

Mika Juntila

TERÄSSENKAVAUNUN TIEDONSIIRTO

TERÄSSENKAVAUNUN TIEDONSIIRTO

Mika Junttila
Opinnäytetyö
Syksy 2022
Insinööri (AMK), sähkö- ja automaatiotekniikka
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikka, automaatiotekniikka

Tekijä: Mika Junttila

Terässenkan tiedonsiirto

Työn ohjaaja: Tero Hietanen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2022

Sivumäärä: 35 + 2 liitesivua

Opinnäytetyön aiheena oli selvittää erilaisia vaihtoehtoja, joilla pystyisi korvaamaan Raahessa SSAB:n tehtaalla sulatolla olevat terässenkavaunujen tiedonsiirtojärjestelmät. Tällä hetkellä käytössä on satellite -3AS ja EASy+ radiomodeemit. Tiedonsiirrossa on esiintynyt paljon ongelmia, eikä radioiden antenneja pysty käyttämään virtakiskotunneleissa, joten ne jäävät alltiiksi sulan teräksen roiskeille.

Opinnäytetyössä käydään läpi myös terässenkavaunu kolmoselle asennettavan SCALANCE W-järjestelmän asennus ja seurataan testikäyttöä. Laitteiston asennuksessa toimin myös asennusvalvojana, josta saan hyvää kokemusta tuleviin asennusvalvojan tehtäviin ja siksi asennus kuvataan yksityiskohtaisesti myös opinnäytetyössä.

Lisäksi tutustutaan itseohjautuviin verkkoihin.

Asiasanat: SSAB, Terässulatto, IWLAN,

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical and Automation engineering, Option of Automation Engineering

Author: Mika Junttila
Title of thesis: Wireless Data Transfer of Ladle Transfer Car
Supervisor: Tero Hietanen
Term and year when the thesis was submitted: Autumn, 2022
Number of pages: 35 + 2 pages of appendices

The subject of this thesis was to find out alternative system that can replace current ladle transfer car data transfer system. Ladle transfer car is located in SSAB hot rolling mill at Raahe's steel factory. Data transfer is executed now with radio modem system manufactured by Satel. The primary reason for changing the current system is its unsteadiness.

Before this thesis was started, An alternative system manufactured by Siemens had already been ordered. It is called SCALANCE-W. The main difference in comparison with the current system is its data transfer capacity. Antenna was also planned to be located in the current tunnel of the transfer car. The tunnels are beneath the transfer car and they are much more sheltered from molten steel splash.

In this thesis I also operate as an overseer for SCALANCE installation work gaining experience for my future job.

The thesis also introduces data transfer protocol called:
SON (self organizing network).

Keywords: SSAB, Steel plant, IWLAN

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	SSAB	7
2.1	Raahen tehdas	7
2.2	Terästuotanto	9
2.3	Kunnossapito	12
3	TYÖN SUORITUS	13
3.1	Itseorganisoituvat verkot	15
3.1.1	SON järjestelmän toiminnot	16
3.1.2	Itsekonfigurointi	17
3.1.3	Itseoptimointi	17
3.1.4	Itsekorjaus	18
3.2	Wireless HART	19
3.3	Radiomodeemi	23
3.4	IWLAN	25
3.5	Suunnitelma	26
3.6	Asennus	27
3.7	Testaus	30
4	POHDINTA	32
	LÄHTEET	34
	LIITTEET	38

1 JOHDANTO

Raahen tehdasalue on tullut minulle jo vuosien saatossa tutuksi, koska olen työskennellyt siellä vuodesta 2007 alkaen erilaisissa tehtävissä. Ensimmäinen työpaikkani oli aliurakoitsijalla tehtaan turvallisuusorganisaation alaisuudessa suojelumiehenä. Opiskelujen aloituksen jälkeen 2017 olen ollut kesätyöntekijänä SSAB:llä kaksi kesää alueella olevalla kalkkilaitoksella käyttöorganisaation työntekijänä. Olen myös ollut nosturikunnossapidossa yhden kesän sähköasentajana ja yhden kesän sähkökunnossapidon työnjohtolomittajana.

Aloittaessani työt SSAB:lla terässulatolla sähkökunnossapidon työnjohdossa rupesin etsimään aiheita opinnäytetyöhön. Nopeasti kävi ilmi, että omalla vastuualueellani konverttereilla oli suuria ongelmia terässenkavaunuilla eritoten niiden paikoituksen kanssa. Vaunujen paikoituksen tiedon siirto on toteutettu radioteknologialla. Terässenkavaunuilla käytössä on Satelline 3AS-radiot. Opinnäytetyön aloitusvaiheessa pääongelmia oli kaksi kappaletta. Radioiden antennit on sijoitettu vaunuihin vaunujen päälle, jolloin ne ovat erittäin alttiita sulan teräksen roiskeille. Toinen ongelma on radioiden saatavuus. Satelline 3AS-radioiden valmistus on lopetettu ja korvaavaa mallia Satelline easy+ ei ollut saatu toimimaan vanhojen radioiden rinnalla.

Ennen opinnäytetyön aloittamista oli kyseisen ongelmaan ratkaisuksi tilattu testikäyttöön PLC:itä Siemens SCALANCE IWLAN -järjestelmä. Järjestelmän toimivuutta on tarkoitus testata vain yhdellä terässenkavaunulla, siten että suuntaavat antennit sijoitetaan vaunun alle virtakiskotunneliin. Opinnäytetyön tarkoituksena on tutustua lisää nykyisin käytössä olevaan Satelline radioihin ja jo kokeiluun tilattuun Siemens SCALANCE-järjestelmään, sekä toimia asennusvalvojana sen asennuksessa ja dokumentoida sen testikäyttöä. Lisäksi ideana on löytää muita vaihtoehtoisia tapoja siirtää paikoitustietoa ja vertailla niitä.

2 SSAB

SSAB on globaalistii toimiva teräsyhtiö ja johtava erikoislujien ja niihin liittyvien palveluiden toimitaja. Työntekijöitä yhtiöllä on yli 50 maassa yhteensä noin 14 000 henkilöä. Liiketoiminta jakautuu viiteen eri divisioonaan. Ruotsissa, Suomessa ja Yhdysvalloissa olevien tuotantolaitosten tuotantokapasiteetti on noin 8.8 miljoonaa tonnia vuodessa. (1, s. 1).

Yhtiön juuret yltävät vuoteen 1878, jolloin Domnarvets Jernverk aloitti toimintansa. SSAB eli Svensk Stål AB on perustettu 1978 ja sen pääomistaja on ollut ruotsin valtio. Tehdas, johon opinnäytetyö tehdään, on tunnettu alun perin Rautaruukkina. Rautaruukki puolestaan perustettiin 1960 valtionyhtiöksi turvaamaan kotimaisen telakka- ja muun metalliteollisuuden raaka-ainehuolto. Suomen valtion lisäksi Rautaruukkia olivat perustamassa Valmet, Wärtsilä, Outokumpu, Rauma-Repola ja Fiskars. 2014 SSAB hankki Rautaruukin omistukseensa osakevaihtojärjestelyin. (2, s. 1).

2.1 Raahen tehdas

Raahessa sijaitsevalla SSAB:n tehtaalla valmistetaan standardi-, premium- ja erikoisteräksiä. Kuumavalssatut levyt ja kelatuotteet ovat tehtaan päätuotteita. Tehdasalue on kooltaan yli 500 hehtaaria ja alueella on useampia tehtaita. Alla olevassa kuvassa 1 (kuva 1) kuvataan mitä prosesseja vaaditaan valmiin tuotteen saavuttamiseksi.



KUVA 1. Teräksen tekoprosessi (3, s. 12.)

Teräksen pääraaka-aine tuodaan pellettinä Ruotsista laivalla sekä Venäjältä junalla. Kivahiiltä tuodaan USA:sta, Kanadasta ja Australiasta. Keskimäärin SSAB:n satamaan tulee hiililainoja viikossa kaksi. (3, s. 10).

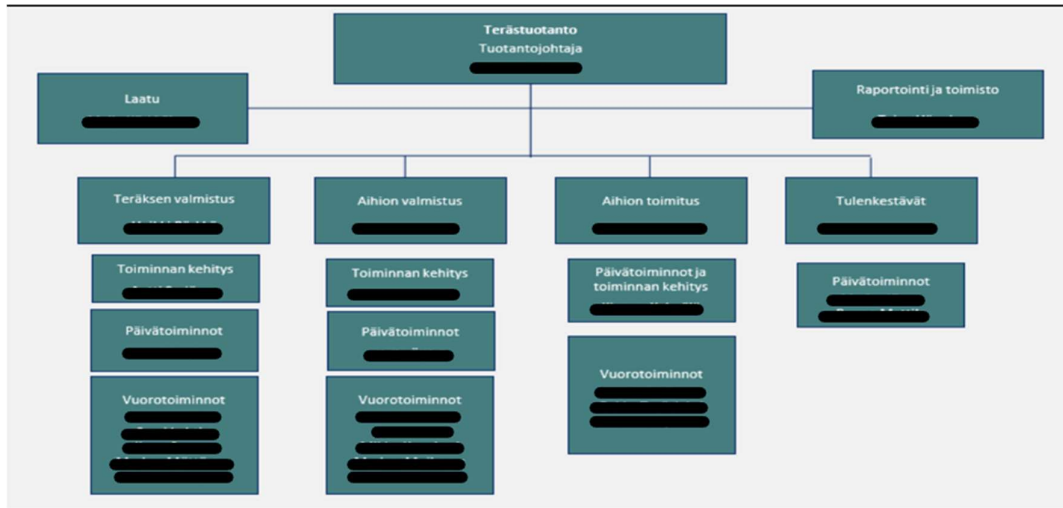
Kalkkikiveä tuodaan Gotlannista, sekä Verdalista ja kummallekin kivityypille on kalkinpolttolaitoksella omat uuninsa, koska kivet reagoivat kypsennyttyään eritavoin jatkoprosesseissa. Käytettävästä romuteräksestä on yli 80 % omaa kiertoromua ja loppuosa ostettua. Pääosin ostoromu kuljetetaan rautateitse tai kuorma-autoilla. Lisäksi muita tarvittavia raaka-aineita ostetaan. Esimerkiksi: seos- ja lisäaineita, tulenkestäviä materiaaleja, happea, sähköä, maakaasua ja nestekaasua. (3, s. 10).

Kivihilestä tehdään koksaamalla koksia, jota panostetaan masuunin yläosasta pelletin, briketin ja lisäaineiden kanssa. Masuunin alaosasta puhalletaan esilämmitettyä happirikastettua ilmaa ja injektoidaan koksia korvaavana pelkistysaineena kivihilellä. Masuuniin syötettyjen pellettien ja briketin sisältämät rautaoksidit pelkistyvät, eli niistä poistuu happea. (3, s. 12).

Masuunin tuotanto on 3600 t/vrk rautaa, jonka lämpötila on noin 1470–1490 celsiusta. Prosessissa syntyvää masuunikuonaa jatko käsitellään ja sitä myydään granuloituna esimerkiksi maa- ja tienrakentamiseen, maatalouteen ja rakennusteollisuuteen.

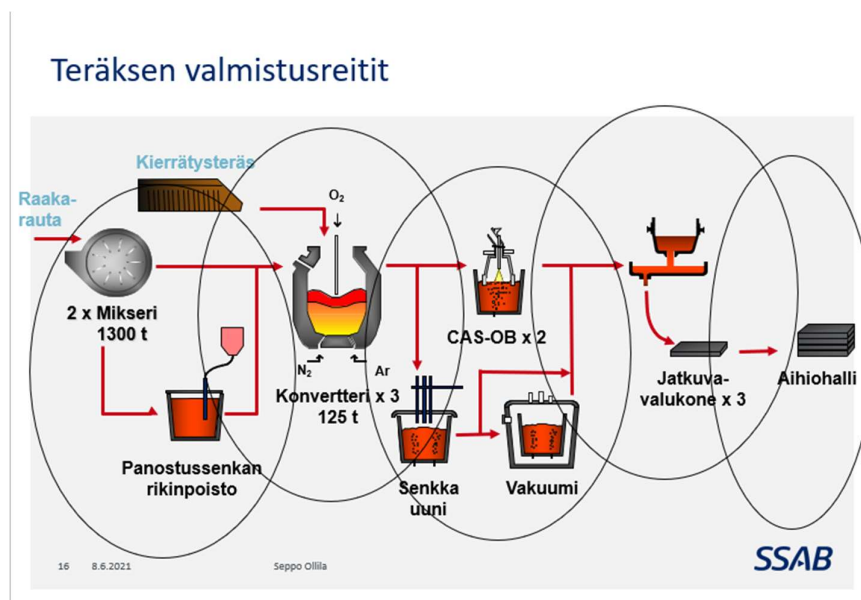
2.2 Terästuotanto

Terästuotanto jakaantuu neljään erilliseen organisaatioon, joita ovat: Teräksen valmistus, aihion valmistus, aihion toimitus sekä tulenkestävät. (Kuva 2).



Kuva 2. Teräksen valmistuksen organisaatiokaavio

Alla olevassa kuvassa (kuva 3) on mallinnettu pääprosessit, jotka raakarautaa käy läpi sulatolla tulakseen valmiiksi teräsaihioksi.



KUVA 3. Raakaraudasta teräsaihioksi (3, s. 16).

Raakarauta tuodaan junilla masuuneilta miksereille. Miksereitä on kaksi kappaletta ja kummankin kapasiteetti on noin 1300 tonnia. Mikserit toimivat raakaraudan välivarastoina. Miksereistä raakarauta siirretään konverttereihin (kuva 4) raakarautavaunuilla kulkevien panostussenkkojen sekä panostusnostureiden avulla. Tarvittaessa panostussenkka käy rikinpoistossa.



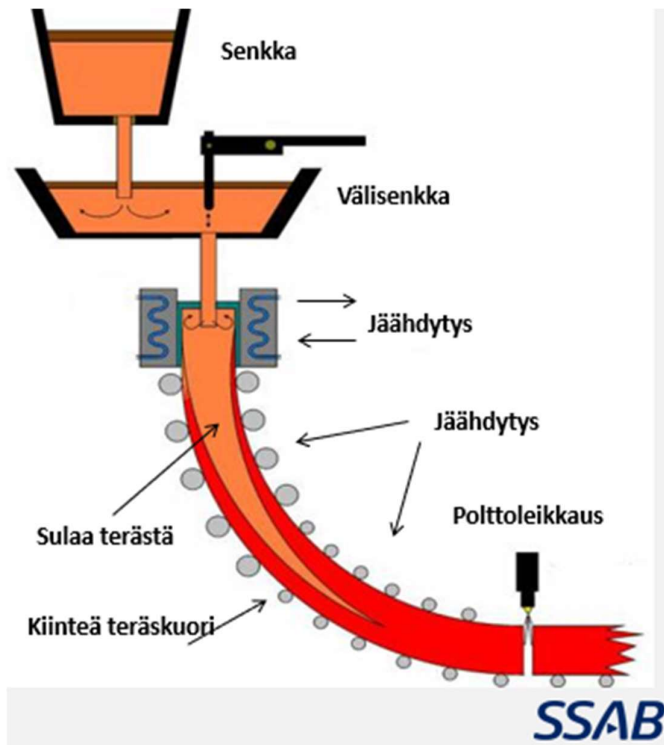
KUVA 4. Konvertteri suojaovi aukinaisena (3, s. 17).

Konvertterissa lisätään tarvittavia raaka-aineita sekä poltetaan raudan hiilipitoisuus hyvin alhaiseksi puhaltamalla sinne happea vesijäähdytetyn lanssin kautta.

Hiilipitoisuus laskee noin 4,5 %:sta → 0,04 %:iin ja rauta muuttuu lujaksi teräkseksi. (3, s. 17).

Tämän jälkeen sulateräs kaadetaan terässenkkaan ja viedään jatkokäsittelyyn. Jatkokäsittely vaihtelee halutun teräslaadun mukaan. Mahdollisia käsittelypaikkoja ovat senkkauuni, tankkivakuumi, huuhteluasema sekä CAS-OB 2 ja CAS-OB 3.

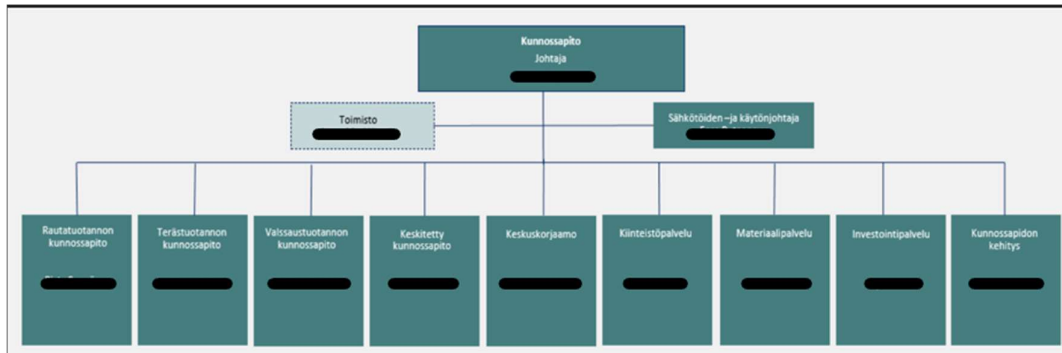
Jatkokäsittelyn jälkeen teräs menee aihion valmistuksen alueelle, jossa siitä valetaan teräsaihoita jatkuvavalukoneella (kuva 5). Valukoneet 4 ja 5 sijaitsevat JVL 2:lla ja valukone 6 JVL 1:llä. Valukoneella 6 tehdään pääasiassa pelkkiä erikoisteräksiä. Valmiit aihiot siirretään valukoneelta 6 rullarataa pitkin ja kummaltakin JVL 2:en koneelta automaattinostureilla sekä aihionsiirtovaunuilla aihion toimituksen alueelle. Aihion toimituksen alueella aihiot jatkokäsitellään valmiiksi vietäväksi kuumavalssaustuotannolle.



KUVA 5 Jatkuvavalukoneen toimintaperiaate (3, s. 33).

2.3 Kunnossapito

Kunnossapidolla on tehtaalla omat organisaationsa, joita on 9 kappaletta (kuva 6).



KUVA 6. Kunnossapidon organisaatio kaavio

Itse kuulun näistä organisaatioista terästuotannon kunnossapitoon, joka jakautuu sähkö- ja automaatiokunnossapitoon sekä mekaaniseen kunnossapitoon.

Sähkö- ja automaatiokunnossapito jakautuu työnjohdollisesti kahtia. Toisella työnjohtajalla on vastualueena jatkuvavalulaitos sekä hän toimii esihenkilönä vuorosähköasentajille. Toisen vastualue on konverterit ja hän toimii esihenkilönä päivävuoron sähköasentajille.

3 TYÖN SUORITUS

Kunnossapidon tärkeimpänä tehtävänä on taata laitteiden käyntivarmuus sille tasolle, että tuotannon suunnittelemaan tuotantomäärään päästään. Tämä vaatii hyvää ennakkohuoltosuunnitelmaa ja valvontaa, että ennakkohuoltosuunnitelmassa pysytään. Joka osastolla pidetään käyntivarmuuspalavereita, joissa käydään muutenkin läpi suurimpia huollon tarpeita ja kehitysideoita.

Kunnossapidon työnjohdon yksi tärkeimmistä tehtävistä on huolehtia, että ennakkohuollot toteutuvat ja löytää sopivat välit huoltojen suorittamiselle. Ihan yhtä tärkeää on varmistaa, että sille työlle löytyy tekijä, jolla on koulutukset ja perehdytykset kyseisen työn suorittamiseen. Vikatilanteet luovat oman haasteensa, koska niiden ajankohtaa ja vaikutusta tuotantoon ei voi välttämättä ennalta arvata. Usein on hirveä kiire saada tuotanto takaisin käyntiin ja kuitenkin pitää löytää ne tarvittavat tekijät ja varaosat ja ennen kaikkea huolehtia, että nämäkin työt tehdään turvallisuudesta tinkimättä.

Uutena esihenkilönä alkuun pitää opetella useiden tietokoneohjelmien käyttöä, jotka mahdollistavat edellä mainittujen töiden suorittamisen. Arttu on rautaruukille tehty ohjelma ja sitä käytetään töiden, varaosien ja työtuntien hallintaan. Almaa käytetään kuvien hallintaan ja gurufieldia turvallisuushavaintojen ja vaaratilanteiden käsittelyyn. TCS:n (transport control system) kautta tilataan urakoitsijoilta ajosuoritteita kuten esimerkiksi moottorin hakeminen varastolta. LEAP sähköistä oppimiympäristöä käytetään koulutuksen hallintaan, jonka kautta pystyy seuraamaan kurssitarjontaa ja henkilöstön käytyjä koulutuksia.

Oman alueen prosessien, laitteiden ja työntekijöiden tuntemuksessa menee vielä jonkin aikaa ennen kuin voi ajatella, että ne ovat kiitettävällä tasolla. Tähän kuitenkin onneksi tulee kehitystä jokaisen vian, huollon ja työn kautta.

Esihenkilön työnkuvasta iso osa on vuorovaikutusta tuotannon edustajien, omien kollegoiden sekä alaisten kanssa. Tässä onkin suuria mahdollisuuksia kehittää niin työntekoa, työmotivaatioita, työnjälkeä, oma-aloitteellisuutta, ammattitaitoa ja yleensäkin turvallisuusajattelua. Tähän SSAB onkin satsannut ja pyrkii siihen, että kaikki työntekijät käyvät neljänpäivän turvallisuuskoulutuksen, jonka sisältö käytännössä muodostuu sosiaalisten taitojen hiomisesta ja erilaisten ihmisten huomioon ottamisesta.

Kuten johdannossa alustin, löytyi opinnäytetyön aihe jo toisena päivänä työskennellessäni nykyisessä tehtävässä. Vaunujen paikoitus oli ollut niin vikainen, että se on nostettu yrityksen tasolla kehityskohteeksi. Olosuhteet, joissa terässenkat operoivat ovat erittäin haastavat ja niiden selvittäessä niukasti normaalituotannosta, kohtaavat ne satunnaisesti joitakin poikkeamia. Konvertterin puhkeamisessa pääsee terästä monesti valumaan vaunun päälle ja virtakiskotunneliin. Konvertterista terästä kaadettaessa saattaa kuonaa päästä valumaan turhan iso määrä vaunun päälle ja mikäli vaunu sattuu olemaan valmiiksi skollainen, (kuva 7) saattaa kuonaa päästä valumaan virtarotinta pitkin ruotoon ja sen kautta virtakiskotunneliin polttaen samalla vaunun kaapelit.



KUVA 7. Terässenkka vaunu 2, jonka päälle on kertynyt skollaa

Kaapeleita pyritään suojaamaan käyttämällä lämpösuojausukkaa sekä palonsuojakangasta, mutta suoraa kontaktia sulakuonan tai sulateräksen kanssa ne eivät silti kestä. Konverttereiden lisäksi CAS-OB:lla käsittelyn aikana saattaa syntyä kuohuntaa, jolloin sula pääsee taas valumaan vaunun päälle tai virtakiskotunneliin luoden toisen riskialttiin paikan. Vaunujen päälle saattaa myös roiskua valukoneilta tuotavaa kuonaa, kun senkaan jäänyttä kuonaa tullaan kaatamaan kuonakippoon. Täältä välttyttäisiin, mikäli vaunut siirrettäisiin aina pois kuonakipon kohdalta ennen kaatoa.

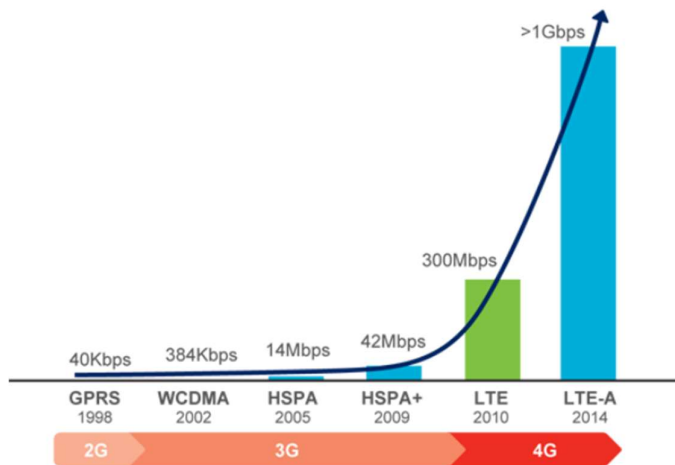
Terässenkka vaunu liikkuessaan nostaa tunnelia suojaavaa lattiaa irti maan tasasta (kuva 8). Tästä syntyy aina vaunun itäpuolelle väli, josta pääsee tunneliin helpommin sinne kuulumattomia esineitä, jotka saattavat vaurioittaa vaunun sähkökaapeleita tai virtakiskoja.



KUVA 8. Latan kohouma vihreällä korostettuna

3.1 Itseorganisoituvat verkot

Tunnetaan myös termillä (SON) eli self-organizing networks. SON on tietoverkko, joka konfiguroi, optimoi, hallitsee, suunnittelee ja suorittaa vian etsintää LTE (long term evolution) -järjestelmässä (kuva 9). Aikaisemmat mobiiliverkot 1G, 2G, ja 3G ovat vaatineet paljon manuaalista konfigurointia, ja suorituskyky niissä on ollut pieni. (4, s. 17).



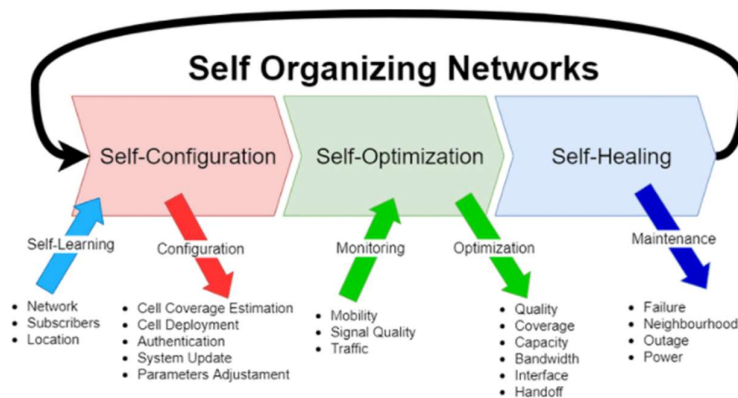
KUVA 9. LTE järjestelmä värjättyä vihreäksi (4, s. 16)

LTE järjestelmistä on haluttu tehdä aikaisempia kustannustehokkaampi, yksinkertaisempi sekä nopeampi. Myös manuaalinen työ on haluttu minimoida, mikä on kustannustehokkuuden kannalta olennaista. (4, s. 17).

SON – järjestelmää kehittämässä on ollut useita isoja yrityksiä kuten esimerkiksi Huawei ja Ericsson. Nokian ratkaisu SON järjestelmään on nimeltään Nokia iSON joka lupaa parantaa tukia-ase-
masta toiseen siirtymisen epäonnistumisia 32 % ja energian kulutuksen luvataan laskevan 40 %.
Myös järjestelmähälytyksien luvataan vähenevän 75 % ja puheluiden katkeamisten 20 %. (4, s. 35)

3.1.1 SON järjestelmän toiminnot

SON toiminnot jakautuvat kolmeen alueeseen, joita ovat itsekonfigurointi, itseoptimointi sekä itsekorjaus (kuva 10).



KUVA 10. Itseorganisoituvat järjestelmät toimintaperiaate (5, s. 1.)

3.1.2 Itsekonfigurointi

Automaattisesti tunnistaa ja rekisteröi uuden yhteyspisteen, säätää myös lähetystehon ja muut tekniset parametrit välttyäkseen häiriöiltä sekä maksimoi kattavuuden ja kapasiteetin. (6, s. 1).

Itsesuunnittelu sisältää muun muassa uuden solmun, eli tukiaseman asetusten suunnittelun. Käyttöönotto sisältää esimerkiksi uuden solmun asennuksen ja todentamisen. Itsenäisen konfiguroinnin tarkoituksena on minimoida manuaalisen työn määrä uuden tukiaseman käyttöönotossa. Tavoitteena on, että tukiasemat tarvitsevat vain fyysisen asennuksen ja kytkemisen operaattorin IP-verkkoon. Asentajalta ei tällöin vaadita mitään erityistä laitekohtaista osaamista. Käytännössä täysin automaattinen konfigurointi vaatisi laajaa standardointia, koska operaattorikohtaisia eroja on paljon (4, s. 22).

Naapuritukiasemille SON-järjestelmä ilmoittaa uudesta tukiasemasta. Ominaisuus myös yhdenmuukaistaa näiden tietokannat. Tietokannasta voi löytyä määrityksiä suuria määriä. ANR:n (Automatic Neighbour Relation) ollessa käytössä voivat listat olla myös tyhjiä ja järjestelmä kerää ne itse. ANR on SON järjestelmään standardoitu ominaisuus. Operaattorien mahdolliset sadat tuhannet naapurisuhteet eivät tämän ansiosta vaadi manuaalista konfigurointia. (4, s. 23).

3.1.3 Itseoptimointi

Itseoptimointi pyrkii pitämään solujen hyötysuhteen korkeana.

Itseoptimointi ominaisuus pitää huolen siitä, että jokaisen solun hyötysuhde on korkea. Mobiiliverkko on dynaaminen järjestelmä, jolloin optimointi on erityisen tärkeää, jotta järjestelmä toimisi parhaalla mahdollisella tavalla. Päätelaitteiden määrä ja sijainti vaihtelee koko ajan, joten tästä syystä on erityisen tärkeää, että verkko on valmis mukautumaan nopeasti muuttuvaan tarpeeseen. SON-järjestelmä tekee tämän mahdolliseksi, kun tukiaseman parametrit optimoidaan dynaamisesti liikenteen ja ympäristön olosuhteiden mukaan (4, s. 26).

Suorituskyvyn kannalta on todella tärkeää, että verkon laitteet on optimoitu. Operaattorista riippuen niiden laitekanta saattaa vaihdella ja olla eri-ikäistä. Eri valmistajilla on erilaisia mittauksia ja suorituskyylaskureita O & M-järjestelmässä. SON-järjestelmää varten tarvitaan niin sanottu adapterikerros, jossa tiedot voidaan yhdenmukaistaa (4, s. 28).

ANR-itseoptimoinnin ansiosta onnistumisprosentti solun vaihdossa lisääntyy ja päätelaitteen solusta toiseen vaihtaminen tapahtuu vähemmällä häiriöillä. Lisäksi verkon suorituskyky paranee.

Itseoptimointi pitää sisällään myös energiansäästön. Kaikki pyritään nykyään tuottamaan mahdollisimman kustannustehokkaasti ja mahdollisimman pienellä energiankulutuksella.

Energiansäästöä voidaan saavuttaa monella tavalla, esimerkiksi yöaikaan mobiiliverkkojen käyttö vähenee erityisen paljon, jolloin vähäisellä käytöllä oleva tukiaseman tehoja voidaan laskea. Vähäisellä käytöllä oleva tukiasema voidaan laittaa myös lepotilaan ja lisätä muiden kapasiteettia niin, että ne kattavat lepotilassa olevan tukiaseman. Verkon kuormituksen kausivaihtelut voivat olla myös suuria, joten niitä hyödyntämällä voidaan saavuttaa suuria säästöjä (4, s. 29).

3.1.4 Itsekorjaus

Pyrkii poistamaan järjestelmään kehittyviä vikoja ja minimoimaan vikojen aiheuttamat ongelmat käytettävään verkkoon.

SON-järjestelmässä viallisen tukiaseman viereiset tukiasemat voivat nostaa kantavuuttaan, jolloin ne ottavat viallisen tukiaseman peittoalueen osittain tai kokonaan hoidettavakseen. Tämä pitää verkon toimintakuntoisena siihen asti, kunnes ongelmaan saadaan jokin pysyvä korjaus, esimerkiksi vaihtamalla viallinen verkkolaite. Järjestelmä osaa korjata myös kapasiteetista johtuvia ongelmia, joita voi aiheuttaa, vaikka kausivaihtelu (4, s. 32).

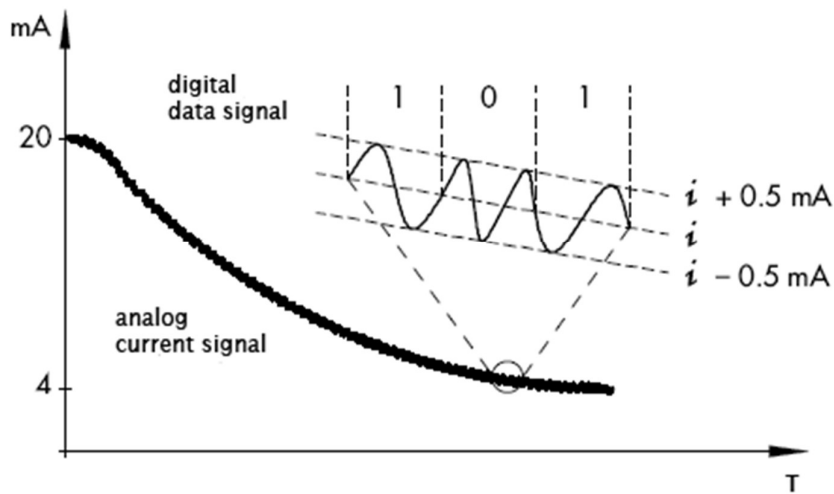
Järjestelmästä saadaan myös hälytyksiä, kuten liian korkea tai matala jännite, korkea lämpötila tai komponenttivika. Itsekorjaus käyttää näitä tietoja hyväkseen suorittaessaan itsenäistä vianselektiä ja korjausta (4, s. 33).

3.2 Wireless HART

HART (Highway Addressable Remote Transducer) -protokolla on kehitetty vuoden 1980 loppupuolella, jonka jälkeen siihen on tehty useita päivityksiä. Protokollassa kuljetetaan perinteisen analogisen tasavirtaviestin rinnalla myös digitaalista laite- ja prosessitietoa. (7, s. 10).

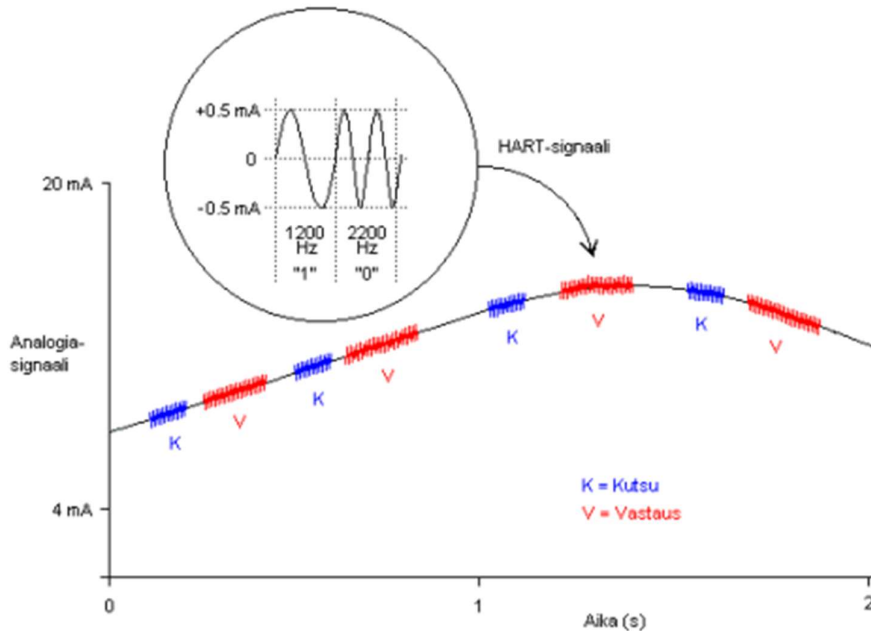
HART-protokollassa pystyy yhteyden muodostamaan tavallisella instrumentoinnissa käytettävällä parikaapelilla. Tämän avulla ei ole tarvinnut vaihtaa olemassa olevia kaapeleita vaan pelkkä kentälaitteen päivittäminen HART-yhteensopivaksi on riittänyt. (7, s. 11).

HART-standardit ovat avoimia kaikille. Niiden toimintaideana on analogisen ja digitaalisen viestin yhteensovittaminen. 1950-luvulla kehitetyn analogisen 4–20 mA virtaviestin päälle lisätään symmetrinen digitaalinen viesti. Digitaalinen kommunikointi pohjautuu Bell 202 -standardiin ja käyttää FSK-tekniikkaa (Frequency Shift Keing) laittaakseen digitaalisen viestin analogisen 4–20 mA virtasilmukan päälle (kuva 11.) (8, s.1).



KUVA 11. Kaksisuuntainen kenttäkommunikointi (8, s.1)

Digitaalisessa viestissä käytetään 1200 Hz:n ja 2200 Hz:n taajuuksia. Silmukkavirtaa moduloidaan symmetrisellä sini- tai trapetsiaallolla ja amplitudin ollessa $\pm 0,5\text{mA}$ on signaalin keskiarvo 0. Keskiarvonollessa 0 ei digitaalinen signaali häiritse analogista signaalia (kuva 12).



KUVA 12. Digitaalinen signaali (7, s. 11).

Tekniikka perustuu niin sanottuun master/slave-protokollaan. Kentällä olevat laitteet (slave) lähettävät viestiä ainoastaan masterin pollatessa niitä. Yhden virtasilmukan maksimimäärä kentälaitteita on 15 kappaletta ja mastereita 2 kappaletta. Toinen mastereista sijaitsee yleensä teknisessä tilassa ja tätä kutsutaan ensisijaiseksi masteriksi. Toissijainen masteri on liikuteltava laite, joka pysytään lisäämään virtasilmukkaan väliaikaisesti, vaikuttamatta silmukassa olevien laitteiden kommunikointiin. Ensisijaisen masterin kautta automaatiojärjestelmä saa mittaustiedot. (7, s. 11–12).

Wireless HART langaton tiedonsiirto on tullut mukaan HART-protokollaan versiossa 7. Versiot ovat keskenään kaikki yhteensopivia eikä näin ollen uuden version tuleminen vaikuta vanhojen käyttöön (kuva 13).

HART Feature Summary	HART Protocol Revision		
	5	6	7
Feature			
PV with Status	m	m	m
Device Status	m	m	m
Broadcast Messaging	m	m	m
Device Configuration	m	m	m
4-20 mA Analog Loop Check	m	m	m
Multi-Variable Reads	o	m	m
32 Character Tag	-	m	m
All Variables with Status	-	m	m
Digital Loop Check	-	m	m
Enhanced Multi-Variable Support	-	m	m
Local Interface Lock	-	o	o
Manual ID of Device by Host	-	m	m
Visual ID of Device	-	m	m
Peer-to-Peer Messages	-	o	o
Report by Exception	-	-	o
Synchronized Sampling	-	-	o
Time or Condition based Alerts	-	-	o
Time Stamp	-	-	m
PV Trends	-	-	o
Wireless Co-Existence	-	-	o
Wireless Diagnostics	-	-	o
Wireless Mesh & Star Topologies	-	-	o
Wireless Message Routing	-	-	o
Wireless Security	-	-	o

m = Mandatory o = Optional

KUVA 13. 3 HART-protokolla versiot 5–7

Wireless HART on langaton laajennus HART-standardiin, joka perustuu IEE 802.15.4-standardin 2,4 GHz:n radioteknologiaan. Se sallii saman komentorakenteen kuin normaalissa HART-standardissa. Kummassakin siis käytetään samanlaista käskyrakennetta ja laitenimeämisiä. Eri laitevalmistajien laitteiden täytyy pelata yhteen myös ilman prosessin häiriintymistä. Tästä syystä yritykset, jotka käyttävät HART-protokollaa, ovat yleisesti hyväksyneet IEE 802.15.4 standardiin pohjautuvan yhteyden. (7, s. 13–14).

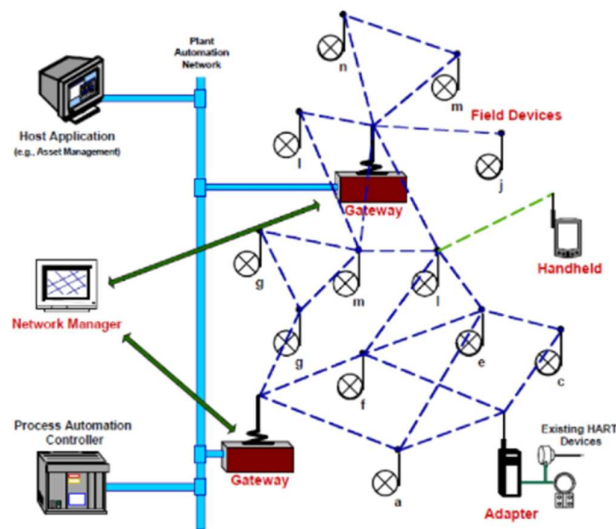
IEE 802.15.4 standardin mukainen L-R WPAN yhteys on valikoitunut käyttöön virrankulutuksen, edullisuuden, hitaahkon tiedonsiirron sekä laitteiden lisenssivapauden takia (taulukko 1).

	802.11b (WLAN)	802.15.1 (Bluetooth™)	802.15.4 (L-R WPAN)
Toimintasäde	~100 m	10 - 100 m	~10 m
Tiedonsiirtokapasiteetti	~2 - 11 Mb/s	1 Mb/s	≤ 0,25 Mb/s
Virran kulutus	keskiverto	matala	erittäin matala
Koko	laaja	suppea	suppein
Hinta / monimutkaisuus	korkea	keskiverto	erittäin matala

TAULUKKO 1. Yhteyksien vertailua (7, s. 13).

Wireless HART verkon rakenne (kuva 14) koostuu kolmesta elementistä:

- Wireless HART- verkon hallintaohjelma, jonka vastuulla on verkon konfigurointi, laitteiden kommunikoinnin vuorovaikutus, reittitietojen hallinta sekä verkon tilan raportointi
- Gateway-yksikkö, jonka avulla langattomat kenttälaitteet sekä automaatiojärjestelmä kommunikoivat
- Langattomat tai adapterilla verkossa kiinni olevat kenttälaitteet



KUVA 14. Wireless HART järjestelmän rakenne (9, s. 1.)

Wireless HART -järjestelmä on esimerkiksi Endress + Hauser yrityksellä ratkaisuna tiedonsiirtoon. Endress + Hauserin adapterikonsepti mahdollistaa minkä tahansa HART tai 4–20 mA -laitteen liittämisen langattomaan verkkoon.

3.3 Radiomodeemi

Radiomodeemi on kahden päätelaitteen langattomasti muodostama reaaliaikainen yhteys. Tiedonsiirtotapa radiomodeemilla on vuoro-suuntainen (half - duplex). Modeemi lähettää signaalin jota toinen modeemi kuuntelee ja sen jälkeen vaihdetaan osia. Lähetys suunnan vaihtaminen vaatii kanavan hetkellistä hiljentymistä.

Radiomodeemilla suurin tiedonsiirtonopeus on 19,2 kbps ja kanavaväliksi on valittavissa 12,5 kHz ja 25 kHz. Käytettäessä 12,5 kHz kanavaväliä on tiedonsiirron nopeus 9,6kHz. Siirtoviive on 12,5kHz radiokanavaa käytettäessä 31 ms ja FEC (Forward Error Correction) käytettäessä se nousee jopa 126 ms: iin. 25 kHz radiokanavalla viive on 21 ms ja FEC käytettäessä maksimi tavumäärällä viive nousee 31 ms: iin. Taajuusalue on 380-470 MHz virhealueella $\pm 1,5$ kHz. Laitteeseen on myös sisään rakennettuna tuki väylille RS-232, RS-422 ja RS-485. (10). RS-väylän tiedonsiirtonopeus on valittavissa välillä 300–38400 bps. (11, s.1)

Lähtetimen kantoaalto teho on 10 mW - 1W / 50 Ω , jonka stabiilisuus on +2 dB / - 3 dB ja vastaanottimen herkkyys on väliltä -116...-110 dBm (BER < 10 E-3) riippuen sen asetuksista (10).

Terässulatolla on käytössä SATEL:in radiomodeemit ja niille käytetään kolmea eri taajuutta:

Rata 1: 468.300 MHz

Rata 2: 468.600 MHz

Rata 3: 468.700 MHz

Kaikissa käytetään 12,5 kHz radiokanavaa.

SATELLINE 3AS radiomodeemeja ei enää ole ollut saatavilla ja korvaavaksi tuotteeksi on saatu SATELLIN EASy+ radiomodeemit (kuva 15).



KUVA 15. SATEL EASy+ radiomodeemi

SATEL EASy+:n ja SATEL 3AS:n yhteensovituksen kanssa oli alkuun ongelmia, vaikka laitteiden mukana olikin saatu yksityiskohtaiset asennusohjeet. Syyksi lopulta paljastui väärä ohjelmaversio.

Suurin ongelma tiedonsiirron varmistamisessa on ollut käytössä olevat antennit ja tarkemmin niiden sijoituspaikka. Antennit on sijoitettu terässenkkaavuunihin maatasolle ja käyttöohjekirjan antamien ohjeiden vastaisesti. Pienet antennit tulisi asentaa vähintään 0,5 metrin ja isot antennit yli 5 metrin päähän metallirakenteista. Toistinantenniyhdistelmissä suositeltava väli metallirakenteisiin on yli 10 metriä. Lisäksi antennit tulisi asentaa pystyasentoon (10).

Antennit ovat todella herkkiä sulan roiskeille, joten niitä on yritetty suojata lämmönkestävällä materiaalilla (kuva 16).



KUVA 16. Terässenkkaavuunun antennien asennus

3.4 IWLAN

IWLAN eli industrial wireless LAN on langaton lähiverkko, joka on kehitetty teollisuudelle. Valo- tai kuparikaapeleiden sijaan tiedonsiirto tapahtuu langattomasti radioaaltoja pitkin. WLAN standardissa ei ole määrittämiä teollisuusympäristön tarpeisiin. WLAN on liian herkkä teollisuudessa oleville lukuisille sähkömagneettisten häiriöiden lähteille eikä se täytä automaatiolla olevia tiukkoja vaatimuksia reaaliaikaisuudesta ja tiedon siirron deterministisyydestä. Teollisuuteen suunnitelluissa IWLAN laitteissa on myös otettu huomioon niiden komponenttien kestävyys vaativissa tehdasolosuhteissa. (12, s. 1).



IWLAN perustuu kansainväliseen WLAN standardiin IEEE 802.11, joka hyötyy jatkuvista innovaatioista ja on maailman levinnein langaton standardi. Yhteensopivuus on sen päätavoite. Sen laajan yhteensopivuuden ansiosta klientteja jotka käyttävät vanhempaa standardia, voidaan käyttää nykyisessä verkossa ja pystytään myös samanaikaisesti integroimaan ethernet pohjaiseen verkkoon. (13, s. 3)

IWLAN tiedonsiirtoprotokolla on ethernet pohjainen ja käyttää tiedonsiirrossa radioaaltoja 2,4 GHz:n tai 5 GHz:n taajuudella. Teräsenkavaunu 3:lle testiin tuleva Siemensin SCALANCE W kykenee tiedonsiirtoon seuraavilla nopeuksilla: 150 Mbit/s, 300 Mbit/s, 450 Mbit/s ja jopa 1,733 Mbit/s (13, s. 5).

Teollisuuden langaton lähiverkko koostuu tukiasemista ja verkon liittijistä (client). Tukiasemat hoitavat langattoman verkon koordinoinnin ja reititustoiminnot, liittijät (client) muodostavat yhteyden langoitettua laitetta ja langattoman verkon välille. Tukiasemiin ja liittijiin (client) liitetyillä antennilla luodaan kulloiseenkin sovellukseen sopiva radiokenttä. Radioyhteyden ja signaalin laadun parantamiseksi SCALANCE W -langattomat tuotteet käyttävät erikoistekniikoita, kuten kahdennettua antennia ja vikasietoisia modulaatiotekniikoita (12, s. 1).

SCALANCE W tuotteen perheen laitteet voidaan halutessa laittaa tiheään tunnistamaan ja korjaamaan yhteyttä, mikäli ongelmia ilmenee. Tällä pyritään varmistamaan datan nopea saapuminen siten, ettei informaatiota menetetä. Laitteita on myös saatavilla IP65:n suojausluokalla, jolloin niitä voidaan käyttää vaativissa olosuhteissa niin ulkona kuin teollisuushalleissakin. Käyttöympäristön lämpötila voi olla -20 celsiusasteesta jopa +60 celsiusasteeseen (14, s. 1).

Lisää varmuutta teollisuuden tarpeeseen saadaan C-PLUG (kuva 17), KEY-PLUG ja SCALACE CLP-komponenteilla. Niiden avulla voidaan korvata verkon laite yksinkertaisesti ja ilman erikoisosaamista. Näihin irrotettaviin datavarastoihin tallennetaan SCALANCE-laitteiden tai SIMATIC-kommunikointiprosessorien konfiguroinnit. Laitteen hajotessa irrotetaan vaihdettavasta laitteesta PLUG ja vaihdetaan se uuteen laitteeseen ja laite on heti käyttövalmis samoilla asetuksilla kuin edellinen. (15, s. 1).

C-PLUG						
	SCALANCE W	SCALANCE X	SCALANCE M	SCALANCE S	SIMATIC S7	Network transitions
 * included in scope of delivery	SCALANCE W730	SCALANCE X-200	SCALANCE M-800	SCALANCE S615	CP 443-1 Advanced*	IE/PB Link PN IO
	SCALANCE W740	SCALANCE X-300*		SCALANCE SC-600	CP 343-1 Advanced*	IE/AS-I Link PN IO
	SCALANCE W770	SCALANCE XM-400*			CP 343-1 ERPC*	DP/AS-I Link Advanced
	SCALANCE W780	SCALANCE XR-500*				
 Conformal Coating		SCALANCE XP-200				
		SCALANCE XR-300EEC				
		SCALANCE XC-200EEC				
		SCALANCE XF-200BA				

KUVA 17. C-PLUG yhteensopivat laitteet (15, s. 1).

Koska nykyinen tiedonsiirto on todella vikaherkkä, on päädytty kokeilemaan toista tekniikkaa. Ensimmäiseksi vaihtoehdoksi on valikoitunut IWLAN, joka asennetaan terässenkkaavaunu 3:lle.

3.5 Suunnitelma

Työn suunnitelman teki PLC-Automation Oy:n Kauko Perälä. Suunnitelmassa käydään läpi kytkennät, kotelojen rakenteet, kaapelit sekä yksittäiset artikkelit.

IWLAN järjestelmän rakenne on liitteessä 1.

Sähkötilaan 26 asennetaan liitteen 1, kohdan 11 jatkokotelo helpottamaan mahdollisen virtakiskotunnelipalon kaapeloinnin uusimista. Jatkokotelosta kaapelit viedään olemassa olevien läpivientien kautta virtakiskotunneliin länsipäähän asennettuun liitteen 1, kohdan 12 Access Point koteloon. Access Point koteloon kytketään IWLAN antenni ant793-8dj, jonka asennuspaikka on muutaman metrin päässä länsiseinässä.

Terässenkassa kiinteästi olevaan virranottoavaunuun asennetaan IWLAN antenni ant793-6dg, joka kytketään samaiseen virranottoavaunuun asennettavaan liitteen 1, kohdan 13 Client koteloon.

3.6 Asennus

Asennuksen suoritti myös PLC Kauko Perälän johdolla.

Sähkötilan asennukset sujuivat suunnitelmien mukaan ja jatkokotelo asennettiin sähkötilan lattian alle läpiviennin viereen. Kun virtakiskotunnelin länsipäähän suunnitellut Access Point kotelo sekä antenni oli asennettu paikoilleen, huomattiin niiden olevan erittäin alttiina sulan teräksen vuodoille tai roiskeille. Tunnelin länsipää sijaitsee suoraan konvertteri 3:n alapuolella ja suunnittelutyön ja asennuksen välissäkin oli päässyt valumaan sulaa terästä tunneliin muutaman metrin matkalle. Access Point kotelo päätettiin siirtää (kuva18) turvallisempaan paikkaan ja toteutusta lähdettiin suunnittelemaan uusiksi.



KUVA 18. Tunnelin länsipää. Sinisen neliön paikalla oli Access Point kotelo

Access Point kotelo päädyttiin asentamaan kuvassa 18 näkyvän imurointiputken yläpään vierustaan 0-tasolle (kuva 19).



KUVA 19. Access Point kotelon lopullinen sijainti

Sähkötilassa olevasta jatkokotelosta päädyttiin vetämään ölflex -sekä profinetkaapelit 0-tasoa pitkin pinta-asennuksella Acces Point koteloon (kuva 19).

Tunnelin länsipäätyn jäi kuvassa 20 näkyvä antenni eikä sitä sieltä pysty poiskaan siirtämään, joten päädyttiin varautumaan vaihtoantennilla sekä ylimääräisillä antennikaapeleilla.

Tunneliin mahdollisesti pääseviä pienempiä roiskeita varten SSAB:n mekaniikoilla teetätettiin irrottava suojakotelo antennille (kuva 20).



KUVA 20. Antennin suojakotelo ennen ja jälkeen konverterin puhkeamista

Terässenkkaavuun 3:sen virranottovaunun runkoon pultattiin kiinni Client-kotelo suunnitelman mukaisesti (kuva 21.)

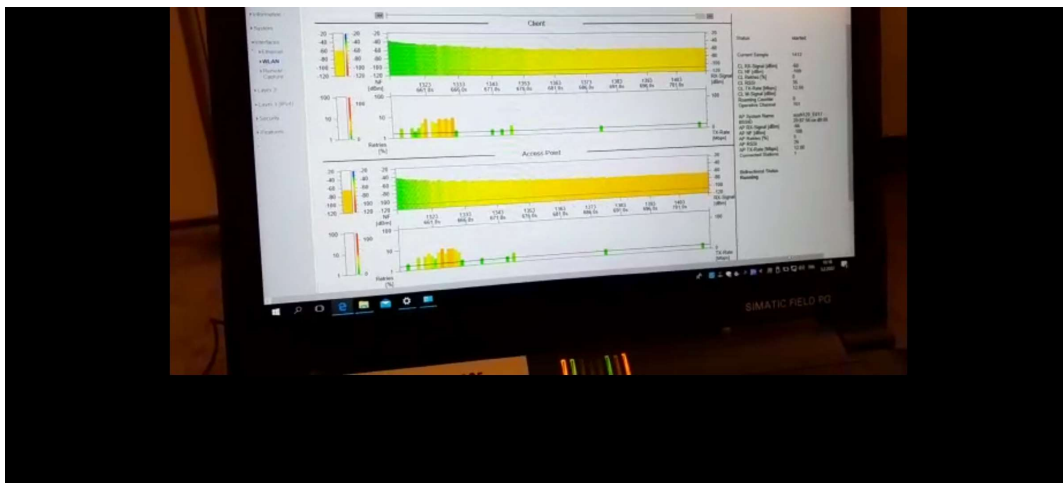


KUVA 21. Virranottovaunussa kiinni oleva Client-kotelo sekä Client-antenni

Liitteestä 1 poiketen virranottovaunuun ei kytketty vielä käyttöön absoluuttianturia sekä vaaka on poistettu käytöstä. Absoluuttianturi on käytössä vielä alkuperäisellä järjestelmällä ja IWLAN-järjestelmä asennettiin tässä vaiheessa ainoastaan SATELin rinnalle. Näin sen toimivuutta pystytään testaamaan vaikuttamatta tuotantoon.

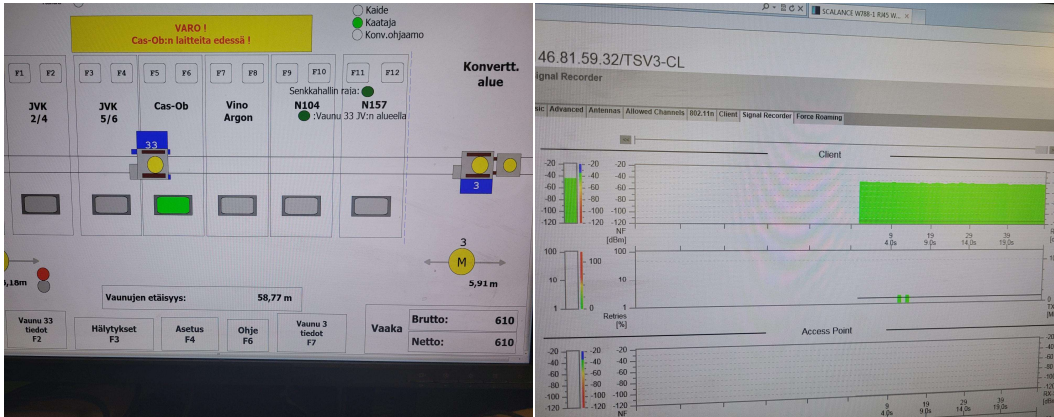
3.7 Testaus

Asennuksen jälkeen meni noin kuukauden verran ennen kuin terässenkkaavuun 3:sta päästiin liikuttelemaan kunnossapidon omilla asentajilla, pitkittyneen konvertteri 3 muurauksen takia. Tässä välissä pääsin tutustumaan nosturikunnossapidon asentamaan samankaltaiseen järjestelmään. Käyttöönnotossa heillä ilmeni, että antennien suuntaus on todella tarkkaa, sillä alkuperäisellä suuntauksella signaalin voimakkuus laski niin alas 20 metrin matkalla, ettei automaattinosturi pysynyt automaattilla (kuva 22).



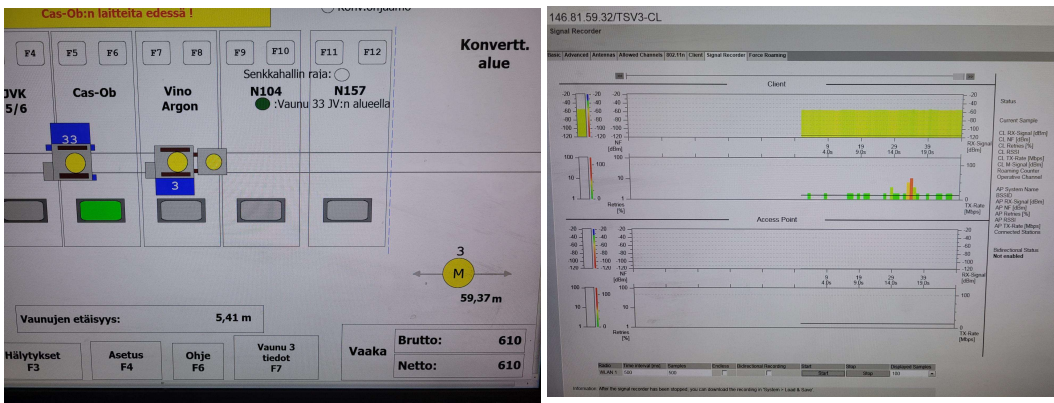
KUVA 22. Kuvakaappaus nosturikunnossapidon testituloksesta

Oman järjestelmän testausta on päästy suorittamaan tuotannon ohella. Ensimmäiset tulokset otettiin antennien välimatkan ollessa 5,91 metriä ja vaunun ollessa suoraan konverterin alapuolella (kuva 23).



KUVA 23. Antennien välimatka 5,91 metriä

Seuraava testipiste oli teräsenkavaunu 3:sen normaalin liikealueen toisesta ääripäästä vino argonin kohdalta, antennien välin ollessa 59,37 metriä (kuva 24.)



KUVA 24. Signaalin vahvuus etäisyyden ollessa 59,37 metriä

Vaunun todellinen liikerata on noin 100 metriä eikä signaalin voimakkuutta ole vielä päästy sillä etäisyydellä testaamaan.

4 POHDINTA

Kesken opinnäytetyön SSAB ilmoitti tekevänsä Raaheen uuden hiilineutraalin tehtaan lähitulevaisuudessa. Se tarkoittaa vanhan tehtaan loppumista. Isompia satsauksia vanhan mutta vielä toimivan päivittämiseen ei mielestäni ole järkevää tehdä. Niinpä järkeväksi vaihtoehdoksi jäi punnita tiedonsiirtoa nykyisen SATELLINE:n ja Siemensin SCALANCE:n välillä. Kävi ilmi, että näihin vanhempiinkin radioihin olisi saatavilla suuntaavia antennejä, jotka periaatteessa pystyttäisi asentamaan virtakiskotunneliin. Kuitenkin tiedonsiirron kapasiteetin ollessa vain 19,2 kbps verrattuna IWLAN:in suurimpaan 1,733 Mbit/s käy tämä pullonkaulaksi ja mielestäni IWLAN on oikea suunta.

Pitkien testien aikana on tässäkin IWLAN kokeilussa löytynyt parannettavaa, johtuen vaativista olosuhteista. Virranotinvaunussa kulkevasta client-kotelosta on kansi irronnut koska saranat olivat muovivia. Samasta virranottovaunusta on client -antenni irronnut ja tukiasema roikkui kaapeleiden varassa. Länsipään acces point -antenni on myös palanut kertaalleen. Lisäksi tässä kokoonpanossa oleva suuntaava antenni on joka tapauksessa herkkä ympäristön häiriöille ja voi olla hankala suunnattava.

Terässenkkaavuun, johon IWLAN asennettiin kokeiluun, olisi pitänyt olla joko 11, 22 tai 33. Vaunun valinnan syynä on, että niiden normaali operointialue on pidempi ja niille järjestyisi huoltotaukoja helpommin. Vaunut 1, 2 ja 3 ovat sidoksissa suoraan konverttereihin niin tuotannon kuin huoltojenkin aikana. Esimerkiksi vaunu 11 olisi ollut hyvä valinta, koska se ei käy konvertterin alla eikä sen operointialueella olevaa huuhteluasemaa käytetä käytännössä ollenkaan. Vaunut 22 ja 33 ovat sidoksissa CAS-OB:iin kanssa, mutta näidenkin kanssa olisi helpompi sopia huoltotauoista.

Parhaan kokonaisuuden mielestäni saisi, kun siirtyisi asteittain terässenkkaavuun kerrallaan (ensin tuplavaunut) käyttämään SCALANCE IWLAN järjestelmää. Vaiheittain suoritettavalla päivityksellä se ei aiheuttaisi häiriötä tuotannolle ja päivitetyltä radalta jäisi varaosia. SCALANCE on myös jo valmiiksi käytössä tehtaalla useassa eri paikassa, joten siitä on kertynyt kokemuksia ja varaosat olisivat yhteneväiset.

Antenniksi suosittelisin koksamolla jo vuosia käytössä ollutta IWLAN RCoax kaapelin ja IWLAN antennin yhdistelmää.

Kävin koksaamalla tutustumassa tähän vaihtoehtoon ja vuorossa olleiden asentajien mukaan suurempia ongelmia ei ole ollut. Kaapeli on ollut asennettuna koksaamalla myös vaativiin olosuhteisiin ja sitä on jouduttu vain kertaalleen jatkamaan noin 10 vuoden aikana (liite 2).

Mahdollisuus jatkaa kaapelia palvelisi myös sulaton tarpeita. Kaapeliin pystyisi tekemään jo valmiiksi liitoskohdan ja varastoon sopivan mittaisia, edullisia varaosia. Konvertterin alta vain alle 10 metrin päässä on tunneliin johtava oviaukko ja yleensä sula ei ole sinne asti polttanut kaapeleita tai virtakiskoja. RCoax kaapelin etuna olisi antennin ja kaapelin lyhyt lukuetaisyys eikä näin ollen häiriötä pääse syntymään (liite 2).

Oletettavasti heikoksi kohdaksi paljastuu RCoax kaapelin kiinnikkeet (liite 2) koska ne ovat muoviset. Kiinnikkeet sulavat varmasti sulan teräksen vuotaessa tunneliin, mutta ne ovat kuitenkin helppo korvata uusilla. Suurempi kysymys on kestävätkö ne normaaliolosuhteissa syntyvät värähtelyt ja hetkelliset kuumuudet.

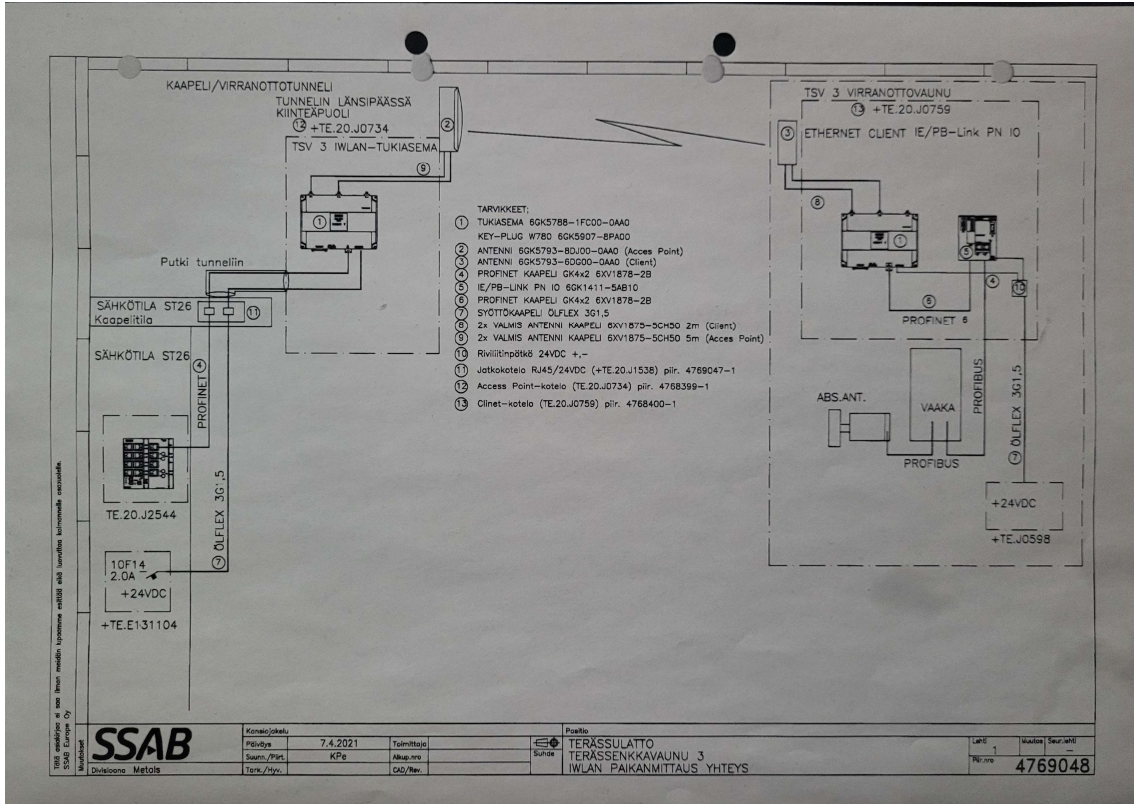
Opinnäytetyössä käsitelty wireless HART olisi hyvä ratkaisu terässulatolle johonkin muuhun sovellukseen. Esimerkiksi voisi ottaa käyttöön Endress + Hauserin WirelessHart –ratkaisut. Terässulatton alueella on pelkkiä virtausmittareita satoja. Ehkä tässä olisi ratkaisu tulevalle uudelle fossiiliton teräksen valmistuslaitokselle,

LÄHTEET

1. SSAB 2021. Kotisivut. <https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/liiketoiminta>
Hakupäivä 13.11.2022
2. [SSAB – Wikipedia](https://fi.wikipedia.org/wiki/SSAB#cite_note-SSABHistoria-7) Historia. https://fi.wikipedia.org/wiki/SSAB#cite_note-SSABHistoria-7 Hakupäivä 13.12.2021
3. Seppo Ollila, 2021. Malmipohjainen teräksenvalmistus. Pohto
4. Halminen Veli-Matti 2016, Opinnäytetyö. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2016112116709> Hakupäivä 10.01.2022
5. Researchgate, 2022. https://www.researchgate.net/figure/A-self-organizing-networks-life-cycle_fig2_340998003 Hakupäivä 28.03.2022
6. Celona.io. <https://www.celona.io/network-architecture/self-organizing-network> Hakupäivä 20.12.2021
7. Max Sunnarborg, 2010. Opinnäytetyö https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/12595/Sunnarborg_Max.pdf?sequence=2&isAllowed=y Hakupäivä 16.03.2022
8. Wireless Hart ICP DAS. https://www.icpdas.com/en/product/guide+Industrial_Communication+Fieldbus_Communication+HART) Hakupäivä 25.02.2022
9. AutomationForum.Co. <https://automationforum.co/basics-wirelesshart-network/> Hakupäivä 03.05.2022
10. SATELLINE -3AS(d) 869 ja Epic radiomodeemi käyttöohjekirja. Versio 2. Salo 2000
11. SATEL <https://www.satel.com/fi/tuotteet/radiomodeemit/satel-easy/> Hakupäivä 18.02.2022

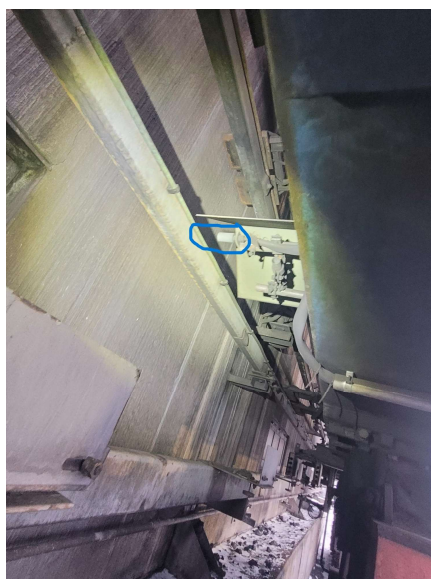
12. PJ Control Oy <https://www.pjc.fi/automaatio/teollisuusvayla/langaton-tiedonsiirto/99/langaton-tiedonsiirto-siemens-scalance-w> Hakupäivä 14.08.2022
13. Siemens industrial https://cache.industry.siemens.com/dl/files/732/109807732/att_1097297/v1/IWLAN_EN.pdf Hakupäivä 05.09.2022
14. Siemens.com <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industrial-communication/industrial-wireless-lan.html> Hakupäivä 30.08.2022
15. Siemens.com <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industrial-communication/plugs.html> Hakupäivä 19.09.2022

IWLAN järjestelmän rakenne





Jatkos



Luketäisyys



Kiinnikkeet