestysnumerolla, jotta pöytäkirjojen pitäminen kronologisessa järjestyksessä olisi helpompaa. Pöytäkirjassa ruiskutetusta alueesta on piirretty skissi, josta ilmenee tarvittaessa poikkeamat ruiskutuksessa ja ruiskutetun alueen muoto. Kuvasta 5 huomataan myös, että paksuusmittausten tulokset voidaan ilmoittaa liitteessä.

Ruiskubetonista otetaan myös tarpeen mukaan koepaloja. Kuvassa 6 on esimerkkiprojektin vahvuusmittaustaulukko. Taulukosta selviää mittauksen sijainti projektissa, päivä ja vahvuus.

ALUE	Paalu	PVM	Profiilin osa	Vahvuus
AJOALUE	350	25.6.19	KATTO, KESKELLÄ	7CM
-11-	343	-11-	KATTO KESKELLÄ	6,5CM
-11-	334	-11-	OIKEA SEINÄ, ALASPÄÄLÄMÄSSÄ	5CM
-11-	322	-11-	OIKEA KAINALO	7CM
-11-	310	-11-	OIKEA SEINÄ	8,5CM
-11-	302	-11-	VASEN KAINALO	8CM
-11-	293	-11-	VASEN SEINÄ	8,5CM
-11-	287	-11-	OIKEA SEINÄ	8CM
-11-	280	-11-	KATTO, KESKELLÄ	6CM
-11-	273	-11-	VASEN SEINÄ	8CM
-11-	265	-11-	OIKEA SEINÄ	6CM
-11-	264	-11-	VASEN KAINALO	6CM
-11-	257	-11-	KATTO KESKELLÄ	6CM
-11-	247	-11-	VASEN SEINÄ	5CM
-11-	240	-11-	OIKEA KAINALO	5CM
-11-	236	-11-	OIKEA SEINÄ	5CM
-11-	228	-11-	KATTO	5CM
-11-	219	-11-	VASEN SEINÄ	9CM
-11-	215	-11-	OIKEA KAINALO	8CM
-11-	208	-11-	OIKEA SEINÄ	9CM

Kuva 6. Ruiskubetonoinnin vahvuusmittauslomake täytettynä.

Vahvuusmittauksien perusteella varmistutaan siitä, että tehty ruiskutus täyttää urakka-sopimuksessa ja suunnitelmissa edellytetyt paksuudet ja saavuttaa näin ollen mitoitettut kestävyysvaatimukset.

Työmaapäiväkirjan tehtävälisauksesta näkee myös mistä kaikista muista töistä tunneli- töissä tehdään raportointia. Riippuen projektin kokoluokasta, erilaisia raportteja tulee useista kymmenistä satoihin. Työmaapäiväkirjan muut osiossa voi olla esimerkiksi sala- ojitusta, siivousta, verkotusta, jne. projektista riippuen.

Kuva 8. Skanskan tunnelityömaan päiväkirja täytettynä.

Luvuissa 3.1-3.4 esitettyjen pöytäkirjojen avulla pystytään hahmottamaan jo mitä osa- alueita yksittäiseltä digitaaliselta työvaiheen raportointityökalulta vaaditaan työvaiheesta riippumatta ja näiden raporttien avulla pystytään aloittamaan sovelluksen suunnittelutyö.

3.5 Muut raportit

Louhintatyöhön liittyy monia muitakin raportteja, mutta sovelluksen pilottiversioon ei si- sällytetä kaikkia. Mikäli sovelluksen pilotti todetaan hyväksi ja sovellusta lähdetään jat- kokehittämään tämän työn pohjalta, niin seuraavat raportit ovat kokonaisvaltaisen tun- nelityön raportoinnin kannalta suunnittelupöydän alla seuraavana:

- injektointipöytäkirja
- tunnustelu- ja injektointireikien porauspöytäkirja

- perän tarkistuspöytäkirja
- salaojituspöytäkirja.

Listassa mainittujen pöytäkirjojen pohjat löytyvät liitteestä 1.

3.6 Projektin etenemän seuranta

Käytännössä kaikista tunnelityön työvaiheista pidetään siis kirjaa. Pöytäkirjat numeroidaan ja arkistoidaan omiin kansioihinsa kronologisessa järjestyksessä. Päivän päätteeksi tai viimeistään viikkoseurannan aikana louhintatyön etenemä kirjataan työmaatoimiston seinällä olevaan projektin pohjakuvaan värittämällä.

Kuvassa 9 on esitetty etenemän merkkaaminen pohjakuvaan. Pohjakuvassa käytettävä väri vaihdetaan viikoittain. Värin vaihtaminen helpottaa hahmottamaan etenemää ja etenemän nopeusvaihtelua. Tunneleita työestetään mahdollisuuksien, resurssien ja aikataulun mukaan useasta eri päädyistä yhtä aikaa.



Kuva 9. Valokuva projektin seurannan pohjakuvaista työmaatoimiston seinältä.

Pohjakuvaan merkitään myös paalulukuun tai injektointikaavioon liittyvät räjäytysnumerot ja injektointipöytäkirjat. Tarpeen mukaan pohjakuvaan pystyisi liittämään myös muiden raporttien seurantanumeroinnin.

3.7 Projektin taloudellinen ja aikataulullinen seuranta

Tunnelityömailla ja yleisesti rakennusosalalla on tärkeää seurata kriittisen polun tehtävien etenemää, koska näiden tehtävien valmistuminen on yleensä kirjattu urakkasopimuksessa projektin maksuerien maksuperusteeksi. Kriittisen polun tehtävät ovat myös aikataulullisesti projektia tahdittavia.

Tunnelityömailla voidaan sanoa, että jokainen työvaihe on osa kriittistä polkua mutta louhintamassoja seuraamalla pysytään kiinni projektin kokonaisetenemässä suhteessa aikatauluun. Kuvassa 10 ja taulukossa 1 on esitetty Excelillä tehdyt esimerkkiprojektin tunnelien louhintamassojen seurantataulukot.

Mittausluettelo
Skanska Infra Oy

Y34-L4

16.8.2012

					Pvm	11.3.2019
Rakennuttaja / tilaaja					Työmaapäällikkö	
Ajalta	vko 10 / 4.3.2019 - 10.3.2019					
Suoritteet	Selite	Sijainti / plv	Määrä	Yksikkö	Yks.hinta, €	Yhteensä, €
	523150	Liikennetunneli K1 itä	pilotti - 571		m3ktr	
			levitys - 571		m3ktr	
	523150	Liikennetunneli K1 länsi	pilotti - 196		m3ktr	
			levitys 191 - 206	952,50	m3ktr	
	523150	Liikennetunneli T1 itä	pilotti 562 - 562	635,00	m3ktr	
			levitys 548 - 542	381,00	m3ktr	
	523150	Liikennetunneli T1 länsi	pilotti 213 - 198	952,50	m3ktr	
			levitys - 222		m3ktr	
	523150	Liikennetunneli K2 itä	pilotti 733 -		m3ktr	
			levitys 720		m3ktr	
	523150	Liikennetunneli K2 länsi	pilotti 587 - 579	532,00	m3ktr	
			levitys 587-579	532,00	m3ktr	
	523150	Liikennetunneli T2 itä	pilotti 725 -		m3ktr	
			levitys - 706		m3ktr	
	523150	Liikennetunneli T2 länsi	pilotti 590 - 598	512,00	m3ktr	
			levitys 600 - 604	256,00	m3ktr	
	523150	Liikennetunneli K3	pilotti 985 -		m3ktr	
			levitys 999 - 985	1 267,00	m3ktr	
	523150	Liikennetunneli T3	pilotti 976.5-962	928,00	m3ktr	
			levitys 980-990		m3ktr	
	523150	Yhdystunneli Y 17520	Valmis		m3ktr	
	523150	Yhdystunneli Y 17250	Valmis		m3ktr	
			YHTEENSÄ	6 938,00	m3ktr	
	523150	ajot 0-1 km		6 938,00	m3ktr	
	523150	Nousumaksu 1-2 km		3 039,69	m3ktr	
	523150	Nousumaksu 1-3km		453,98	m3ktr	
	523150	Nousumaksu 1-4 km		1 914,61	m3ktr	
	523150	Nousumaksu 1-5 km		59,21	m3ktr	
	523150	L&S lastaus		5 250,38	m3ktr	
	523150	Perälauta pois päivälisä 3 * trd		15,00	vrk	
			</			

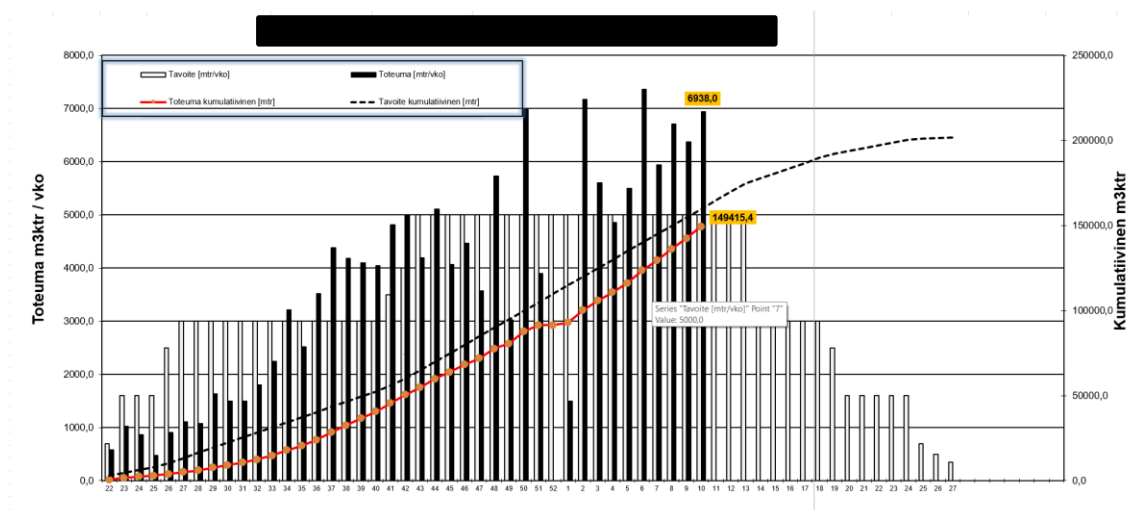
Kuvan 10 mittausluettelossa on esitetty koko projektin viikon louhintamassat liittyvine räjäytyksineen eriteltynä päädyittäin. Räjäytyksillä suoritettava louhinta on mahdotonta toteuttaa millimetripelinä. Heittoa annetun louhintaprofiiliin mittoihin tapahtuu aina. Urakkasopimuksessa määritellään sallitut poikkeamaetäisyydet louhintaprofiilista. Maksupurusteiset louhintamäärät lasketaan kertomalla louhintaprofiilin pinta-ala suoritetuilla louhintametreillä.

Viikoittaisen mittausluettelon sisältämä informaatio kerätään koko projektin seurantaan, jossa sitä voidaan vertailla muiden viikkojen toteutumiin, asetettuihin tavoitteisiin ja käyttää lähtötietona esimerkiksi toteutuneen työn arvolle.

Taulukko 1: Projektin louhintamassataulukko täytettynä.

LOUNTAMASSAT m³/mv			T1		T2		T3		T4		T5		T6		T7		T8		T9		T10		T11		T12		T13		T14		T15		T16		T17		T18		T19		T20		T21		T22		T23		T24		T25		T26		T27		T28		T29		T30		T31		T32		T33		T34		T35		T36		T37		T38		T39		T40		T41		T42		T43		T44		T45		T46		T47		T48		T49		T50		T51		T52		T53		T54		T55		T56		T57		T58		T59		T60		T61		T62		T63		T64		T65		T66		T67		T68		T69		T70		T71		T72		T73		T74		T75		T76		T77		T78		T79		T80		T81		T82		T83		T84		T85		T86		T87		T88		T89		T90		T91		T92		T93		T94		T95		T96		T97		T98		T99		T100		T101		T102		T103		T104		T105		T106		T107		T108		T109		T110		T111		T112		T113		T114		T115		T116		T117		T118		T119		T120		T121		T122		T123		T124		T125		T126		T127		T128		T129		T130		T131		T132		T133		T134		T135		T136		T137		T138		T139		T140		T141		T142		T143		T144		T145		T146		T147		T148		T149		T150		T151		T152		T153		T154		T155		T156		T157		T158		T159		T160		T161		T162		T163		T164		T165		T166		T167		T168		T169		T170		T171		T172		T173		T174		T175		T176		T177		T178		T179		T180		T181		T182		T183		T184		T185		T186		T187		T188		T189		T190		T191		T192		T193		T194		T195		T196		T197		T198		T199		T200		T201		T202		T203		T204		T205		T206		T207		T208		T209		T210		T211		T212		T213		T214		T215		T216		T217		T218		T219		T220		T221		T222		T223		T224		T225		T226		T227		T228		T229		T230		T231		T232		T233		T234		T235		T236		T237		T238		T239		T240		T241		T242		T243		T244		T245		T246		T247		T248		T249		T250		T251		T252		T253		T254		T255		T256		T257		T258		T259		T260		T261		T262		T263		T264		T265		T266		T267		T268		T269		T270		T271		T272		T273		T274		T275		T276		T277		T278		T279		T280		T281		T282		T283		T284		T285		T286		T287		T288		T289		T290		T291		T292		T293		T294		T295		T296		T297		T298		T299		T300		T301		T302		T303		T304		T305		T306		T307		T308		T309		T310		T311		T312		T313		T314		T315		T316		T317		T318		T319		T320		T321		T322		T323		T324		T325		T326		T327		T328		T329		T330		T331		T332		T333		T334		T335		T336		T337		T338		T339		T340		T341		T342		T343		T344		T345		T346		T347		T348		T349		T350		T351		T352		T353		T354		T355		T356		T357		T358		T359		T360		T361		T362		T363		T364		T365		T366		T367		T368		T369		T370		T371		T372		T373		T374		T375		T376		T377		T378		T379		T380		T381		T382		T383		T384		T385		T386		T387		T388		T389		T390		T391		T392		T393		T394		T395		T396		T397		T398		T399		T400		T401		T402		T403		T404		T405		T406		T407		T408		T409		T410		T411		T412		T413		T414		T415		T416		T417		T418		T419		T420		T421		T422		T423		T424		T425		T426		T427		T428		T429		T430		T431		T432		T433		T434		T435		T436		T437		T438		T439		T440		T441		T442		T443		T444		T445		T446		T447		T448		T449		T450		T451		T452		T453		T454		T455		T456		T457		T458		T459		T460		T461		T462		T463		T464		T465		T466		T467		T468		T469		T470		T471		T472		T473		T474		T475		T476		T477		T478		T479		T480		T481		T482		T483		T484		T485		T486		T487		T488		T489		T490		T491		T492		T493		T494		T495		T496		T497		T498		T499		T500		T501		T502		T503		T504		T505		T506		T507		T508		T509		T510		T511		T512		T513		T514		T515		T516		T517		T518		T519		T520		T521		T522		T523		T524		T525		T526		T527		T528		T529		T530		T531		T532		T533		T534		T535		T536		T537		T538		T539		T540		T541		T542		T543		T544		T545		T546		T547		T548		T549		T550		T551		T552		T553		T554		T555		T556		T557		T558		T559		T560		T561		T562		T563		T564		T565		T566		T567		T568		T569		T570		T571		T572		T573		T574		T575		T576		T577		T578		T579		T580		T581		T582		T583		T584		T585		T586		T587		T588		T589		T590		T591		T592		T593		T594		T595		T596		T597		T598		T599		T600		T601		T602		T603		T604		T605		T606		T607		T608		T609		T610		T611		T612		T613		T614		T615		T616		T617		T618		T619		T620		T621		T622		T623		T624		T625		T626		T627		T628		T629		T630		T631		T632		T633		T634		T635		T636		T637		T638		T639		T640		T641		T642		T643		T644		T645		T646		T647		T648		T649		T650		T651		T652		T653		T654		T655		T656		T657		T658		T659		T660		T661		T662		T663		T664		T665		T666		T667		T668		T669		T670		T671		T672		T673		T674		T675		T676		T677		T678		T679		T680		T681		T682		T683		T684		T685		T686		T687		T688		T689		T690		T691		T692		T693		T694		T695		T696		T697		T698		T699		T700		T701		T702		T703		T704		T705		T706		T707		T708		T709		T710		T711		T712		T713		T714		T715		T716		T717		T718		T719		T720		T721		T722		T723		T724		T725		T726		T727		T728		T729		T730		T731		T732		T733		T734		T735		T736		T737		T738		T739		T740		T741		T742		T743		T744		T745		T746		T747		T748		T749		T750		T751		T752		T753		T754		T755		T756		T757		T758		T759		T760		T761		T762		T763		T764		T765		T766		T767		T768		T769		T770		T771		T772		T773		T774		T775		T776		T777		T778		T779		T780		T781		T782		T783		T784		T785		T786		T787		T788		T789		T790		T791		T792		T793		T794		T795		T796		T797		T798		T799		T800		T801		T802		T803		T804		T805		T806		T807		T808		T809		T810		T811		T812		T813		T814		T815		T816		T817		T818		T819		T820		T821		T822		T823		T824		T825		T826		T827		T828		T829		T830		T831		T832		T833		T834		T835		T836		T837		T838		T839		T840		T841		T842		T843		T844		T845		T846		T847		T848		T849		T850		T851		T852		T853		T854		T855		T856		T857		T858		T859		T860		T861		T862		T863		T864		T865		T866		T867		T868		T869		T870		T871		T872		T873		T874		T875		T876		T877		T878		T879		T880		T881		T882		T883		T884		T885		T886		T887		T888		T889		T890		T891		T892		T893		T894		T895		T896		T897		T898		T899		T900		T901		T902		T903		T904		T905		T906		T907		T908		T909		T910		T911		T912		T913		T914		T915		T916		T917		T918		T919		T920		T921		T922		T923		T924		T925		T926		T927		T928		T929		T930		T931		T932		T933		T934		T935		T936		T937		T938		T939		T940		T941		T942		T943		T944		T945		T946		T947		T948		T949		T950		T951		T952		T953		T954		T955		T956		T957		T958		T959		T960		T961		T962		T963		T964		T965		T966		T967		T968		T969		T970		T971		T972		T973		T974		T975		T976		T977		T978		T979		T980		T981		T982		T983		T984		T985		T986		T987		T988		T989		T990		T991		T992		T993		T994		T995		T996		T997		T998		T999		T1000		T1001		T1002		T1003		T1004		T1005		T1006		T1007		T1008		T1009		T1010		T1011		T1012		T1013		T1014		T1015		T1016		T1017		T1018		T1019		T1020		T1021		T1022		T1023		T1024		T1025		T1026		T1027		T1028		T1029		T1030		T1031		T1032		T1033		T1034		T1035		T1036	
--------------------	--	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	-------	--

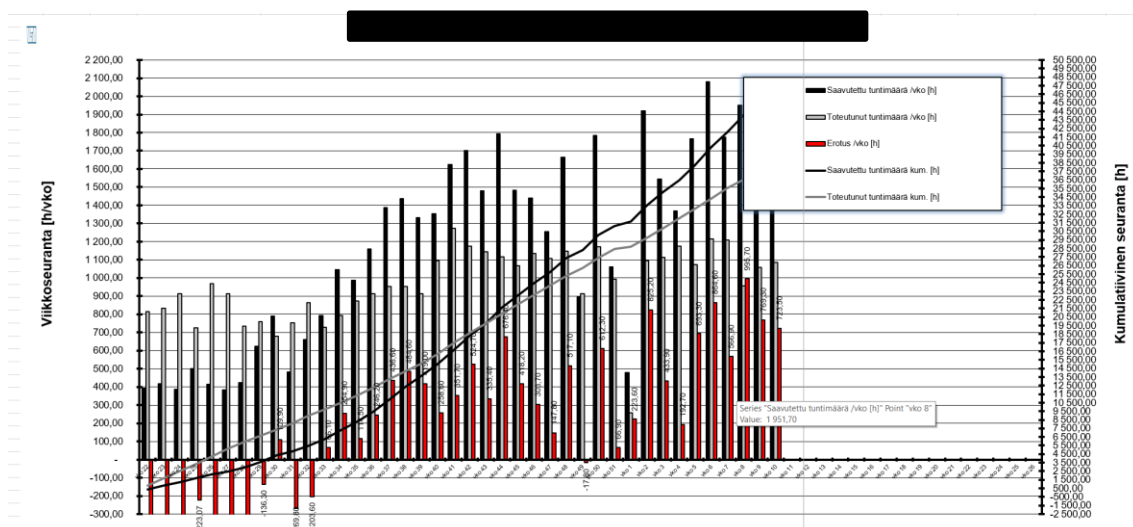
Kuvaajassa 1 on louhintamassojen tavoitteet ja toteumat esitetty kuvaajamuodossa. Kuvaajan avulla saa hyvän käsityksen koko projektin aikataulullisesta etenemästä.



Kuvaaja 1: Louhinnan toteutuman kuvaaja.

Viikotason toteuma-arvot näkyvät kuvaajassa vasemmalla ja kumulatiiviset oikealla. Kuvaajasta näkee esimerkiksi, miten joulupyhät vaikuttavat hankkeen etenemään. Samoin kuvaajan avulla pystytään arvioimaan, onko nykyinen louhintanopeus riittävä, jotta projektin kokonaisaikataulussa pysytään.

Tunnelityömaat mittaavat myös tehtyjen työtuntien määrää, kuten kuvaajassa 2 esitetään.

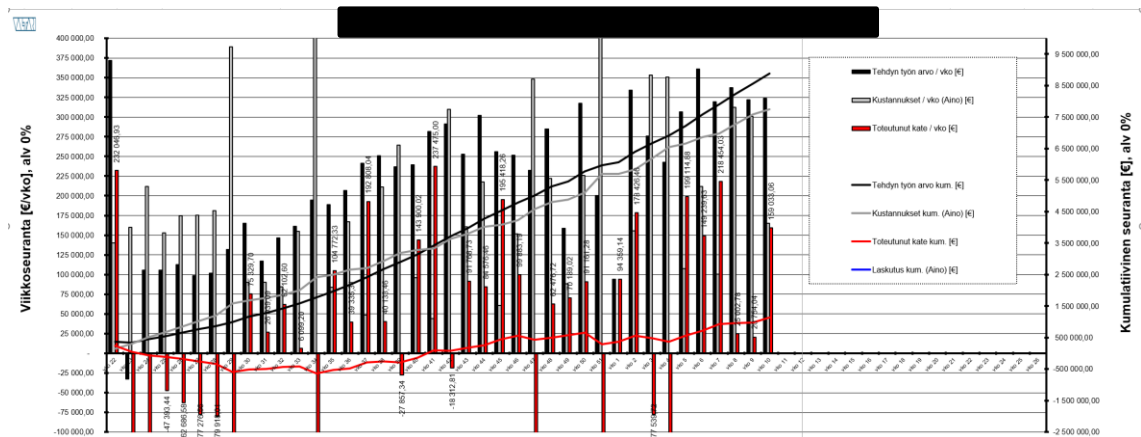


Kuvaaja 2: Tuntiseurannan kuvaaja.

Kuvaajassa 2 mustalla esitetty ”saavutettu tuntimäärä” on laskennallinen tuntimäärä, joka perustuu yksikön oletettuihin työsuoritemääriin tunnissa. Harmaalla esitetyt tuntimäärät ovat todellisia hankkeella toteutuneita tuntimääriä ja punaisella on näiden kahden erotus. Kuvaajan avulla voidaan siis tarkastella projektin työtehoa suhteessa mitoitustarvoon ja voidaan esimerkiksi päätellä, että projektin alussa työtunneista kuluu suuria määriä muuhun kuin suunniteltuun tuottavaan työhön.

Skanskalla on käytössään oma kustannushallintasovellus nimeltään Aino. Ainossa on taulukkomuodossa litteroitain esitetty hankkeen tavoitekustannukset, toteutuneet kustannukset ja kustannusennusteet. Hankkeiden laskutus kulkee myös Ainon kautta, jolloin sovellukseen tallentuu tieto myös hankkeelta saatujen eurojen määrästä.

Ainon kerättyjen taloustietojen perusteella voidaan tehdä kuvaaja 3, joka mittaa työltä saavutettua katetta.



Kuvaaja 3: Katteen kuvaaja.

Työn katteen kuvaajalla pystytään seuraamaan projektia vaiheittain taloudelliselta kannalta. Esimerkkiprojektin kalliotunneleiden kuvaajasta nähdään, että projektin aloitus on kustannuksiltaan ollut raskas.

4 Dignityökalun suunnittelu

Sovelluksen sisällön budjetille pitää hakea Skanskan kehitysryhmältä hyväksyntä ja sisällön järkevä toiminta pitää myös hyväksyttää testiryhmän pilotoinnin kautta. Näistä syistä johtuen tässä vaiheessa sovelluksen kehitystä kaikkien raporttien digitaalista sisältöä ei ole järkevää suunnitella jokaista alavetovalikkoo myöten. Tärkeintä on keskittyä luomaan sovelluspohja, joka on toiminnallisuudeltaan järkevä, laajennettavissa ja laajentamisen aiheuttamat kustannukset arvioitavissa.

4.1 Sovelluksen suunnittelun näkökulmat

Kappaleessa kolme käytiin läpi nykyiset menetelmät, joilla tunnelityömaan etenemää seurataan ja tarvittaessa ohjataan. Viikon intensiivivierailun jälkeen Skanskan VT12 Valtarin tunnelityömaalla sain päivittäisestä työraportoinnista riittävän käsityksen. Mittausmenetelmät ovat toimivia ja hankkeen ohjaamiselle sekä luovutukselle oleellinen informaatio kerätään talteen.

Kaikki pöytäkirjat yhdistettynä tunneliprojektit keräävät suuria määriä informaatiota, mutta tiedon käsittely on työläs prosessi, joka on digitalisaation avulla tehostettavissa. On kuitenkin tärkeää tiedostaa nykyinen toimintamalli, jonka kanssa tuleva sovellus kilpailee. Lähtökohtaisesti sovelluksen tulee täyttää seuraavaksi tarkasteltavat näkökulmat.

4.1.1 Lisäarvon tuottaminen

Yritystoiminnan peruskulmakivi. Mitään ei kannata toteuttaa, jos se ei tuota lisäarvoa. Sovelluksen tuottama lisäarvo tulee perustumaan tiedonkäsittelyn nopeutumiseen ja tiedon uudelleen käytettävyyteen.

Laadunvarmistuksen tasoa pystytään digitalisaation avulla parantamaan ja tieto saadaan kentältä raporttiin suoraan määrämuotoisena ja vertailukelpoisena muiden projektien kanssa.

Mahdollisia lisätuloja yritykselle voidaan saada pitkällä aikavälillä, kun toteutuneita kustannuksia pystytään tarkemmin arvioimaan työvaiheittain. Tehokkaasti jälleen käytettävän kustannustoteuman avulla pystytään tarjouslaskentaa nopeuttamaan ja mahdollisesti voittamaan urakoita tai sivuuttamaan tappiolliset urakat kokonaan.

4.1.2 Kustannustehokkuus

Sovelluksen kehitystyö tulee vaatimaan yritykseltä alkuinvestointeja. Investointihinnan takaisinmaksuajan perusteita tulee pystyä arvioimaan. Jatkokehittäminen, pienet päivitykset ja yrityksen itse kehittämän sovelluksen laajentaminen tulevat olemaan kustannustehokkaita toimenpiteitä verrattuna täysin ulkoistettuun sovellukseen.

Säästöjä saadaan työnjohdon raportointiin käyttämistä tunneista. Investoinnin kannattavuus paranee suhteessa sovelluksen jalkauttamisen määrään.

4.1.3 Toteutettavuus

Sovelluksen sisältö pitää olla toteutettavissa sille oletetussa toimintaympäristössä ja sovellus ei voi pitää sisällään elementtejä, joiden ohjelmointi olisi euromäärällisesti kannattamatonta.

4.1.4 Käyttäjäystävällisyys ja intuitiivisuus

Sovelluksen käyttöliittymän tulee olla nykyisille työntekijöille suunniteltu niin että sen jalkauttaminen ei vaadi erillisiä investointeja. Käyttöliittymän helppokäyttöisyys myös vaikuttaa kriittisesti siihen millaiset mahdollisuudet sovelluksella on jatkon kannalta. Jos sovellusta käyttävä osasto pitää digityökalua hankalasti lähestyttävänä, on riskinä, että kenttä siirtyy takaisin Excel-pohjaiseen raportointiin digityökalun jatkokehittämisen sijaan.

4.1.5 Jatkokehittettävyys

Sovelluksen tulee olla modulaarinen, eli siihen pitää tarvittaessa voida lisätä uusia raportointityökaluja. Raporteista saatavaa tietoa on pystyttävä entistä paremmin käyttämään tulevaisuissa työvaiheissa ja operatiivisen työn tukena.

Tällä hetkellä suunniteltava sovellus on tulossa vain tunnelityömaiden käyttöön mutta sovelluksen avulla pystyttäisiin korvaamaan pitkällä tähtäimellä kaikki Skanskan Excel-pohjaiset työraportit.

4.2 Sovelluksen alusta

Tunnelitoissa ei ole aina saatavilla verkkoyhteyttä, joten valittavan alustan on pystyttävä toimimaan myös ilman verkkoyhteyttä. Skanska pilotoi kahta eri alustaa, jolla sovellus voitaisiin toteuttaa. Lontoossa sijaitsevan Digital Field Solutionsin kehittämä Formworks ja Microsoftin kehittämät PowerApps ja Power BI valikoituivat mahdollisiksi sovellusalueiksi.

4.2.1 Formworks

Formworks on sovellusalue, jonka avulla pystytään luomaan sähköisesti täytettäviä lomakkeita. Lomakkeiden täyttö onnistuu suoraan työpisteessä helposti tablettitietokoneelta. Nykyisen muotoiset Excel-raportit ovat pienellä työllä käännettävissä sähköisiin verrokkeihin itsestään. Formworksin hinta ei tosin skaalaudu jatkoa ajatellen hyvin. Yritys perii maksua riippuen palvelimella ylläpidettävien lomakkeiden lukumäärästä, joten sovelluksen ylläpidosta tullaan maksamaan käyttöä laajennettaessa enenevissä määrin.

Skanskan Norjan yksikkö käyttää Formworks alustaa laajamittaisesti toiminnassaan. Norjan yksiköllä on esimerkiksi kaikki tunnelityöhön liittyvä raportointi toteutettu tämän sovellusalueen avulla. Norjan yksikön kokemuksiin perustuen Skanskan Suomen yksikkö päätti ottaa Formworksin testikäyttöön.

Sovelluksen pilotointia varten Norjan tunnelityöhön liittyviä raportteja käännettiin suomeksi. Käännetyt raportit menevät testikäyttöön Skanskan Kemin kaivostyömaalla.

Seuraavalla sivulla kuvassa 11 on Formworksillä toteutettuna pultitusraportti. Raportissa harmaalla edelleen norjan kielellä näkyvät osat ovat piilotettu käyttäjältä eivätkä ole osana koekäyttöä.

Pultitus Page 1

Info

SKANSKA

Projektnummer: Projektnr:

Välite projektnummer: Päivämäärä: ☐ Day Shift ☐ Night Shift Postname:

Raportin laaja: ☐ ☐ ☐ ☐

Pultitus

Tunnus: Perä: Tunnusluku:

Välite tunnus: Välite perä: Välite tunnusluku:

Alotuspaikka: Lopetuspaikka: Kesto (min): Hämöri (min): ☐ Bomboteg

HUOMIO! Käytä pulttia "1" Ei pulttia "1" käytössäsi lomakkeen numerointissa

1 - Alotuspaikka: Lopetuspaikka: Pulttityyppi: Pulttien lukumäärä: Pituus (m): ☐ Bakst stuff Sk1

Muta huomioita:

☐ Päätyvä sama kuin edellä

2 - Alotuspaikka: Lopetuspaikka: Pulttityyppi: Pulttien lukumäärä: Pituus (m): ☐ Bakst stuff Sk2

Muta huomioita:

☐ Päätyvä sama kuin edellä

3 - Alotuspaikka: Lopetuspaikka: Pulttityyppi: Pulttien lukumäärä: Pituus (m): ☐ Bakst stuff Sk3

Muta huomioita:

☐ Päätyvä sama kuin edellä

4 - Alotuspaikka: Lopetuspaikka: Pulttityyppi: Pulttien lukumäärä: Pituus (m): ☐ Bakst stuff Sk4

Muta huomioita:

☐ Päätyvä sama kuin edellä

5 - Alotuspaikka: Lopetuspaikka: Pulttityyppi: Pulttien lukumäärä: Pituus (m): ☐ Bakst stuff Sk5

Muta huomioita:

☐ Activate Band and Hat ☐ Activate Securing Arches

Pulttien sijoitus

Pulttusskema: Välite pulttityypin mukaan värin ja sijainnin symbolit tyhjänä ja määritä pulttien sijainnit osaan

1=2.4m 1=3m 1=6m 1=5m 1=6m 1=7m 1=8m 1=9m 1=10m 1=11m 1=12m

HT pultti Porapultti CT pultti Polymeeripultti Rduu

Kommentteja

Lisähuomioita pulttusskema:

Rapport type

Rapport type:

Sähköpostijakelu

Sähköpostin jakanutien osoite: Välite alla olevasta valikosta jakeutus

Välite sähköpostin jakanutia:

Välite sähköpostiosoitteet:

Kuva 11. Formworks sovelluksella tehty pultituspöytäkirjapohja.

Samoin kuin Excel-pohjaisessa lomakkeessa projektin tiedot ovat lomakkeen alussa. Projektitiedot ovat nopeasti täytettävissä alasvetovalikkojen avulla.

Formworksilla toteutetun pultitusraportin avulla pystytään esimerkiksi laskemaan automaattisesti työssä käytettyjen pulttien lukumäärä tyypeittäin ja pituuksittain lajiteltuna. Yksinkertainen operaatio, joka vaatii erillistä lisätyötä Excel-pohjaisen lomakkeen käsin täytetyssä versiossa.

Sähköinen lomake sisältää myös skissipiirustuksen pultituksesta. Piirustustyökalussa käyttäjän on valittava pulttityypin mukaan väri ja asennettavan pultin pituuden mukaan käytetty symboli. Värin ja symbolin yhdistelmillä pystytään näin kuvaamaan eri pulttityyppejä piirustuksessa.

Lomakkeen lopussa voidaan valita sähköpostijakelulista, jolle raportin halutaan suoraan välittyvän. Tämän toiminnon avulla vältetään aikaa vievältä skannailulta ja arkistoinnilta. Raportit saadaan myös niitä perkaaville työnjohtajille kentältä reaaliajassa.

4.2.2 PowerApps ja Power BI

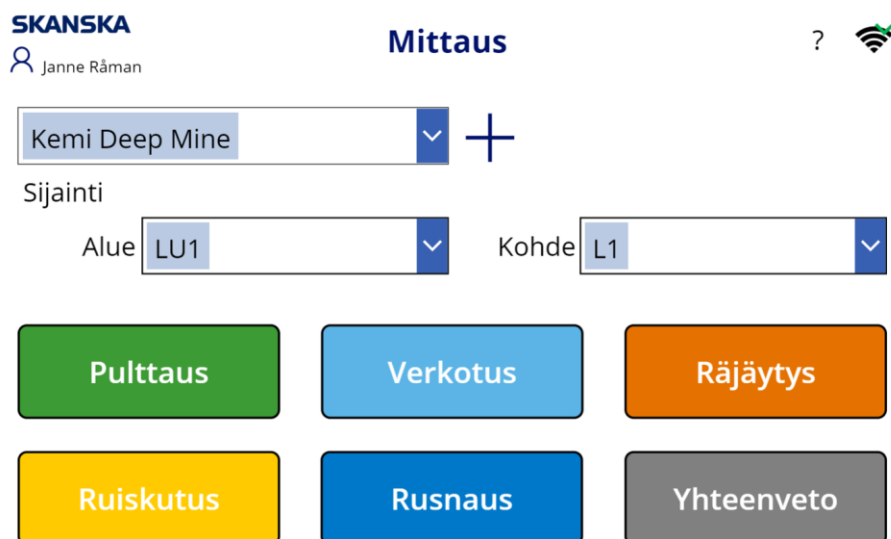
PowerApps ja Power BI sovellusalustoja Skanska Suomen yksikkö käyttää jo entuudestaan eräässä tuotannonseurantatyökalussaan. Näiden alustojen etuna suhteessa Formworksiin on se, että sovellusalustoja kehittää Microsoft. Tämä on etu siksi, että Skanska käyttää jo nyt laajasti Microsoftin erilaisia työkaluja kuten esimerkiksi Office 365:tä, Teamsiä, Skypeä ja Azurea. Eri sovelluksien ja tietokannan välillä tehtävä tiedonsiirto keskenään onnistuu tästä johtuen helpommin.

PowerApps on sovellusalusta, jonka avulla voidaan luoda sovelluksia mobiililaitteille ilman erityistä ohjelmointitaitoa. PowerAppsin avulla on tarkoitus toteuttaa kentällä käytettävä raportointisovellus. Raporteista kerätty data talletetaan verkkoyhteyden välityksellä Microsoftin Azure SQL-tietokantaan. Power BI on taas selainpohjainen työkalu, jolla voidaan tietokantaan kerättyä dataa koota yhteen ja visualisoida sitä tarpeen mukaan.

PowerAppsillä ei entuudestaan ole toteutettu Skanskalle raportointityökaluja ja näiden yleisen rakenteen suunnittelu on osa tämän opinnäytetyön sisältöä.

4.3 Sovelluksen nykyinen rakenne

Opinnäytetyön lähtökohdaksi annettiin Skanska Oy:n puolelta mahdollisen käyttöliittymän päävalikon ulkoasu, jonka pohjalta digitaalista työkalua lähdettiin kehittämään. Kuvassa 12 on esitettynä päävalikon sisältö, mistä sovelluksen käyttäjä pystyy valitsemaan haluamansa raportointityökalun.



SKANSKA

Mittaus

Janne Råman

Kemi Deep Mine

Sijainti

Alue LU1 Kohde L1

Pulttaus

Verkotus

Räjäytys

Ruiskutus

Rusnaus

Yhteenvedo

Kuva 12. PowerApps sovelluksella tehty digityökalun alustava käyttöliittymä.

Luvussa kolme läpikäytyjen raporttipohjien perusteella on selvää, että tässä alustavassa digityökalussa ei ole riittävää määrää erilaisia raportteja kattavaa tuotannonohjausta varten, mutta se ei ole sovelluksen pilotoinnin kannalta tärkeää. Jokainen lisättävä työkalu joudutaan joka tapauksessa testaamaan käytännössä erikseen toiminnallisuutensa puolesta. Tärkeää sovelluksen suunnittelussa on osoittaa mitä toiminnallisuuksia sovellukselta haetaan kokonaisuudessaan.

Nykyisiä Excel-pohjia ja Norjan yksikön käyttämiä Formworks-pohjia tutkimalla opinnäytetyössä jatkokehitettiin raportointityökaluja niin, että myös raporteissa esiintyvät skissiosiot ovat määrämuotoista informaatiota.

4.4 Sovelluksen kehitys ja työkaluesimerkit

Skanskan pilotointia varten opinnäytetyössä valittiin tunnelliutuksessa useimmin esiintyvät ja sovelluksen sisältämää innovaatiota parhaiten kuvaavat pöytäkirjat pilotoitaviksi työkaluiksi. Luvuissa 4.4.1-4.4.4 esitetään valitut työkalut.

4.4.1 Pultituspöytäkirjan digityökalun suunnitelma

Aloitetaan tarkastelemalla pultitusraporttia ja sille suunniteltua toiminnallisuutta. Kuvassa 13 on esitetty pultituspöytäkirjan yleisnäkymä, johon on esimerkin vuoksi syötetty informaatiota.

Tunneli
K

Paaluväli
230-240

Pultitustyyppi
Työnaikainen

Profiili: 3K-C

Tallenna

Pultituspöytäkirja yleistiedot	
Porari	Matti Meikäläinen
Asentaja	Tiina Tärkeä
Ilman lämpötila (C°)	7
Juotoslaasti	Fescon SR

Suoritettut ennakkokokeet:	
Vetokoe	x
Juotoslaastin kelpoisuus	x

Asennusaika			
Alkoi	12:30	Loppui	15:00

Seinä	Katto	Seinä	
			230
			231
			232
			233
			234
			235
			236
			237
			238
			239
			240

SKANSKA

Kuva 13. Pultituspöytäkirjan yleisnäkymä digityökalussa.

Pöytäkirja vastaa sisällöltään pitkälti Suomen yksikön tällä hetkellä käyttämää Excel-pohjaista raporttia, mutta sen toiminnallisuudessa on tiettyjä muutoksia. Päällepäin näkyvänä erona on se, että raportissa tutkitaan aina 10m-paaluväliä riippumatta tehdyn pultituksen sisällöstä. Raportoinnin normalisointi 10m paaluväleihin tuottaa kokonaisuuden kannalta lisäarvoa, joka selviää tässä työssä myöhemmin.

Ideana raportissa on, että sen ruudukkopohjaiset rakenneosat (Seinä, Katto, Seinä) ovat erikseen klikattavia. Jos klikataan esimerkiksi vasemmanpuoleista seinäelementtiä, aukeaa kuvan 14 näkymä.

Pultti

CT ▾

- ☐ 2 m
- ☐ 2.4 m
- ☐ 3 m
- ☐ 4 m
- ☐ 5 m

Tunneli	K
Paaluväli	230-240
Rakenneosa	Seinä
Lujitustyyppi	A

Vapaa kommenttikenttä...

Pulttikaaviopiirustus

Pulttimerkinnät

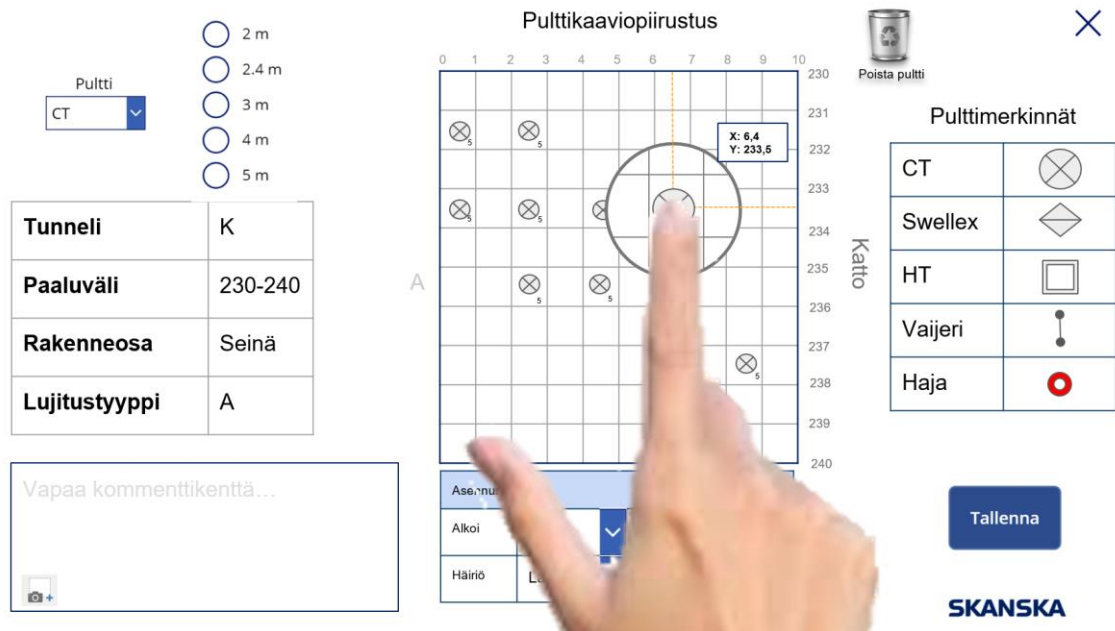
CT	
Swellex	
HT	
Vaijeri	
Haja	

Tallenna

SKANSKA

Kuva 14. Pultituspöytäkirjan rakenneosan täyttönäkymä.

Tässä näkymässä raportin täyttäjä valitsee alasvetovalikosta käyttämänsä pultin ja sille pituuden. Ruudukon yksi ruutu vastaa 1m*1m aluetta tunnelin rakenneosasta ja ruutujen määrä vaakasuunnassa riippuu paaluvälille alustetusta tunneliprofiilista. Käyttäjä näpäyttää haluamansa pultit ruudukkoon. Näpäytyksellä suoritettu syöttö keskittää pultin aina ruutuun, jolloin päästään lähtökohtaisesti 0,5 m tarkkuuteen. Mikäli käyttäjä pitää pulttia pohjassa sen sijoittamisen jälkeen aukeaa mahdollisuus siirtää pulttia tarkemmin tai poistaa pultti raahaamalla se roskakoriin. Tätä toiminnallisuutta esitellään kuvassa 15.



Kuva 15. Pultituspöytäkirjan pulttien asetus.

Mikäli samalle paaluvälille suoritetaan useampia pultitusraportteja, näytetään edellisissä pultitusraporteissa tehdyt pultituskaaviot häämökuvana ruudukossa. Tämä toiminnallisuus tulee tarpeen, kun työvaihe ei esimerkiksi lopu tasapaaluun tai alueelle on tehty työnaikaisia pultituksia aikaisemmin. Kuvassa 16 on häämökuvan toiminnallisuudesta esimerkki.

Tunneli
K

Paaluväli
230-240

Pulttustyyppi
Lopullinen

Profiili: 3K-C



+

Tallenna

Pulttuspöytäkirja yleistiedot	
Porari	Matti Meikäläinen
Asentaja	Tiina Tärkeä
Ilman lämpötila (C°)	7
Juotoslaasti	Fescon SR

Suoritetut ennakkokokeet:			
Vetokoe	x		
Juotoslaastin kelpoisuus	x		
Asennusaika			
Alkoi	12:30	Loppui	15:00

Seinä
Katto
Seinä

										230
										231
										232
										233
										234
										235
										236
										237
										238
										239
										240

Kuva 16. Hämmökuvan periaate digityökalussa.

Vasemman puoleisessa ”seinä”-rakenneosassa näkyy häämökuvana aiemmin paaluvälille asennetut pultit. Toiminnallisuuden edellytykseksi jokaisen raporttiin merkityn pultin on luotava tietokantaan objekti, joka sisältää ainakin seuraavat tiedot:

- Tunneli
- Paaluväli
- Asennuspäivämäärä
- Pulttityyppi
- Pituus metreinä
- Rakenneosia missä pultti sijaitsee
- Pultin koordinaatit.

4.4.2 Ruiskubetonointipöytäkirjan digityökalun suunnitelma

Pultituspöytäkirjan jälkeen voidaan tarkastella ruiskubetonointipöytäkirjaa ja sen sisältöä. Kuten luvussa 3.2 esitettiin, sisälsi ruiskubetonointipöytäkirja pultituspöytäkirjan tavoin skissin alueesta. Ruiskubetonointipöytäkirja saattaa omata myös liitteeksi laitettavan vahvuusmittaustaulukon. Kuvassa 17 esitetään ruiskubetonointipöytäkirjan käyttöliittymän yleisnäkymä.

Kuva 17. Ruiskubetonointipöytäkirjan yleisnäkymä.

Ensisilmäyksellä ruiskubetonointipöytäkirja näyttää samalta kuin pultituspöytäkirjakin mutta sisältö on eri. Raporttiin saa liitteeksi valokuvaamalla ruiskubetonimassassa käytetyt betonikuormakirjat. Käytetty resepti on alavetovalikosta valittavissa ja valikosta voi syöttää myös uuden reseptin. Paaluvälille tehty muu työ, kuten esimerkiksi pultitukset näkyvät ruudukossa häämökuvana. Samoin kuin pultituspöytäkirjassa, ovat tässä pöytäkirjassa esitettävät rakenneosat klikattavia. Kuvassa 18 on avattu ”seinä”-rakenneosa ja täytetty ruiskubetonoinnin osalta tälle tehty työ.

Valitse piirustustyökalu			
Turvaruiskutus			✓
Lopullinen ruiskutus			✓
Koepala	Numero	258	✓
Vahvuusmittaus	Vahvuus (cm)	8	✓

Tunneli	K
Paaluväli	230-240
Rakenneos	Seinä
Lujitustyyppi	A

Vapaa kommenttikenttä...

Ruiskubetonointipiirustus

Asemnusika			
Alkoi	12:30	Loppui	18:00
Häiriö	Laitevika	Vaikutus	4h

Merkinnät	
Koepala (nro.)	✱ x
Vahvuusmittaus (cm)	✚ x
Turvaruiskutus	■
Lopullinen ruiskutus	■

Tallenna

SKANSKA

Kuva 18. Ruiskubetonointipöytäkirjan rakenneosan täyttönäkymä.

Ruiskubetonointityökalun yhteydessä rakenneosalle voidaan suoraan merkitä ruiskutuksesta otettavat koepalat ja vahvuusmittaukset. Alaindeksit merkinnälle viittaavat merkinnälle oleelliseen tietoon. Esimerkiksi koepalan tapauksessa alaindeksi on etenevä järjestysnumero ja vahvuusmittauksella mittauksen tulos. Kuvan 18 tapauksessa alueelle on suoritettu turvaruiskutusta, kolme vahvuusmittausta ja otettu yksi koepala. Lopullinen ruiskutus näkyisi keltaisen värin sijaan vihreänä.

4.4.3 Räjäytyspäiväkirjan digityökalun suunnitelma

Viimeiseksi raportointityökaluksi sovelluksen pilotointia varten työssä otettiin räjäytyspäiväkirja. Kuvassa 19 on esitetty räjäytyspäiväkirjan käyttöliittymälle malli.

Räjätyspäiväkirja: Kemi Deep Mine



Numero	Pvm.	Aika	Tunneli	Paikka	PL	Profiili	Panostuskaavio	Kuittaus	Tärinä (%)
582	5.3.2018	08:30	K	K2 Lä	583	3K-C	Pilotti	Tarmo Turpeinen	50
583	5.3.2018	09:30	P	P1 Lä	135	3K-C	Levennys	Janne Råman	75
584	6.3.2018	07:00	K	K2 Lä	585	3K-C	Levennys	Janne Råman	83
585	6.3.2018	09:00	K	K2 Lä	589	3K-A	Pilotti	Tarmo Turpeinen	32
586	6.3.2018	12:30	I	I1	10	Ei tietoa	Pilotti	Tarmo Turpeinen	15
587	7.3.2018	08:00	P	P1 Lä	140	3K-C	Pilotti	Tarmo Turpeinen	88
588	7.3.2018	12:30	K	K1 Itä	300	3K-A	Pilotti	Janne Råman	107
589	7.3.2018	14:30	P	P1 Lä	140	3K-C	Levennys	Janne Råman	20
+									

Haku

SKANSKA

Kuva 19. Räjätyspäiväkirjan yleisnäkymä.

Räjätyspäiväkirja vastaa sisällöltään nykyisellään käytössä olevaa Excel-pohjaa, joten sen täyttäminen pitäisi olla kentällä työskentelevälle työnjohdolle helppoa. Vihreästä plusmerkistä painamalla voi lisätä uuden räjäytysraportin projektille. Kuvassa 20 on esitetty plusmerkin painamisen toiminnallisuus.

Räjätyspäiväkirja: Kemi Deep Mine

Uusi räjäytys

Numero	Pvm.	Aika	Tunneli	Paikka	PL	Profiili	Panostuskaavio	Kuittaus	Tärinä (%)
590	8.3.2018	08:30				Tunneltäyttö puuttuu		Janne Råman	

Vapaa kommenttikenttä...

Tallenna

588	7.3.2018	12:30	K		300	3K-A	Pilotti	Janne Råman	92
589	7.3.2018	14:30	P		140	3K-C	Levennys	Janne Råman	20

+

Haku

SKANSKA

Kuva 20. Räjätyspäiväkirjan uuden räjäytyksen syöttönäkymä.

Oranssit kentät käyttäjän pitää vähintään täyttää. Siniset kentät sovellus ennustaa mutta näidenkin kenttien lukuarvot ovat käyttäjän vaihdettavissa, lisäksi käyttäjä voi halutesaan lisätä räjäytyksestä lisäinformaatiota valokuvalla tai kommentilla. Lisäkenttä voi sisältää esimerkiksi tiedon räjäytyksessä tapahtuneesta häiriöstä. Kuvassa 21 on vielä esitetty räjäytyspäiväkirjan yleisnäkymä uudelleen niin, että vihreisiin kenttiin on sisällytetty päiväkirjan oletettu toiminta.

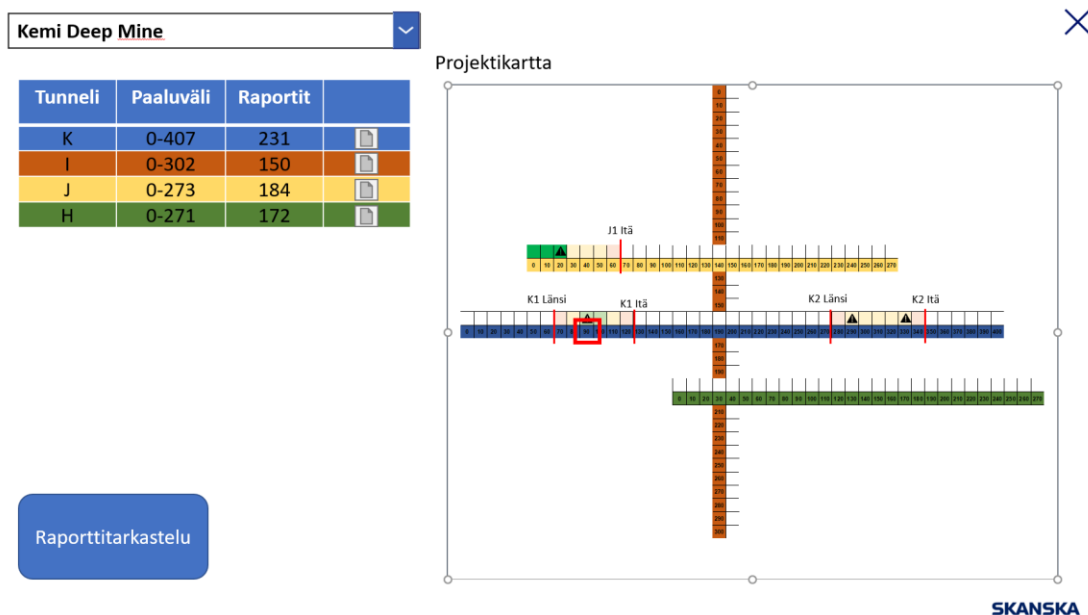
Räjäytyspäiväkirja: Kemi Deep Mine

Numero	Pvm.	Aika	Tunneli	Paikka	PL	Profiili	Panostuskaavio	Kuittaus	Tärinä (%)	
582		5.3.2018	08:30	K 	K2 Lä 	583	3K-C	Pilotti 	Tarmo Turpeinen 	50
583		5.3.2018	09:30	P 	P1 Lä 	135	3K-C	Levennys 	Janne Råman 	75
584		6.3.2018	07:00	K 	K2 Lä 	585	3K-C	Levennys 	Janne Råman 	83
585		6.3.2018	09:00	K 	K2 Lä 	589	3K-A	Pilotti 	Tarmo Turpeinen 	32
586		6.3.2018	12:30	I 	I1 	10	Ei tietoa	Pilotti 	Tarmo Turpeinen 	15
587		7.3.2018	08:00	P 	P1 Lä 	140	3K-C	Pilotti 	Tarmo Turpeinen 	88
588		7.3.2018	12:30	K 	K1 Itä 	300	3K-A	Pilotti 	Janne Råman 	107
Automaattinen	Oletus	Oletus	Alasvetovalikko		Syöt.	Automaattinen /Oletus	Alasvetovalikko	Oletus	Syöt. / haettu	
Aikaperusteinen järjestysnumero. Ohjelman oletuslistausjärjestys. Paperiklippi näkyy numeroissa joihin on tallennettu vapaamuotoista infoa. Klikattava, avaa infot ko. räjäytyksestä editoitavaksi	Oletuksena räjäytyksen lisäompäivä on. Lääsi syötetään esim. jälkivetoa ohjelma muuttaa järjestysnumero t vastaamaan tätä.	nykyhetki.	Alasvetovalikossa projektille luodut tunnelit. Sisällettävä mahdollisuus luoda uusi paikkatieto		Syötä käsin.	Tarkastaa valitun tunnelin ja sille kirjoitetun paaluluovan ja asettaa oletusarvon.	Pilotti/Levennys/Muu Muu arvo antaa käyttäjälle vapaamuotoisen kirjoituskentän.	Sisäänkirjautunut käyttäjä.	Oletuksena tärinämittauksesta ilmoitetun päivämäärän ja annetun ajan + 30min maksimiarvo. Vaihtoehtoisesti syötetty käsin. Sulu värjäytyy jos nominaaliarvo ylitetään.	

Kuva 21. Räjäytyspäiväkirjan yleisnäkymä selitteillä.

4.4.4 Yhteenvedon suunnitelma

Sovelluksen kokonaisuuden kannalta tärkein osa-alue ja työkalu missä digitalisaation tuomat edut pääsevät oikeuksiinsa on projektin yhteenvedo. Tietoyhteiskunnassa yleisesti ottaen tarvitaan työkaluja, jotka esittävät laajoja kokonaisuuksia yksinkertaisissa visuaalisissa esitysmuodoissa. Kuvassa 22 on esitetty digityökalun yhteenvedo-osion käyttöliittymä.

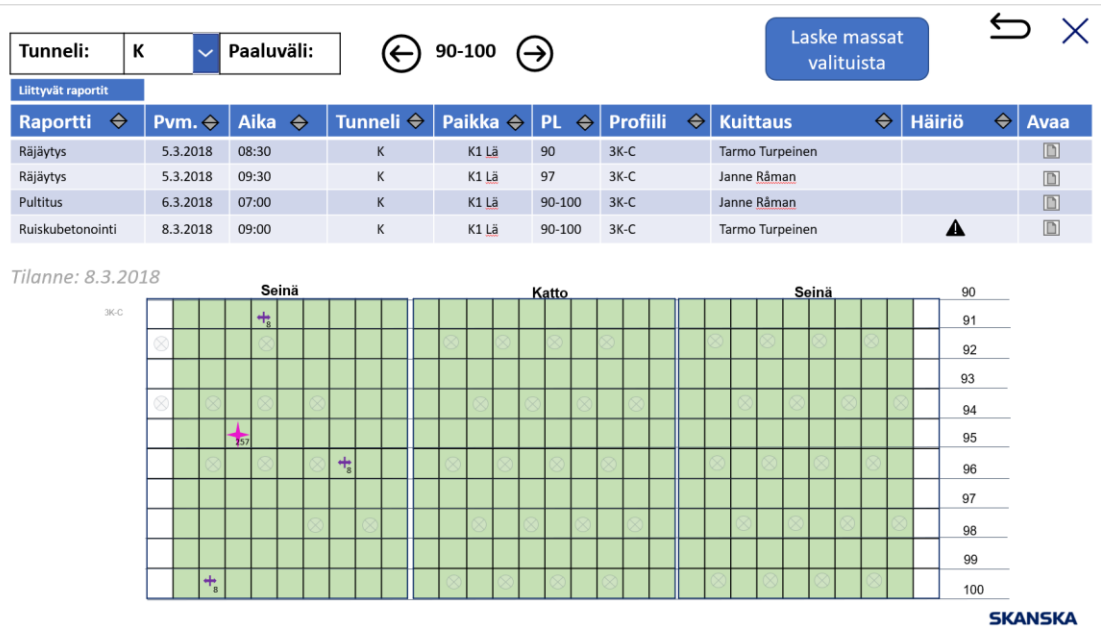


Kuva 22. Projektin yhteenvedon yleisnäkymä.

Siirryttäessä kuvan 22 mukaiseen yhteenvedonäkymään, käyttäjälle näytetään suurennettava projektikartta, jossa näkyy projektille alustetut tunnelit ja projektin tämän hetkinen tilanne. Projektikartan vieressä tunneleita vastaavilla väreillä on taulukkomuodossa tunnelien yleistiedot. Kaikki tunnelit ovat projektikartassa esitetty 10m-paaluvälein piirrettyinä klikattavina janoina. Punaisilla viivoilla projektikartan tunneleihin on merkitty päätyjen etenemät. Sovellus päättelee päätyjen nyky sijainnin viimeisten päädyille tulleiden räjäytysraporttien perusteella.

Projektikartassa tunnelin päällä, tai oikealla sivustalla riippuen tunnelin etenemissuunnasta projektikartassa, on lisätietoruutu. Huutomerkki ruudussa tarkoittaa, että paaluvälillä on jossain sille tehdyssä raportissa häiriömerkintä. Lisätietoruutu on myös värikoodattu. Värikoodaus kertoo paaluvälin työtilanteesta raporttien perusteella. Vaaleanvihreä viittaa lopullisen ruiskubetonoinnin suoritukseen alueella, keltainen turvaruiskutukseen ja punainen pelkkään pultitukseen.

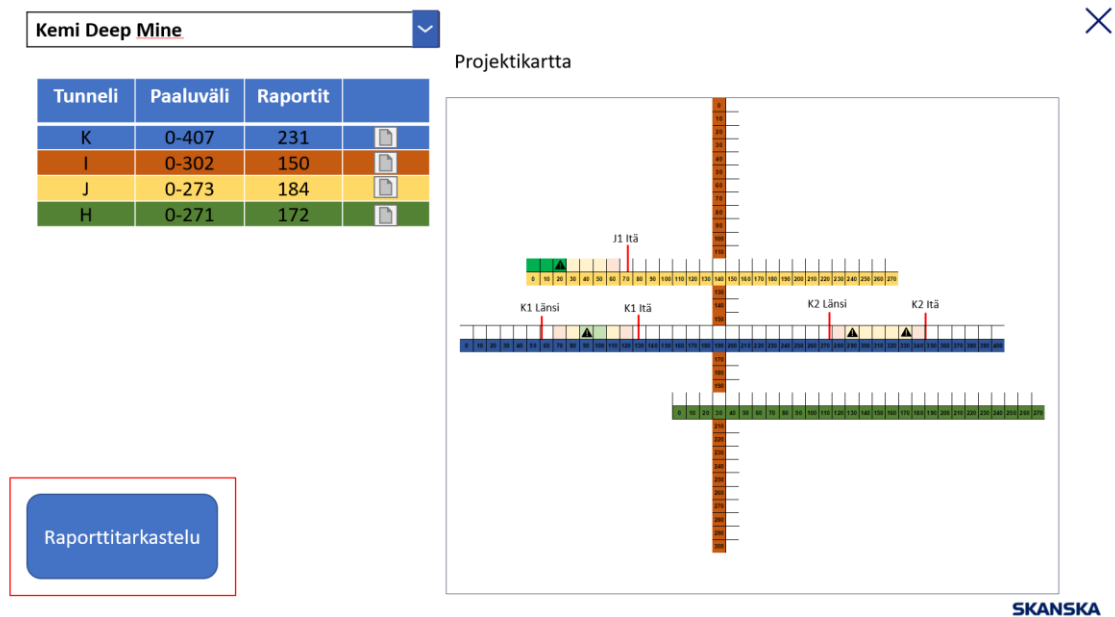
Projektikartasta on rengastettu punaisella K-tunnelin paaluväli 90-100. Rengastus esittää, että kyseistä ruutua olisi painettu sormella, jolloin avautuu kuvan 23 mukainen näkymä.



Kuva 23. Paaluvälitarkastelun näkymä.

Tunnelin K ruutua 90 klikkaamalla projektikartasta, sovellus avaa käyttäjälle kuvan 23 mukaisen paaluvälitarkastelun missä näkyy kaikki paaluväliin liittyvät raportit ja viimeimmän raportin rakenneosakuva. Käyttäjä voi tarkastella paaluvälille liittyviä raportteja, siirtyä toiseen paaluväliin nuolipainikkeesta tai halutessaan laskea paaluvälin avainarvot painamalla yksinkertaisesti nappia "Laske massat valituista".

Kuvassa 24 esitetään projektin yhteenvedon yleisnäkymä uudelleen. Tällä kertaa näkymästä on rengastettu "Raporttitarkastelu"-nappi.



Kuva 24. Siirtyminen raporttitarkasteluun.

Raporttitarkastelunappia painamalla sovellus lataa kaikki projektille tehtyt raportit yhteen listaukseen suodatettavaksi ja käsiteltäväksi kokonaisuudeksi kuvan 25 esittämällä tavalla.

Kemi Deep Mine

Raportti	Pvm.	Aika	Tunneli	Paikka	PL	Profiili	Kuittaus	Häiriö	Avaa	Poista listasta
Ruiskubetonointi	5.3.2018	08:30	K	K2 Lä	580-590	3K-C	Tarmo Turpeinen			×
Räjäytys	5.3.2018	09:30	P	P1 Lä	135	3K-C	Janne Råman			×
Räjäytys	6.3.2018	07:00	K	K2 Lä	585	3K-C	Janne Råman	⚠		×
Pultitus	6.3.2018	09:00	K	K2 Lä	580-590	3K-A	Tarmo Turpeinen			×
Pultitus	6.3.2018	12:30	I	I1	10	Ei tietoa	Tarmo Turpeinen			×
Ruiskubetonointi	7.3.2018	08:00	P	P1 Lä	140-150	3K-C	Tarmo Turpeinen			×
Verkotus	7.3.2018	12:30	K	K1 Itä	300-310	3K-A	Janne Råman			×
Räjäytys	7.3.2018	14:30	P	P1 Lä	140	3K-C	Janne Råman	⚠		×

Laske massat valituista Suodata raportteja

1/48

SKANSKA

Kuva 25. Raporttitarkastelunäkymä ja siirtyminen suodatukseen.

Sovellus näyttää ruudulla kerrallaan esimerkiksi kahdeksan viimeisintä raporttia, kuten kuvassa 25 on esitetty. Käyttäjä voi halutessaan suodattaa projektin raportteja työkalun avulla painamalla ”Suodata raportteja”-nappulaa. Tiedon suodattamisen tehokas ja monipuolinen työkalu on avainasemassa tiedon jälleen käytettävyyden kannalta. Nappia painamalla avautuu kuvan 26 mukainen suodatustyökalunäkymä, jossa näkyy projektin raporteille aktiiviset suodattimet.

Raporttien suodattimet

Suodatusehto	Raportti	Aikaväli	Tunneli	Paikka	Paaluväli	Profiili	Kuittaus	Häiriö
AND	Raportin tyyppi	Pvm pvm	Tunneli	Perä	Alku Loppu	Profiili	Kuittaja	

+ Lisää suodatin..

Suodata

valituista raportteja

SKANSKA

Kuva 26. Raporttisuodatinnäkymä.

Käyttäjä voi valita lähtökohtaisesti suodatusehdot AND, NOT ja COUNT ja lisätä näitä suodattimia peräkkäin niin monta kuin haluaa. Käyttäjä voi esimerkiksi haluta tutkia projektin helmikuun ruiskubetonointiraportteja, jolloin hän asettaisi suodattimelle raportin tyyppin ja aikavälin. Kun halutut suodattimet on valittu ja käyttäjä painaa ”Suodata”-nappia, palaa sovellus takaisin kuvan 27 mukaisesti raporttinäkymään. Raporttinäkymässä on esillä vain suodatuksen ehdot täyttävät raportit.

Kemi Deep Mine

Raportti	Pvm.	Aika	Tunneli	Paikka	PL	Profiili	Kuittaus	Häiriö	Avaa	Poista listasta
Ruiskubetonointi	5.3.2018	08:30	K	K2 Lä	580-590	3K-C	Tarmo Turpeinen			X
Räjäytys	5.3.2018	09:30	P	P1 Lä	135	3K-C	Janne Råman			X
Räjäytys	6.3.2018	07:00	K	K2 Lä	585	3K-C	Janne Råman			X
Pultitus	6.3.2018	09:00	K	K2 Lä	580-590	3K-A	Tarmo Turpeinen			X
Pultitus	6.3.2018	12:30	I	I1	10	Ei tietoa	Tarmo Turpeinen			X
Ruiskubetonointi	7.3.2018	08:00	P	P1 Lä	140-150	3K-C	Tarmo Turpeinen			X
Verkotus	7.3.2018	12:30	K	K1 Itä	300-310	3K-A	Janne Råman			X
Räjäytys	7.3.2018	14:30	P	P1 Lä	140	3K-C	Janne Råman			X

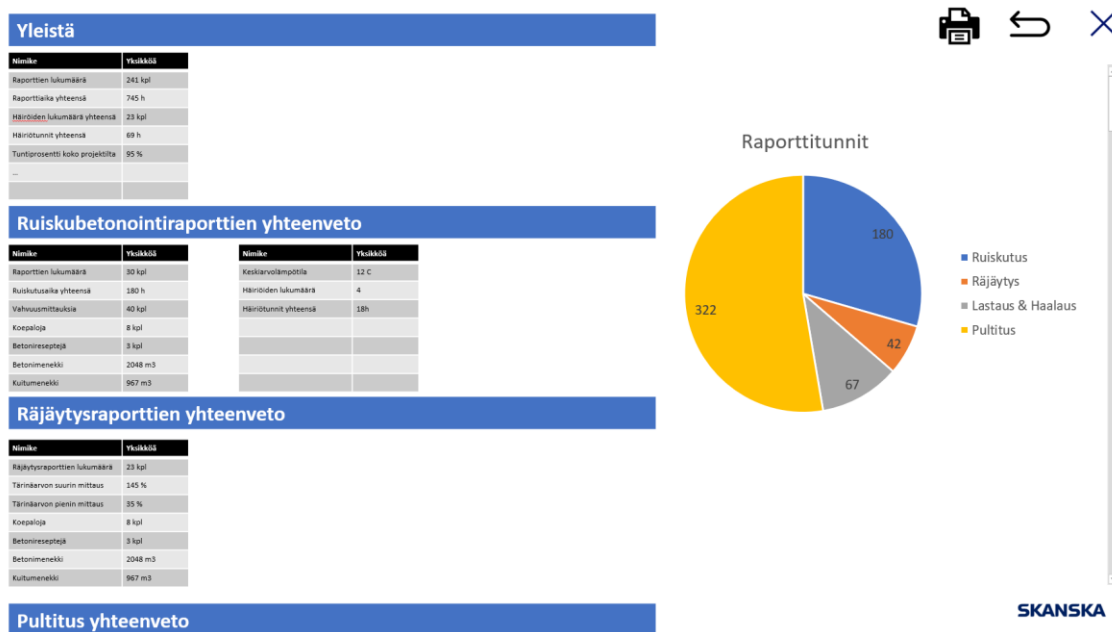
Laske massat valituista

Suodata raportteja

1/48

Kuva 27. Siirtyminen massanäkymään.

Käyttäjä voi tarkastella suodattamiaan raportteja tai laskea niistä painalluksella massat. ”Laske massat valituista”-nappula erottelee suodatetut raportit tyypeittäin ja yhdistää niille raporteille tyypilliset massaluvut yhteen. Kuvassa 28 on esitetty miltä massojen yhteenlaskentanäkymä voi näyttää.



Kuva 28. Massanäkymä valituille raporteille.

”Yleistä”-kenttä sisältää kaikille suodatetuille raporteille yhdistetyt tiedot. Muut näkymässä olevat kentät ovat lajiteltu raporttityypeittäin ja niistä esitetään massatiedot kuvan 28 esimerkin mukaisesti. Kuvan 28 yhdistelmätiedot ovat suuntaa antavia.

5 Tulos

Neljännessä luvussa demonstroidun sovelluksen käyttöliittymän sisältöä ja koordinaattipohjaisen skissipiirustuksen tuomia hyötyjä selvitettiin Skanska Oy:n IT-osaston jäsenille projektin päätöskokouksessa 24. lokakuuta.

Sovellus mahdollistaa jatkokehittämisen ja lisätyökalujen sisään tuomisen modulaarisesti. Jatkokehityksessä paaluvälimoitettun koordinaattimallin avulla projektin tunneleista voidaan luoda esimerkiksi yksinkertaistettuja 3D-malleja. Koordinaattipohjaiseen raportointiin voidaan halutessa lisätä työkaluja aina LVIS-laitteistojen sijaintia myöten. Mitä enemmän digityökaluja raportointityökaluun liitetään, sitä enemmän kasvaa esitystavan arvo.

Kokouksen päätteeksi todettiin, että sovelluksen koordinaattiruudun ohjelmointi saattaa olla PowerApps-sovellusalustalla teknisesti liian hankala toteuttaa, mutta raportointin tahtotila työvaiheittain tulisi olla tutkimuksessa esitetyllä tasolla. Seuraavaksi opinnäytetyö esitetään Skanskan kehitysryhmälle, jossa päätetään hankkeen toteuttamisen budjetoinnista ja etenemisestä.

6 Yhteenveto

Skanskan nykyiset luvussa kolme esitettävät käsin täytettävät pöytäkirjapohjat suoriutuvat tuotannonohjaustehtävässä erinomaisesti. Raporttien manuaalinen läpiperkaus työmaatoimistolla myös varmistaa sen, että raporttien sisältö kertoo vaadittavat tiedot projektista ja sen osista.

Uuden tunnelityömaan raportointidigityökalun pitää olla pitkälle kehitetty ennen kuin paperilomakkeista pystytään luopumaan. Kahden rinnakkaisen pöytäkirjajärjestelmän ylläpito ei ole millään tavalla kannattavaa muuta kuin testikäytössä. Osittainen käyttöönotto oletetusti vain hidastaisi projektin tuotannonohjauksen tiedonkeruuta. Pitkällä tähtäimellä ajateltuna siirtymä digitaaliseen raportointimalliin on kuitenkin lähtökohtaedellytys hankkeiden automaatioasteen ja laadunvarmistustason parantamiseksi. On tärkeää, että digisovelluksen tulevaisuudesta päättävä kehitysryhmä ja sovellusta testaavat tunnelityönjohtajat tiedostavat sovelluksen edellyttämän taloudellisen ja operatiivisen ponnistelun määrän ennen digisovelluksen todellista käyttövalmiutta.

Mikäli Skanskan kehitysryhmä päätyy jatkokehittämään tässä työssä demonstroitua sovellusta, tulee seuraavaksi luoda digitaaliset raporttipohjat puuttuvista pöytäkirjoista ja tarkentaa nykyisten toiminnallisuus erityistilanteissa. Erityistilanne voi olla esimerkiksi tunneleiden risteämäkohta.

Määrämuotoiselle datalle voidaan jatkokehittää hallinnollisella tasolla monenlaista lisäarvoa tuottavaa toimintoa. Pelkästään tämän opinnäytetyön aikana digityökalun kehityksestä jouduttiin suodattamaan useita toiminnallisia ideoita pois, jotta digisovelluksen kehitys pysyy kiinni sovellukselta haetussa perustoiminnassa.

Lisäksi määrämuotoisen datan avulla Skanska saa konsernitasolla omasta toiminnastaan läpinäkyvää, helposti jäsennettävää ja selvitettävää johdonnaisinformaatioita, joka vähentää yrityksen henkilöstöriskiä kustannustiedon asiantuntijoiden suhteen.

7 Lähdeluettelo

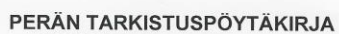
Koskinen, E. (2014). *Porausdatan hyödyntäminen tunnelilouhinnassa kalliolaadun ja räjäytystulosten ennakoinnissa*. Espoo: Aalto Yliopisto.

Rakennusinsinöörien Liitto RIL. (1987). *RIL 154-1 Tunneli- ja kalliorakennus I*. Helsinki: Otapaino.

Rakennusinsinöörien Liitto RIL. (1987). *RIL 154-2 Tunneli- ja kalliorakennus II*. Helsinki: Otapaino.

Skanska Oy. (20. 10 2019). *Skanska.fi*. Noudettu osoitteesta
<https://www.skanska.fi/tietoa-skanskasta/skanska-suomessa/skanska-lyhyesti/>

[illegible]



SKANSKA

[illegible]

