

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Ari-Pekka Piiparinen

LAAJA-ALAINEN RAKENTAMINEN

Opinnäytetyö
Toukokuu 2018



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2018
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä(t)
Ari-Pekka Piiparinen

Nimeke
Laaja-alainen rakentaminen

Toimeksiantaja
SRV Rakennus Oy

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä laadittiin ohje työmaanjohtolle työmaatoimintojen helpottamiseksi maantieteellisesti laajalla alueella toimiville rakennustyömaille. Laajalla rakentamisella tarkoitetaan työmaan suurta pinta-alaa ja työmaan pitkiä etäisyyksiä. Laaja-alaisen työmaan haasteet liittyvät työmaan seuraamiseen, työntekijöiden tuottavan ajan käyttöön sekä pinta-alan laajuuden hallintaan.

Aiheeseen perehdyttiin käytyjen ennakkohaastattelujen, sekä laajalla työmaalla tekijän eteen tulleita haasteita, joita lähdettiin ratkaisemaan tekijän kokemusta hyödyntäen, sekä keräten tietoa lähdeainestoista. Työssä esitellään keinoja, joiden avulla pystytään tehostamaan työmaan työnjohtoon toimintaa sekä helpottamaan laajan työmaan haasteita.

Työmaan toimintaa sekä työnjohtajien suorittamaan valvontaa saatiin kevennettyä mm. työssä esitellyillä tietokoneohjelmilla. Työmaan teknisten laitteiden käytön lisääminen helpottaa viestintää sekä automatisoi logistiikan sekä helpottaa osittain kosteuden hallintaa.

Laajan työmaan apuvälineitä, joita työssä esitellään, on käytössä joillakin SRV:n nykyisillä työmaille, mutta apuvälineet työmaan hallintaan eivät ole yleistyneet. Varsinkin syrjäisemmillä työmaille on käytössä vielä perinteisiä paperilla toimivia järjestelmiä, joita uudet ohjelmat korvaavat sekä helpottavat työmaan toimintaa.

Kieli
suomi

Sivuja 40

Asiasanat
Välimatkat, Laaja-alainen. työmaan hallinta, automatisoiminen



THESIS
May 2018
Degree Programme in Civil Engineering
Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600 (switchboard)

Author (s)
Ari-Pekka Piiparinen

Title
Extensive construction
Commissioned by
SRV Rakennus Oy

Abstract

In this thesis, a guide was made to the site management to facilitate the construction site activities on geographically wide construction sites. A large construction means a large area of the site and long distances. Challenges for a wide-ranging construction site are related to tracking the site, providing productive time and managing the surface area.

Based on prior interviews and work on a large site, the challenges relating to the special features of large sites were found, and these were solved using the author's experience and the collected information about the source. The thesis presents ways to enhance the work of the workplace management team and to facilitate the challenges of a large site.

The activities on the site and the supervisors' work were reduced, for example, with the computer programs presented in this thesis. Increasing the use of technical equipment at work site facilitates communication, automates logistics and partially facilitates the moisture management.

The extensive range of tools available at the workplace are used on some of SRV's existing construction sites, but tools for managing the site have not become more common. Especially on remote sites, there are still traditional paper-based systems that are replaced by the new programs which facilitate the construction of the site.

Language
Finnish

Pages 40

Keywords
distances, wide area, management of the worksite, automatization

Sisällysluettelo

1 Johdanto	6
2 Toimeksiantaja.....	7
3 Tiedon kerääminen	7
4 Logistiikka	9
4.1 Logistiikan haasteet	9
4.2 Työmaatiet	9
4.3 Työturvallisuus	10
4.4 Siirtokalusto työmaalla	10
4.5 Työnjohdon liikkuminen työmaalla	11
4.6 Työntekijöiden liikkuminen	12
4.7 Työmaatarvikkeiden siirrot	12
4.7.1 Kappaletavaranostimella varustettu lava-auto	12
4.7.2 Kevyt kauhakuormaaja	13
4.7.3 Trukki/pumppukärrä	13
5 Raskaan kaluston seuranta työmaalla	13
5.1 Kiho Telematiikka ohjelma	14
5.2 Raportointi.....	15
5.3 Huollon seuranta.....	17
5.4 Hälytykset	18
6. Aluesuunnittelu	18
6.1 Aluesuunnittelun tarkoitus.....	18
6.2 Työmaalla liikkuminen.....	19
6.3 Tarkepiisteet	19
6.4 Työpisteiden numerointi.....	20
6.5 Keskeiset sosiaalitilat.....	21
6.6 Liikuteltavat sosiaalitilat	21
6.7 Wurth WuCon Center.....	22
6.8 Tupakoinnin merkitys savuttomilla työmailla	23
6.9 Laajantyömaan sähköistys.....	24
6.10 Sähköistyssuunnitelma	25
6.11 Työmaan valaistus	26
6.12 Kulunvalvonta	26
6.12.1 Työntekijöiden kulunvalvonta työmaalla.....	26
6.12.2 Pyöröportit kulunvalvonnan tukena	27
6.13 Alueen vartiointi	27
6.13.1 Hälytysjärjestelmät	28
6.13.2 Valvontakamerat	28
6.13.3 Vartiointi palvelu.....	28
6.13.4 Kulunhallinta	29
6.14 Talven vaikutus laajalla työmaalla.....	29
6.14.1 Talven kuvaus tietoja	29
6.14.2 Energiantarpeen kasvu	30
6.14.3 Koneiden ja laitteiden muuttunut tarve.....	31
7 Tietotekniikan hyödyntäminen työmaaolosuhteissa	31
7.1 Tekniikan hyödyntäminen kosteus mittauksissa	31
7.2 Työmaan viestintä	32
7.3 Consight.....	33
7.3.1 Työmaan laatutarkastukset.....	33
7.3.2 Työturvallisuusmittaukset.....	34

7.3.4 Web-sovellus työmaiden hallintaan.....	34
7.4 IoT-palvelut	34
7.5 Työmaan olosuhteita tallentavat mittarit.....	35
7.6 SRV Oy:n Yhteistyökumppani INTEGRAL	36
7.7 Wiiste	37
7.8 SolidRH-järjestelmä	37
7.9 Realia.....	38
8 Pohdinta.....	38
Lähteet.....	40

1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheena on laaja-alainen rakentaminen, joka tarkoittaa maantieteellisesti laajaa rakennustyömaata, jonka haasteita ovat pitkät välimatkat työpisteiden välillä sekä työntekijöiden riittävä valvominen hajautetusti riittävällä laadun varmistuksella.

Maantieteellisellä laajuudella tarkoitetaan useiden kilometrien siirtymiä työmaalla sekä työmaan ympäristössä. Työmaa voi koostua yhdestä suuremmasta alueesta tai hajautua pienempiin alueisiin, joissa on päivittäistä rakennustoimintaa. Maantieteellisesti laajalla työmaalla toimihenkilö joutuu käyttämään suurimman osan työajasta liikkuesssa eri työpisteiden välillä, jolloin päivittäistä työmaa-ajoa voi kertyä jopa 50-200 km työmaan koosta riippuen. Työmaa nopeusrajoituksilla aikaa voi joskus kulua enemmän siirtymiseen kuin itse tuottavaan työhön.

Laaja työmaa voi myös rajoittua pienemmälle maantieteellisesti alueelle, jos rakennuksessa on huomattava määrä kerrosneliöitä, eikä työmaatoimistossa voi helposti käydä työmaalla liikkuesssa, koska sisätiloissa on hitaampi liikkua. Kävellessä liikkuminen on fyysistä ja päivittäinen työmaalla paljon liikkuminen rasittaa kehoa. Päivittäin kuljettava matka on siten henkilön fyysisestä kunnosta riippuen 5-25 km. Työkohteen erityispiirteistä johtuen toimihenkilöillä sekä työnjohtajilla voi kulua päivittäin useita työtunteja työmaakerrokseen ja eri työpisteiden välillä liikkumiseen.

Laaja-alainen työmaa tuo erilaisia haasteita työmaan perustamiseen sekä päivittäiseen työmaan ylläpitämiseen, koska pinta-alan lisääntyessä välimatkoihin kuluva aika kasvaa.

Opinnäytetyö perustuu laaja-alaisten rakennustyömaiden keskeisten ongelmien parannusten löytämiseen. Opinnäytetyö rajoittuu lähinnä toimitilarakentamiseen ja maantieteellisesti laajoihin rakennuskohteisiin. Sitä on mahdollista hyödyntää myös työmaihin, joissa on paljon kerrosneliöitä.

Myös pienemmillä työmailla voi esiintyä samankaltaisia ongelmia pienemmässä mittakaavassa, mutta opinnäytetyössä keskitytään suurempiin työmaihin, jotka toimivat laajalla alueella ja haasteet ovat erilaisia pieniin työmaihin verrattuna.

Opinnäytetyöllä pyritään helpottamaan pääurakoitsijan toimihenkilöitä työmaan suunnittelussa sekä keventämään päivittäistä seuraamisen tarvetta logistiikkaan ja kosteuden hallinnan osalta erilaisilla tietokoneohjelmilla. Työn tavoitteena on myös etsiä ratkaisuja laaja-alaisen työmaan tuotannollisiin ongelmiin ja helpottaa työmaan seuraamista ajallisesti sekä laadullisesti.

Opinnäytetyössä on etsitty keinoja, joilla voidaan vähentää toimihenkilöiden ja työnjohtajien työmäärää logistiikan hallintaan sekä aluesuunnitteluun keskittyen. Toimihenkilöiden työmäärää yritetään helpottaa automatisoimalla logistiikan seuraamista työmaalla tietokoneohjelmilla. Aluesuunnitteluun annetaan ohjeita ja helpottavia menetelmiä laajalle työmaalle.

2 Toimeksiantaja

Opinnäytetyö laadittiin SRV Rakennus Oy:lle. SRV Rakennus on 1987 perustettu pörssiyhtiö, joka toimii Suomessa, Virossa ja Venäjällä rakentaen pääsääntöisesti toimitiloja ja asuntoja.

3 Tiedon kerääminen

Maantieteellisesti laajalla työmaalla nuorempana työnjohtajana toimiessani keräsin seitsemän kuukauden aikana kokemusta työmaan erityispiirteistä ja niihin liittyvistä haasteista. Keräsin yhteen kokeneempien toimihenkilöiden oppeja työmaakerroksien yhteydessä.

Työmaalla haastattelin työmaapäällikkö Petri Tervosta, jolla on useamman työmaan kokemus laaja-alaisista rakennustyömaista. Kyseisellä työmaalla hän on ollut kolmen vuoden ajan.

Työmaalla, jolla työskentelin työnjohtoharjoittelussani, oli käytössä vanhoja menetelmiä logistiikan hallinnassa. Tarvittavan tiedon saamiseen meni liian pitkiä aikoja urakoitsijoiden välillä, koska tieto oli vielä paperimuodossa eikä sähköisenä dokumenttina välittömästi saatavana. Usein tarvittavat dokumentit saapuivat myöhässä. Myöhässä saapuneet tai hävinneet paperidokumentit kiristivät luottamusta ja vaikeuttivat yhteistyötä urakoitsijoiden välillä.

Laajalla rakennustyömaalla on ongelmana pitkät välimatkat toimiston sekä työpisteiden välillä, mikä hankaloittaa työntekijöiden sekä työnjohtajien kanssakäymistä. Työmaat kasvukeskuksien ulkopuolella ovat myös yleisesti jäljessä mahdollisista tekniikkaa hyödyntävistä apukeinoista, jotka mahdollistavat paremman valvomisen ja dokumentoinnin. Työnjohtajan olisi kuitenkin pystyttävä saamaan tarpeellinen tieto työmaasta paikasta riippumatta työpisteelle, jotta työn ohjaaminen olisi sujuvaa sekä saatu tieto ajan tasalla. Työmaalla liikuteltavan toimiston pitäminen vaatii nykyaikaan siirtymistä useilla työmailla. Nykyinen teknologia mahdollistaa kaiken tiedon liikuteltavuuden kompaktissa muodossa ja lisää tehokasta työaikaa sekä tiedon siirtyvyyttä muulle työyhteisölle välittömästi.

Pääsin lokakuussa 2017 tutustumaan myös Espoossa sijaitsevaan Aaltoyliopiston ACRE-työmaahan, jossa rakentamisen määrä on yhteensä 33 000 kerrosneliometriä. Vierailu työmaalla oli hyödyllinen ja opettavainen työmaiden sijainnin vuoksi, koska pääsin tutustumaan kasvukeskuksessa toimivaan työmaanhan.

Pääsin haastattelemaan ACREn työmaapäällikköä Jussi Lahtea, joka kertoi mahdollisimman tarkkaan työmaan toiminnasta ja kohtaamistaan laajan rakennustyömaan haasteista. Haastattelin myös työmaan projekti-insinööriä. Kysymykseni koskivat hänelle tekniikan hyödyntämistä työmaaolosuhteissa sekä muuta teknistä osaamista hänen työhönsä liittyen.

Näitä haastatteluja hyödyntäen etsin laajalla alueella toimiviin rakennustyömaihin parannuskeinoja opinnäytetyössäni soveltaen käytännön kokemusta sekä olemassa olevaa rakennustietoutta.

4 Logistiikka

4.1 Logistiikan haasteet

Laajalla-alueella logistiikan merkitys kasvaa pienempiin työmaihin verrattuna matkojen pituuksien lisääntymisenä työpisteiden ja tarvikkeiden välillä. Jatkuva liikkuminen työpisteiden välillä kuluttaa paljon aikaa ja lisää kustannuksia, ja sen takia on tärkeää suunnitella oikeat välineet työmaan siirtoihin kappaletavaralle ja maamassoille. Kaluston ollessa suurella alueella hajautettuna on myös tärkeää tietää jokaisen koneen sijainti ja työkohde työmaalla tuottamattoman työn tekemisen välttämiseksi.

4.2 Työmaatiet

Työmaalle rakennettavien teiden ominaisuudet riippuvat työmaan kestosta ja tyypistä. Yleensä työmaan aikainen liikenne on paljon rasittavampaa tiestölle, kuin työmaan jälkeen käytönaikainen liikenne. Laaja-alaisella työmaalla tiestön kunnan merkitys kasvaa, koska työmaateitä on useita kilometrejä ja liikennettä yleensä jatkuvasti.

Työmaan alkuvaiheessa on tärkeää saada tieto työmaan todellisesta kestosta heti alkuun, jotta työmaa tiet voidaan rakentaa kerralla riittävän kestäviksi työmaan todellista käyttöä ajatellen sekä voidaan huomioida ruuhkahuiput tiestön kulutuksessa. Puutteellinen alkutieto yleensä johtaa tiestön alimitoitukseen. Tästä johtuen tiestöä joudutaan usein korjaamaan rakenteellisesti paremmaksi tiestön rungon heikentyessä työmaateiden rasituksen ollessa kovimmillaan. Tarvetta leveämmäksi tehty tie voi alkuun olla suurempi kustannus, mutta usein se säästää kuljetusaikaa sekä vähentää tieltä suistumisen riskiä työmaalla varsinkin ruuhka-aikoina.

Työmaan tiestön merkitys on suuri tarvikkeiden kuljetuksen lisäksi työmaalla olevan kaluston kunnossa pysymisen kannalta. Huonolla tiestöllä särkyy enemmän kalustoa, mikä lisää korjauskustannuksia ja tuo paljon hukka-aikaa kaluston ollessa korjauksessa. Työmaateiden ollessa oikein mitoitettu, sattuu vähemmän onnettomuuksia ja liikkuminen on sulavaa.

Rakennuskohteen käyttäjällä on yleensä työmaaliikenteeseen verrattuna paljon kevyempi kalusto ja vähemmän liikettä alueella kuin työmaan aikana, jolloin hyvin tehty työmaatiestö sopii usein sellaisenaan käyttäjän tarpeisiin.

4.3 Työturvallisuus

Laajoilla rakennustyömailla työturvallisuuden hoitaminen on samankaltaista pienempiin työmaihin verrattuna muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Laajan työmaan viikoittaisiin työturvallisuus kierroksiin kuuluu yleensä huomattavasti aikaa työturvallisuusvaltuutetulta ja työnjohdon edustajalta. Tätä voisi helpottaa kaluston GPS-seuranta. Kaluston GPS-seurannalla työkoneiden paikannus nopeutuu ja työturvallisuus kierroksen koneiden tarkistus helpottuu sekä aika lyhentyy kierroksia tehdessä.

Työmaalla liikuttaessa raskas kalusto aiheuttaa omat vaaratekijänsä. Työmaalla kaluston on käytettävä huomiovaloja työmaalla liikkuessa, jolloin kulkuneuvo on helpommin havaittavissa muille työmaalla liikkujille ja kulkuneuvon onnettomuus riski pienentyy. Tarpeeksi leveät työmaa tiet ja useat ohituspaikat sujuvoittavat liikennettä, jolloin ruuhkapaikkoja ei pääse syntymään. Rajoitetut ja valvotut työmaanopeudet vähentävät tieltä suistumisen vaaraa parantaen raskaan kaluston turvallisuutta.

4.4 Siirtokalusto työmaalla

Pitkien välimatkojen takia työmaalla pitää olla käytössä jatkuvasti siirtokalustoa, jolla voi kuljettaa työmaatarvikkeita oikeille työpisteille. Työmaan siirtokalusto on työmaakohtainen ja suunniteltava siten jokaiselle työmaalle erikseen. Välimatkojen kasvaessa siirtokaluston vaikutus rakennusaikaan ja -kustannuksiin on huomattavasti suurempi kuin pienemmillä rakennustyömailla.

4.5 Työnjohdon liikkuminen työmaalla

Työpisteeltä toiselle siirtyminen vie laajalla rakennustyömaalla huomattavasti enemmän aikaa ja siksi liikkumisen on oltava tehokasta.

Laajalla alueella työnjohtajan liikkuminen korostuu osittain pinta-alan takia kuin myös laajalle alueelle mahtuu erilaisia työalueita sekä enemmän työntekijöitä, joita pitää päivän aikana tavoittaa.

Työmaan tyyppi vaikuttaa olennaisesti valittavaan kulkuneuvoon, koska maksiminopeutta ei voida hyödyntää tiiviisti rakennetuissa ympäristöissä. Työmaan kulkuvälineet kannattaakin mitoittaa työmaalle sopiviksi turhien kustannuksien ja liikkumisen maksimoimiseksi. Työmaan yleiset nopeusrajoitukset ovat työmaalla 30 km/h sekä 40-80 km/h porttien ulkopuolella.

Laajoilla rakennustyömailla, joissa liikutaan porttien ulkopuolella, pitää autoa valitessa huomioida työmaan ympäristö sekä auton soveltuvuus kyseiseen ympäristöön. Luonnollisesti maastoautoja suositaan syrjäisissä kohteissa haastavien olosuhteiden vuoksi ja katumaastureita kevyemmissä olosuhteissa niiden riittävän työmaalla selviytymisen vuoksi.

Auton hyötyjä ovat nopea työmaan välimatkojen liikkuminen sekä samalla työmaalla liikuteltavan työpisteen tavarat ovat vaivattomammin liikuteltavissa mukana. Auto on työmaalla työväline eikä toimihenkilöitä kohden saa olla liian vähän kulkuvälineitä, jotta työauton hyödyt ja kustannukset säilyvät kohtuullisina.

Rakennettaessa tiiviimpiin työmaihin, joissa ei tarvitse liikkua porttien ulkopuolella ja joilla työmaanopeudet pysyvät alhaisina, on suositeltavaa harkita polkupyörän käyttöä työmaalla liikkumiseen. Polkupyörällä liikkuminen työmaalla on nopeaa ja polkupyörä on vähän tilaa vievä apuväline. Aluesuunnitelmaa tehdessä kannattaa huomioida kulkureitit, joita voi pyöräillessä hyödyntää. Pyöräilyn hyötyjä ovat mm. nopeampi (10-25 km/h) liikkuminen työmaalla sekä toimihenkilöiden fyysisen kunnon ylläpitäminen.

Potkulautaa käytetään työmailla, joissa on pitkiä siirtymiä sisätiloissa sekä laajasti kerrosneliöitä. Se nopeuttaa (5-15 km/h) liikkumista työmaan sisätiloissa ja keventää päivän aikana tulevaa kävelymatkaa.

4.6 Työntekijöiden liikkuminen

Työntekijöiden sujuva liikkuminen on työmaalla tärkeässä asemassa matkojen pituuksien vuoksi. Ensisijaisesti työmaalla vähennetään kuljettavia matkoja taukotiiloille aluesuunnittelussa sekä käytetään siirrettäviä miehistön taukovaunuja. Työmaalla liikkuminen on kuitenkin välttämätöntä tarvikkeiden liikuttamiseksi sekä miehistön kulkemiseksi työpisteeltä työpisteelle, joten työmaakohtainen suunnittelu on tärkeää ajan sekä kustannuksien kannalta. Työntekijöiden liikkuminen yhdessä, esimerkiksi nimettyjen kuljettajien kyydissä, säästää ajoneuvokustannuksia sekä vähentää tuottamatonta työaikaa merkittävästi.

4.7 Työmaatarvikkeiden siirrot

Pienempien rakennustarvikkeiden kuljetus työmaalla onnistuu helpon työntekijöillä käytössä olevilla pakettiautoilla, jossa tarvikkeet kulkevat helposti työntekijän mukana. Suuremmat rakennustarvikkeet kuljetetaan kuljetusliikettä hyödyntäen tai työmaalle hankitulla siirtokalustolla. Kappaletavaranostimella varustettu lava-auto on käytännöllinen apu työmaan tarvikkeiden siirtoihin, koska nostokalustoa ei tarvita erikseen siirtoihin. Auto myös kulkee välimatkoja nopeammin kuin yleinen nostokalusto työmaalla.

4.7.1 Kappaletavaranostimella varustettu lava-auto

Pitkien välimatkojen siirroilla on hyvä käyttää kappaletavaranosturilla varustettua lava-autoa. Nostimella varustettu auto on kustannustehokkaampi, koska kuljettaja voi lastata auton ilman erillistä siirtokalustoa ja liikutella kuormia normaalin liikenteen vauhdissa.

Pienemmän kappaletavaranoimella varustetun lava-auton hyödyt saa irti käyttämällä kuljettajana rakennusmiestä, joka pystyy sivutoimisesti kuljettamaan keskisuurta tavaraa työmaalla ilman suurempaa lastauskalustoa. Kappaletavaranoim mahdollistaa työmiehelle raskaiden tavaroiden liikuttelemisen itsenäisesti ilman liian suurta fyysistä räsitusä.

4.7.2 Kevyt kauhakuormaaja

Kevyen kauhakuormaajan edut laajalla työmaalla on kustannustehokkuus vuokrassa ja se, että sitä voi käyttää oma rakennustyömies. Pieni kauhakuormaaja on helppokäyttöinen ja nopeasti opittava. Monipuolisuutta lisää helppo liikuteltavuus ja koneeseen saatavat lisävarusteet.

Kesällä tavaroiden siirrot ja siivoukset kauhalla tai piikeillä hoituvat ilman suurempaa fyysistä räsitusä. Talvella lumien siirrot ja raivaukset hoituvat isommaltakin alueelta omaltakin rakennusmieheltä.

4.7.3 Trukki/pumppukärri

Työmailla joissa on paljon kerrosalaa, kaikki välineet tulisi pitää trukkilavojen päällä. Näin on käytännöllistä hyödyntää trukkia tai pumppukärrejä tavaranoim siirtoon vähentämään miehistön räsitusä sekä nopeuttamaan yksittäisten raskaiden tarvikkeiden tai useamman pienemmän tavaranoim siirtoa.

5 Raskaan kaluston seuranta työmaalla

Laajalla alueella työkoneiden seuranta on haastavampaa työmaan laajan pinta-alan sekä työkoneiden jatkuvan liikkumisen vuoksi. Työnjohtajalla aikaa kuluu hukkaan etsiessä työntekijää työmaalta, sekä samalla työntekijällä on mahdollisuus tehdä väärää tuottamatonta työtä työnjohtajilta piilossa.

Työmaan kaluston seuraaminen GPS-ohjelmien avulla antaa todellisen käyttöasteen kalustolle. Todellinen käyttöaste helpottaa laskujen tarkastamista sekä hävittää epävarmuutta paperisiin tuntilappuihin verraten.

Todellisen käyttöasteen selvittyä saadaan vähennettyä ylipitkiä taukoja sekä nähdään suoraan kaluston riittävyys tai vaihtoehtoisesti kaluston ylimitoitus työmaalla.

Laskutuksessa urakoitsija tai aliurakoitsija pystyy näyttämään tietokoneen tekemän raportin työmaan jokaiselta tehdyltä tunnilta reaaliajassa eikä näin ollen "kynätunteja" pääse muodostumaan. Pääurakoitsijan työmäärä keventyy yksittäisten paperilappujen selvittämisestä yhteen kokonaisuuteen, jossa aikaa säästyy selvästi enemmän.

5.1 Kiho Telematiikka ohjelma

Kiho Telematiikka -ohjelma on yksi monista työkoneiden seurantaohjelmista. Samankaltaisia ohjelmistoja työkoneiden seurantaan löytyy useilta eri valmistajilta. Ohjelma on monipuolinen seurantaohjelma raskaan kaluston seurantaan työmaalla. Ohjelman käyttökohteet työmaalla ovat:

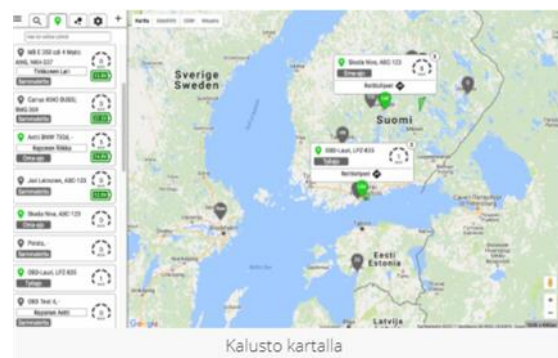
- Kuorma-auto
- Kaivinkoneet
- Pyöräkuormaaja
- Työautot
- Tiekarhu

Ohjelma toimii kalustoon helposti asennettavilla päätelaitteilla jotka ovat digipiirturiin yhdistettävä päätelaite (kuva 1) sekä kevyempi älypuhelimeen GPS:ää hyödyntävä päätelaite (kuva 1). Päätelaitteet lähettävät dataa, josta voi tarkastella kaluston liikettä työmaalla sekä minne kuormia on purettu. (Kiho Telematiikka 2017)



Kuva 1. Päätelaitteet havainne kuva (Kiho Telematiikka 2017)

Ohjelmisto piirtää reaaliajassa ajoneuvon liikettä työmaalla ja raportoi ajot alueittain (kuva 2), mikä helpottaa itse kaluston seuraamista ja kertoo mihin kuormia on ajettu. Työmaalla liikkussa toimihenkilö voi katsoa livekartta-palvelusta mobiilisovelluksella, missä kalusto milloinkin on menossa (kuva 3). (Kiho Telematiikka 2017)



Kuva 2 Kaluston seuraaminen alueella havainne kuva (Kiho Telematiikka 2017)

Kuva 3 kaluston seuraaminen kartalla havainne kuva (Kiho Telematiikka 2017)

5.2 Raportointi

Raportoinnin avulla on mahdollista hakea tietoa todellisista työajoista, kun paikannin kytketään erottelemaan teholliset työtunnit tyhjäkäynnistä ajoaikaraportissa (kuva 4). Ajoaikaraportissa nähdään kaluston todellinen käyttöaste sekä tarpeellisuus. Raportoinnin avulla pystytään näkemään tehdyt työtunnit sekä mitä on tehty työkohteiden raportoinnissa (kuva 5). Työmaan ajot raportoidaan yhdeksi taulukoksi koko työmaan ajalta ja niitä voi hyödyntää muita samankaltaisia työmaita suunnitellessa.

Ohjelma näyttää päivällä työntekijän kulkeman ajoreitin reittihistoriassa (kuva 6) sekä kuljettajan ajotavan työpäivän aikana. Työntekijä voi seurata omaa ajotapaansa, mikä vähentää polttoaineen kulumista ja auttaa kohti taloudellisempaa ja turvallisempaa ajotapaa ajotaparaporttia tuottamalla (kuva 7). (Kiho Telematiikka 2017)

Ajoneuvo	Matka	Ajoaika	Keskinopeus	Huippunopeus	Joutokäynti	Joutokäyntien määrä	Joutokäynti %	Hakuvälin käyttöaste %
12	2 051,52 km	29:33:07	69,00 km/h	110,00 km/h	02:07:42	23	7,00 %	41,04 %
48	1 623,16 km	28:18:48	57,00 km/h	102,00 km/h	01:57:51	23	7,00 %	39,32 %
Z	1 296,63 km	21:12:28	59,00 km/h	106,00 km/h	00:45:08	9	4,00 %	29,46 %
66	1 172,62 km	19:28:03	60,00 km/h	104,00 km/h	00:40:36	8	3,00 %	27,04 %
74	1 089,79 km	18:55:11	58,00 km/h	103,00 km/h	00:35:38	9	3,00 %	26,28 %
16	1 135,24 km	18:39:59	61,00 km/h	107,00 km/h	00:24:33	6	2,00 %	25,93 %
11	1 056,89 km	17:59:39	59,00 km/h	107,00 km/h	00:04:36	1	0,00 %	24,99 %
59	1 068,11 km	17:47:35	60,00 km/h	101,00 km/h	00:27:36	6	3,00 %	24,71 %
42	1 020,78 km	16:38:52	61,00 km/h	99,00 km/h	00:30:36	7	3,00 %	23,12 %
24	1 019,86 km	16:37:27	61,00 km/h	109,00 km/h	00:49:18	11	5,00 %	23,09 %
19	1 019,87 km	16:23:14	62,00 km/h	106,00 km/h	00:35:54	7	4,00 %	22,76 %
21	995,04 km	16:23:03	58,00 km/h	114,00 km/h	07:38:25	33	47,00 %	22,76 %
64	885,66 km	15:18:26	57,00 km/h	101,00 km/h	00:44:56	11	5,00 %	21,26 %
43	887,98 km	14:39:56	61,00 km/h	104,00 km/h	00:30:51	7	4,00 %	20,37 %
20	774,47 km	12:46:01	61,00 km/h	108,00 km/h	00:45:56	10	6,00 %	17,73 %
14	786,88 km	12:40:55	60,00 km/h	108,00 km/h	01:09:14	12	9,00 %	17,61 %
51	798,03 km	12:37:08	63,00 km/h	102,00 km/h	00:17:57	5	2,00 %	17,53 %
A11 TPMS_SA20	769,84 km	12:32:36	61,00 km/h	107,00 km/h	00:00:00	0	0,00 %	17,42 %
22	766,72 km	12:17:25	62,00 km/h	108,00 km/h	00:31:45	6	4,00 %	17,07 %
15	687,36 km	11:36:49	59,00 km/h	105,00 km/h	00:42:52	8	6,00 %	16,13 %
63	498,42 km	11:19:30	44,00 km/h	101,00 km/h	00:13:42	4	2,00 %	15,73 %
1	631,41 km	10:58:35	58,00 km/h	105,00 km/h	00:39:55	10	6,00 %	15,27 %

Matka 26221,09 km Ajoaika 444:14:43 Keskinopeus 51 km/h Joutokäynti 26:40:17 Joutokäyntien määrä 264 kpl Joutokäynti % 6 % Hakuvälin käyttöaste % 15,43 %

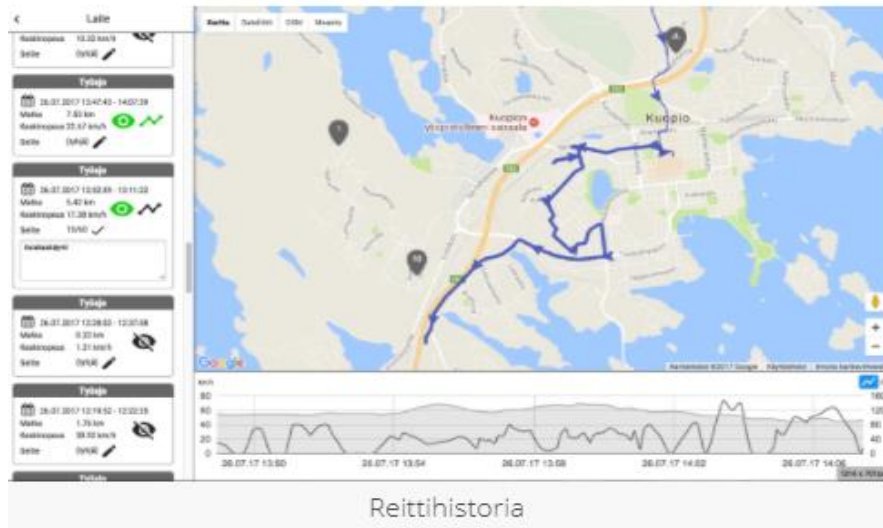
Kuva 4 Ajoaikaraportti havainne kuva (Kiho Telematiikka 2017)

Päivä	Ajotyyppi	Ajojen pituus	Ajojen kesto	Ajojen määrä
01.02.2017	Aurus	26,73	02:18:37	8

Tila	Ajoneuvo	Ajon alkuaika	Ajon loppuaika	Ajomatka	Ajon kesto
Aurus	Lahti 9 Kramer Allrad 2007 125-UAT	06:58	07:00	0,07	00:01:40
Aurus	Lahti 9 Kramer Allrad 2007 125-UAT	07:02	07:38	8,69	00:36:03
Aurus	Lahti 9 Kramer Allrad 2007 125-UAT	08:00	08:10	1,79	00:10:09
Aurus	Lahti 9 Kramer Allrad 2007 125-UAT	08:43	09:09	5,21	00:26:27
Aurus	Lahti 9 Kramer Allrad 2007 125-UAT	09:14	09:32	3,62	00:17:18
Aurus	Lahti 9 Kramer Allrad 2007 125-UAT	09:39	09:58	4,50	00:19:27
Aurus	Lahti 9 Kramer Allrad 2007 125-UAT	10:04	10:21	2,49	00:16:49
Aurus	Lahti 9 Kramer Allrad 2007 125-UAT	10:24	10:35	0,36	00:10:44

01.02.2017	Työajo	19,55	01:22:33	10
02.02.2017	Työajo	9,42	00:41:00	7
02.02.2017	Hiekoitus	11,38	00:40:51	4
03.02.2017	Työajo	30,08	02:17:04	6
03.02.2017	Aurus	76,99	05:38:28	7
03.02.2017	Hiekoitus	75,48	04:33:29	129
06.02.2017	Aurus	65,79	05:12:43	9
06.02.2017	Hiekoitus	41,65	02:49:23	74
06.02.2017	Työajo	15,68	00:42:54	4
07.02.2017	Aurus	7,46	00:37:45	1
08.02.2017	Aurus	16,33	01:24:11	3
09.02.2017	Aurus	46,74	03:58:40	9

Kuva 5 Työkohteinen raportointi automaattisesti havainne kuva (Kiho Telematiikka 2017)



Kuva 6 Reittihistoria havainne kuva (Kiho Telematiikka 2017)



Kuva 7 Ajotaparaportti havainne kuva (Kiho Telematiikka 2017)

5.3 Huollon seuranta

Kiho-huoltoseurannan avulla kaluston huollot, katsastukset ja tarkastukset muistetaan tehdä ajallaan ja kalusto pysyy kunnossa, jolloin konerikoista johtuvat häiriöt vähenevät. Huoltoseuranta tehostuu, kun kaikkien koneiden huollot pystytään katsomaan yhdestä paikasta (kuva 8) ja tilaamaan tarvittavat osat sekä huollot samanaikaisesti. Sovellus ilmoittaa huollot todellisten käyttötuntien sekä kilometrien mukaan. (Kiho Telematiikka 2017)

The screenshot shows a web application for fleet management. At the top, there are tabs for 'Ajoneuvot', 'Huolto-ohjelmat', and 'Huolohistoria'. The main header displays 'Kalustoluettelo' and 'Ajoneuvot'. Below this, a specific vehicle is highlighted: 'Traktori PUNAINEN 171' with license plate '732-960' and 'Valtra T171 (2011)'. It shows 3191 km / 3960h and buttons for '+ Katsaus', '+ Huolto / Korjaus', and a warning icon.

The main content area is a table with columns: 'HUOLTO-OHJELMAN NIMI', 'MATKAVÄLI', 'AIKAVÄLI', and 'KÄYTTÖAJAVÄLI'. The table lists several maintenance tasks for the selected tractor:

HUOLTO-OHJELMAN NIMI	MATKAVÄLI	AIKAVÄLI	KÄYTTÖAJAVÄLI
Pakkausteene tarkistus	-	1v (28k 27pv jäljellä)	-
Traktorin isohuolto	-	-	1000h (726h jäljellä)
Traktorin pienihuolto	-	-	500h (17h jäljellä)
Traktorin välihuolto	-	-	1000h (273h jäljellä)

Below the table, there is a list of other vehicles in the fleet:

Ajoneuvon tyyppi	Merkki / Malli	Vuosi	Moottori	Kilometriä / Tuntia	Käynnistetty	Buttons
Kuorma-auto	Volvo FLJ	2013	Diesel	-	15.01.2018	+ Katsaus, + Huolto / Korjaus
Henkilöauto	Mercedes-Benz Sprinter 316	2011	-	210 406km	26.10.2017	+ Katsaus, + Huolto / Korjaus
Kaivinkone	Doosan DX 160 HLC	2014	-	3 586km / 5 508h	-	+ Katsaus, + Huolto / Korjaus
Täysperävaunu	MATEC SIVUKIPPI	2013	-	-	14.01.2018	+ Katsaus, + Huolto / Korjaus
Traktori	Valtra T193	2015	-	2 260h	-	+ Katsaus, + Huolto / Korjaus

Kuva 8 Huoltonäkymä. (Kiho Telematiikka 2017)

5.4 Hälytykset

Kiho automaattisten hälytysten avulla saa tekstiviestin tai sähköpostin aina, kun jotain ei sallittua tai toivottua tapahtuu, jolloin on mahdollista reagoida riittävän nopeasti, ettei oikeaa vahinkoa pääse tapahtumaan. Koneeseen asetetaan halutut hälytykset, joita ovat esimerkiksi:

- Ajoneuvo käynnistetään, vaikka kukaan työntekijä ei ole kirjautunut koneeseen
- Ajoneuvo poistuu määrätystä alueelta yöaikaan
- Ajoneuvon jännite laskee alle määrätyn rajan
- Ajoneuvon varoitusvalo syttyy.

6. Aluesuunnittelu

6.1 Aluesuunnittelun tarkoitus

Työmaan aluesuunnitelma on päätoteuttajan laatima perussuunnitelma työmaan toimintojen jäsentämisestä ja tehtävien järjestämisestä. Työmaan aluesuunnitelma on työmaan sisäisten ja ulkoisten logistiikkajärjestelyjen sekä työ- ja turvallisuusjärjestelyjen ohje- ja tiedonvälitysväline hankkeessa toimiville.

Aluesuunnittelu on tuotannosuunnittelun tehtävä, jossa työmaatoiminnot ja niiden vaatimat järjestelyt suunnitellaan mahdollisimman sujuviksi rakentamisen eri vaiheissa. Aluesuunnitelma on kirjallinen esitys siitä, miten työmaatoiminnot sijoitetaan rakennuspaikalla. Aluesuunnitelmaa ylläpidetään hankkeen edetessä ja siitä tulostetaan yksityiskohtaiset suunnitelmat rakentamisen eri vaiheita ja tehtäviä varten.

Rakennustyömaan aluesuunnittelu on koko hankkeen toteutuksen ajan jatkuva rakentamisvaiheittain etenevä toimintasarja. Työmaan aluesuunnittelu on osa rakennushankkeen toteutuksen tuotannon suunnittelua. Se koostuu yleis- ja rakentamisvaiheen suunnittelusta, aluesuunnitelman laadinnasta ja ylläpitämisestä sekä työmaa-alueen käytön ohjauksesta suunnittelun mukaisesti. Aluesuunnitelmaa täydennetään, muutetaan ja laajennetaan rakentamisvaiheittain rakentamisen edetessä työmaalla. (Ratu C2-0454 Rakennustyömaan aluesuunnittelu 2017)

6.2 Työmaalla liikkuminen

Laaja-alaisella työmaalla liikkuminen korostuu pienempiin työmaihin verrattuna ajan käytössä ja siksi työmailla pitää pystyä minimoimaan eksymisen mahdollisuutta kohteen työpisteiden numeroinnin ja selvän ohjeistuksen avulla. Työpisteiden looginen merkkäminen ja selvät ohjeistukset riittävän tarkasti, vähentää työmaalla ylimääräistä liikkumista tavarantoimittajilla sekä muulla työmaan henkilökunnalla selvän merkkäamisen myötä.

6.3 Tarkepisteet

Työmaan aluesuunnitelmassa kannattaa panostaa pieni hetki kohtaamispaikkojen suunnitteluun, koska työntekijöiden etsimisessä kuluu yleensä turhaa aikaa ja useimmissa tapauksessa tulee ristiin etsimistä, mikä pahimmillaan kuluttaa tuottavaa työskentelyaikaa usealta työntekijältä.

Tarkepisteet ovat työmaalla työntekijöille tarkoitettuja kohtaamispaikkoja, jotka on merkitty aluesuunnittelukarttaan sekä näkyvästi työmaalle niille sovituille paikoille.

Tarkepisteet kannattaa sijoittaa keskeisesti työpisteiden ympärille tai sellaisille paikoille, jossa työntekijät oleskelevat yleisesti, esim. taukotilojen ja tupakkapaikkojen läheisyyteen. Näkyvä merkitseminen työmaalla helpottaa varsinkin uusia työntekijöitä sekä tavarantoimittajia.

Toimitilarakentamisessa suurissa sisärakentamiskohteissa merkitseminen kannattaa sijoittaa rappukäytävien ja yleisten kulkureittien läheisyyteen sekä merkitseminen sektoreihin jakamisen mukaan, mikä tarkoittaa aluesuunnitelmaan merkattua sektorin kirjainta ja kerrosnumeroa.

Työmaa-aitojen ulkopuolella olevia kohtaamispaikkoja ei pidä sekoittaa työmaan tarkepisteisiin, koska kohtaamispaikat ovat virallisia tapaamispaikkoja onnettomuuden tai työmaan tyhjentämistilanteita varten.

6.4 Työpisteiden numerointi

Työpisteiden selvä numerointi auttaa työntekijöiden ohjausta oikeille työpisteille maantieteellisesti laajalla-alueella ilman turhaa etsintää sekä pienentää mahdollisuutta mennä tekemään väärälle työpisteelle tuottamatonta työtä. Numerointi myös helpottaa edistymisen seuraamista useissa samankaltaisissa työvaiheissa. Työpisteille voi tehdä työvaiheista listan useissa samankaltaisissa kohteissa, johon työntekijä merkkää oman tehdyn työvaiheen, josta työkohteen valmiusastetta voidaan helpommin seurata.

Valmis työvaihe lista auttaa myös työn katkeamattomaan kulkuun työntekijöiden välillä. Työpisteeltä työntekijän lähtiessä hän merkkää oman työnsä tehdyksi ja kutsuu seuraavan tekijän paikalle listasta, jolloin työvaiheiden eteneminen on sujuvaa eikä työvaiheita näin voi jäädä tekemättä.

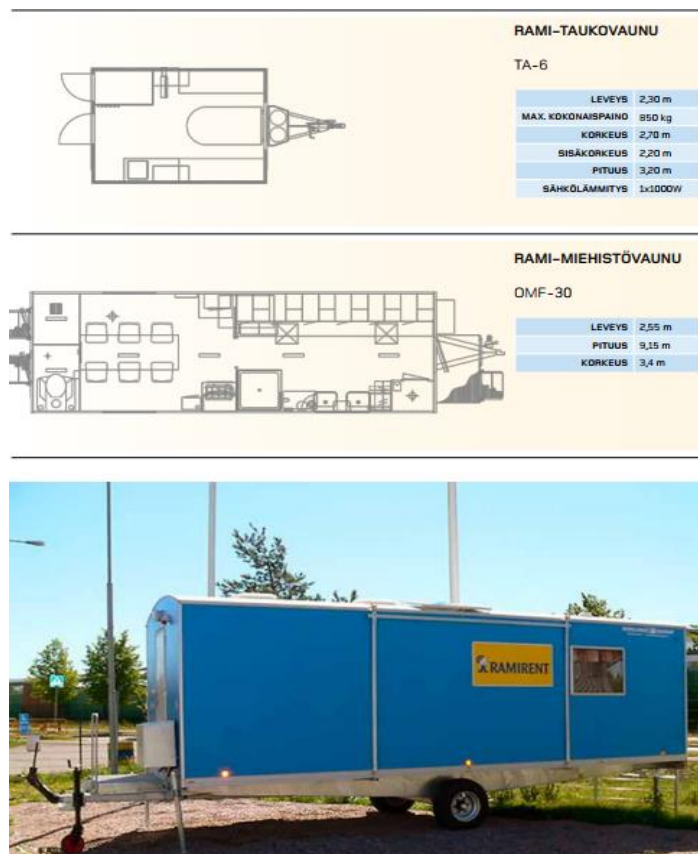
6.5 Keskeiset sosiaalitilat

Työmaan sosiaalitilojen suunnittelu on tärkeää joka päiväisen tauoille kulkemisen ajan minimoimiseksi. Työmaan vakituinen sosiaalitila kannattaa rakentaa keskeisesti työmaalle, mutta kuitenkin lähelle pitkäaikaisinta rakennuspaikkaa. Kaukaisimmat työpisteet kannattaa suunnitella liikuteltavilla sosiaalitiloilla matkaajan tuottamattoman ajan vuoksi.

6.6 Liikuteltavat sosiaalitilat

Liikuteltavien sosiaalitilojen hyödyt ja merkitys kasvavat laajalla rakennustyömaalla, missä työpisteen ja sosiaalitilan väliin alkaa matka pidentyä jolloin tuottamaton aika pääsee kasvamaan jokaista työntekijää kohden, joka kävelee pidemmän työmatkan vakituiselle sosiaalitilalle.

Renkaiden päällä oleva sosiaalitilaparakki on hyvä vaihtoehto kauempana oleviin työpisteisiin joko pienemmälle ryhmälle taukovaunu tai isompaan työkohteeseen miehistövaunu (kuva 9).



Kuva 9 Miehistövaunu havainne kuva (Ramirent Finland Oy 2017)

6.7 Würth WuCon Center

Wurthin tarvikekonttikauppa (kuva 10) on hyödyllinen lisä työmaan varustukseen jatkuvan tarvikkeiden saatavuuden vuoksi. Konttikauppa on aina avoinna sekä mahdollisuus varustaa muuttuvien työvaiheiden mukaan, mikä vähentää työmaan tarvikevarastointia jokaiselle erilaiselle tarvikkeelle. Työtarvikkeiden välitön saaminen työmaalta säästää aikaa tarvikkeiden tilaamisessa sekä nopeuttaa työvaiheiden alkamista. Wurthin järjestelmä kirjaa automaattisesti tuotteet joita on käytetty, jolloin hävikki on todellisempi sekä pienenee yleisesti.

Würth WuCon Centterin käyttö

Työmaalla valtuutetut henkilö voivat käydä hakemassa yksilöllisellä tunnisteella tarvikkeita kontista luentatilaan. Järjestelmä tunnistaa automaattisesti halutut tuotteet, mitkä kuitataan henkilötunnisteella, jonka jälkeen voi jatkaa töitä välittömästi. Kontin järjestelmä hälyttää automaattisesti Wurthin henkilökunnan täyttämään kontin halutuilla tarvikkeilla, jolloin kontin tarvikkeet pysyvät ajan tasalla ilman erillistä täyttökutsua. (Würth Oy 2017)



Kuva 10 Würth wucon center tarvikekontti havainne kuva. (Kuva Ari Piiparinen)

6.8 Tupakoinnin merkitys savuttomilla työmailla

Savuttomilla työmailla tupakkapaikoille kulkemiseen kuluu yleisesti yhtä pitkä, jos ei pidempi aika kuin itse tupakointiin, siksi työmaalle kannattaa sijoittaa tarpeeksi paljon tupakkapaikkoja työpisteiden lähetyville ylimääräisen liikkumisajan minimoimiseksi.

Siirrettävä tupakkapaikka kevyemmällä palomääräyksillä varustelluille työmaalle tarvittavilla alkusammuttimilla sekä palamattomilla jäteastioilla. Tupakkapaikka on helposti siirrettävissä myös ilman raskaampaa siirtokalustoa (kuva 11).

Siirrettävä tupakkapaikka tarkemmin palomääräytyille rakennus kohteille. Merikonttiin rakennettava tupakkapaikka, joka on varustettu asiaan kuuluvilla alkusammuttimilla ja jäteastioilla. Merikonttiin rakennettavilla tupakkapaikoilla saadaan minimoitua ympäristön syttyminen sekä mahdollistetaan tupakointi työmaan sisäpuolella tarkemmin paloluokitelluissa kohteissa. Tupakointikontti on siirrettävissä työkonella työpisteiden vaihtuessa (kuva 12).



Kuva 11 Havainne kuva
Helposti siirrettävä tupakkapaikka
(Kuva Ari Piiparinen)



Kuva 12 Havainne kuva
Tupakointipaikka tarkemmille työmaalle

6.9 Laajatyömaan sähköistys

Laajan työmaan sähköistyksessä on omanlaisensa haasteet pienempiin työmaihin verrattuna maantieteellisen pinta-alan vuoksi. Laaja-alueella toimivaa työmaata ei saadaan sähköistettyä kokonaan, jolloin työmaata joudutaan sähköistämään alue kerrallaan ja käyttämään aggregaatteja työmaan sähköistykseen (kuva 13). Aggregaatit voivat olla käytössä melko loppuun asti työmaan kannalta.

Laajalla työmaalla aggregaattien ja valomastojen liikuteltavuuden helppous korostuu työmaan pinta-alan vuoksi, jolloin välineitä joudutaan liikuttelemaan työpisteiden välillä yleensä veto auton perässä. Parhaan hyödyn saamiseksi aggregaattivalomastoja (kuva 14) kannattaa hyödyntää sähköntuotossa päivällä sekä valon saamiseksi illalla, jolloin käyttöaste pysyy korkeana ja kaluston kustannuksissa saadaan säästöä. Pelkän valontuottamiseksi kannattaa käyttää LED lampuilla toimivia valomastoja pienen koon ja virrankulutuksen vuoksi (kuva 15)



Kuva 13 Havainne kuva autonperässä liikuteltava aggregaatti (Atlas Copco 2017)



Kuva14 Havainne kuva autonperässä liikuteltava aggregaatti valomasto (Atlas Copco 2017)



Kuva 15 Havainne kuva led valomasto (Luxtover 2017)

6.10 Sähköistysuunnitelma

Työmaan sähköistysuunnitelma laaditaan yleensä asemapiirustuksen tai työmaasta tehdyn erillisen aluesuunnitelman pohjalle. Suunnitelmasta selviää koko työmaan jakeluverkon sijainti työmaa-alueella. Suunnitelmasta tulee selvittää:

- liittymän sijainti ja syöttöjohdon tyyppi
- pääkeskuksen paikka.
- alajakokeskuksien paikat ja tyypit.
- kaapeleiden kulkureitit ja tyypit
- tehontarpeeltaan suurimmat kulutuskojeet

Pääkeskus tulisi sijoittaa työmaalla siten, ettei se jää rakentamisen edistyessä haitalliselle paikalle. Alajakokeskuksien paikat määritellään suunnitelmaan ottaen huomioon rakennuksien ja muiden työskentelypaikkojen tehontarve ja sijainti työmaa-alueella. Suunnitelmaan merkitään kaikkien kaapeleiden, myös nousujohtojen, kulkureitit mahdollisimman tarkasti (Ratu 5.13 Työmaansähköistys 2007)

6.11 Työmaan valaistus

Työmaan valaistuksesta tehdään erillinen valaistussuunnitelma. Työmaan valaistus tulee suunnitella niin, että työmaan yleisvalaistus on riittävä turvallista liikkumista ajatellen ja kaikkien työkohteiden valaistus on työtä ajatellen riittävä. Valaisimet asennetaan riittävän korkealle häikäisyn välttämiseksi. Häikäisyä ei työmaalla pystytä täysin välttämään suurten valotehojen vuoksi. Hyviä kiinnityspaikkoja valaisimille ovat valonheitinjalca ja -masto, työmaakoppien katoille pystytetyt telineet valaisimille. (Ratu 5.13 Työmaansähköistys 2007)

6.12 Kulunvalvonta

On tärkeää tietää työmaalla liikkuvat henkilöt päivällä työmaan toiminnan aikana sekä estää työmaalla asiaton kulkeminen sinne kuulumattomilta henkilöiltä. Ulkopuoliset henkilöt ovat riski työmaalla kohteen vuoksi tai henkilöiden itsensä satuttamisen vuoksi. Työmaan kulunvalvontaa saa automatisoitua sekä helpotettua pakollisilla pyöröportin kautta kuljettavilla leimaamisilla ja ajoneuvoissa olevilla GPS tunnistimilla joka seuraa työmaa liikennettä.

Työmaan toiminnan ulkopuolisella ajalla on tärkeää työmaan suojaaminen ilkeivallan, varastamisen sekä tuhopolttojen varalta. Työmaalle koituvista ilkitöistä seuraa harmia työmaan kannalta kustannuksien ja jälkiselvittelyjen vuoksi. Vartiointilla voidaan ehkäistä ilkitöitä sekä saada mahdolliset syylliset kiinni.

6.12.1 Työntekijöiden kulunvalvonta työmaalla

Työajanseuranta tai tuntikirjanpito on Suomessa lakisääteinen toiminto, joka on pakollinen myös kuukausipalkallisille työntekijöille. Työaikalaki ei vaatimuksissaan erottele kuukausipalkkaisia ja tuntipalkkaisia työntekijöitä, vaan lain mukaan työnantajan on pidettävä työaikakirjanpitoa työntekijöittäin kaikista tehdyistä tunneista.

Kulunvalvonnan haasteena on leimaamisen unohtaminen työmaalle tullessa sekä lähtiessä jolloin päivittäiset henkilömäärät eivät täsmää järjestelmissä eikä verottaja saa oikeaa tietoa työmaasta.

6.12.2 Pyöröportit kulunvalvonnan tukena

Pyöröportteja käytetään työmaalle tullessa ja lähtiessä jolloin leimaaminen jää voimaan pyöröportin lukijasta. Työmaalla on oltava tarpeeksi pyöröportilla varustettuja poistumisväyliä, joissa kaikissa on kulunvalvonnan lukija, sekä isompiin portteihin työmaalla tulisi olla henkilökohtainen avain tai etäluettava leimaus laite, jolla työmaalla olo voidaan kirjata järjestelmään.

6.13 Alueen vartiointi

Tavallisimpia omaisuusrikoksia ovat ilkivalta, murrot, varkaudet ja tuhopoltot. Riskejä voidaan ehkäistä ennakolta erilaisin toimin.

Työmaan suunnitteluvaiheessa tulee ottaa huomioon työnaikaisten rikosten mahdollisuus ja valita kunkin rakennustyömaan kannalta sopiva suojaustaso ja menetelmät kohteen tärkeyden ja uhkaavien riskien edellyttämällä tavalla.

Suojattavia kohteita rakennuskohteen lisäksi ovat työmaan toimisto-, sosiaalitila- ja varistorakennukset, työkoneet ja laitteet sekä rakennusmateriaalit.

Nämä voidaan suojata rakenteellisilla murtosuojauksilla, vartioinnilla, teknisellä valvonnalla, aitaamalla työmaa-alue, valaistuksella, kulunvalvonnalla ja omaisuuden turvamerkinillä.

Laajan työmaan vartiointi on haastavampaa suppean työmaan verrattuna jolloin kannattaa hyödyntää vartiointiliikkeiden tarjontaa. Turvallisuus ja vartiointiliikkeiden ammattilaisten kanssa laaditut vartiointijärjestelmät ovat työmaakohtaisia. Työmaan elinkaaren mukaan tehdyssä turvallisuus ratkaisuilla pyritään pitämään työmaa riittävässä valvonnassa työmaan edetessä.

6.13.1 Hälytysjärjestelmät

Hälytysjärjestelmät valvovat työmaata murroilta ja asiattomilta henkilöiltä. Liiketunnistimia asennetaan sisälle työmaaparakkien ja rakennuskohteiden suojaamiseksi sekä ulos valvomaan työmaa-alueita.

Hälytysjärjestelmä on oltava yhteydessä vartiointiliikkeeseen, josta lähetetään vartija aina tarvittaessa työmaalle tarkistamaan vastaanotettu hälytys.

6.13.2 Valvontakamerat

Kameravalvonta ehkäisee ilkivaltaa ja rikoksia, sekä auttaa jälkivahinkojen selvittämisessä. Tehokas valvonta perustuu liikkuvan kuvan jatkuvaan tallentamiseen ja siirtoon, joka on reaaliaikaisesti saatavilla ja mahdollistaa välittömän reagoinnin.

Valvontakameroilla valvotaan työmaan tärkeimpiä alueita. Kylteillä merkitty kameravalvonta ennaltaehkäisee tehokkaasti asiattomien henkilöiden tuloa työmaa-alueelle ja vähentää murtojen ja ilkivaltatekojen määrää. Videotallenteet ovat usein myös tärkeä todiste, kun tapahtunutta rikosta selvitetään.

Työmaalle voidaan asentaa tiettyjä alueita valvovia kiinteitä kameroita tai langattomia kameroita, jonka kuvaa voidaan liikuttaa ja tarkentaa kameran etähallintaohjelmalla.

6.13.3 Vartiointi palvelu

Työmaan turvallisuutta nostetaan säännöllisiä tarkastuskierroksia tekevän tai työmaalla jatkuvasti olevan vartijan avulla. Kiertovartija käy säännöllisin väliajoin tarkistamassa työmaan sovitut alueet, aitojen ja porttien kunnon sekä konttien lukitukset. Vartija reagoi välittömästi havaitsemaansa poikkeustilanteeseen

Työmaavartija on työmaalla läsnä ja seuraa valvontakameroita. Vartija avaa ja lukitsee ovia määrättyinä aikoina ja hallitsee sisäistä hävikkiä. Vartijalla voi olla erilaisia tarkistuskohteita, kuten tulityöt, sammutuskalusto, työskentelyolot, työvarustus ja päihde-epäilyt.

6.13.4 Kulunhallinta

Työmaa turvataan rajaamalla alue aidoilla ja porteilla, jotka estävät asiattomien henkilöiden pääsyn alueelle. Pääsyä työmaalle voidaan hallita myös pyörö- ja ajoneuvoporteilla, jolloin työmaalle pääsevät vain kulkuluvan saaneet henkilöt.

6.14 Talven vaikutus laajalla työmaalla

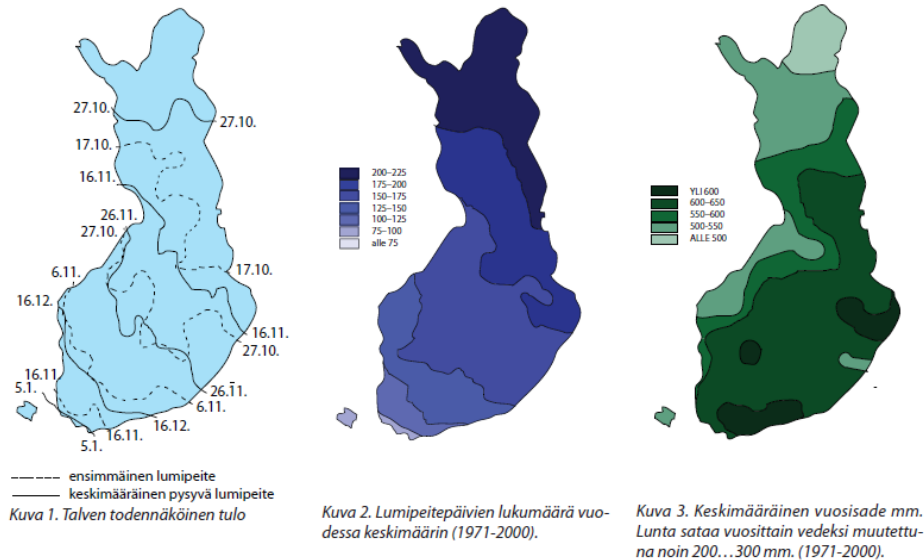
Talvi on merkittävä kustannuslisä työmaalla. Varsinkin pinta-alan lisääntyessä sen merkitys kasvaa monelta osalta. Lumen poisto rakentamisen edestä on merkittävä työvaihe, johon kuluu merkittävästi työtunteja, mikä hidastaa työmaan etenemistä. Työmaalla tarvitaan raskasta kalustoa pitämään työmaa tiet kunnossa, jotta työturvallisuutta sekä työteho pystytään pitämään ennallaan.

Työmaan sijainti

Työmaan sijainti vaikuttaa paljon talven haittojen suunnittelussa sekä työmaan arjessa. Pohjoisessa talvi kestää pidempään sekä lunta on huomattavasti enemmän kuin etelässä jolloin luonnollisesti kustannukset kasvavat talvella lämmityksen sekä talvitöiden lisääntyneiden kuukausien takia (Kuva 17 ja 18).

6.14.1 Talven kuvaus tietoja

Talviolosuhteita koskevat tilastotiedot ovat välttämätön apu talvirakentamista suunniteltaessa. Tilastoista saadut tiedot on tarkoitettu lähinnä alustavaan rakennustyön suunnitteluun. Paikalliset lämpötilat ja pakkasmäärät voivat kuitenkin poiketa tilastotiedoista merkittävästi, sillä Suomen säätila vaihtelee erittäin paljon vuosittain. Lisäksi työmaiden sijainnista riippuen saattaa pakkaslukemissa olla suuriakin eroja (kuva 16 ja 17). (Ratu C8-0377 Talvityö ja kustannukset 2010)



Kuva 16 säätilojen vaihtelu eripuolilla suomea (Ratu C8-0377 Talvityö ja kustannukset 2010)

Paikkakunta	Lämpötilaminimi alle -10 °C							Yhteensä
	loka	marras	joulu	tammi	helmi	maalis	huhti	
Helsinki	0	3	8	11	11	9	1	40
Turku	0	2	7	9	10	6	0	34
Lappeenranta	0	4	11	15	15	9	1	55
Vaasa	1	5	11	14	14	9	1	55
Joensuu	1	7	15	18	18	12	3	74
Oulu	1	8	16	19	17	12	2	75
Sodankylä	5	15	21	24	21	16	9	111

Kuva 17 Talvikuukausien pakkaspäivät eripuolilla suomea (Ratu C8-0377 Talvityö ja kustannukset)

6.14.2 Energiantarpeen kasvu

Energian talvilisäkustannukset aiheutuvat muuttuneesta ja lisääntyneestä energian kulutuksesta. Energiantarve on erilainen eri rakennusvaiheessa. Energiaa kuluu mm. betonivalujen lämmittämiseen, työmaarakennusten lämmittämiseen (kuva 18), rakennuksen lämmittämiseen ja kuivaukseen, lumen ja jään sulatukseen sekä valaistukseen ja koneiden käyttöön.

Talvikuukausina lämmitettävät rakennukset (brm ²)	Lämmityksen ja kuivatuksen työmenekki (tth/talvi-kk)
1500	50
3000	70
5000	100
10 000	170

Kuva 18 lisääntyneet talven lämmitys kulut rakennus kuutioille (Ratu C8-0377 Talvityö ja kustannukset 2010)

6.14.3 Koneiden ja laitteiden muuttunut tarve

Koneiden ja laitteiden talvilisäkustannuksella tarkoitetaan kustannuksia, jotka aiheutuvat talvella tarvittavista erilaisista koneista, lisäkoneista ja -laitteista sekä tehokkaammista koneista. Koneita ja laitteita tarvitaan lämmitykseen sekä lumen ja roudan sulatukseen (Kuva 19) eli varsinaisiin talvilisätöihin.

Lisäkoneilla ja -laitteilla tarkoitetaan sellaisia laitteita, joita tarvitaan talvella useampia kuin kesällä. Varsinkin maarakennustöissä tarvitaan tehokkaampia eli isompia koneita roudan vuoksi. (Ratu C8-0377 Talvityö ja kustannukset 2010)

Sataneen lumikerroksen paksuus (mm)	Lumen luonti ja jään sulatus
> 10 mm	0,005 tth/m ²
> 50 mm	0,010 tth/m ²
> 100 mm	0,20 tth/m ²

Kuva 19 Lumen poiston työmenekki (Ratu C8-0377 Talvityö ja kustannukset 2010)

7 Tietotekniikan hyödyntäminen työmaolosuhteissa

7.1 Tekniikan hyödyntäminen kosteus mittauksissa

Työmaa aikaisten olosuhteiden mittaaminen on tärkeää työmaan laaduntakaamiseksi. Tekniikkaa hyödyntäminen erilaisilla antureilla ja mittalaitteilla tuo lisävarmuutta rakenteiden kosteuden hallintaan sekä vähentää kosteusvaurioiden syntymistä. Etäluettavaan järjestelmään liitetyt anturit antavat

laajan työmaan eripuolilta dataa saman aikaisesti jolloin koko työmaan kosteuden hallinta on helpommin selvillä eripuolilta työmaata.

Rakenteisiin asennettavilla antureilla voidaan myös paikantaa ulkopuolinen kosteuden lähde tai vuotokohta, jolloin mahdollisiin rakennusvirheisiin päästään puuttumaan rakentamisen aikana eikä suurempaa virhettä pääse näin ollen tapahtumaan.

Etäluettavat mittarit nopeuttavat tiedonsaamista työmaalta vähentäen toimihenkilön työmäärää kosteudenhallinnan kirjanpidosta sekä vähentävät huomattavasti kosteusongelmia. Anturit jotka havainnoivat veden-sähkön kulutusta antavat varmuuden iltaisin sekä viikonloppuisin puhelimeen tulevilla hälytyksillä, jos kulutus ylittää annetun poikkeama arvon jolloin saa ilmoituksen esim. putkirikosta ja välttään isommilta vesivahingoilta. Anturit ja mittalaitteet lisäävät rakentamisen laatua vähentäen havainnoimisaikaa sekä pienentäen isomman virheen mahdollisuutta.

7.2 Työmaan viestintä

Työmailla on yleisesti tiedon kulkeminen haastavaa useiden eri työpisteiden etäisyyksien takia sekä yleinen tiedon kulkeminen tökkii työntekijöiden ja työnjohtajien välillä. Työmaan tiedonkulkua voidaan parantaa yhteisten viestimien kautta, jotka ovat esimerkiksi työntekijöille reaaliajassa näkyvät infotaulut sekä yhteiset viestintäryhmät.

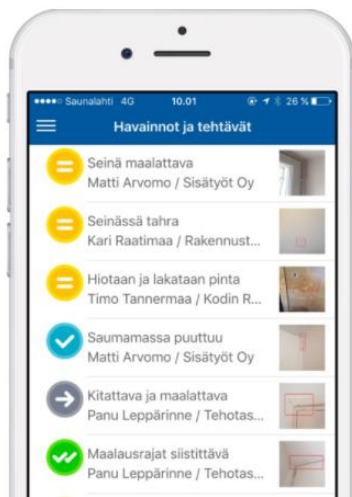
Työmaalla kannattaa suosia älypuhelimien lisääntyneitä käyttöä työntekijöiden ja toimihenkilöiden välillä perustamalla esimerkiksi ryhmiä ilmaiseen WhatsApp sovellukseen jossa voidaan jakaa kuvia sekä viestejä useammalle henkilölle yhtä aikaa. Erilaisilla ryhmillä ovat esim. koko työmaan henkilökunta, työmaanjohto sekä aliurakoitsijoiden kärkihenkilöt. Työmaan avoimuus viestinnässä pienentää etäisyyttä työntekijän ja antajan välillä joka nopeuttaa työmaalla tiedonkulkemista.

7.3 Consight

Consight ohjelmisto on käytössä usealla SRV:n työmaalla ja todettu monipuoliseksi ohjelmistoksi jota ollaan ottamassa käyttöön entistä enemmän. Ohjelmiston hyöty on helppokäyttöisyys työmaan tabletti tietokoneilla, koska ohjelmistossa on työmaan kartat ja siten korjauskehotus on helpompi paikantaa valokuvan ja karta avulla.

Projektin eri osapuolet voivat suoraan välittää erilaisia tehtäviä, korjauspyyntöjä sekä seurata projektin etenemistä Tehtävien hallinta -havaintojen avulla.

Havaintoja voi luoda helposti ja nopeasti paikan päällä. Havainnon tueksi voi ottaa kuvia, joihin voi tarvittaessa tehdä merkintöjä (Kuva 21). Voit myös hyödyntää puheentunnistusta kuvausten kirjaamisessa. Lisäksi havainnon voi kohdistaa pohjapiirustuksissa tiettyyn sijaintiin. (Consight 2017)



Kuva 20 Havainne kuva puutelistasta (Consight 2017)

7.3.1 Työmaan laatutarkastukset

Tarkastukset ovat vastaavan, työmaavalvojan ja työnjohtajan työkalu, jolla toteutetaan työmaahan liittyvät laatutarkastukset ja katselmukset. Tarkastuksiin voi helposti liittää virrehavainnot kuvineen ja kommentteineen. Käytössä on yli 300 rakennusalan tavanomaista tarkastuspohjaa, joita voi muokata tarpeisiin sopiviksi. Voit myös lisätä järjestelmään yrityksen omat laatukortit.

(Consight 2017)

7.3.2 Työturvallisuusmittaukset

TR- ja MVR-mittaukset voi tehdä kätevästi alueittain. Virheet ja puutteet voi välittää vastuullisille yrityksille ja tekijöille. Mittaustuloksista on mahdollisuus luoda viralliset raportit AVI:lle

(Consight 2017)

7.3.4 Web-sovellus työmaiden hallintaan

Selainsovelluksessa on mahdollista hallita ja valvoa projekteja sekä luoda raportteja ja laatutarkastuksia. Kaikki toimihenkilöt pysyvät ajan tasalla projektien kulusta kentällä tuotetun reaaliaikaisen tiedon avulla.

Asiakirjojen ja piirustusten selaus

Projektin tärkeimmät asiakirjat kuten piirustukset, suunnitelmat ja sopimukset säilytetään yhdessä paikassa ja ovat selattavissa mobiililaitteilla ja web-sovelluksella. (Consight 2017)

7.4 IoT-palvelut

Internet of Things tarkoittaa laitteiden ja koneiden liittämistä verkkoon. Laitteita ohjataan ja mitataan pääsääntöisesti etänä ja laitteiden tuottama data on analysoitavissa reaaliajassa. Esineiden internet mahdollistaa esimerkiksi lämpömittauksen automatisoiminen (Kuva 21), mikä vähentää päivittäisen mittauksen tarvetta ympäri työmaata sekä dataa kertyy jatkuvasti luettavaksi palveluun (Kuvat 22) ilman erillistä työmaan kiertämistä päivittäin. Varsinkin laajalla työmaalla mittareiden kiertämiseen menee paljon työaika, jota automaattinen ilmoitin järjestelmä saa säästettyä ilman työmaalla jokaisen mittarin erikseen kiertämistä. (IoT- Palvelut 2017)



Kuva 21 havainne kuva työmaan automaattisesta lämpömittarista ja vieressä analoginen mittari kertomassa työmaan sen aikaista lämpötilaa (Kuva Ari Piiparinen)



Kuva 22 Havainne kuva työmaan olosuhteita kuvaava olosuhde käyrät (IoT Palvelut 2017)

7.5 Työmaan olosuhteita tallentavat mittarit

Olosuhdehallinta auttaa saavuttamaan työmaalle asetetut tavoiteolosuhteet sekä analysoimaan mahdollisia riskikohtia. Parhaimmillaan työmaa on energiatehokas, olosuhteiltaan miellyttävä sekä rakentamisen kannalta optimaalinen.

Automaattiset mittalaitteet tallentavat olosuhteet työmaan eripuolilla. Mittalaitteita voidaan sijoittaa rakennuksen sisäosiin eripuolille työmaata, joilla voidaan todentaa riittävä rakentamisen aikainen kuivuminen sekä ilmanvaihto työmaan jokaisella alueella.

Rakenteisiin asennettavilla mittalaitteilla voidaan varmistaa riittävä kosteusolosuhteet ennen pintamateriaaleiden asennusta. Rakenteiden olosuhteiden mittaamisella vähennetään uusien talojen kosteusongelmia sekä tallentaa työmaa aikaisia olosuhteita. Työmaa aikainen kosteus näkyy mittareissa laskevana käyränä tallentaen päivittäistä kuivamista. Mittarit havaitsevat ulkoiset kosteuden lähteet, jos rakenteisiin pääsee kosteutta ja mahdollinen vuotokohta tai vesivahinko voidaan todentaa hyvinkin nopeasti. Tablettitietokoneella on helppo tarkistaa toteutunut lämpötila jälkikäteen ja varmistaa rakenteiden kuivuminen. (kuva 23)

Ongelman sattuessa työmaalla laitteistosta voi tarkastella koko työmaan aikaiset lämpötilat ja kosteus suhteet onko virhe sattunut missä vaiheessa ja ongelma voidaan huomata aikaisemmin



Kuva 23 Havainne kuva ohjelmiston tekemistä työmaan olosuhteista (IoT-Palvelut)

7.6 SRV Oy:n Yhteistyökumppani INTEGRAL

Kosteudenhallinta on oleellinen osa työmaatoimintaa. Kosteusmittaus ja rakenteiden kuivuminen voidaan mitata etänä, jolloin langattomat anturit välittävät jatkuvasti tietoa mitattavasta kohteesta. Kaikkien käytössä olevien IoT-antureiden tuottama data on seurattavissa selkeästä käyttöliittymästä niin tietokoneella ja myöskin mobiililaitteilla. Yrityksellä on käytössä seuraavat Käytössä olevat mittarit:

- Lämpötila-kosteusanturi
- Betonivalun lujuuDENkehitys
- Sähkönkulutusmittaus

- Vesimittari
- Vuotovahti
- Tankkianturi
- Ovihälytin

(INTEGRAL 2017)

7.7 Wiiste

Työmailla, joissa langattoman nettiyhteyden kattavuus on pienempi, voidaan käyttää Wiisten tuottamia mittajärjestelmiä. Wiisten anturit luetaan paikan päällä erillisellä mittarilla ja data lähetetään pilvipalveluun koneen saavuttaessa nettiyhteyden (Kuva 24). Mittauslaitteiden isoimpana erona on antureiden lukeminen paikan päällä, mikä lisää työtä etäluettavaan järjestelmään verrattuna. Mittaus tarkkuus: $\pm 2.5\%RH$, $\pm 0.2^{\circ}C$ (Wiiste 2017)



Kuva 24 Havainne kuva mittaamisesta Lähde RT38796

7.8 SolidRH-järjestelmä

SolidRH mittausjärjestelmä on tehty rakennuksen koko elinkaaren kosteusmittauksiin sekä seuraamiseen. Järjestelmä on tehty helpottamaan työmaan kosteuden hallintaa eri työvaiheissa. Erilaiset anturit asennetaan rakenteiden sisään, joita luetaan langattomalla mittalaitteella. Langaton mittaaminen mahdollistaa myöhemmän kosteuden tarkastelun pinta materiaalia rikkomatta.

Järjestelmästä on hyötyä työmaan aikaisissa mittauksissa sekä raportoinneissa. Mittarien jäädessä rakenteiden sisään voi käyttäjä tarkastaa pintoja rikkomatta epäiltyjä kosteus ongelmia sellaisten ilmetessä. (Wiiste 2017)

7.9 Realia

Realia on pilvipalvelu kosteuden mittausten suunnitteluun, joka toimii erilaisilla päätelaitteilla. Ohjelma on luotu SolidRH järjestelmän tueksi mahdollistamaan latteiden tehokkaan hyödyntämisen. Realiaa käytetään kosteusmittauksen suunnitteluun ja raportointiin.

Realia ohjelmiston työkalut mahdollistavat mittauspisteiden merkitsemisen pohjakuvaan josta on helppo päästä käsitykseen mittauspisteistä. Ohjelmasta on helppo seurata kokonaiskuvaan työmaan kosteudesta mittausraportteja lukemalla. Mittaustulokset ovat projektin jokaisella osapuolella reaaliajassa tarkasteltavissa tietokoneella sekä mukana kulkevalla tabletilla.

Järjestelmässä on erilaisia anturityyppejä joita voi hyödyntää rakenteiden sisässä kriittisissä kohdissa kosteuden kannalta sekä tarkastella esim. betonin riittävää kuivumista pintamateriaalien asennusta varten. Kiinteästi asennettavat mittarit ovat jatkuvasti lukuvalmiita ja tallentavat lämpötilan, rakenteiden suhteellisen kosteuden, mittaussyvyyden, ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden ja mittaus ajankohdan. (Wiiste 2017)

8 Pohdinta

Laajalla rakennustyömaalla työskentely eroaa huomattavasti pienempiin työmaihin verrattuna, joka korostuu varsinkin välimatkojen pitenemisenä sekä työjohtajien erilaisessa työnseurannassa. Työmaalla on mahdotonta olla joka paikassa seuraamassa samaan aikaan jolloin työvaiheita jää näkemättä ja työntekijöitä on haastavampi seurata.

Työssä ilmenneet ongelmat ovat helpommin havaittavissa tulevaisuudessa laajoilla työmailla jolloin voidaan reagoida tarpeeksi ajoissa ennen ongelman syntymistä.

Opinnäytetyöni auttaa joidenkin haasteiden helpottamisessa työnseurantaan laadullisesti sekä auttaa vähentämään työnjohdon valvonnallista urakkaa teknisin keinoin.

Monia työtehtäviä voidaan yleisesti helpottaa tuomalla työmaata nykypäivään käyttämällä oikeanlaisia ohjelmistoja joita ei ole aikaisemmin ollut mahdollista käyttää.

Kuitenkin osa esitellyistä ohjelmistoista ei ole ollut kovin kauaa saatavilla jolloin työntekijöiden kouluttamiseen joudutaan varaamaan alkuun aikaa ohjelmistojen kanssa. Kuitenkin työmaan henkilökunnan oppiessa käytännöt niin työmaan raportointi sekä seuraaminen tulee helpottumaan.

Kuitenkaan ohjelmistoilla ei voida korvata työnjohtajan henkilökohtaista työmaalla olo sekä kommunikointia työntekijän välillä. Työtä helpottavia ohjelmistoja käyttäen aikaa jää työmaalla olemiseen enemmän sekä mahdollista perehtyä muihin tärkeisiin töihin itse työmaalla ollessa, tietokoneen seuratessa ja raportoidessa muuta työmaan kulkua.

Lähteet

1. Ramirent Oyj 2017 Kaluston vuokraus
http://www.ramirent.fi/files/attachments/ramirent_fi/tuote-esitteet/tilat_ja_kontit/osa_9_tilat_ja_kontit_sivut_198-217.pdf
2. Wiiste Oy 2016 Kosteudenhallinta järjestelmä
<http://www.pbm.fi/userassets/uploads/2016/03/Wiiste-SolidRH-RT-38796.pdf>
3. Integral Oy 2017 IoT-Palvelut
<https://www.integral.fi/palvelut/iot-palvelut/>
4. Kiho 2017 Telematiikka
<https://www.kiho.fi/telematiikka/>
5. Atlas Copco 2017 Kaluston vuokraus
<https://www.atlascopco.com/fi-fi/Rental/products>
6. Cramo Oy 2018 Kaluston vuokraus
<https://ecrement.cramo.com/fi-fi/category/6639/product/40412>
7. Consight Oy 2017 Sovellus
<http://www.consight.fi/#sovellus>
8. Rakennustieto Oy
Ratu 02-3037 2007 Työmaansähköistys
9. Rakennustieto Oy
Ratu C8-0377 2010 Talvityö ja kustannukset
10. Rakennustieto Oy
Ratu C2-0454 2017 Rakennustyömaan aluesuunnittelu