

HUOLTOTOIMINTOJEN OPTIMOINTI

Mikkola Joel

Opinnäytetyö

Konetekniikka
Insinööri (AMK)

2024

Konetekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Joel Mikkola	Vuosi	2024
Ohjaaja(t)	Ins. (YAMK) Arto Jäntti		
Toimeksiantaja	Agnico Eagle Finland Oy Jere Hettula		
Työn nimi	Huoltotoimintojen optimointi		
Sivumäärä	40 + 3		

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa Kittilän maanalaisen kaivoksen S900-tasolla sijaitsevaan liikkuvan kunnossapidon huoltohalliin 5S-varusteltu huoltopiste. Tavoitteena oli mahdollistaa lastaus- ja kuljetuskaluston kunnossapitotöiden siirtäminen kokonaisuudessaan uuteen optimoituun huoltopisteeseen ja tehostaa liikkuvan kunnossapidon toimintaa.

Opinnäytetyön toteutuksessa hyödynnettiin toimeksiantajayrityksen- ja laitevalmistajan henkilöstön haastatteluja sekä opinnäytetyötekijän omakohtaisia kokemuksia käytetystä menetelmästä. Työn tietoperustaa tuettiin kunnossapidon kirjallisuudella sekä alan standardeilla SFS-EN 13306 ja PSK 6201. Edellä mainittujen lisäksi hyödynnettiin verkkolähteitä, kuin suullisia lähteitäkin.

Työn tuloksena saatiin lastaus- ja kuljetuskalustolle 5S-menetelmää hyödyksi käyttäen optimoitu huoltopiste ja kunnossapitotoiminnot saatiin siirrettyä uuteen huoltopisteeseen aikataulussa. Uusi huoltopiste selkeyttää prosesseja, vähentää logistiikkaa, tehostaa aikataulutusta sekä parantaa varaosien ja työkalujen saatavuutta. Opinnäytetyössä toteutettua menetelmää voidaan soveltaa S900-tason muihin huoltopisteisiin yhtenäisten käytänteiden luomiseksi. Yhtenä jatkotutkimuksen aiheena olisi tutkia optimoinnin vaikutuksia kunnossapitokustannuksiin.

Mechanical Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Joel Mikkola	Year	2024
Supervisor(s)	Arto Jäntti, MEng		
Commissioned by	Agnico Eagle Finland Oy Jere Hettula		
Title	Optimization of maintenance operations		
Number of pages	40 + 3		

The purpose of this thesis was to design and implement a 5S-equipped maintenance station for mobile maintenance operations at the S900 level of the Kittilä underground mine. The goal was to enable the complete transfer of loading and hauling equipment maintenance tasks to the new optimized maintenance station and to improve the efficiency of mobile maintenance operations.

In the implementation of the thesis, interviews with the client company employees and equipment manufacturers, as well as the author's own experiences with the used method were utilized. The theoretical background of the work was supported by literature of maintenance and industry standards SFS-EN 13306 and PSK 6201. In addition to these, online and oral sources were also used.

As a result, an optimized 5S-compliant maintenance station was created for loading and hauling equipment and maintenance operations were successfully transferred to the new station on schedule. The new station streamlines processes, reduces logistics, improves scheduling and enhances the availability of spare parts and tools. The method implemented in this thesis can be applied to other maintenance stations at the S900 level to establish standardized practices. A potential topic for further research would be to examine the impact of optimization on maintenance costs.

Keywords

maintenance, mines (quarries), lean manufacturing

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	AGNICO EAGLE FINLAND OY	9
3	LASTAUS- JA KULJETUSKALUSTO	10
3.1	Sandvik Toro™ LH517 ja Sandvik Toro™ LH621	10
3.2	Sandvik Toro™ TH551i	11
4	KUNNOSSAPITO	13
4.1	Kunnossapitostrategiat	14
4.1.1	TPM (Total Productive Maintenance)	15
4.1.2	RCM (Reliability Centered Maintenance)	16
4.1.3	AM (Asset Management).....	17
4.2	Kunnossapitolajit standardien mukaisesti	19
4.2.1	SFS-EN 13306	19
4.2.2	PSK 6201	20
4.3	Suunniteltu kunnossapito.....	21
4.4	Suunnittelematon kunnossapito.....	22
4.5	Maanalaisen kaivoksen kunnossapito	23
5	LEAN	24
5.1	Historia	25
5.2	5S-menetelmä	26
5.2.1	Sortteeraus	27
5.2.2	Systematisointi	27
5.2.3	Siivous	28
5.2.4	Standardointi	29
5.2.5	Seuranta	29
6	HUOLTOPISTEEN 5S-VARUSTELU	31
6.1	Työn aloitus ja suunnitelma	31
6.2	Varaosat	32
6.3	Öljyt ja nesteet.....	33
6.4	Työkalut.....	34
7	POHDINTA.....	37

LÄHTEET.....	38
LIITTEET	40

ALKUSANAT

Haluan kiittää toimeksiantajayritystä Agnico Eagle Finland Oy:ta ja opinnäytetyön ohjaajana toiminutta kunnossapidon suunnitteluinsinööri Jere Hettulaa sekä kunnossapitoinsinööri Pasi Luotolaa mielenkiintoisesta projektista ja opinnäytetyön mahdollistamisesta. Kiitokset kohdentuvat myös opinnäytetyön toteutuksessa mukana olleille Agnico Eagle Finland Oy:n työntekijöille sekä Sandvik Mining & Construction Oy:n Juuso Mattilalle teknisestä osaamisesta, jotka mahdollistivat työn suorittamisen tehokkaasti ja laadukkaasti.

Eriyiskiitokset kuitenkin haluan saattaa kotiväelleni, joka on tukenut ja mahdollistanut työskentelyni ja opinnäytetyöni tekemisen kuluneen vuoden aikana eri paikkakunnalla kaukana kotoa.

Kempeleessä 22.11.2024

Joel Mikkola

Joel Mikkola

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

AEF	Agnico Eagle Finland Oy
LIKU	Liikkuva Kunnossapito
S350	350 metriä maan alla sijaitseva taso
S900	900 metriä maan alla sijaitseva taso
AUMI	AutoMine®
TPM	Total Productive Maintenance
RCM	Reliability Centered Maintenance
AM	Asset Management

1 JOHDANTO

Kunnossapidon kustannukset ovat yleisesti ottaen yritysten suurimpia kustannuksia ja suurin kontrolloimaton kuluerä. Kunnossapitoon ja sen kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä on kaksi, joista toinen on toiminnan tehostaminen. Kilpailukyvyyn säilyttämisen kannalta onkin eriarvoisen tärkeää pienentää erityisesti valmiin tuotteen kunnossapitokustannuksia. (Järviö, Piispa, Parantainen & Åström 2007, 20, 22.)

Vuonna 2023 toimeksiantajan siirrettyä maanalaisen kaivoksen liikkuvan kunnossapidon (LIKU) toiminnot suurimmaksi osaksi uuteen S900-tason (900 metriä maan alla sijaitseva taso) huoltohalliin, on vanhan S350-tason (350 metriä maan alla sijaitseva taso) huoltohallin käyttöaste jäänyt matalaksi muun muassa sen kaukaisemman sijainnin takia. Nykyisin lastaus- ja kuljetuskaluston kunnossapitotöitä suoritetaan kuitenkin molemmissa huoltohalleissa, mikä aiheuttaa erikoistyökalujen, varaosien sekä aikataulutuksen suhteen haasteita ja lisäkustannuksia.

Tämän opinnäytetyön aiheena on huoltotoimintojen optimointi. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii AEF (Agnico Eagle Finland Oy) ja opinnäytetyö toteutetaan kokonaisuudessaan yhtiön operoimalla Kittilän kultakaivoksella. Opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella ja toteuttaa maanalaisen kaivoksen uuteen S900-tasolla sijaitsevaan huoltohalliin 5S-varusteltu huoltopiste, joka on optimoitu lastaus- ja kuljetuskaluston kunnossapitoa varten. Varustelussa otetaan huomioon lastaus- ja kuljetuskaluston tarvitsemat varaosat, työkalut, öljyt sekä nesteet.

Tavoitteena on mahdollistaa lastaus- ja kuljetuskaluston kunnossapitotöiden siirtäminen kokonaisuudessaan S900-tasolle, optimoituun huoltopisteeseen ja näin ollen selkeyttää ja tehostaa LIKU:n toimintaa. Optimoimalla huoltotoimintoja pyritään siis kokonaisuudessaan mahdollistamaan toimeksiantajatahon kilpailukyvyyn säilyttäminen ja jopa parantaminen, pyrkimällä vähentämään kunnossapidon kustannuksia ja luomaan viihtyisämpi työympäristö.

2 AGNICO EAGLE FINLAND OY

AEF louhii ja rikastaa malmia Euroopan suurimmalla kultakaivoksella, Kittilän kaivoksella. Kaivostoiminta aloitettiin Suuren ja Rouran avolouhoksista vuonna 2008 ja ensimmäinen kultaharkko valettiin vuonna 2009. Avolouhostoiminta lopetettiin vuonna 2012, jolloin tuotanto siirtyi ainoastaan maanalaiseen kaivokseen. (Agnico Eagle Finland 2024c.)

Kittilän malmivarannot ovat emoyhtiö Agnico Eagle Mines Limitedin suurin yksittäinen kultaomaisuus. Alueen mittavien malmivarantojen vuoksi sillä on edelleen mahdollisuus laajentua, minkä takia alueellinen malminetsintä keskittyy Pohjois-Ruotsin Barselen lisäksi Kittilän kaivoksen ympäristöön. (Agnico Eagle Finland 2024b.) Nykyisten malmivarantojen puitteissa kaivostoiminnan on arvioitu jatkuvan 2030-luvun puoleen väliin asti (Agnico Eagle Finland 2024c).

AEF on investoinut laajasti tulevaisuuteen viime vuosina ja 2018 alkanut investointiohjelma tuli kokonaisuudessaan päätökseen 2023 vuoden aikana. Merkittävimpiä investointeja tuotannon nostamiseen olivat rikastamon kapasiteetin nosto 6 000 tonniin vuorokaudessa, uusi vedenpuhdistuslaitos sekä 1044 metriä syvän nostokuilun rakentaminen. Uusia teknologioita on kehitetty myös maanalaiseen kaivokseen ja uusimpana käyttöön on otettu privaatti 5G-verkko. 5G-verkko mahdollistaa autonomisten sekä etäohjattavien kaivoskoneiden käytön, ja näin ollen on omiaan parantamaan kaivostyöskentelyn tehokkuutta ja työturvallisuutta. (Agnico Eagle Finland 2024a.)

Kittilän kaivoksessa louhitaan vuosittain yli 16 kilometriä tunnelia, millä AEF tuotti kultaa vuonna 2023 234 402 unssia eli noin 7 290 kg. Tulos oli kaivoshistorian toiseksi paras ja sillä saavutettiin 413 miljoonan euron liikevaihto. (Agnico Eagle Finland 2024a.) Kaivosyhtiön palveluksessa työskentelee nykyisellään omia työntekijöitä noin 500 henkilöä sekä urakoitsijoiden työntekijöitä noin 500 henkilöä (Agnico Eagle Finland 2024c).

3 LASTAUS- JA KULJETUSKALUSTO

3.1 Sandvik Toro™ LH517 ja Sandvik Toro™ LH621

Sandvikin valmistamat LH517 ja LH621 ovat dieselkäyttöisiä maanalaiseen kaivokseen suunniteltuja lastauskoneita. Pienempikokoinen LH517 pystyy kantamaan 17 000 kg, jolloin sen kokonaispaino on 65 600 kg. Vakiotoimituksessa kauhan koko on 7 m³, mutta suurimmillaan kauhaa on saatavana 9,1 m³ koossa. Kokonaismitoiltaan (P x L x K) LH517 on 11,5 m x 3,1 m x 2,8 m. LH621 puolestaan on dieselkäyttöisten lastauskoneiden isoin malli, sen ollessa 1,1 metriä korkeampi, 0,1 metriä leveämpi ja 0,1 metriä pidempi kuin LH517. Isompikokoinen LH621 tarjoaa maksimissaan 21 000 kg kantokyvyn, kuormatun kokonaispainon ollessa 79 800 kg. Vakiotoimitukseen sisältyy 8 m³ kauha, mutta saatavilla on kauhakokoa aina 11,2 m³:iin asti. (Sandvik Mining and Construction 2024a.)

Kittilän kaivoksella on tällä hetkellä käytössä viisi kappaletta LH517 mallin lastauskoneita sekä kolme kappaletta LH621 mallin konetta. Vanhin lastauskoneista on otettu käyttöön jo vuonna 2011 ja uusin puolestaan vuonna 2022. Torojen huoltoväli on tuntiperustaisesti määritetty, 250 tuntia. Eri koneilla huoltovälit täytyvät käytön mukaan hyvin vaihtelevasti. Vähällä käytöllä oleva Toro käy huollossa ainoastaan noin neljän kuukauden välein, kun taas säännöllisesti käytössä olevan koneen huoltoväli täyttyy hieman vajaassa kuukaudessa. (Korhonen 2024.)

Lastauskoneet ovat yksi tärkeimmistä laitteista maanalaisessa kaivoksessa. Niitä käytetään pääasiassa louhoksesta saatavan malmikiven sekä peränajosta syntyvän sivukiven lastaukseen. Lastauskoneet ovat kuitenkin monipuolisia, ja niitä voidaan hyödyntää myös työalueiden puhdistuksessa ja irrotetun kiven siirtämisessä parempiin paikkoihin, jotta tuotannosuunnittelu pystyy suunnittelemaan tuotannon tehokkaammaksi. Kittilän kaivoksella yksi lastauskoneista on varustettu kauhan sijasta vasarapiikillä, jolla pystytään rikkomaan liian suuriksi jääneitä kiviä ja aukaisemaan kaatonousuihin mahdollisesti muodostuneita tukoksia. Osa Kittilän kaivoksen lastauskoneista on varustettu lisäksi AUMI (AutoMine®) toiminnolla, joka mahdollistaa koneiden

etäohjauksen maanpinnalta. AUM:lla käytetään esimerkiksi louhoksissa, joissa sortumavaara on suurempi. Kuviossa 1 on kuvattuna LH621 lastauskone maanalaisessa kaivoksessa.



Kuvio 1. Sandvik Toro™ LH621 (Sandvik Mining and Construction 2024a).

3.2 Sandvik Toro™ TH551i

TH551i on Sandvikin valmistama maanalaiseen käyttöön suunniteltu dieselkuorma-auto eli kaivosympäristössä paremmin tunnettuna dumpperi. Kone on kokonaismitoiltaan (P x L x K) 11,5 m x 3,2 m x 3,2 m, joten se on eritoten suunniteltu 5 m x 5 m tunneleihin. Lavaa on saatavilla eri kokoja 24–30 m³ välillä, mutta normaalitoimituksessa lavan koko on 28 m³. Koneen suurin hyötykuormakapasiteetti on 51 000 kg ja näin ollen kokonaispaino kuormattuna on maksimissaan 97 870 kg. (Sandvik Mining and Construction 2024b.)

AEF operoimalla Kittilän kaivoksella on käytössään neljä kappaletta TH551i dumppereita. Ensimmäinen dumpperi otettiin käyttöön kaivoksessa kesäkuussa 2024, viimeisin syyskuussa 2024 ja ne ovat korvanneet kokonaisuudessaan perinteiset kuorma-autot. Dumpperien huoltoväli on sama kuin Torojen, eli tuntiperustainen 250 tuntia. Kaikki neljä käytössä olevaa dumpperia ovat

säännöllisellä käytöllä ja niiden huoltoväli täyttyy keskimäärin 3 viikon välein. (Korhonen 2024.)

Kittilän maanalaisessa kaivoksessa dumpperien tehtävänä on kuljettaa lastauskoneiden lastaamaa malmikiveä räjäytetystä louhoksesta kaatonousuille, josta se kuljetetaan murskalle ja siitä edelleen tuotantonostokoneelle. Tuotantonostokone nostaa murskatun malmin maanpinnalle, josta se edelleen ajetaan kuorma-autoilla rikastamolle. Kuviossa 2 on kuvattuna TH551i dumpperi maanalaisessa kaivoksessa.



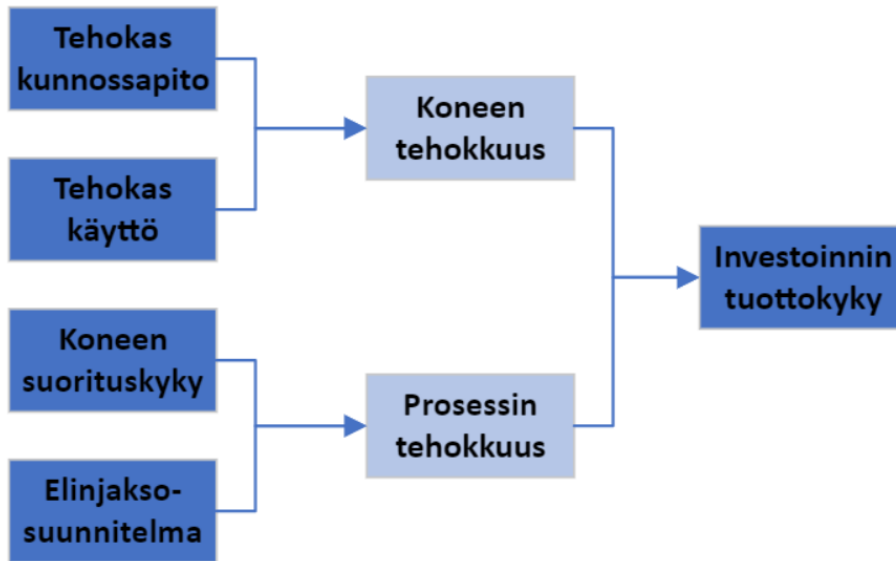
Kuvio 2. Sandvik Toro™ TH551i (Sandvik Mining and Construction 2024b).

4 KUNNOSSAPITO

Kunnossapidon katsotaan olevan erilaisten asioiden pitämistä toimintakuntoisena, jotta ne toimivat luotettavasti ja ilmenevät viat korjataan mahdollisimman nopeasti huomioiden ympäristö- ja turvallisuuskriteerit. Tästä huolimatta kunnossapidon ajateltiin kuitenkin perinteisesti olevan vain vikojen korjausta. Tämän kaltainen ajattelutapa on nykyaikaisessa yhteiskunnassa liian suppea. Nykypäivänä kunnossapidon määritelmän kuitenkin ajatellaan yhä enemmissä määrin olevan käyttöomaisuuden tuottokyvyn ylläpitämistä ja säilyttämistä. Tämän määritelmän mukaan kunnossapitoon voidaan laskea kuuluvaksi seuraavat asiat:

- laitteiden ja koneiden toimintakunnon ylläpito
- laitteiden ja koneiden käytön turvallisuus
- laitteiden ja koneiden laaduntuottokyky
- elinjaksojen hallinta ja määrittäminen
- modernisointi
- suunnitteluheikkouksien korjaus
- kunnossapidon kehittäminen
- alkuperäiseen kuntoon palauttaminen
- käyttöolosuhteiden noudattaminen. (Järviö ym. 2007, 12–13, 15.)

Kunnossapitoa pidetään tehokkaana, kun kunnossapitäjät pystyvät luomaan koneille oikeanlaiset kunnossapitostrategiat ja toteuttamaan niitä mahdollisimman tarkasti, jotta koneen suorituskyky pysyy parhaalla mahdollisella tasolla. Yhdessä tehokkaan käytön kanssa tehokas kunnossapito mahdollistaa koneen toiminnallisen tehokkuuden. (Järviö ym. 2007, 14.) Kuviossa 3 on kunnossapidon merkitys investoinnin tuottokykyyn.



Kuvio 3. Tuottavuuteen vaikuttavat tekijät (mukaillen Järviö ym. 2007, 14).

4.1 Kunnossapitostrategiat

Viimeisten kahden vuosikymmenten aikana kunnossapitoon ja liikkeenjohtoon on kehitetty lukuisia erilaisia toimintamalleja. Näistä merkittävimpiä ovat olleet TPM (Total Productive Maintenance), RCM (Reliability Centered Maintenance) sekä AM (Asset Management). Kaikki olemassa olevat toimintamallit voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään. Ensimmäiseen ryhmään katsotaan kuuluvaksi laatujohdannaiset kunnossapitostrategiat, jotka painottavat kunnossapitotehtävien suorittamista oikein ja onnistumista ensimmäisellä kerralla. Toiseen strategiakategoriaan kuuluu TPM, joka pyrkii edistämään käytön ja kunnossapidon yhteistoimintaa. Kolmas kategoria sisältää RCM ja AM perustaiset kunnossapitostrategiat, jotka painottavat tehokkaita valintoja ja kunnossapitotarpeiden muutoksia eri markkinatilanteissa. (Järviö ym. 2017, 115–116.)

Kunnossapidon suunnittelu on jatkuvaa kehittämistä, joka korostuu investointien yhteydessä. Suunnittelun yhteydessä määritetään myös yrityksen käytössä oleva kunnossapitostrategia sen hetkiselle laitekannalle. Kunnossapitostrategiaan katsotaan kuuluvat kaikki liikkeenjohdolliset keinot, joilla saavutetaan kunnossapidolle asetetut tavoitteet. Strategian kautta määritellään

kunnossapidolle yleinen suunnitelma, tilat, resurssit ja materiaalitoiminnot. (PSK 6201:2022, 16.)

4.1.1 TPM (Total Productive Maintenance)

TPM eli Total Productive Maintenance voidaan suomentaa olevan kokonaisvaltaista tuottavaa kunnossapitoa. TPM tavoitteena on pyrkiä luomaan laitteille ja koneille optimaaliset käyttöolosuhteet ja ylläpitämään niitä. Tavoitteen saavuttamiseksi tunnistetaan kunnossapidolliset haasteet, korjataan ne sekä edistetään käytön ja kunnossapidon yhteistoimintaa eli siirretään koneiden käyttäjille vastuuta laitteiden ylläpidosta, kehityksestä ja kunnossapidosta. TPM kunnossapitostrategian käyttöönotto on kolmivaiheinen kehitysohjelma. Vaiheet ovat kuntovaihe, mittausvaihe sekä kehitysvaihe. (Järviö ym. 2017, 147–148.)

Kuntovaiheessa on tarkoituksena saattaa koneet- ja laitteet mahdollisimman hyvään kuntoon. Kuntovaiheessa määritellään jokaisen koneen ja laitteen kriittisyys pisteyttämällä, kunnossapidon näkökulmasta. Jokainen kone arvioidaan myös komponenttitasolla. Pisteytyksestä saadun listan mukaisesti koneet ja laitteet korjataan, kunnostetaan tai puhdistetaan kriittisyysjärjestyksessä. Kun kaikki koneet ja laitteet on palautettu alkuperäiseen kuntoon, laaditaan uusi kunnossapitosuunnitelma, joka sisältää tarkastus ja huolto-ohjeet. (Järviö ym. 2017, 152.)

Mittausvaiheessa arvioidaan ja mitataan koneiden sekä laitteiden suorituskykyä ja käyttöastetta. Tavoitteena on etsiä syitä laiterikoille ja tuotantotehokkuuden putoamiselle. Yksi tehokkaimmista työkaluista ongelmanratkaisuihin on laitehistoria, josta saadaan selville luotettavuuden pettämiseen vaikuttaneet tekijät, joita voivat olla esimerkiksi jokin laitteen komponentti, laitteen käyttäjä tai kunnossapitaja. Arvioinnin seurauksena saaduista tiedoista ja mahdollisesti järjestetyistä koulutuksista kootaan yritykselle uudet toimintatavat ja ohjeistukset. (Järviö ym. 2017, 153–154.)

Kolmannessa vaiheessa eli kehitysvaiheessa tarkoituksena on kaikkien aikaisemmissa vaiheissa tehtyjen toimintatapojen ja ohjeistuksien käyttöönotto. Kehitysvaiheessa sitoutetaan myös käyttö kunnossapitoon, sillä heiltä löytyy hyvin usein paras tieto koneiden ja laitteiden luotettavuudesta. Käytön

suorittamaan kunnossapitoon sisältyy koneiden ja laitteiden puhdistukset, voitelut sekä rasvaukset, yleiset tarkastukset kohteessa sekä avustavat kehitystyöt, kuten huolto-ohjeiden päivitys ja laadinta yhteistyössä kunnossapidon kanssa. (Järviö ym. 2017, 156.)

Kuntovaiheessa tunnistettavat kunnossapidolliset ongelmat ja niiden korjaamiset voi auttaa pääsemään nopeasti hyviin taloudellisiin tuloksiin. Kokonaisvaltaiseen TPM-toimintaan siirtyminen on kuitenkin yleisesti ottaen raskas ja pitkäjänteinen prosessi, koska toimintamalleja ei pystytä suoraan kopiomaan eri maiden tai kulttuurien välillä, vaan yritysten on määriteltävä yksityiskohtaisesti omat erityispiirteet. Avainasemassa on aina kuitenkin organisaatioiden kaikkien sidosryhmien aktiivinen osallistuminen. (Järviö ym. 2017, 118, 150.)

4.1.2 RCM (Reliability Centered Maintenance)

Yksi kunnossapidon ongelmista on ollut ehkäisevän eli suunnitellun kunnossapidon suunnittelu. Työkalujen ja tehokkaiden menetelmien puutteessa suunniteltua kunnossapittoa on jouduttu tekemään liian paljon. (Järviö ym. 2007, 123.) Reliability Centered Maintenance eli suomennettuna luotettavuuskeskeinen kunnossapito tarjoaa systemaattisen menetelmän kunnossapidon suunnittelun tarpeisiin. RCM-menetelmän avulla pyritään näin ollen tekemään mahdollisimman vähän kunnossapittoa, vaarantamatta tuotantoa tai laitekantaa. (Mikkonen ym. 2009, 76.)

RCM:n päämääränä on priorisoida laitekanta ja kohdistaa kunnossapidolliset toimenpiteet niihin kohteisiin, joissa on suurin mahdollisuus kustannusten nousulle, turvallisuus- tai ympäristövaatimusten poikkeamille tai laadun heikkenemiselle. Jotta koneille ja laitteille voidaan laatia tehokkaat kunnossapitomenetelmät, on niiden vikaantumismenetelmät selvitettävä ja koneiden käyttäjät opetettava seuraamaan koneen kuntoa. (Mikkonen ym. 2009, 75.)

RCM-prosessi sisältää seuraavat vaiheet järjestyksessä:

- laitteiden ja koneiden (tuotanto-omaisuuden) toimintojen ja tehokkuuksien vaatimustason määrittäminen

- toiminnallisten vikojen määrittely eli miten laite tai kone voi epäonnistua aikaisemmin määritetyssä vaatimustasossa
- vikaantumismallien selvitys eli minkälaiset vikaantumismekanismit johtavat toiminnallisen vian syntyyn
- vian vaikutuksen selvitys eli miten vikaantuminen mahdollisesti ilmenee
- vian seurauksen määrittely:
 - o viasta piilevät seuraukset
 - o turvallisuuteen tai ympäristöön vaikuttavat seuraukset
 - o toiminnalliset seuraukset
 - o ei-toiminnalliset seuraukset
- ennakoivien toimenpiteiden määrittely:
 - o säännölliset huoltotoimenpiteet
 - o säännölliset vaihdot
 - o kuntoon perustuvat toimenpiteet
- korjaavien toimenpiteiden määrittely:
 - o säännölliset tarkastustoimenpiteet
 - o uudelleensuunnittelu
 - o ei huoltotoimenpiteitä eli Run To Failure. (Mikkonen 2009, 76.)

4.1.3 AM (Asset Management)

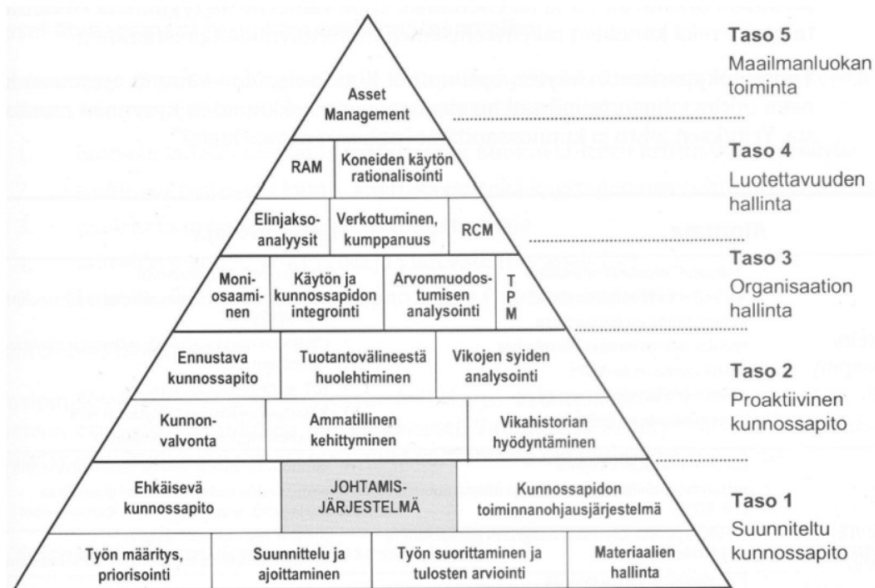
Asset Management on tuotanto-omaisuuden hallintaan perustuva kunnossapitostrategia ja sitä pidetään yleisesti ottaen maailmanluokan toimintaan liittyvänä strategiana. AM ei ole pelkästään kunnossapitoa, vaan sen päämääränä on suunnitella tuotantolaitteiston toimintaa niin, että yrityksen tavoitteet saavutetaan minimoiden kustannukset. Asset Management painottaa

prosessin tehokkuutta ja kehittämistä, vikaantumisten välttämistä, tuotanto-omaisuuden oikein mitoittamista ja koneiden käytön tehokkuutta. (Järviö ym. 2007, 93–94.)

Asset Management projekti sisältää viisi vaihetta, jotka ovat:

- vikatietojen avulla ongelmalaitteiden selvittäminen ja kunnossapidon muuttaminen reagoivasta suunniteltuun
- ongelmalaitteiden korjaus, jotta suunnittelemattomien kunnossapitotöiden prosenttiosuus pienenee. Toiminnanohjausjärjestelmän käyttö kokonaisvaltaisesti kunnossapidon apuna
- kunnossapidon ja käytön yhdistäminen (TPM-taso)
- koneiden ja laitteiden luotettavuuden parantaminen yli 95 % tasolle (koneiden epäluotettavuuksien poistaminen ja kouluttautuminen)
- tuotantokapasiteetin optimointi (Kunnossapidollisen keinoin mahdollistetaan koneen tai laitteen tehokkuus vastaamaan sen hetkistä markkinatilannetta ja -muutoksia). (Järviö ym. 2007, 94.)

Kuviossa 4 on esitetty kunnossapidon pyramidi, jonka avulla kunnossapito-organisaatio voi tarkastella omaa toimintaa (Järviö ym. 2007, 94).



Kuvio 4. Kunnossapidon tasot (Järviö ym. 2007, 94).

4.2 Kunnossapitolajit standardien mukaisesti

Kunnossapitoon ja kunnossapitolajeihin liittyvät määrittelyt sekä terminologia eivät ole täydellisesti yhteneväisiä eri standardien kesken. Käytössä on niin kansainvälisiä kuin kansallisiakin standardeja, joiden rinnakkainen käyttö voi aiheuttaa väärin ymmärryksiä ja haasteita. (Mikkonen ym. 2009, 95.)

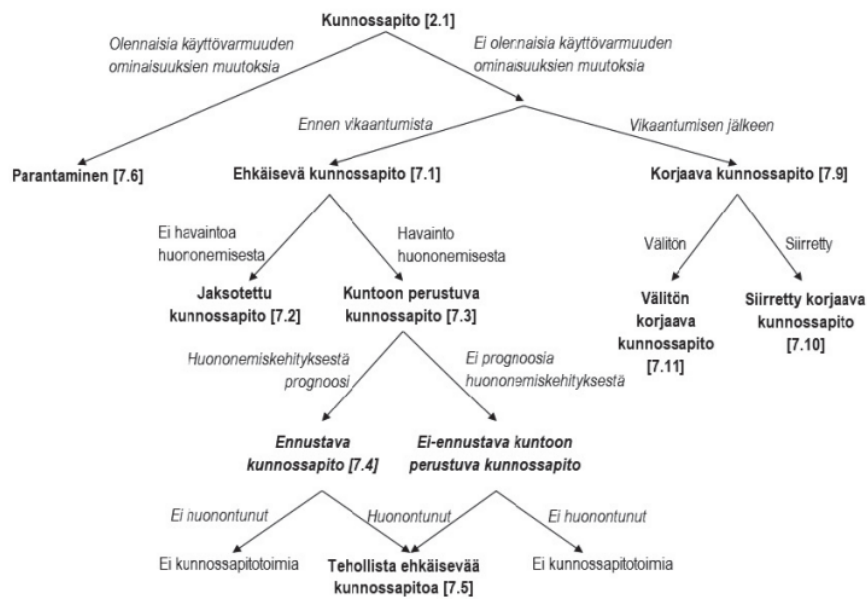
Kunnossapidon keskeisiä standardeja on viisitoista kappaletta. Näistä kaksi eli SFS-EN 13306 sekä PSK 6201 ovat molemmat kunnossapidon käsitteiden ja määrittelyiden standardeja ja näin ollen ne jakavat kunnossapitolajien määrittelyt. (Järviö & Lehtiö 2017, 38.)

4.2.1 SFS-EN 13306

SFS-EN 13306 on kunnossapidon termien ja käsitteiden standardi. Se on voimassa koko Euroopan unionin alueella, mutta valtiot voivat halutessaan laatia omia kansallisia standardeja, jotka ovat linjassa EN-standardin kanssa. (Järviö ym. 2007, 32.)

Kunnossapito määritetään uusimman SFS-EN 13306:2017 standardin mukaan seuraavanlaisesti: "Kaikki kohteen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon." (SFS-EN 13306:2017, 5).

SFS-EN 13306 standardi jakaa kunnossapidon tehtävät vian havaitsemisen mukaisesti. Kuviossa 5 on esitetty kunnossapitolajien taulukko. Ehkäisevään kunnossapitoon katsotaan kuuluvan kaikki ennen vikaantumista tapahtuvat toimenpiteet ja korjaavaan kunnossapitoon täten kaikki toimenpiteet, jotka suoritetaan, kun vika on pysäyttänyt laitteen. (Järviö & Lehtiö 2017, 46.)



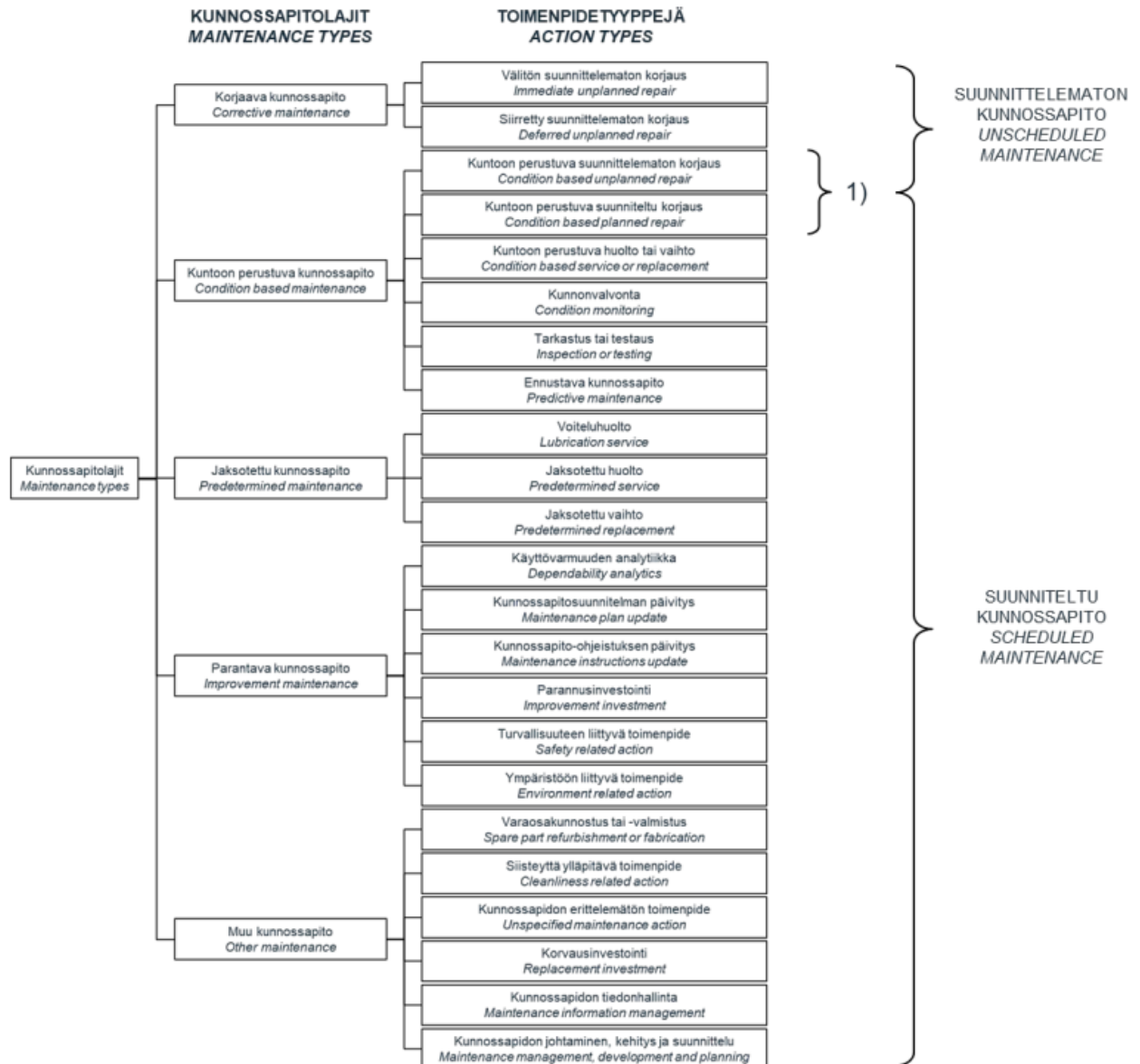
Kuvio 5. Kunnossapitolajit SFS-EN 13306:2017 mukaisesti (SFS-EN 13306:2017, 22).

4.2.2 PSK 6201

Suomessa toimiva standardisointiyhdistys PSK laatii suomenkielisiä standardeja pohjautuen EN-standardeihin. PSK 6201 on laadittu mukailleen EN 13306 käsitteitä, mutta rakennettu vastaamaan paremmin suomen teollisuuden tarpeita. (Järviö ym. 2007, 32.)

Kunnossapito määritetään uusimman PSK 6201:2022 standardin mukaan seuraavanlaisesti: "Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana." (PSK 6201:2022, 3).

PSK 6201 tarkastelee asioita hieman eri näkökulmasta. Kunnossapitolajit on jaettu karkeasti suunniteltuun- ja suunnittelemattomaan kunnossapitoon, mutta verrattuna EN-13306 standardiin on kunnossapitolajeja sekä kunnossapidontoimenpiteitä huomattavan paljon enemmän. Kuviossa 6 on esitetty PSK 6201 mukainen kunnossapitolajien taulukko.



Kuvio 6. Kunnossapitolajit PSK 6201:2022 mukaisesti (PSK 6201:2020, 26).

4.3 Suunniteltu kunnossapito

Suunnitellulla kunnossapidolla tarkoitetaan myös ehkäisevää kunnossapitoa. Suunniteltua kunnossapitoa tehdään yleisesti ennalta määritettyjen kriteereiden täytyessä tai määrätyn aikavälein, ja näin pyritään vähentämään vikaantumista ja tuotantotehokkuuden laskua. Suunniteltu kunnossapito pitää sisällään kuntoon perustuvan kunnossapidon, jaksotetun kunnossapidon, parantavan kunnossapidon sekä mahdollisen muun kunnossapidon. Muut suunnitellut kunnossapidolliset toimenpiteet voivat olla kunnossapidon johtamiseen,

kehitykseen ja suunnitteluun liittyviä tehtäviä tai varaosien kunnostukseen tai valmistukseen liittyviä tehtäviä. (PSK 6201:2022, 26, 32.)

Kuntoon perustuva kunnossapito pohjautuu kunnonvalvontaan, jota suoritetaan koneen tai laitteen toimiessa. Kunnonvalvonnan menetelmillä pyritään etsimään jo oireilevia komponentteja tai toteamaan kone tai laite toimivaksi. Säännöllisesti suoritetusta kunnonvalvonnasta saatujen tulosten pohjalta syntyy tarve kuntoon perustuvalla huollolla, osien vaihdolla tai korjaukselle. (Järviö ym. 2017, 50–53.)

Jaksotettu kunnossapito poikkeaa kuntoon perustuvasta kunnossapidosta siten, että huolto, korjaus- tai vaihtotyöt tehdään ilman kunnonvalvontaa, perustuen ainoastaan esimerkiksi laitteen- tai koneen aika- ja käyttömäärään. Voiteluhuollot ovat yksi jaksotetun kunnossapidon tärkeimmistä tehtävistä. (PSK 6201:2022, 32.)

Parantavalla kunnossapidolla pyritään nimensä mukaisesti parantamaan koneen tai laitteen kunnossapidettävyyttä, toimintavarmuutta tai turvallisuuteen liittyviä asioita. Parantavaa kunnossapitoa voidaan suorittaa vikapuuanalyysillä sekä vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysillä, joiden avulla pystytään tunnistamaan tekijöitä, jotka heikentävät käyttövarmuutta ja kohdistamalla kunnossapitoa näihin kohteisiin. Kunnossapitosuunnitelman- ja kunnossapito-ohjeiden päivityksillä pyritään myös vaikuttamaan käyttövarmuuteen ja kunnossapidettävyyteen. (PSK 6201:2022, 32–33.)

4.4 Suunnittelematon kunnossapito

Suunnittelemattomalla kunnossapidolla tarkoitetaan yleisesti ottaen myös korjaavaa kunnossapitoa. Korjaava kunnossapitoa suoritetaan, kun vika on havaittu ja sen tavoitteena on palauttaa kone tai laite tilaan, jossa se pystyy suoriutumaan sille asetuista tavoitteista. Korjaava kunnossapito voidaan jakaa kahteen eri kategoriaan, jotka ovat välitön korjaus ja siirretty korjaus. (PSK 6201:2022, 26–27.)

Välittömällä korjauksella tarkoitetaan kunnossapidon tehtävää, joka suoritetaan välittömästi, kun vika on havaittu. Välittömien korjaustenkin kohdalla voi kuitenkin esiintyä viivettä, koska viat tulevat kunnossapidon näkökulmasta yllättäen. Mikäli

laitteeseen tai koneeseen tullessa äkillinen ja yllättävä vika, mutta sen ei katsota olevan kriittinen tuotannon kannalta eikä se aiheuta vaaraa, voidaan sen korjaus siirtää myöhempään ajankohtaan. Tätä kutsutaan siirretyksi suunnitteleamattomaksi korjaukseksi. (PSK 6201:2022, 27–28.)

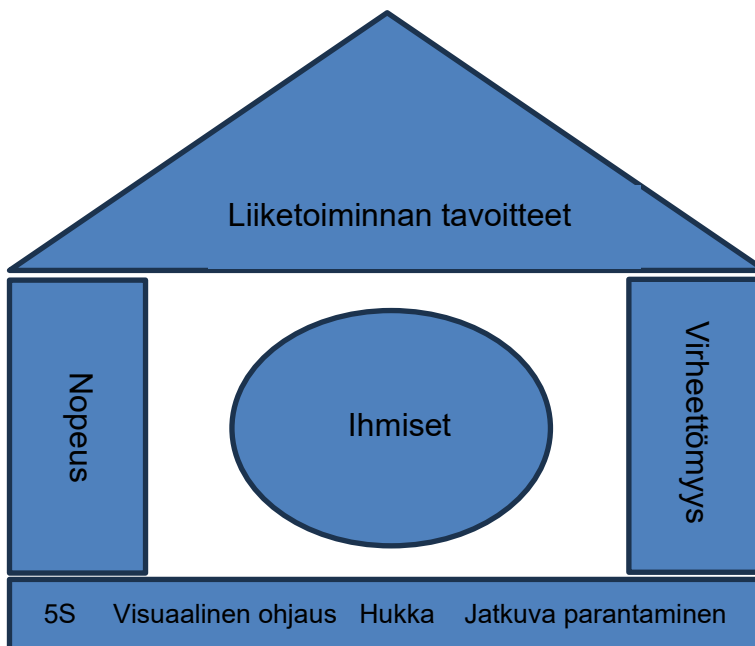
4.5 Maanalaisen kaivoksen kunnossapito

Maanalaisen kaivoksen kunnossapito on yksi kaivostoiminnan vaativimmista osa-alueista. Kaivoksen laaja tieverkosto, vaikeapääsyisyys kohteisiin ja äärimmäiset ympäristöolosuhteet asettavat monia haasteita, joilla on vaikutusta kunnossapidon tehokkuuteen ja -turvallisuuteen. Varaosien ja työkalujen saaminen huoltoalueille vie aikaa ja suunnitteleamattomat välittömät korjaukset on usein tehtävä tuotantoperissä ahtaissa ja pimeissä olosuhteissa. Oman haasteensa aiheuttaa myös mahdollinen työskentely putoamisvaarallisten tilojen läheisyyksissä ja louhoksissa. Samaan aikaan suunniteltujen huoltojen ajoittaminen voi olla haastavaa, koska jokainen huolto vaatii tuotannon suunnittelua ja voi aiheuttaa kustannuksia. Tämä vaatii hyvää yhteistyötä ja kommunikointia kunnossapidon ja tuotannon välillä, jotta vältetään turhilta kustannuksilta. (Halonen 2024.)

Korkea kosteusprosentti, pölyisyys ja tiettyjen paikkojen kuumuus aiheuttaa ongelmia myös isoille kaivoskoneille. Korkea kosteusprosentti aiheuttaa herkkien sähköjärjestelmien vikoja ja altistaa koneet korroosiolle. Kaivosilman pölyisyys johtaa ilmansuodattimien ja jäähdytyskennojen tukkeutumisiin, jotka aiheuttavat ylikuumenemista ja pahimmillaan jopa tulipaloriskin. (Halonen 2024.)

5 LEAN

Lean on johtamismalli, jolla pyritään kehittämään yleensä teollisuuden tuotantojärjestelmiä ja parantamaan tuottavuutta. Nykyisin Leanin periaatteita ja työkaluja sovelletaan kuitenkin jo muillakin toimialoilla pienemmissä mittakaavoissa. (Jokinen, Rahko, Kilponen & Kekkonen 2020, 5.) Kaiken perustana on maksimoida tuotannon virtaus ja poistaa menetetty aika eli hukka ja näin ollen lyhentää läpimenoaikaa (Six Sigma 2024b). Leanin käyttöönotolla voidaan saavuttaa jopa 30–50 %:n parannuksia työn tuottavuudessa (Jokinen ym. 2020, 8). Leania kuvataan usein talon muodossa, jossa ihmiset ovat talon keskiössä. Kuviossa 7 esitetyn talon perustan muodostaa 5S, visuaalinen ohjaus, hukan tunnistaminen sekä toiminnan jatkuva parantaminen. Talon katto eli liiketoiminnan tavoitteet ovat seinien, eli nopeuden ja virheettömyyden varassa.



Kuvio 7. Lean-talo (mukaillen Jokinen ym. 2020, 7).

Leanin käyttöönotoissa on havaittu, että pelkästään työkalulähtöinen lähestymistapa johtaa hyvin monesti epäonnistumiseen. Yritysten johdon onkin huomioitava, että tekijät oivallutetaan Leanin kannattavuuteen, sillä näin voidaan luoda kestävä perusta jatkuvuudelle. Leanin ensimmäisen periaatteen mukaisesti yrityksen johdon on ajateltava pitemmälle tulevaisuuteen ja tavoitteet on luotava sen mukaisesti. Henkilöstön kouluttamisesta voi aiheutua tappioita ennen tulosten syntymistä. (Jokinen ym. 2020, 9.)

Leanin toisen periaatteen mukaisesti oikeita tuloksia voidaan saavuttaa oikeilla prosesseilla. Lean sisältää useita erilaisia työkaluja, joilla prosesseja pyritään parantamaan. Ensimmäisenä tehtävänä on oppia toimimaan järjestelmällisemmin ja poistamaan epäjärjestystä, jotta prosessin virheet voidaan havaita. Yksi tähän soveltuvista työkaluista on 5S-menetelmä, joka on suosittu työkalu Leanin aloituksessa. (Jokinen ym. 2020, 9.)

Kolmannen ja neljännen periaatteen mukaisesti Lean-johtamisen tarkoituksena on mahdollistaa ihmisten jatkuva kehittyminen ja luoda jatkuvasti oppiva työympäristö ja organisaatio. Nämä kaksi periaatetta koskevat erityisesti yritysten johtoasemissa olevia henkilöitä, sillä heidän on tunnettava Lean-ajatusmalli ja luotava toimiva strategia sen kehittämiseksi ja toteuttamiseksi organisaatiossa. (Jokinen ym. 2020, 9.)

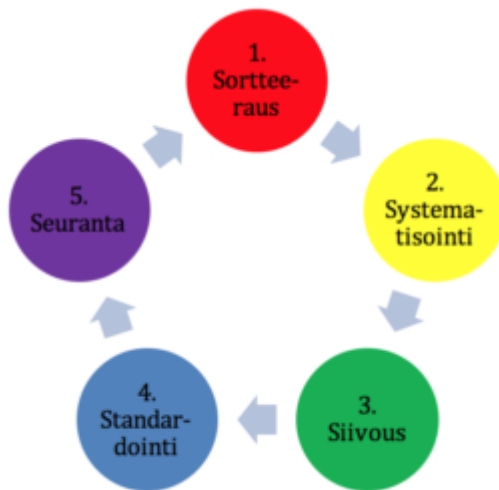
5.1 Historia

Leanin katsotaan syntyneen Japanissa toisen maailmansodan vaiheilla Toyota Motor Corporationin tehtaassa, jossa päätuotantoinsinööri Taiichi Ohnolle annettiin tehtäväksi kehittää tuotantoa, eli keksiä miten pystytään tuottamaan enemmän vähemmällä työllä. Taiichi Ohno matkusteli, keräsi tietoa ja ideoita opintomatkoilla Amerikan autotehtaissa ja supermarketeissa. Ohno keksi uusia ideoita ja yhdisteli kerättyä tietoaan luodakseen Toyota Production Systemin (TPS) eli Toyotan tehtaan tuotannonohjauksjärjestelmän. (Six Sigma 2024a.) Lean sanan katsotaankin tarkoittavan samaa asiaa kuin Toyotan tuotantojärjestelmä (Jokinen ym. 2020, 6).

Länsimaalaisille Lean tuli tutuksi, kun kolme Massachusettsin teknillisen korkeakoulun tutkijaa julkaisi kirjan *The Machine That Changed the World* vuonna 1990. Tutkimusohjelman seurauksena julkaistussa kirjassa käsiteltiin Japanin teollisuuden hyvän kilpailukyvyn perimmäisiä tekijöitä. Konsulttien ja tutkijoiden tuodessa uusia oppeja Leanista syntyi kaksi eri koulukuntaa: amerikkalainen koulukunta ja japanilainen koulukunta. Jo alkuvaiheessa suurin osa yritysten Leanin käyttöönotoista epäonnistuivat ja johtivat pettymyksiin, kun länsimaalaiset eivät kyenneet muuttamaan arvojaan ja asenteitaan, eivätkä ymmärtäneet Leanin taustalla olevaa filosofiaa. (Jokinen ym. 2020, 6.)

5.2 5S-menetelmä

5S-menetelmä on yksi Lean-johtamisen toimintamalleista. Nimensä mukaisesti se on viisiportainen organisointimenetelmä (Väisänen 2013). 5S ei ole pelkkää siivousta vaan se on järjestyksen luomista työympäristöön, mikä on edellytys Lean-periaatteiden kokonaisvaltaiselle toteuttamiselle. Toimintamallia noudattamalla kehitetään näin ollen yrityksen ja työntekijöiden järjestelmällisyyttä, mikä on osa jatkuvaa oppimista. (Jokinen ym. 2020, 12.) Kuviossa 8 on esitetty 5S-menetelmän kaikki viisi vaihetta, jotka ovat sortteeraus, systematisointi, siivous, standardointi ja seuranta.



Kuvio 8. 5S-menetelmän vaiheet (MFLOW 2021).

5S tuo välittömästi hyötyjä mukanaan, mikä auttaa vahvistamaan kaikkien sitoutumista uusiin toimintatapoihin sekä jatkuvaan parantamiseen. Hyötyjä saadaan esimerkiksi hukan poistosta, eli työkalujen etsimiseen ja korjaukseen kuluvasta ajasta. Tämä lisää myös työntekijöiden työtyytyväisyyttä, kun työkalut ovat ehjiä ja muiden työntekijöiden jäljiltä oikeissa paikoissa. Yksi merkittävä 5S-toimintamallin mukana tuleva hyöty on työtilojen väljyyden lisääntyminen. Työturvallisuus paranee, kun riski kompastua tai liukastua lattialla makaaviin työkaluihin pienenee. Siisti ja organisoitu työympäristö paljastaa herkästi myös prosessissa olevat epäkohdat helpommin, jolloin prosessia päästään kehittämään nopeammin. (Jokinen ym. 2020, 12.)

5.2.1 Sortteeraus

Ensimmäinen vaihe eli sortteeraus tarkoittaa lajittelua ja tavaroista luopumista. Sortteeraus keskittyy työalueella sijaitseviin esineisiin ja asioihin kuten työkaluihin, tarvikkeisiin, laitteisiin ja materiaaleihin. Sortteerauksen tarkoituksena on varmistaa, ettei työpisteellä säilytetä työlle epäolennaisia tavaroita. (Väisänen 2013.)

Sortteeraus suoritetaan työympäristöä kiertämällä ja inventoimalla nykyiset tavarat. Jokaisen tavarankohdalla tehdään päätös tarvitaanko tavaraa työssä. Tavarat lajitellaan yleisesti kolmeen ryhmään: päivittäin tarvittavat, satunnaisesti tarvittavat sekä tarpeettomat. Päivittäin tarvittaville tavaroille varataan paikat työpisteen välittömästä läheisyydestä ja satunnaisesti tarvittavat työkalut voidaan siirtää kauemmaksi varsinaisesti työpisteestä, jolloin ne ovat helpommin myös muiden työntekijöiden käytettävissä. (Jokinen ym. 2020, 13.)

5.2.2 Systematisointi

Systematisointi tarkoittaa näkyvän järjestyksen luomista. Järjestyksen luomisessa huomioidaan eritoten loogisuus ja tavaroiden käytettävyys. (Jokinen ym. 2020, 13.) Hyvä järjestys vähentää etsimiseen kuluvaa aikaa ja parantaa työttehokkuutta.

Järjestyksen luonnissa jokaiselle tavaralle määritetään omat loogiset paikat. Mikäli tavaraa tarvitaan usein, sijoitetaan se käytettävyyden kannalta mahdollisimman helppoon paikkaan ja lähelle työntekopistettä. Jokaiselle tavaralle merkitään paikka visuaalisesti esimerkiksi teipillä, varjotaululla tai kuvin esitettynä. (Jokinen ym. 2020, 13.) Visuaalinen merkintä auttaa pitämään tavarat paikallaan sekä ne ovat nopeasti käytettävissä ja palautettavissa omille merkityille paikoilleen (Väisänen 2013). Kuviossa 9 on esiteltyä työpiste, joka on systematisoitu varjokuvin.



Kuvio 9. Varjokuvin systematisoitu työpiste (Ashwin More 2024).

5.2.3 Siivous

Siisteys on laadun perusvaatimus ja sillä on suoraan verrannollinen vaikutus työturvallisuuteen. Siivouksella järjestetään työympäristö lopullisesti ja sillä tarkoitetaan myös työympäristön päivittäistä puhdistusta ja ylläpitoa asianmukaisin välinein. Tarkoituksena on saada työympäristöstä säännöllisesti puhdistettu ja tarkistettu tila. (Jokinen ym. 2020, 13.)

Siivous on siis samalla myös päivittäinen tarkastus, jolloin tarkistetaan työympäristön työkalut, koneet ja laitteet. Tällöin tunnistetaan tavaroiden mahdollinen huoltotarve ja esimerkiksi rikkiiniset työkalut havaitaan ja voidaan

korvata uusilla. Siivouksen tehostamiseksi se voidaan toteuttaa erikseen laaditulla ohjeella. (Jokinen ym. 2020, 13.)

5.2.4 Standardointi

Standardoinnin tarkoituksena on tukea kolmea aikaisempaa vaihetta ja se on oleellinen osa 5S-menetelmän onnistumista. Käytännössä toimenpiteet sekä käytännöt on jo laadittu aikaisemmissa vaiheissa ja standardoinnin avulla niitä pyritään ylläpitämään, jolloin ne tulevat osaksi työyhteisön arkea. (Jokinen ym. 2020, 14.)

Standardoinnissa sovitaan työntekijöiden kanssa, miten työympäristön järjestystä ja siisteyttä ylläpidetään. Standardit voivat sisältää tarkkoja sanallisia ohjeita tai ne voivat olla visuaalisia ohjeita, joihin työympäristön tilaa on mahdollista verrata. (Jokinen ym. 2020, 14.) Standardoinnin tehostamiseksi voidaan käyttää värejä työalueiden rajauksiin, sekä infotauluja ja kylttejä (Väisänen 2013). Kun laaditaan selkeät ja toimivat standardit, niitä on helppo noudattaa. Mikäli työympäristössä tapahtuu muutoksia, on tärkeää päivittää standardeja vastaamaan nykyistä tilannetta. (Jokinen ym. 2020, 14.)

5.2.5 Seuranta

Seuranta on 5S-menetelmien viimeinen sekä samalla tärkein ja vaikein vaihe. Toimintamallin käyttöönoton kautta syntyvä järjestelmällisyys ei säily ilman seuranta ja ylläpitoa. Seuranta edellyttääkin johdon aktiivista sitoutumista järjestelmällisyyden ylläpitämiseen ja prosessien jatkuvaan parantamiseen. Tämä tarkoittaa käytännössä aktiivista läsnäoloa, siisteystilojen jatkuvaa arviointia sekä epäjärjestykseen puuttumista. (Jokinen ym. 2020, 12.) Huomattavaa on, että siisteys ja järjestys ei kuitenkaan pysy koskaan ennallaan, vaan se heikkenee tai paranee ajan saatossa (Jokinen ym. 2020, 14).

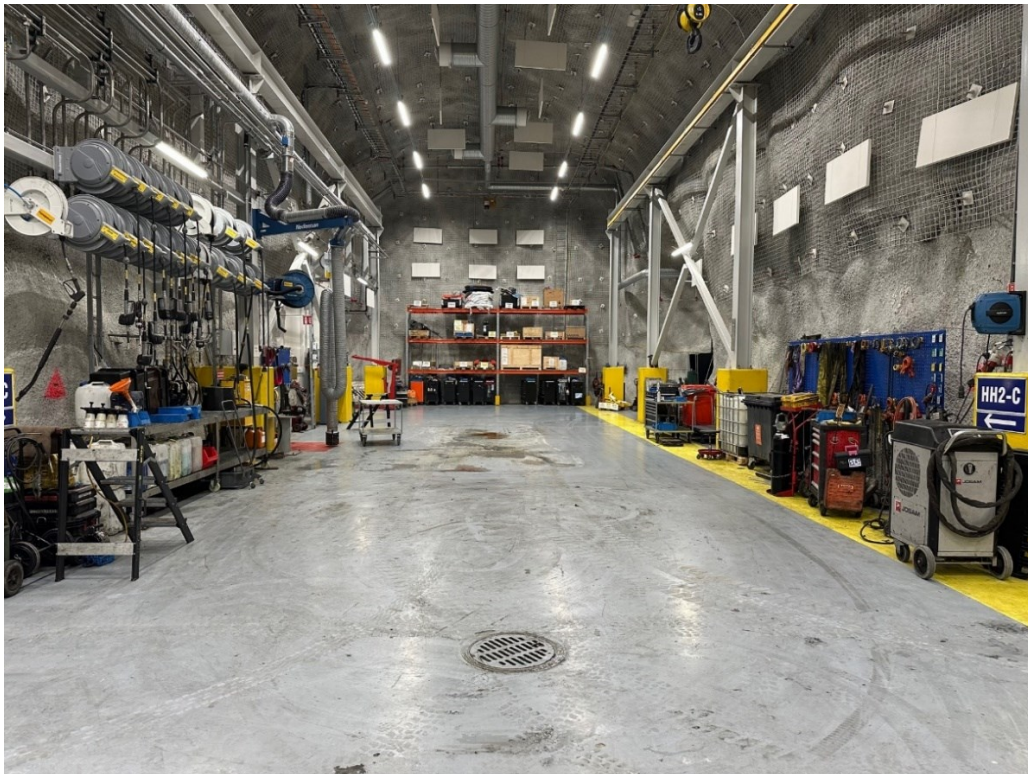
Yleisesti käytössä oleva seurantatapa on siisteysindeksi, jossa on määritelty arvioitavat kohteet. Esimerkiksi Excel-pohjaiselle seurantalomakkeelle arvioidaan työkohteiden kunto, ja mikäli arviokohteessa on epäjärjestyksiä, annetaan sille lisäksi kirjallinen kuvaus. Arviointi on hyvä suorittaa johdon edustajan kanssa viikoittain eri työntekijöiden kanssa. Arvioinnin pohjalta voidaan suorittaa

tarvittavia toimenpiteitä, kuten siivousta tai työntekijöiden esittämiä kehitysideoita. Seuranta on näin ollen mahdollistaa käyttää lisäksi myös parantamaan työntekijöiden ja johdon vuorovaikutusta, mikä on yksi Lean-johtamisen teemoista. (Jokinen ym. 2020, 14.)

6 HUOLTOPISTEEN 5S-VARUSTELU

6.1 Työn aloitus ja suunnitelma

Opinnäytetyön toteutus aloitettiin haastattelemalla opinnäytetyön toimeksiantajaa eli tässä tapauksessa työn ohjaajaa sekä liikkuvan kunnossapidon työnjohtajia ja -asentajia. Haastatteluista kerätyn tiedon pohjalta saatiin selville, että varustelu jakautuisi kahteen osa-alueeseen, jotka olivat maanalaisen kaivoksen liikkuvan kunnossapidon toiminnot sekä varaosien toiminnot. Näiden osa-alueiden perusteella työ jaettiin kolmeen erilliseen toteutusosioon, jotka olivat varaosat, öljyt ja nesteet sekä työkalut. 5S-menetelmä rajattiin koskemaan työkaluja ja huoltopisteen yleisilmettä sekä varaosien siirto rajattiin koskemaan ainoastaan S350-varastossa sijaitsevia lastaus- ja kuljetuskaluston varaosia. Kuviossa 10 on esitetty huoltopisteen alkuperäinen tilanne, jossa työkaluseinien potentiaali on hyödyntämättä, sekä lattiaan keltaisella maalatulla kulkuväylällä on runsaasti ylimääräistä tavaraa. Liitteessä 1 on lisäksi kuvattuna kuviossa 10 oikealla näkyvän sinisen työkaluseinän nykyinen optimoitu tilanne.



Kuvio 10. Huoltopiste C:n alkuperäinen tilanne.

Huoltopisteen 5S-varustelun toteutuksesta laadittiin toteutussuunnitelma, joka käytiin hyväksytyksi läpi liikkuvan kunnossapitoryhmän palaverissa. Palaveriin osallistui toimeksiantajataholta työn ohjaaja eli kunnossapidon suunnitteluinsinööri, kunnossapitoinsinööri, kunnossapidon työnjohtaja sekä työnsuunnittelija.

6.2 Varaosat

Varaosatoimintojen siirto aloitettiin palaverilla varaston työntekijöiden- ja työnjohtajan kanssa. Palaverissa käytiin läpi huoltopisteen varustelun tavoitteet, aikataulu sekä varaosatoimintojen siirron toteuttamiseen vaadittava menetelmä sekä resurssit. Heti alussa todettiin S900-tason varaosavaraston hyllytasojen riittämättömyys lastaus- ja kuljetuskaluston varaosille, joten projekti aloitettiin varastohenkilökunnan tekemällä kartoituksella. Kartoituksessa selvitettiin siirtyvien varaosanimikkeiden määrä ja tehtiin arvio uusien hyllyjen lukumäärän tarpeesta ja niiden sijoittelusta varaosavarastoon. Kartoituksen valmistuttua tehtiin tilaus uusista varaosahyllyistä sekä tilattiin lisäresurssia hyllyjen kasaukseen ja varaston fyysiseen muuttoon.

Varastotoimintojen siirto toteutettiin kahdessa eri vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa uudelleen järjestettiin S900-tason suoratilaushylly ja siirrettiin lastaus- ja kuljetuskaluston suoratilaukosat uusille paikoilleen. Toisessa vaiheessa siirrettiin S350-varaston kaikki siirtyvät varaosat S900-varastoon. Varaosien hyllytys uusille hyllypaikoille suoritettiin varastohenkilökunnan toiveiden mukaisesti. Kuviossa 11 on kuvattuna uudet kevythylyt jo siirretyillä varaosilla. Siirtämiseen käytettiin seuraavaa toteutustapaa, jota toistettiin, kunnes kaikki varaosat oli siirretty:

- lastaus S350-varastolta
- kuljetus S900-varastolle
- hyllytys S900-varastoon.



Kuvio 11. S900 varaston uudet kevythylyt hyllytettynä.

6.3 Öljyt ja nesteet

Huoltopisteen 5S-varusteluun kuului olennaisena osana lastaus- ja kuljetuskaluston tarvitsemien öljyjen ja nesteiden saatavuus huoltopisteellä sijaitsevista linjastoista. Linjastossa oli tällä hetkellä 16 linjaa, jotka kaikki olivat käytössä. Optimointi aloitettiin selvittämällä mitä öljyjä ja nesteitä kuljetus- ja lastauskalusto käyttää ja mitä linjastosta oli tällä hetkellä saatavilla. Kartoituksessa selvisi, että linjastossa oli tällä hetkellä melko kattavasti tarvittavia öljyjä, mutta linjastoon olisi saatava kuitenkin kaksi uutta tuotetta, joilla on suuri kertamenekki: dumperin vaihteistoöljy sekä -jäähdytinneste.

Ongelmaksi muodostui jo kaikki käytössä olevat linjastot, joten yhdessä varastohenkilöstön kanssa jouduimme selvittämään kaksi tuotetta linjastossa, joissa oli pienin menekki. Pienimmät menekit havaittiin olevan lasinpesunesteellä sekä automaattivaihteistoöljyllä. Näiden kahden tuotteen poistamisesta linjastoista haastateltiin kunnossapidon työnjohtajaa sekä työsuunnittelijaa ja sovittiin näiden tuotteiden saatavuuksista jatkossa.

Dumpperin vaihteistoöljy ja jäähdytinneste siirrettiin linjastoon seuraavalla toteutustavalla:

- lasinpesuneste- ja automaattivaihteistoöljysäiliöiden sekä linjojen tyhjäksi pumppaus
- lasinpesunestelinjoissa olevien nestepistooleiden vaihto öljypistooleiksi
- lasinpesunestesäiliön ja linjan huuhtelu vedellä sekä täyttö valmiiksi sekoitetulla dumpperin jäähdytinnesteellä
- automaattivaihteistoöljysäiliön ja linjan huuhtelu sekä täyttö dumpperin vaihteistoöljyllä
- vanhojen säiliö- ja linjamerkintöjen korvaaminen uusilla.

6.4 Työkalut

Huoltopisteelle sijoitettaviin lastaus- ja kuljetuskaluston näkökulmasta tarvittaviin työkaluihin ja välineisiin sovellettiin 5S-menetelmää. Työ aloitettiin S350-huoltohallin sortteerauksella yhteistyössä laitevalmistaja Sandvik Mining & Constructionin toimihenkilön kanssa. Ensimmäisenä vaiheena selvitettiin ja kirjattiin ylös huoltomanuaaleista ja kokemuksista yleisimmät työkalut, erikoistyökalut sekä välineet, jotka ovat tarpeellisia lastaus- ja kuljetuskaluston kunnossapitotöissä. Selvitystyön jälkeen S350-huoltohallin työkaluvalikoima inventoitiin ja tehtiin lista tarpeellisista, mutta puuttuvista työkaluista. Kun sortteeraus saatiin valmiiksi, tilattiin puuttuvat työkalut ja päästiin arvioimaan uuden huoltopisteen nykyisten työkaluseinien riittävyyttä. Hyvän ja loogisen järjestyksen luomiseksi päätettiin huoltopisteelle lisätä yksi työkaluseinä hylsyjä ja koneita varten (liite 2).

Systematisointi aloitettiin tyhjentämällä kaikki uuden huoltopisteen nykyiset työkaluseinät, jonka jälkeen kaikki sortteerauksessa listatut työkalut, erikoistyökalut sekä välineet siirrettiin S900-tasolle. Ennen työkalujen paikkojen määritystä haastateltiin liikkuvan kunnossapidon työnjohtajaa- sekä asentajia ja kuunneltiin heidän toiveitansa sijoitteluista. Saadun tiedon pohjalta aloitettiin työkalujen sijoittelu huoltopisteen työkaluseinille ja välineiden sijoittelu

huoltopisteen seinustoille. Sijoittelussa huomioitiin loogisuus sekä käytettävyys. Systematisoinnissa hyödynnettiin varjotaulumenetelmää, jossa työkalun ääriviivat piirrettiin työkaluseinään tussilla. Tämän lisäksi erikoistyökaluseinässä hyödynnettiin tarratulostinta, jolla mahdollistettiin erikoistyökalujen käyttökohde kaikkien asentajien tietoon. Kuviossa 12 on esitetty yhden alkuperäisen työkaluseinän tilannetta verrattuna optimoituun erikoistyökaluseinään.



Kuvio 12. Yhden työkaluseinän ja sen ympäristön lähtökohta verrattuna nykyiseen tilanteeseen.

Huoltopisteeseen suoritettiin perusteellinen siivous ja kohteesta poistettiin kaikki lastaus- ja kuljetuskalustolle epäolennaiset asiat. Kun uusi huoltopiste oli siivottu parhaaseen mahdolliseen kuntoon ja systematisointi varmistettu, suoritettiin standardointi. Standardoinnin onnistumiseksi haastateltiin jälleen kunnossapidon työnjohtajia, joille jää vastuu työympäristön siisteyden ja järjestyksen ylläpitämiseksi. Standardoinniksi päätettiin laatia visuaaliset ohjeet optimoituun huoltopisteeseen, joihin ympäristön tilaa on mahdollista verrata. Tämän lisäksi toimeksiantaja oli jo hieman aikaisemmin ottanut käyttöön asentajien vastuualuetaulukon, jota päätettiin myös käyttää lisänä. Vastuualuetaulukon mukaisesti jokaisessa asentajaryhmässä on yksi henkilö, joka vastaa osaltaan uuden optimoidun huoltopisteen siisteydestä ja järjestyksestä.

Lopuksi laadittiin Excel-pohjainen seurantalomake (liite 3), jolla pystytään seuraamaan huoltopisteen siisteyttä ja järjestystä. Lomakkeesta tehtiin hyvin yksinkertainen ja se perustuu ainoastaan tietoon, onko arvioitava kohde

kunnossa vai ei. Mikäli kohde ei ole kunnossa, annetaan sille lyhyt kirjallinen kuvaus mikä on pielessä. Annetun tiedon avulla huoltopisteeseen voidaan kohdistaa välittömiä toimenpiteitä, kuten siivousta. Seurantalomakkeeseen on myös mahdollista kirjoittaa kehitysideoita, joita voidaan soveltaa huoltopisteen kehittämiseen.

Seurantalomakkeita tulostetaan valmiiksi ja vastuualuetaulukon mukainen henkilö täyttää sen yhdessä vuorossa olevan liikkuvan kunnossapidon työnjohtajan kanssa. Seurantalomakkeet arkistoidaan kansioon, mistä niitä voidaan tarpeen tullen tarkistaa. Seurantalomakkeen käyttöä suositellaan uuden toimintamallin käyttöönoton alkuvaiheessa jokaisessa vuoronvaihdossa sekä jatkossa viikoittain.

7 POHDINTA

Työn keskeisenä tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa 5S-menetelmän mukaisesti varusteltu huoltopiste, joka mahdollistaa lastaus- ja kuljetuskaluston kunnossapitotöiden keskittämisen S900-tasolle. Toteutuksen tuloksena huoltopisteeseen saatiin keskitettyä kaikki tarvittavat varaosat, työkalut, öljyt sekä nesteet ja lastaus- ja kuljetuskaluston kunnossapitotoiminnot päästiin siirtämään uuteen huoltopisteeseen aikataulussa.

Työ selkeytti kunnossapidon prosesseja, vähensi logistisia haasteita ja helpotti työnjohtajien valvontamallin toteuttamista. Suurimmat edut saavutettiin työkalujen ja varaosien paremman saatavuuden sekä huoltotöiden aikataulutuksen tehostumisen kautta. Optimoitu huoltopiste tukee toimeksiantajayrityksen tavoitteita säilyttää ja parantaa kilpailukykyään.

Opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin hyvin ja työ saatiin aikataulussa valmiiksi. Aloitusvaiheessa arvioitu aikataulu eri tehtäville osoittautui hieman liian optimistiseksi. Varaston fyysinen siirto vaati huomattavasti enemmän aikaa ja resursseja kuin alun perin arvioitiin, kun taas 5S-menetelmään perustunut työkalujen optimointi onnistui hieman aikataulutettua nopeammin. Työn toteutuksessa huomioitiin ja noudatettiin toimeksiantajan ja kaivostoiminnan yleisiä turvallisuusstandardeja sekä ohjeistuksia.

Tämän opinnäytetyön toteutustapaa ja tuloksia voidaan hyödyntää soveltaen myös Kittilän maanalaisen kaivoksen S900-tason kolmeen muuhun huoltopisteeseen, jolloin huoltohallin käytänteet olisivat yhtenäiset. Jatkotutkimuksen aiheena olisi mahdollisuus tutkia optimoinnin vaikutuksia kunnossapitokustannusten ja työviihtyvyyden näkökulmasta.

Kokonaisuudessaan olen tyytyväinen opinnäytetyön suoritukseen ja saavutin oppimista projektinhallinnasta, ongelmanratkaisussa sekä prosessien kehittämisessä.

LÄHTEET

Agnico Eagle Finland 2024a. Agnico Eagle Finland: Historian toiseksi paras tuotanto vuonna 2023. Tiedote 16.2.2024. Viitattu 18.10.2024 <https://agnicoeagle.fi/fi/tiedote-vuodesta-2023/>.

- 2024b. Tietoa meistä. Malminetsintä. Viitattu 18.10.2024 <https://agnicoeagle.fi/fi/tietoa-meista/malminetsinta/>.

- 2024c. Tietoa meistä. Tuotanto. Viitattu 18.10.2024 <https://agnicoeagle.fi/fi/tietoa-meista/toiminta/>.

Ashwin More 2024. What is 5S in lean manufacturing?. Viitattu 01.11.2024 <https://ashwinmore.com/what-is-5s-in-lean/>.

Halonen, J. 2024. Agnico Eagle Finland Oy. Liikkuvan kunnossapidon työnjohtajan haastattelu 14.11.2024.

Jokinen, T., Rahko, M., Kilponen, T. & Kekkonen, M. 2020. Lean erikoisnumero. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu. Viitattu 24.10.2024 <https://oamk.fi/wp-content/uploads/2019/01/lean-erikoisnumero.pdf>.

Järviö, J., Lehtiö, T. 2017. Kunnossapito: Tuotanto-omaisuuden hoitaminen. 6. täydennetty painos. Helsinki: Promaint ry.

Järviö, J., Piispa, T., Parantainen, T. & Åström, T. 2007. Kunnossapito. 4. uudistettu painos. Helsinki: KP-Media.

Korhonen, S. 2024. Agnico Eagle Finland Oy. Kunnossapitosuunnittelija. Yksityinen Teams viesti 13.11.2024. Viitattu 13.11.2024.

MFLOW 2021. 5S. Viitattu 25.10.2024 <https://mflow.fi/5s/>.

Mikkonen, H., Miettinen, J., Leinonen, P., Jantunen, E., Kokko, V., Riutta, E., Sulo, P., Komonen, K., Lumme, V., Kautto, J., Heinonen, K., Lakka, S. & Mäkeläinen, R. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Helsinki: KP-Media Oy

PSK 6201:2022. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. 4. painos. PSK Standardisointiyhdistys ry.

Sandvik Mining and Construction 2024a. Toro™ LH621i. Viitattu 17.10.2024 <https://www.rocktechnology.sandvik.fi/products/laitteet/lastauskoneet/lh621i/>.

- 2024b. Toro™ TH551i. Viitattu 17.10.2024 <https://www.rocktechnology.sandvik.fi/products/laitteet/dumpperit/th551i/>.

SFS-EN 13306:2017. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. 3. painos. Suomen Standardoimisliitto SFS.

Six Sigma 2024a. Leanin historiaa. Viitattu 01.11.2024 <https://sixsigma.fi/leanin-historia/>.

- 2024b. Mitä Lean on?. Viitattu 04.11.2024 <https://sixsigma.fi/yleista-leanista/>.

Väisänen, J. 2013. Viiden ässän kehitystyökalu. Six Sigma 15.01.2013. Viitattu 25.10.2024 <https://sixsigma.fi/5s-kehitystyokalu/>.

LIITTEET

Liite 1. Nostotyökaluseinän valmis 5S järjestys

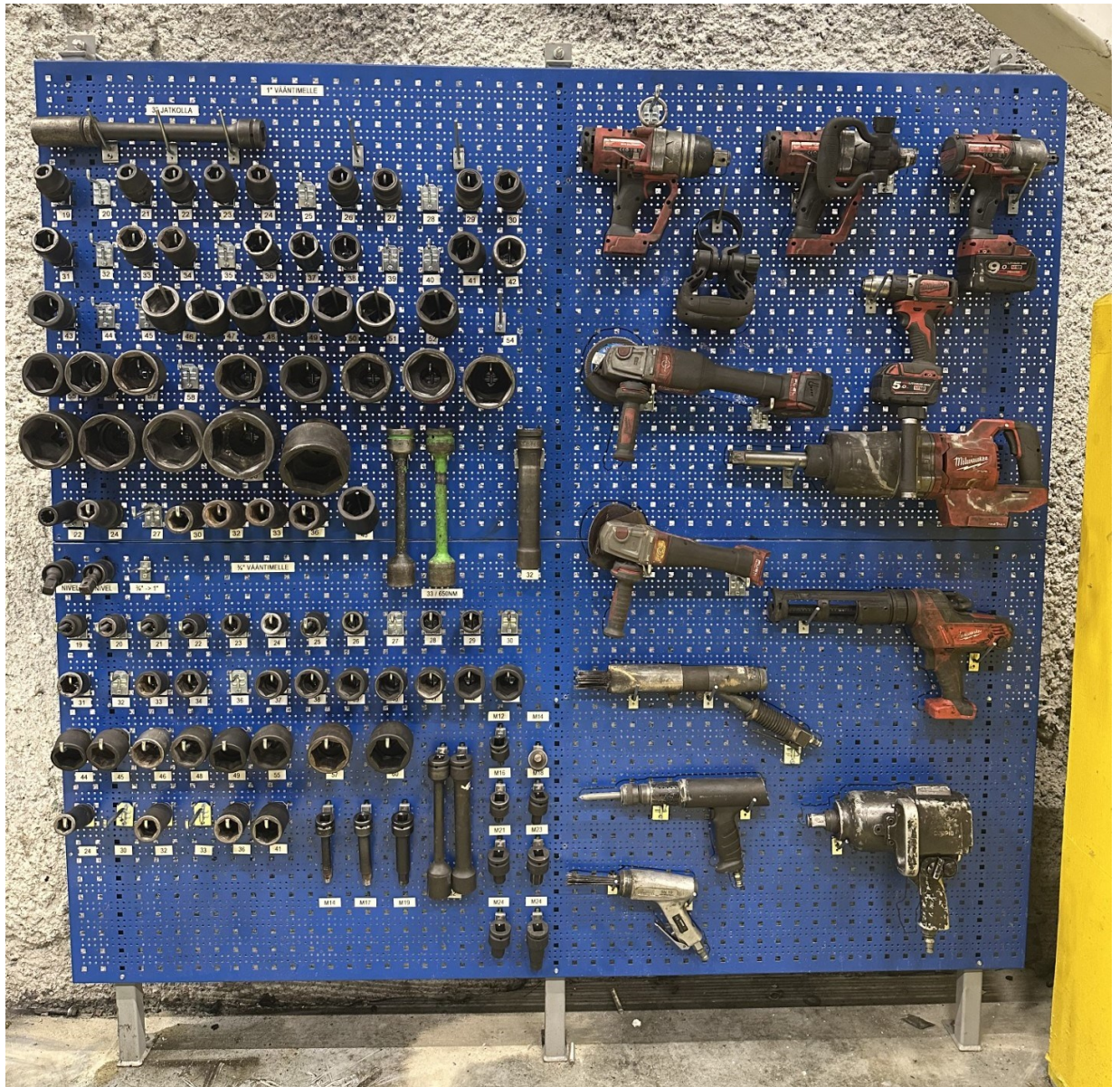
Liite 2. Huoltopisteeseen lisätyn hylsy- ja koneseinän valmis 5S järjestys

Liite 3. Seurantalomake

Liite 1. Nostotyökaluseinän valmis 5S järjestys



Liite 2. Huoltopisteeseen lisätyn hylsy- ja koneseinän valmis 5S järjestys



Huoltopiste C:n seurantalomake

Huoltopisteen tarkastus suoritetaan viikottain vastuualueistauksen mukaisen työntekijän sekä vuorossa olevan työnjohtajan toimesta

Päivämäärä	Työntekijän ja työnjohtajan nimi	
Yleinen siisteys		
Nostotyökaluseinä		
Hylsy- ja koneseinä		
Erikoistyökaluseinä		
Huoltopukit ja tunkit		
Öljybaari		
Kehitysideat		

Seurantalomakkeen täyttöohje:

Täytä tarkastuksen päivämäärä

Täytä työntekijän ja työnjohtajan nimet

Merkitse tarkastuskohteen ruudukkoon X, mikäli kaikki on kunnossa. Jos havaitaan epäkohtia, anna lyhyt kirjallinen kuvaus