



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tero Vainionpää

VEDA-PROJEKTIN TEHOSTAMINEN TUOTANNOSSA

VEO Oy, VEDA

Tekniikan yksikkö

2.4.2021

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikka

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Tero Vainionpää
Opinnäytetyön nimi	VEDA-projektin tehostaminen tuotannossa
Vuosi	2021
Kieli	Suomi
Sivumäärä	46
Ohjaaja	Mikko Västi

Tässä työssä pohditaan VEDA-projektin tehostamista VEO:n tuotannossa. Mietitään yleisiä ongelmakohtia tuotannossa ja pohditaan ongelmien juurisyitä. Lisäksi annetaan yleiskuvaus, miten projekti etenee suunnittelusta tuotantoon ja kuvataan tuotannon eri vaiheet siihen saakka, kun projekti lähetetään asiakkaalle.

Työssä tulen käyttämään paljon omia kokemuksiani työelämästä, jota on VEO:lla kertynyt nyt 14-vuotta. Lisäksi suoritin teollisuusalojen työnjohdon erikoisammattitutkinnon vuonna 2019 jonka materiaalia ja luennoitsijoiden kokemuksia tulen käyttämään koko työn ajan tukena pohtiessani tehostamiskeinoja.

Työssä tullaan käyttämään paljon VEO:n sisäisiä raportointityökaluja ja tulen haastattelemaan projektien eri työtehtävissä pitkään työskennelleitä henkilöitä.

Viimeisessä kappaleessa tulen tekemään yhteenvedon koko työstä ja kerron loppu-työn aikana tehdyistä muutostoimenpiteistä ja niiden vaikutuksesta projektin läpimenoon ja käytettyyn työaikaan.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Sähkötekniikka

ABSTRACT

Author	Tero Vainionpää
Title	Optimisation of VEDA Project in Production
Year	2021
Language	Suomi
Pages	46
Name of Supervisor	Mikko Västi

In this thesis, the optimisation of the VEDA project in VEO's production is considered. Common problems in the production were investigated and the root causes of the problems were considered. In addition, an overview is given of how the project progresses from design to production, and the different stages of production are described until the moment the project is sent to the customer.

In the thesis, the author's professional experiences at VEO for 14 years now utilized, a Specialist Qualification in Industrial Management in 2019, the materials and lecturers' experience of which are used throughout the thesis to improve efficiency. Many of VEO's internal reporting tools were used in the thesis and interviews with people who have worked at length in various tasks in different projects at the VEO.

In the last chapter, I summarize the whole thesis and discuss the change measures implemented during the completion of this thesis and their impact of the VEDA project and the working time spent.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

1	JOHDANTO.....	9
1.1	Tausta työlle.....	9
1.2	Työn rajaukset.....	10
2	YRITYSESITTELY	11
3	VEDA-PIENJÄNNITEKOJEISTOT	12
3.1	MCC.....	13
3.2	Drives.....	14
3.3	Marine.....	14
4	YLEISKUVAUS PROJEKTIN VAIHEISTA	15
4.1	Tuotannon työvaiheet.....	16
4.2	Projektipäällikön työtehtävät	19
4.3	Suunnittelijan työtehtävät	21
5	ONGELMAT PROJEKTEISSA	23
5.1	Miten selvitän isoimmat ongelmat.....	24
5.2	Tutkittava ajanjakso ja poikkeamien määrä.....	28
5.3	Suunnitteluvirheet ja muutokset	30
5.4	Materiaalista johtuvat ongelmat.....	32
5.5	Asennustekniset virheet	33
5.6	Aikataulutekniset virheet	35
6	PROSESSIN KEHITTÄMINEN HAVAITTujen ONGELMAKOHTIEN RATKAISEMISEKSI.....	36
6.1	Tuotannon sisäisten prosessien kehitys ja tehostaminen	36
6.2	Materiaalipuutteista johtuvien keskeytysten vähentäminen	38
6.3	Asennusteknisten virheiden vähentäminen.....	39
6.4	Projektin aikataulutuksen kehittäminen.....	40

7	YHTEENVETO	44
---	------------------	----

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. VEO Oy pääkonttori ja kojeistotehdas.	11
Kuva 2. Esimerkki VEDA-keskuksesta.	13
Kuva 3. Yleiskuvaus projektin vaiheista.	15
Kuva 4. Tuotannon prosessi.	18
Kuva 5. Tuotannon tiedotus sähköpostilla uudesta projektista.	19
Kuva 6. Näkymä applikaation aloitusnäkyvästä 25	25
Kuva 7. Poikkeaman luonnin eri vaiheet..... 27	27
Kuva 8. Poikkeamat ajanjaksolta 1.1.2021-31.4.2021 29	29
Kuva 9. VEDA – kojeiston kuljetuskatko yksi kenttä punaisella ympyröitynä... 29	29
Kuva 10. Suunnittelu kategoriaan tehdyt poikkeamat 4.1.2021-30.4.2021. 30	30
Kuva 11. Suunnittelupoikkeamat kategorioihin jaettuna 31	31
Taulukko 1. Projektipäällikön tehtävät VEO:lla..... 20	20
Taulukko 2. Tuotannon ongelmien pääryhmät. 24	24
Taulukko 3. Ei suunnittelu virheestä johtuneet poikkeamat..... 31	31
Taulukko 4. Paljon asennusteknisiä virheitä sisältäneiden projektien analysointi. Määrät ovat keskiarvo kuuden projektin osalta. 34	34
Taulukko 5. Tehdastarkastuksessa havaitut viisi suurinta poikkeamaryhmää. ... 34	34
Taulukko 6. Vakioajastusmalliin ehdotetut korjauskertoimet. 41	41

KÄSITTEET JA LYHENTEET

A	Ampeeri
BOM	Materiaalitilauslista toiminnanohjausjärjestelmässä
DAX	ERP, microsoftin tuottama toiminnanohjausjärjestelmä
DNV GL	Kansainvälinen luokituslaitos
Estimointi	Materiaalitilaus toiminnanohjausjärjestelmässä
FAT	Factory Acceptance Test, dokumentoitu toiminnallinen tarkastus tehdastarkastamossa
Form	Osastointiluokka
Icw	Lyhytaikaisen oikosulkuvirran arvo yhdessä kestoajan kanssa
IEC 61439	Eurooppalainen standardi, pienjännitekojeistoille
IP	Kotelointiluokka
Ipk	Mitoituskestovirran huippuarvo
kA	Kiloampeeri
kW	Kilowatti
Lloyd's	Kansainvälinen luokituslaitos
MCC	A motor control center, moottori ohjauskeskus
mm	Millimetri
ms	Millisekunti
Pool	Tuotantotilausten yhdistäminen

Relees	Materiaalien keräyskäsky
RMRS	Venäläinen luokituslaitos
Schedulointi	Materiaalitilausten aikataulutus toimintaohjausjärjestelmässä
SGS	Tarkastus-, testaus, verifiointi- ja sertifiointiyritys
SJ	Suunnitteluohjelma
TOP3	VEO:n sisäinen kehityshanke
VEDA	Pienjännitekojeisto, VEO:n oma tuote
VEOmobile	Mobiili materiaalitilaustenseuranta applikaatio

1 JOHDANTO

Työssä tulen kuvaamaan miten VEDA-projekti käynnistyy, kun kauppa on saatu solmittua asiakkaan kanssa. Asian tiivistämiseksi ja prosessin hahmottamisen helpottamiseksi esitän prosessin vuokaavioin. Nämä vaiheet on hyvä tietää niin lukija osaa hahmottaa paremmin ongelmien syy-seuraussuhteet.

VEDA-projektin tuotannon tehostamisen tutkiminen ja pohtiminen on todella mielenkiintoinen työ ja onnistuessaan sillä on myös taloudellisia vaikutuksia. Kun tuotantoa saadaan tehostettua, yrityksen hintakilpailukyky paranee, joka puolestaan voi vaikuttaa positiivisesti markkinaosuuksien määrään ja mahdollistaa uusia markkinoita. Onnistuessaan tuotannon tehostusprojekti vaikuttaa myös yrityksen katteen eli kannattavuuteen.

Minun oli helppo lähestyä tätä aihetta useammastakin syystä. Olen työskennellyt VEO:lla 14 vuotta eri työtehtävissä. Aloitin kojeisto asentajana VEDA MCC-osaston viimeistelyn työvaiheessa. Neljä vuotta työskenneltyäni asentajana työtehtäväni muuttui viimeistely työvaiheen työnopastajaksi. Toimittuani kuusi vuotta työnopastajan tehtävissä siirryin tuotannosuunnittelijan tehtäviin ja siitä kahden vuoden kulluttua VEDA MCC-osaston tuotantopäälliköksi. Eli minulla on kokemusta VEDA pienjännitekojeistojen valmistuksesta niin työntekijänä, tuotannosuunnittelijana kuin tuotantopäällikkönä.

1.1 Tausta työlle

VEO on kasvanut yrityksenä melko nopeasti ja tietyt toimintamallit eivät enää vastaa yrityksen tarpeita. Viimeisin tehdaslaajennus valmistui keväällä 2008 eli tuotantotilan pinta-ala on pysynyt samana 13 vuotta, mutta tuotannossa tuotettujen kojeistojen kenttämäärä on kasvanut merkittävästi. Tämä johtaa siihen, että projektin läpimenoaikaa on lyhennetty, jotta samoissa tiloissa pystytään tuottamaan

enemmän. Läpimenoajan lyhentäminen tuo paljon taloudellisia etuja, mutta se aiheuttaa myös tiettyjä haasteita.¹

Pysähtynyt työ vie tuotantotilaa ja projektiin kohdistettu resurssi joudutaan pysähtymisen ajaksi siirtämään muihin projekteihin. Kun työtä päästään jatkamaan saattaa aikataulu projektin kannalta olla todella tiukka. Tämä johtaa siihen, että resurssia joudutaan siirtämään suunniteltua enemmän kyseiseen projektiin. Yliresursointi johtaa aina projektille tehtyjen työtuntien määrän kasvuun.

Yrityksessä on kehitetty useita prosesseja, mutta tietyt ongelmakohdat tuntuvat olevan melkein kaikkien tiedossa, mutta niihin ei ole keksitty ratkaisua tai ongelman merkitys on koettu vähäiseksi. Nykyisessä tiukassa maailmanlaajuisessa kilpailutilanteessa yhdelläkään yrityksellä ei ole varaa toimia tehottomasti.

Luvussa viisi pohdin ongelmia aiheuttavia tekijöitä. Avaan suurimmat ryhmät ja pohdin miten ne ovat mahdollisesti ratkaistavissa tai ainakin niiden vaikutusta vähennettävissä. Toivon, että työn tuloksena prosesseja muutetaan eikä tämä jää vain teoreettiseen pohdintaan.

1.2 Työn rajaukset

Työssä keskitytään tuotannossa esiintyviin ongelmiin VEDA-projekteissa. Työn tarkoituksena ei ole pohtia miten työntekijöiden tuottavuutta saadaan parannettua tämänhetkisin menetelmillä. Työn tarkoitus on sujuvoittaa projektin läpimenoa poistamalla yleisiä ongelma-kohtia ja valmistusta haittaavia tekijöitä tuotannossa ja tämän kautta parantaa työntehokkuutta. Tuotannon ja suunnittelun välinen rajapinta tulee olemaan yksi kehitettävä alue.

¹ Sippola, H 2017. VEOn tarina. Vaasa.

2 YRITYSESITELY

VEO Oy on Vaasassa vuonna 1989 perustettu yritys, jonka toimialana on sähkönjakelu- ja valvontalaitteiden valmistus. Päätoimialana on automaatio-, käyttö- ja sähkönjakeluratkaisujen kehittäminen, suunnittelu ja valmistus energia- ja prosesseille.¹

Vuonna 2020 VEO Oy:n liikevaihto oli 92,8 miljoonaa euroa ja yritys työllisti 384 henkilöä.² Pääkonttori ja kojeistotehdas sijaitsee Vaasan Runsorissa (KUVA 1.). Lisäksi suomessa on useampi pienempi toimipiste. Näiden lisäksi VEO:lla on omat yhtiönsä Isossa-Britanniassa, Norjassa ja Ruotsissa.



Kuva 1. VEO Oy pääkonttori ja kojeistotehdas.

¹ Sippola, H 2017. VEO:n tarina. Vaasa.

² Suomen asiakastieto. Rekisteritiedot. Viitattu 11.9.2021. <https://www.asiakastieto.fi/yritykset/fi/veo-oy/15719966/rekisteritiedot>

3 VEDA-PIENJÄNNITEKOJEISTOT

VEDA-pienjännitekojeisto on IEC 61439 -standardien mukaisesti tyyppitestattu kojeisto (**Kuva 2.**). Tuote on SGS Fimkon sertifioima ja suurimpien luokituslaitosten hyväksymä (DNV-GL, Lloyd's, ABS, RMRS, ...). Maksimivirta on 5000A. Oikosulkukestoisuus Icw max. 100 kA ja Ipk max. 220kA. Valokaarikestoisuus 50 kA, 300ms. Kotelointiluokat IP55 saakka. Kojisto on suunniteltu ja rakennettu edestäpäin huollettavaksi. Jäähdytysratkaisuna on ilma- tai nestejäähdytys. Kaikki keskuksat tehdään projektikohtaisesti asiakkaan toiveiden mukaan.³

VEDA-keskukset jaetaan kolmeen eri keskustyyppiin. Keskustyyppit ovat: MCC, Drives ja Marine, jotka esitellään tarkemmin kappaleissa 3.1-3.3. Yhteistä kaikille on VEDA-runkorakenne. Vakio runko on 2200mm korkea ja 600mm syvä. Kaikki rungot valmistetaan samalla VEDA-runko osastolla. MCC-keskusten lähtöyksiköt, viimeistely ja tarkastus on oma tuotelinjansa. Drives ja Marine keskuksille on yhteinen tuotelinja lähtöyksiköille, loppukokoonpanolle ja tehdastarkastukselle.

³ VEO Oy. 2021. VEDA-pienjännitekojeistot-esitys. 9.3.2021



Kuva 2. Esimerkki VEDA-keskuksesta.

3.1 MCC

MCC = Motor control center eli moottori ohjauskeskus. MCC on suunniteltu yhteensopivaksi raskaan teollisuuden käyttöön. Suurin nimellisvirta keskuksissa on 5000A. Tyypillinen keskus sisältää syöttökentän, jossa on syöttökatkaisija ja maadoituskytkin, mittalaitetekentä sisältää mittaustilan ja sen alapuolella on ohjausjännitemuuntaja tila. Tämän jälkeen on erikokoisia lähtöjä niin fyysiseltä kooltaan

kuin lähtöteholtaan. Lähdöt ovat joko kiinteitä tai ulosvedettäviä. Osastointiluokkia on Form 4B luokkaan asti kojeiston sisäisissä osastoinneissa.³

3.2 Drives

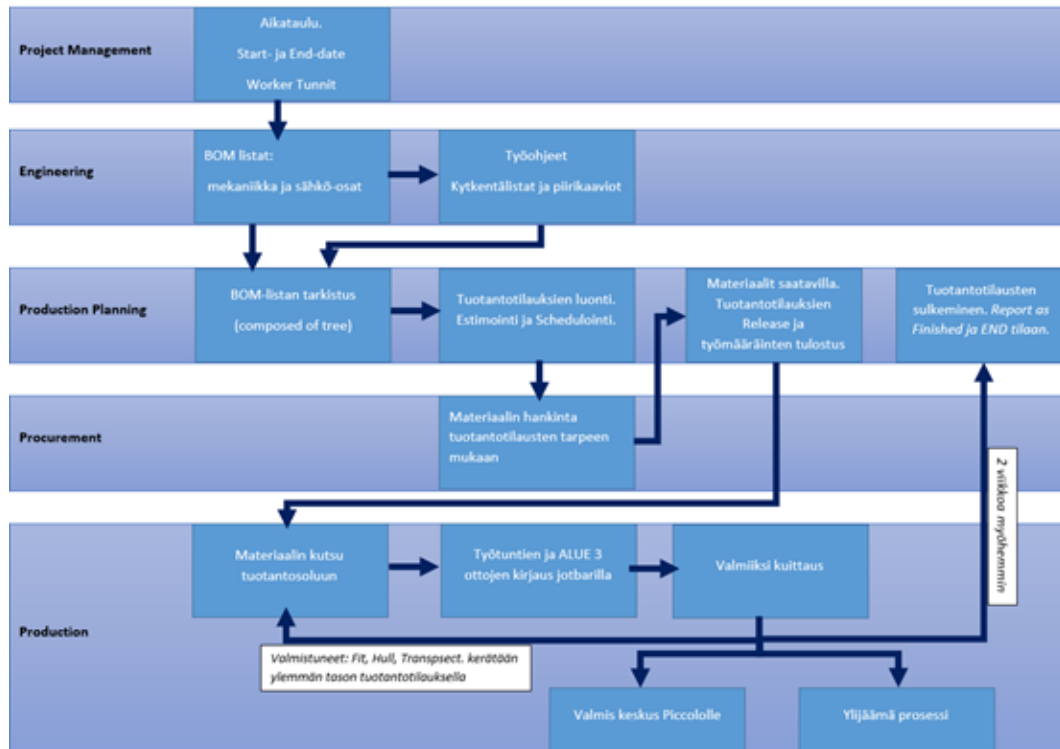
Drives-kojeisto on taajuusmuuttajakäyttöjä sisältävä veda-pienjännitekojeisto, mutta se voi sisältää myös normaaleja moottorilähtöjä. Keskuksia valmistetaan erilliskäyttöihin ja linjakäyttöihin. Ilmajäähdytteisinä teho on 0,75kW-2100kW, nestejäähdytteisenä maksimi teho on 6500kW. Keskuksista löytyy vakio- ja asiakaskohtaisesti vakioituja ratkaisuja, että täysin räätälöityjä projektiratkaisuja.³

3.3 Marine

VEDA-Marine on laiva käyttöön suunniteltu kojeisto. Näitä kojeistoja käytetään laivojen päätauluina ja jakelukeskuksina. Keskus on tyyppitestattu Helsingin teknillisessä korkeakoulun laboratoriossa ja FI-sertifioitu SGS FIMKON toimesta. Keskus täyttää IEC 61439 standardin. Keskus voidaan toteuttaa sulakkeettomana ja on näin ollen tilaa säästävää ratkaisua. VEO on toimittanut Marine-kojeistot muun muassa useisiin maailman isoimpiin risteilijöihin.³

³ VEO Oy. 2021. VEDA-pienjännitekojeistot-esitys. 9.3.2921

4 YLEISKUVAUS PROJEKTIN VAIHEISTA



Kuva 3. Yleiskuvaus projektin vaiheista.

Projektin työvaiheita ja tehtäviä on todella paljon. Tästä syystä seuraavissa kappaleissa avaan vain vuokaavion oleelliset käsitteet, jotka muodostavat selkeät vaiheet DAX toiminnanohjausjärjestelmän sisällä (**Kuva 3.**). Project Management vaihe kuvassa tarkoittaa projektipäällikön työtehtäviä. Projektipäällikkö avaa projektin toiminnanohjausjärjestelmään. Määrittää projektin työtunnit ja aloitus- ja valmistuspäivämäärät, jotka nousevat tuotannon kuormituskäyrälle.

Suunnittelu syöttää BOM-listat eli materiaalien tilauslistat järjestelmään jo ennen suunnittelun valmistumista, koska materiaalitilaukset tarvitsevat aikaa ja esimerkiksi piirikaavio suunnittelua voidaan tehdä materiaalitilauksien jälkeen.

Tuotannosuunnittelu tarkastaa suunnittelusta järjestelmään syötetyt materiaalilauslistat. Tässä vaiheessa tuotannosuunnittelijan tulee tarkastaa, että kojeiston rakenne on luotu järjestelmään oikein ja materiaalien operaationumerot ovat oikein. Operaationumerot ohjaavat materiaalin tuotannon oikeaan työvaiheeseen. 1XX operaatiot ohjaavat materiaalit lähtöyksiköiden tuotantotilauksille, 2XX operaatiot runko tuotantotilauksille, 3XX operaatiot ohjautuvat loppukokoonpanoon ja 4XX operaatiot tehdastarkastus vaiheeseen. Myös materiaalien kappale määrät tarkastetaan tässä vaiheessa. Listojen tarkastusten ja mahdollisten korjausten jälkeen tehdään materiaalien tilaus ja aikataulutus. Materiaalitilaus nostaa materiaalit hankinnan listoille ja aikataulutuksessa annetaan materiaaleille halutut toimituspäivät.

Hankinta tekee materiaalilaukset seuraavana arkipäivänä materiaalilauksesta. Hankinnan havaitessa liian lyhyitä hankinta aikoja ottaa hankinta yhteyttä suunnittelijaan, projektipäällikköön, tuotannosuunnittelijaa ja tuotantopäällikköön.

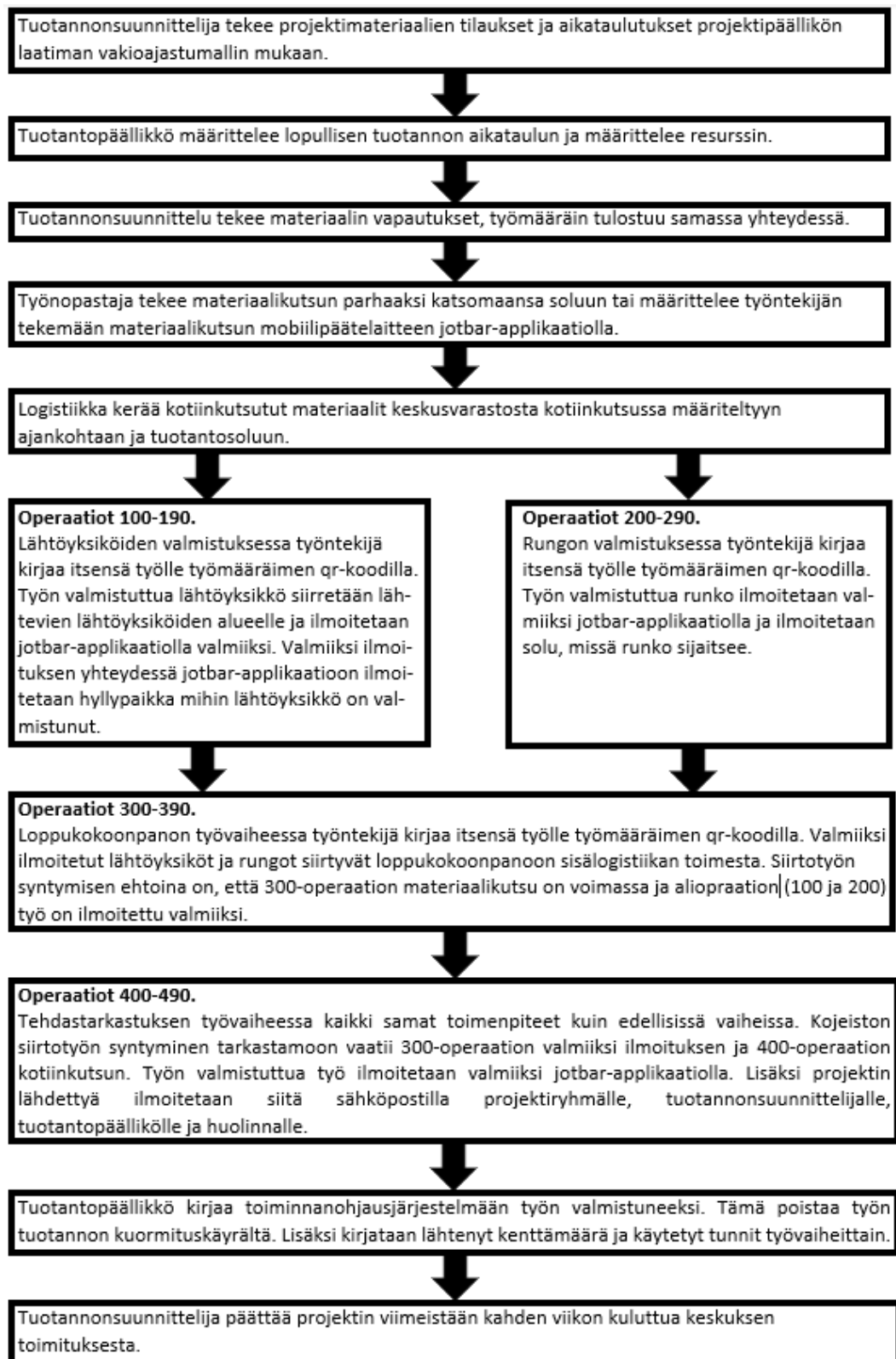
4.1 Tuotannon työvaiheet

Vähintään kolme päivää ennen tuotannon aloitusta tuotannosuunnittelijat tekevät tuotantotilausten vapautukset. Vapautus synnyttää keräilytyön logistiikalle, joka keräilee tuotantotilauksen materiaalit keskusvarastosta esikeräilyyn. Esikeräilyyn kerätyt materiaalit toimitetaan kotiinkutsussa määriteltynä ajankohtana. Lisäksi vapautus tekee automaattisesti työmääräimet, jotka ovat A4-tulosteet qr-koodeilla. Työmääräin sisältää qr-koodit tuntikirjausta, materiaalikutsumat ja valmiiksi ilmoitusta varten (**Kuva 4.**).

Tuotannon työmääräimessä on tuotannosuunnittelijan määrittelemä päivämäärä, joka on aikaisin ajankohta materiaalien kotiinkutsulle tuotantosoluun. Kotiinkutsu on mobiilipäätelaitteenapplikaatiolla tehtävä materiaalin keräilypyynti. Keräilypyynti tehdään lukemalla materiaali keräilyyn qr-koodi. Keräilypyyntiä tehdessä asentaja määrittää halutun materiaalien toimitusajankohdan ja tuotantosolun. Työntekijä aloittaa työn kirjaamalla itsensä työlle mobiilipäätelaitteenapplikaatiolla

työmääräimen qr-koodista. Työn valmistuttua työmääräimessä on qr-koodi valmiiksi ilmoitukselle. Valmiiksi ilmoituksen jälkeen tuotantotilaus nousee kerättäväksi seuraavalle tasolle. Loppukokoonpanon materiaalikutsu synnyttää kutsun viimeistelyyn valmiiksi ilmoitetuille 100- ja 200-tason tuotantotilauksille eli valmiiksi ilmoitetuille lähtöyksiköille ja rungoille. Loppukokoonpanon valmiiksi ilmoitus ja 400-tason eli tehdastarkastuksen materiaalikutsu luo keräilytyön kojeiston kuljetuskatkoille tehdastarkastamoon. Myös tehdastarkastus ilmoitetaan valmiiksi. Se ei luo uutta keräilyä, mutta ilmoittaa projektin valmiiksi (**Kuva 4.**).

Projektin toimituksesta kahden viikon sisällä tulee tuotannosuunnittelun päättää projekti toiminnanohjausjärjestelmässä. Päättämisen jälkeen työlle ei voi kirjata materiaalia eikä työtunteja. Päättäminen tulee olla myös tehtynä ennen kuin projektipäällikkö voi kuitata projektin toimitetuksi (**Kuva 4.**).



Kuva 4. Tuotannon prosessi.

4.2 Projektipäällikön työtehtävät

Haastattelin PG-osaston projektipäällikköä projektipäällikön työtehtävistä. Kaupan solmimisen jälkeen tehdään projektin siirto myyjältä projektipäällikölle. Projektipäällikkö laatii aikataulun ja on mukana määrittelemässä suunnittelijan kyseiselle projektille. Seuraavaksi projektipäällikkö tiedottaa tuotantoa tulevasta projektista sähköpostilla (**Kuva 5**).

KD.23652 - [REDACTED] – Switchgear [REDACTED] - Activity number (VEO-123027 & VEO-124315)



Hei,

Otsikon mukainen uusi projekti.
Offer Layout liitteenä

[REDACTED]

Tekniset tiedot: 5000A, 400V, 80kA, IP31
Kenttämäärä: 11
Aikataulu tehtaalla: 06.10-11.11

[REDACTED]

Tekniset tiedot: 630A, 400V, 65kA, IP54
Kenttämäärä: 2
Aikataulu tehtaalla: 06.10-11.11

Pääsuunnittelija: [REDACTED]

Terveisin,
[REDACTED]

Kuva 5. Tuotannon tiedotus sähköpostilla uudesta projektista.

Projektin käynnistyttyä projektipäällikkö seuraa koko projektin etenemistä ja sitä, että kukin projektin työntekijä tekee työnsä aikataulussa. Tuotantoon eniten vaikuttavia työtehtäviä projektin aikana on poikkeamien ja materiaalitoimitusten seuranta. Projektipäällikön tulee seurata muutoksia. Muutostenhallintaa on tärkeää ylläpitää niin asiakkaan kuin VEO:n kannalta. Projektipäällikkö sopii myös mahdol-

lisesta tuotannossa pidettävästä FAT:sta asiakkaan kanssa ja huolehtii myös kojeis-tojen kuljetuksien tilauksesta. Projektipäällikölle kuuluu myös todella paljon muita tehtäviä projektissa, mutta ne eivät ole tämän työn kannalta oleellisia niin jätän ne käymättä läpi.⁴

Ennen haastattelua tehtiin projektihallinnan pääkohdista kyllä/ei kysymys listauksen (**Taulukko 1.**). Kohdat ovat projektihallinnan käsikirjan pääkohdat.⁵

Taulukko 1. Projektipäällikön tehtävät VEO:lla.

	Kuuluuko VEO:lla projektipäällikön tehtäviin	
	Kyllä	Ei
Projektin organisointi ja käynnistys	x	
Projektisuunnitelma	x	
Projektin vaiheistus ja ositus	x	
Projektin aikaohjaus	x	
Projektin resurssiohjaus	x	
Projektin kustannusohjaus	x	
Sisällön ja muutosten ohjaus	x	
Riskien hallinta projektissa	x	
Hankintojen ohjaus	x	
Projektiryhmän johtaminen	x	
Projektin ohjaus ja raportointi	x	
Projektin päättäminen	x	

⁴ Teams-keskustelu, projektipäällikön haastattelu. Viitattu 17.8.2021.

⁵ Pelin, R. 2020. Projektihallinnan käsikirja. 8. painos. Norderstedt, Saksa. BoD.

4.3 Suunnittelijan työtehtävät

Työtä varten haastateltiin suunnittelijaa ja teollisuusyksikön suunnittelupäällikköä suunnittelijoiden työtehtävistä. Molemmat haastateltavat henkilöt ovat erittäin ammattitaitoisia ja kokeneita insinöörejä, joten haastattelussa saatiin hyvä ja tarkka kuvaus suunnittelijoiden tehtävistä. Suunnittelijan työn laajuus on paljon suurempi, kuin se mitä tuotanto näkee. Kaikkien työtehtävien avaaminen tämän työn puitteissa ei ole järkevää eikä oleellista. Seuraavissa kappaleissa kuvataan niitä työtehtäviä, joilla on merkitystä tämän työn kannalta.

Suunnittelijan työtehtävät riippuvat projektin tyypistä. Suurin osa VEDA-projek-teista on VEO:n suunnitteleminen ja näihin projekteihin pystymme vaikuttamaan omalla toiminnallamme. Tästä syystä kerrotaan suunnittelijan tehtävät tämän tyypisessä projektissa.

Projektin tullessa suunnittelijalle on yleisimmissä tapauksissa tiedossa lähtötieto/lähtöluettelo, tarjousvaiheen layout-kuva ja tekninen erittely. Tämän pohjalta suunnittelutyö voidaan aloittaa. Suurimmissa määrin suunnittelu tehdään tarjous layout-kuvan mukaan. Suunnittelun edetessä on tarkasteltava mahtuuko kojeisto sähkötilaan, onko kiskosiltaa tai muuntajaa siirretty. Myös lähtömuutoksia, lisäyksiiä ja muita vastaavia muutoksia, jotka vaativat kojeiston layoutin muuttamista on seurattava suunnittelu vaiheessa. Suunnittelijan suunniteltua alustava layout kojeistolle/kojeistoille lähettää suunnittelija layout-kuvan hyväksyttäväksi asiakkaalle tai asiakkaan edustamalle konsultille. Tätä kuvaa muokataan niin kauan, kunnes asiakas ja VEO toteaa kuvan toteuttamiskelpoiseksi.

Layout-kuvan hyväksynnän jälkeen aloitetaan muu sähkösuunnittelu. Ensimmäisenä pyritään määrittelemään pitkäntoimitusajan komponentit ja syöttämään ne toiminnanohjausjärjestelmään. Tämän jälkeen suunnitellaan kaikki lähdöt ja lähtötyy-peistä tehdään omat sovitteet. Kun lähtötyypit on suunniteltu, lähdöt järjestellään kojeistoon. Syöttö- ja mittalaitetekentien sijainnit valitaan aina ensimmäisenä. Edellä olevasta työjärjestyksestä joudutaan poikkeamaan tietyissä tapauksissa, jos

tiedetään projektissa käytettävien materiaalien toimitusaikojen olevan erittäin pitkiä tai layout-kuvien hyväksymisprosessi kestää odotettua kauemmin. Näissä tapauksissa pitkän toimitusajan komponentit tilataan ennen layout-kuvien hyväksyntää ja joskus jopa heti projektin aloituspalaverin jälkeen.

Materiaalitulaukset tehdään heti kun kaikki sähkökomponentit ja mekaniikka on pystytty määrittelemään. Usein mekaniikka ja sähkökomponentit saatetaan tilauttaa eriaikaan, koska mikään ei estä tätä ja kaikki materiaali pyritään tilaamaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Materiaalitulauksien jälkeen jatkuu työ tuotantodokumenttien suunnittelulla. Tuotantodokumentit pyritään saamaan valmiiksi muutama päiviä ennen tuotannon aloitusta.

Tuotannon aikana suunnittelija seuraa poikkeamia ja ratkoo niissä esiin tulleita ongelmia, tekee mahdollisia muutoksia ja tarkastuksia. Useimmiten suunnittelijalla on tässä vaiheessa myös jo uusi projekti työn alla. Projektin valmistuttua tulee suunnittelijan tehdä myös loppudokumentaatio.⁶

⁶ Teams-keskustelu, suunnittelijan haastattelu. Viitattu 20.8.2021.

5 ONGELMAT PROJEKTEISSA

Opinnäytetyön ohjaaja Mikko Västi neuvoo tutustumaan teokseen Tutki ja kirjoita. Tähän alle lainataan kohta kirjasta mikä muutti ajattelutapaa ratkaisevasti. Seuraavan lainauksen tulisi jokaisen lukea, joka tekee tutkivaa työtä tai raporttia.

Monet erilaiset tiedonhankintatapamme ovat käyttökelpoisia. Jos pysähdymme tarkistamaan, ovatko uskomuksemme ja väitteemme tosia, voimme kuitenkin havaita tiedoissamme monia heikkouksia.

1. Pelkät havainnot ja kokemukset saattavat olla petollinen tiedon perusta ilman varmennusta ja perustelua.
2. Tiedoissamme on aukkoja, sillä tieto kertyy enemmän tai vähemmän satunnaisesti.
3. Arkiajattelu voi olla löysää ja kuritonta, mikä johtaa kritiikittömiin päätelmiin.
4. Subjektiiivinen asenne estää monipuolisen tiedonhankinnan. Tulkitsemme kokemuksiamme henkilökohtaisesti ja tutkimme maailmaa omasta yksityisestä näkökulmastamme. Ihminen on tällöin kiinnostunut vain itselleen tuesta ja toistaa aiempia toimintojaan.
5. Auktoriteetit voivat olla väärässä. On erotettava kahdenlaista auktoriteettia: ihmisellä voi olla auktoriteettia aseman perusteella (piispa, ministeri, julkisuuden henkilö jne.), tai hänellä voi olla auktoriteettia tiedon perusteelle, jolloin hän on asiantuntija nimenomaan jollain erityisellä tiedon alueella.⁷

Kirjassa ensimmäisenä mainittu kohta ohjasi hakemaan varmennuksen ja perustelun tässä työssä esitetyille väitteille. Kohta kaksi pakotti hankkimaan laaja-alaisempaa tietoa yrityksen toimintavoista eri työtehtävissä, eikä pohtimaan ongelmia vain tuotannon näkökulmasta. Tämä sama asia liittyy myös vahvasti kohtaan neljä. Kohta kolme ohjaa pohtimaan esitettyjä väitteitä kriittisesti, vaikka väite on hyvin perusteltu. Kun esitettyjä väitteitä pohditaan kriittisesti ja annetaan niihin vastaukset saadaan työssä esitetyistä väitteistä paremmin perusteltuja. Kohta viisi kannusti

⁷ Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara 2009, P 2009. Tutki- ja kirjoita. 15-16. uud. painos. Helsinki. Tammi

haastamaan yrityksessä kauan työskennelleitä ja arvostettuja työntekijöitä, joiden mielipiteitä ja lausuntoja ei yleensä kyseenalaisteta.

Tuotannon tehokkuutta haittaavat tekijät voidaan jakaa neljään pääryhmään. Vain yhtä näistä pääryhmistä mitataan tällä hetkellä ja muiden pääryhmien ongelmien määrää ei seurata. Asennusteknisten virheiden suuresta määrästä johtuen taulukossa esitetty määrä on laskennallinen 51% otannalla kaikista tehdastarkastamoiden poikkeamaraporteista tutkittavalta ajanjaksolta. **(Taulukko 2.)**

Taulukko 2. Tuotannon ongelmien pääryhmät.

Yleisimmät työn tehokkuutta haittaavat tekijät tuotannossa	Määrä ajanjaksolla 4.1.-30.4.2021.
Suunnitteluvirheet	549
Materiaalista johtuvat ongelmat	Määrä tuntematon
Asennustekniset virheet	2251
Aikataulutekniset virheet	Määrä tuntematon

5.1 Miten selvitän isoimmat ongelmat

Ongelmien selvittämisen työkaluna käytettiin yrityksessä käytössä olevaa poikkeamajärjestelmää. Kaikki virheet, ongelmat ja havainnot kirjataan poikkeamajärjestelmään, joka on yrityksen intranetissa ja kaikki poikkeamat ovat kaikkien nähtävillä.

Poikkeama kannassa kaikki poikkeamat näytetään kronologisessa järjestyksessä huolimatta siitä, onko poikkeama avoinna oleva ongelma tai ratkaistu. Poikkeamia pystyy lajittelemaan millä tahansa poikkeaman tiedolla. Tästä on kuitenkin todella työläs ja hankala analysoida tarvittaessa mahdollisia kehityskohteita. Tästä syystä poikkeama kannan analysointia varten on kehitetty oma erillinen raportti.

Asentaja luo poikkeaman mobiilipäätelaitteenapplikaatiolla. Työntekijä aloittaa työn kirjaamalla itsensä projektille applikaatiolla **(Kuva 6)**. Ongelmatilanteissa,

joita työntekijä ei pysty itse ratkaisemaan luodaan poikkeama samalla applikaatiolla. Poikkeama ohjautuu automaattisesti kyseisen projektin suunnittelijalle. Lisäksi poikkeamasta tulee sähköposti ilmoitus poikkeaman luoneelle henkilölle ja käsittelijälle.



Kuva 6. Näkymä applikaation aloitusnäköstä

Eniten ongelmia aiheuttavien tekijöiden selvitys koko ajalta, kun tämä poikkeama käytäntö on ollut käytössä, olisi todella kova työ, koska alun perin kaikki poikkeamat olivat vailla mitään kategorisointia. Tätä työtä varten on tämä koko poikkeamakanta taulukkolaskentaohjelmassa ja siinä olevien poikkeamien määrä on 18 805 kpl. Olin mukana yrityksemme TOP3 työryhmässä kehittämässä poikkeamiin kategoriat. Tämä kategorisointi tehtiin suurimpien ongelmaryhmien selvittämiseksi.

Poikkeaman luoja valitsee kategorian poikkeamalle: Projekti, työturvallisuus, ympäristö, kiinteistö tai muu. Tässä työssä tutkitaan ainoastaan projektien alikategoriat, koska muiden poikkeamien vaikutus projektien läpimenon sujuvuuteen on vähäinen. Projektien alikategoriat ovat: Asennus, keräily, hankinta ja suunnittelu. Suunnittelu on taas jaettu 15:sta eri kategoriaan: asennusohje, layout kuvat, osaluettelo, piirikaaviokuvat, johdotustaulukot, kaapelilista, kilpiluetto, excel raportit, väärä operaatio, väärä operaatio mekaniikka, osa puuttuu, osa puuttuu mekaniikka, mekaniikka, parannusehdotus ja muu. Tämän jälkeen annetaan tarkentavat tiedot: Otsikko, selite, sijainti, nimike, määrä, välitön korjaava toimenpide (**Kuva 7.**).

Osa puuttuu ja osa puuttuu mekaniikka on haluttu luokitella omiksi kategorioikseen siitä syystä, että monesti projekteissa on erikseen nimetty sähkö- ja mekaniikka-suunnittelija. Tällä on haluttu erotella komponentti puute ja mekaniikka puute omiksi kategorioikseen, jotta kyetään mittaamaan erikseen molempien osa-alueiden onnistumista. Poikkeamien kategorisointi on ollut käytössä 1.1.2020 alkaen.⁷

⁷ Teams-keskustelu, kehityspäällikön haastattelu. 12.6.2021.



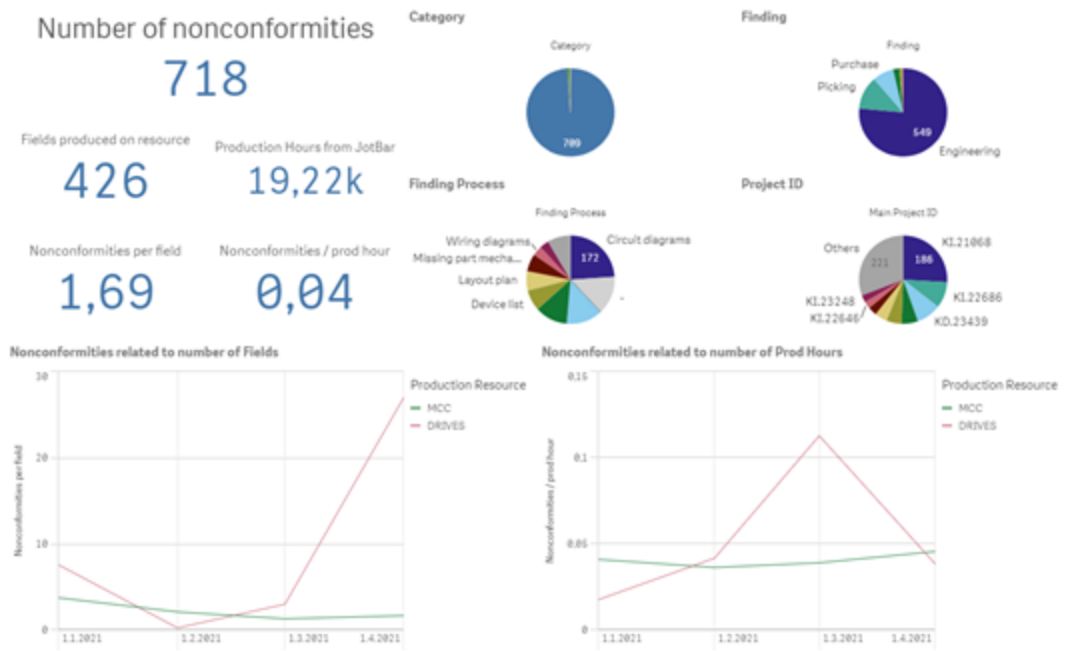
Kuva 7. Poikkeaman luonnin eri vaiheet

Asennusteknisiä virheitä ei kirjata tähän poikkeamakantaan. Asennusvirheet kirjataan tehdastarkastusvaiheessa tarkastamon keskuskohtaiseen poikkeamaraporttiin käsin. Nämä keskuskohtaiset poikkeamaraportit oli käytävä manuaalisesti läpi. Työssä analysoitiin sattumanvaraisesti 54 keskuksen tarkastamon keskuskohtaisen poikkeamaraporttia. Otanta kaikista 1.1.2021-31.4.2021 toimitetuista keskuksista on 51%. Yhteensä tästä kertyi 1148 tehdastarkastuksessa havaittua poikkeamaa. Lisäksi tutkitaan niiden projektien vikalistat, joissa on ollut todella vähän poikkeamia tai todella paljon. Tällä tavalla on mahdollista tutkia korreloiko suunnittelupoikkeamien määrä asennuspoikkeamiin. Yleisten oletusten mukaan näin tapahtuu.

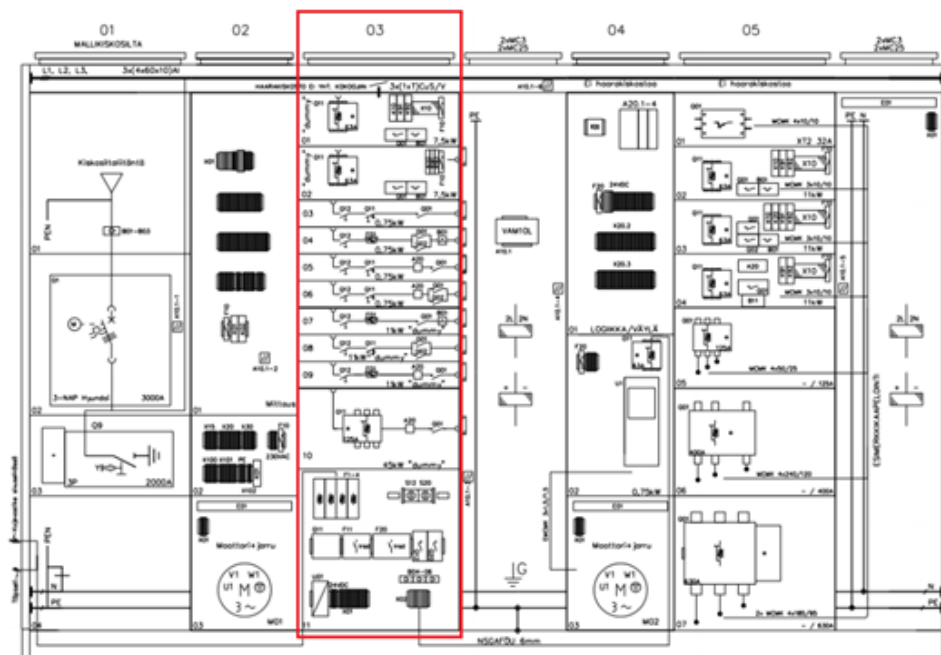
5.2 Tutkittava ajanjakso ja poikkeamien määrä

Työssä käytän ajanjaksoa 1.1.2021-31.4.2021, koska tältä ajalta löytyy luotettavin ja tarkin data. Vuoden 2020 ajanjaksoa en halunnut käyttää siitä syystä, koska alussa kategorioiden valinnoissa tehtiin paljon virheitä, joka näin ollen se vääristäisi tutkimustuloksia. Lisäksi tältä ajalta löytyy tarkka data tehtyjen työtuntien ja kenttien määrästä.

VEDA tuotteiden poikkeamien kokonaismäärä tuolta ajanjaksolta on 718kpl (**Kuva 8.**). Kyseisenä ajanjaksona valmistettiin yhteensä 426 kenttää VEDA-kojeistoa (**Kuva 9.**). Tämä tarkoittaa 1,7 poikkeamaa kenttää kohden. Tuotannon työntekijöiden projekteille kirjattujen työtuntien määrä on tällä ajanjaksolla 18 440 tuntia. Tämä tarkoittaa poikkeamien määräksi 0,039 yhtä tuotannon työtuntia kohden. Eli keskimäärin työntekijä törmää ongelmaan, jota ei pysty itse ratkaisemaan 25,6 työtunnin välein.



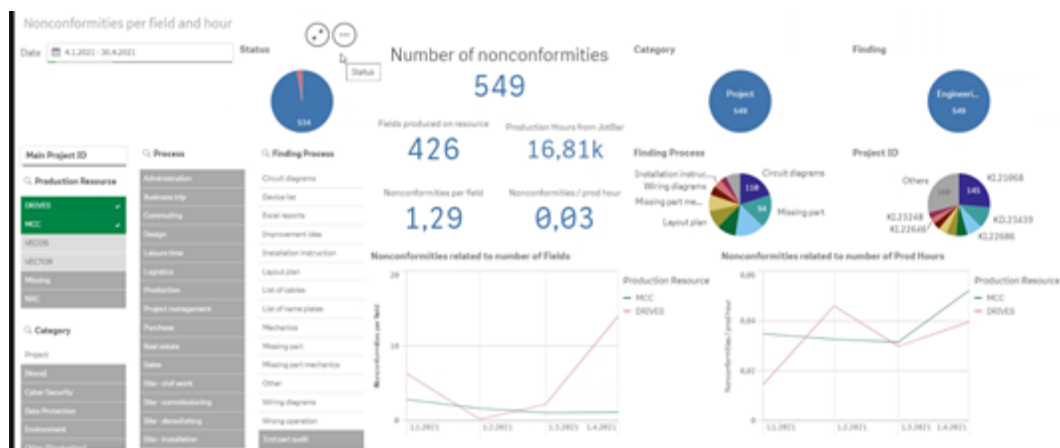
Kuva 8. Poikkeamat ajanjaksolta 1.1.2021-31.4.2021



Kuva 9. VEDA – kojeiston kuljetuskatko yksi kenttä punaisella ympyröitynä

5.3 Suunnitteluvirheet ja muutokset

Suunnittelu kategorian poikkeamia on 549 eli 76,6% poikkeamista on johtunut tai on oletettu johtuvan suunnittelusta (**Kuva 10**). Tämä ei ole absoluuttinen totuus, koska poikkeaman kategoria on mahdollisesti valittu väärin. Tämä mittarointi ei myöskään huomio sitä, jos poikkeama onkin ollut aiheeton. Aiheeton poikkeama johtuu useimmiten siitä, että asentaja ei ole osannut tulkita dokumentaatiota oikein ja luo siksi poikkeaman, koska ei löydä tarvitsemaansa tietoa valmistusdokumentaatiosta. Tämä taas johtuu erilaisista dokumentaatiotavoista eri suunnitteluosastoilla ja mahdollisesti asiakkaan suoraan toimittamista piirikaavioista.



Kuva 10. Suunnittelu kategoriaan tehdyt poikkeamat 4.1.2021-30.4.2021.

Kaikki 549 poikkeamaa analysoitiin. 151 kpl suunnittelu kategoriaan osoitettua poikkeamaa osoittautui muuksi kuin suunnitteluvirheeksi. Aiheettomia oli kohtuullinen määrä poikkeamien kokonaismäärään nähden. Lisäksi suunnitteluun osoitettuihin poikkeamissa oli kehitysehdotuksia, huomioita, puutteellisesta tiedonkulusta ja tuotannon virheestä johtuneita poikkeamia. Lisäksi oli kahteen kertaan tehtyjä poikkeamia (**Taulukko 3**).

Taulukko 3. Ei suunnittelu virheestä johtuneet poikkeamat

Aiheeton	Kehityseh-dotus	Huomio	Tiedonkulku ongelma	Tuotannon virhe	Samasta virheestä toinen poikkeamaa
28	43	51	36	14	12

Suurin alikategoria oli circuit diagram (piirikaaviot), toiseksi suurin missing part (osa puuttuu) ja kolmanneksi suurin oli mechanics (mekaniikka) (**Kuva 11**).

**Kuva 11.** Suunnittelupoikkeamat kategorioihin jaettuna

Piirikaavioiden osuus oli odotetusti suurin, koska piirikaavioiden laajuus on koko dokumentaatiosta isoin yksittäinen kokonaisuus niin sivu- kuin tietomäärältäänkin.

Osa puuttuu kategoriaan luoduista poikkeamista, osa on aiheettomia. Aiheettomat johtuvat puutteellisesta tiedonkulusta ja huonosti toimivasta prosessista. Prosessin toimiessa huonosti sitä ei noudateta ja tämä johtaa erilaisiin toimintatapoihin. Toimittaessa usealla eri tavalla aiheutetaan epätietoisuutta, joka puolestaan johtaa tehottomuuteen. Tässä tapauksessa se tarkoittaa materiaalin tilausta muun kuin tuotantotilauksen kautta.

Työntekijän havaitessa materiaali puutteen on ensimmäinen tehtävä tarkistaa VEO Mobile-aplikaatiolla onko tuotetta tuotantotilauksilla. VEO Mobile-aplikaatio

näyttää työntekijälle kaikki sen projektin tuotantotilauksien materiaalit jolle työntekijä on kirjautuneena. Toinen vaihtoehto on käyttää intranetin tuotantotilauksien materiaali raporttia, mutta tämä vaatii siirtymistä työpisteeltä tietokoneelle. Jos tuote on jostain syystä tilattu projektille muuta kautta, kuin tuotantotilauksen kautta ei asentaja ”näe” kyseistä osaa kummallakaan edellä mainituista työkaluista. Näitä tapauksia on: suora projekti osto projekti varastoon tai sitten nimike on syötetty projektin nimike tarpeelle.

Kaikista ratkaisuksista ei ole vakioratkaisua, joka sisältäisi kaikki tarvittavat materiaalit. Käytettäessä tällaista ratkaisua tulee suunnittelijan määrittää kaikki materiaalit manuaalisesti, niin inhimillisen erehdyksen tai unohduksen vaara on aina olemassa. Tästä tekee haastavaa myös se että, VEDA-kojeistoissa eri tuotteiden määrä on todella suuri.

Mekaniikka poikkeamat ovat suurimmilta osin seurausta siitä, että osa/osat eivät sovi paikalleen eli esimerkiksi kiskojen reiät tai mitat eivät sovi paikoilleen tai osa ei mahdu sille varatulle paikalle. Noin puolet mekaniikkaan kategorisoiduista poikkeamista liittyy jollain tavalla keskuksen kiskotukseen. Myös materiaalin määrissä toistuvat virheet olivat yleisiä. Osa poikkeamista johtui siitä, ettei tekijällä ollut käytettävissä riittäviä dokumentteja työn suorittamiseen.

5.4 Materiaalista johtuvat ongelmat

Materiaali alikategoriaa ei ole poikkeamajärjestelmässä, mutta tiedän oman työni kautta, että tämä on merkittävä ongelmia aiheuttava tekijä tuotannossa. Nyt etenkin ”korona aikana” alihankkijoiden toimitus ongelmat ovat aiheuttaneet huomattavia haasteita tuotantoon. Se miksi tätä ei ole poikkeama järjestelmässä johtuu siitä, että usein töitä ei aloiteta, jos kriittisiä komponentteja puuttuu. Jos työ aloitetaan materiaalipuutteista huolimatta, niin tuotantoa tiedotetaan puuttuvista komponenteista, joten poikkeama tämän lisäksi olisi turhaa.

Juuri tätä kirjoitettaessa kahdessa projektissa materiaali ongelmat ovat aiheuttaneet sen, että työ on jouduttu keskeyttämään. Kummassakaan tapauksessa kyse ei ole

sähköisistä komponenteista, vaan mekaniikasta. Materiaalipuutteet ovat keskeyttäneet keskuksen rungon valmistuksen ja näin ollen keskeytys kuluttaa aikaa seuraavasta työvaiheesta, eikä keskuksen valmistusta pystytä aloittamaan suunniteltuna ajankohtana. Tämän seurauksena seuraavaan työvaiheeseen jää vähemmän läpimeinoaikaa. Tämä johtaa siihen, että samaa kuljetuskatkoa joutuu tekemään useampi henkilö yhden sijaan, joka aiheuttaa tehottomuutta.

Materiaali on viallista kategoriaan tehdyt poikkeamat ohjautuvat suoraan hankinta osastolle. Tähän kategoriaan tehtyjä poikkeamia tutkitulla ajanjaksolla on yhteensä koko tuotannosta 172 kpl ja niistä 54 kpl koskee VEDA-projekteja. Tässä kategoriassa toistuu useimmiten kuljetusvaurioista aiheutuneet poikkeamat. Toiseksi suurin ryhmä on komponentin asennustarvikkeen puuttuminen. Kiskosettien valmistusvirheitä oli myös huomattava määrä ja pelti osia oli tehty väärän revision kuvilla. Rikkinäisten sähkökomponenttien määrä oli yllättävän pieni.

5.5 Asennustekniset virheet

Kojeiston valmistuttua jokaiselle kojeistolle suoritetaan tehdastarkastamossa tehdastarkastus. Tuotelinjoilla on omat tarkastamot, joissa rutiini tehdastarkastus suoritetaan Factory inspection plan ohjetta noudattaen. Factory inspection plan perustuu IEC 61439-standardeihin. VEDA-projekteissa kaikki asennusvirheet ja muut keskuksessa havaitut virheet, puutteet, poikkeamat ja mahdolliset epäselvyydet kirjataan tarkastamon poikkeamaraporttiin. Poikkeamaraportti ei ole sähköinen vaan tulostettu paperi, johon kaikki poikkeamat kirjoitetaan kynällä. Tästä syystä näiden listojen analysointi oli tehtävä lukemalla poikkeamaraportit läpi. Kaikkien poikkeamaraporttien läpikäyminen ja analysointi olisi ollut liian suuri työ tämän opinäytetyön puitteissa. Tästä johtuen otin tarkasteluun sattumanvaraisesti erityyppisten projektien poikkeamaraportit. Yrityksessä ei ylläpidetä tilastoa, kuinka paljon virheitä on ja minkä tyyppisiä ne ovat.

Projekteissa, joissa havaittiin poikkeuksellisen paljon tehdastarkastamossa havaittuja virheitä, otettiin myös suunnitteluun tehdyt poikkeamat tarkempaan analysointiin. Näissä projekteissa suunnitteluun tehtyjen poikkeamien määrä oli 18% keskiarvoa korkeampi. Projektit, joissa oli vähän tehdastarkastamoissa havaittuja poikkeamia, oli suunnittelupoikkeamien määrä hyvin lähellä keskiarvoa. Otannaksi otettiin kuusi projektia. Projektit, joissa tehdastarkastamossa havaittiin paljon poikkeamia, on lasketut keskiarvolliset tulokset esitetty taulukossa. **(Taulukko 4.)** Huomionarvoinen asia on näissä projekteissa materiaalipuutteista johtuvien poikkeamien määrä. Tästä voidaan todeta suunnitteluvirheestä johtuvan materiaalipuutteen aiheuttavan usein poikkeaman myös tehdastarkastusvaiheeseen.

Taulukko 4. Paljon asennusteknisiä virheitä sisältäneiden projektien analysointi. Määrät ovat keskiarvo kuuden projektin osalta.

Kenttiä	Suunnittelu poikkeamia	Tehdastarkastamon poikkeama määrä	Materiaalia puutteiden osuus prosentteina
21	21	101	33 %

Tätä työtä varten analysoitiin 54 keskuksen poikkeamaraportit. Hyvin nopeasti niistä hahmotti tyypillisimmät poikkeamat. Tämän jälkeen tehtiin listaus taulukkolaskentaohjelmaan, johon kirjattiin kategoriat ja kerättiin niiden alle havaittujen poikkeamien määrä. Alla tehdastarkastamossa kirjatut virheet listattuna järjestyksestä suurimmasta pienimpään **(Taulukko 5.)**.

Taulukko 5. Tehdastarkastuksessa havaitut viisi suurinta poikkeamaryhmää.

Virheen tyyppi	Virheiden määrä 54 kojeistossa	Osuus kaikista virheistä / %
KytKentävirhe	212	18
Materiaalipuute	128	11
Kojetunnus puuttuu	98	9
Kosketussuojaus	76	7
Johtoreitit	47	4

5.6 Aikataulutekniset virheet

VEDA-projekteissa on käytössä vakioajastusmalli. Vakiolaskentamalli on taulukkolaskentaohjelmaan rakennettu laskentatyökalu, joka laskee projektin eri vaiheille alku- ja päättymispäivät. Tämä vakioajastusmalli on hyvä apu, mutta siinä on muutamia puutteita, joiden takia laskenta vääristää projektin aikataulua. Vakioajastusmalli ei huomio projektin teknisiä ratkaisuja, koska kaikki laskenta perustuu kojeiston kenttämääriin. Vakioajastusmalli ei myöskään huomioi käytössä olevaa resursia.

Kentän koostuessa vain suorista lähdöistä se on todella nopea tehdä tuotannossa. Ainoastaan suoria lähtöjä sisältävän kentän työaika on kokonaisuudessaan noin kolme työpäivää, joka sisältää rungon, lähtöyksiköiden ja viimeistelyn valmistuksen. Kentän koostuessa kymmenestä 200mm korkeasta väyläohjatusta kasettilähdöstä pelkkä lähtöyksiköiden valmistus yhteen kenttään voi viedä jopa kymmenen työpäivää.

Toinen esimerkki tapaus aikataulun vääristymisestä on se, jos kojeistossa on 30 kenttää niin vakioajastusmalli laskee projektin eri vaiheille enemmän aikaa kuin siinä tapauksessa, että projektin sisältö olisi täysin sama, mutta se on jaettu kuuteen kojeistoon, joissa jokaisessa on viisi kenttää. Todellisuudessa nämä kuusi erillistä kojeistoa ovat kaikissa työvaiheissa työläämpiä kuin yksi iso kojeisto vaikka laskenta antaa juuri päinvastaisen tuloksen.

6 PROSESSIN KEHITTÄMINEN HAVAITTujen ONGELMAKOHTIEN RATKAISEMISEKSI

6.1 Tuotannon sisäisten prosessien kehitys ja tehostaminen

Luvussa 5.3 todettiin suunnittelu kategoriaan osoitettujen poikkeamien osuuden olevan 76.6% kaikista projekti poikkeamista. Nämä kaikki eivät ole suunnitteluvirheitä, koska osa poikkeamista oli aiheettomia, kehitysehdotuksia, huomioita, tiedonkulku ongelmia, tuotannon virheitä tai samasta virheestä oli tehty kaksi poikkeamaa. Tarkempi jaottelu poikkeamista on esitetty kappaleessa 5.3 taulukossa 3.

Tutkimuksen perusteella suunnittelu poikkeamia olisi mahdollista vähentää, jos kyettäisiin välttämään ristiriitaisuudet piirikaavioissa. Tämän seurauksena ehdotetaan, että tulee tutkia onko piirikaavio suunnitteluun mahdollista sisällyttää ristiriitaisuuksien tarkastus ominaisuutta. Tarkastusominaisuuden tulisi automaattisesti tarkistaa, ettei piirikaaviossa ole ristiriitaisuuksia. Manuaalisesti jokaisen kytkennän läpikäynti ei ole taloudellisesti kannattavaa. Tosin modernissa suunnittelujärjestelmässä tämä tarkastusominaisuus todennäköisesti on, joten kyse voi olla käyttäjäreisistä virheestä.

Suunnittelijoiden tarkistuslistaan tulee lisätä kohta, että aina jos vaihdetaan jonkun kojeen tyyppiä erityyppiseen tai toisen valmistajan tuotteeseen tulee kojeen liittytappisteiden napanumerot tarkistaa. Eri valmistajien valmistamissa tuotteissa kojeen toiminta ja ominaisuudet voivat olla täysin identtiset, mutta kytkentäpisteen numero tai tunnus voi olla eri. Piirikaaviosta on löydettävä samat kytkentäpisteet kuin kojeesta fyysisesti. Tämä on todella yleinen virheen tyyppi suunnitteluun osoitetuissa poikkeamissa.

Osa puuttuu suunnitelmista poikkeamien vähentämiseen on kolme kehitys ehdotusta. Ensimmäinen liittyy tuotanto dokumentaation osaluetteloon. Kun materiaali on tilattu muuta kautta kuin tuotantotilauksen, tulee suunnittelijan lisätä osaluetteloon tämän osan perään maininta: tilattu projektivarastoon tai tilattu nimiketarpeen

kautta. Tämä poistaa asentajalta turhan selvitystyön ja mahdollisesti turhan poikkeaman, koska asentaja näkee hänen käytössään olevilla raportointi työkaluilla ainoastaan tuotantotilauksien kautta tilatut materiaalit.

VEOLle on tehty yrityksen tarpeiden ja toiveiden mukaan oma suunnittelujärjestelmä, jonka nimi on Suunnittelujärjestelmä ja siitä käytetään lyhennettä SJ. SJ:n näkymä suunnittelijalle on todella haasteellinen, koska ohjelma ei tarjoa minkäänlaista visuaalista näkymää materiaalityötilaus vaiheessa. SJ:ssä kaikki tieto on ainoastaan kirjaimina ja numeroina. SJ ei myöskään missään vaiheessa varoita suunnittelijaa millään tavoin, vaikka hän olisi tekemässä jotain väärin. Ohjelmaan olisi hyvä saada ominaisuus, joka varoittaa materiaalin oikeaan työvaiheeseen ohjaavan operaationumeron puuttumisesta. Operaationumeron puuttuessa materiaalityöltä ohjelma jättää kyseisen materiaalin tilaamatta, mutta ei huomauta tästä mitenkään.

Kolmas kehitys ehdotus ”osa puuttuu” poikkeamien vähentämiseen on ohjelmallinen automaattitarkistus. Suunnittelun valmistuttua ajetaan automaattinen tarkistus, joka tarkistaa, että osaluettelosta löytyy kaikki samat kojeet kuin piirikaavioista ja layout-kuvista. Tarkistuksen on huomioitava myös tarkistaa kojeiden kappalemäärät piirikaavion ja osaluettelon välillä.

Mekaniikka poikkeamia tulee todennäköisesti vähentämään tällä hetkellä käynnissä oleva VEDA-vakiointi projekti, jota tehdään todella kokeneella ja ammattitaitoisella työryhmällä. Tästä syystä tähän kategoriaan ei tutkita ratkaisuja tässä työssä.

Osa työntekijöistä suhtautuu poikkeamien luontiin väärällä tavalla. Se koetaan ”pakotienä” ongelmallisesta tilanteesta ja poikkeamat saattavat pahimmillaan olla seuraavanlaisia: ”kuvissa virheitä, korjatkaa”. Tuotantoon on tehtävä selkeä prosessi, kuinka poikkeaman tekeminen etenee ja mitkä ovat poikkeaman tekijän velvollisuudet. Poikkeaman luojan tulee tehdä poikkeama mahdollisimman yksityiskohtaisesti ja siihen tulee kirjata kaikki jo valmiiksi selvitetty tieto, jotta suunnittelijan on mahdollisimman nopeaa ja tehokasta ratkaista ja vastata poikkeamaan.

6.2 Materiaalipuutteista johtuvien keskeytysten vähentäminen

Tämän työn aikana COVID-19-pandemian aiheuttamat materiaalin saatavuusongelmat olivat suurimmillaan. Tämä vaikeutti tutkimustyötä normaali tilanteeseen nähden. Tässä työssä annetaan ehdotukset nykyisen kaltaiseen poikkeustilanteeseen, koska kukaan ei tiedä, eikä osaa varmasti ennustaa milloin palataan normaaliin maailmanlaajuiseen tilanteeseen.

Tärkeintä on luoda materiaalitulaukset mahdollisimman aikaisin. Joillain tuotteilla toimitusajat ovat olleet kesän 2021 aikana jopa kymmenen viikkoa tai enemmän. Normaalisti pitkän toimitusajan komponentteja ovat olleet ilmatatkaisijat ja suoja-releet. Näiden toimitusaika on ollut normaalisti kuusi viikkoa ja muiden materiaalien kaksi viikkoa. Kesän 2021 aikana jopa yleisimpien apureleiden, automaattisulakkeiden ja automaattisulakkeiden apukoskettimien toimitusaika on venynyt kuuteen viikkoon. Kaikkien materiaalien, joiden toimitusaika venyy yli neljään viikkoon, tulisi heti nostaa pitkän toimitusajan komponenttien listalle ja näistä tulee tiedottaa kaikkia, joiden työtehtäviin kuulu materiaalien tilaaminen.

Yleiskustannusmateriaalit isoille projekteille tulisi varata projektille etukäteen. Näistä kriittisimpiä ovat johtimet, riviliittimet ja riviliittimien yhdistyspalat. Varattaessa tuotteet etukäteen projektille varmistetaan, että kun projekti tulee työn alle, on sille varattu tarvittavat yleiskustannus materiaalit, eikä tekeminen keskeydy materiaalin loppumiseen poikkeuksellisen suuren kulutuksen johdosta.

Tätä työtä tehdessä havaittiin, että olisi hyvä saada puuttuvan materiaalin aiheuttamat keskeytykset samaan mittarointiin mukaan poikkeamien kanssa. Tämä mahdollistaisi eri ongelmien vertailun keskenään ja olisi helpompi hahmottaa kumman toiminnan kehittämiseen kannatta panostaa enemmän.

6.3 Asennusteknisten virheiden vähentäminen

Suurimpana ryhmänä asennusteknisissä virheissä on kytkentävirheet. Suurin osa kytkentävirheistä johtui todennäköisesti huolimattomuudesta. Tähän paras ratkaisu on henkilöstön tiedottaminen kuinka paljon yhden kytkentävirheen tai puutteen selvitys ja korjaus työ yritykselle maksaa. Tämän kautta päästään siihen, että jokaisen työntekijän on tiedostettava oman työnsä tärkeys ja sen vaikutus muiden tekemiseen. Todennäköisesti tämä kasvattaa ammattitilpeyttä ja tekijän halua kantaa vastuuta omasta työstään tekemällä siinä mahdollisimman vähän virheitä.

Materiaalipuute on tarkastamon poikkeamaraporttien mukaan toiseksi yleisin poikkeama tyyppi. Materiaalipoikkeamista johtuvia virheitä pyritään vähentämään kappaleessa 6.2 kerrotuin keinoin. Materiaalipuutteita tehdastarkastus vaiheessa johtui kuitenkin myös siitä, että materiaali oli kyllä VEOlla, mutta ei asennettu paikalleen. Tähän on kaksi kehitysehdotusta, jotka tukevat toisiaan. Kun asentaja huomaa puutteen hänellä on velvollisuus kirjata materiaalipuute tussilla teipin palaan, joka hänen tulee kiinnittää kyseiseen lähtöyksikköön mistä osa puuttuu. Viimeistely työvaiheessa asentajan on velvollisuus kirjata kaikki havaitsemansa puutteet kojeiston tarkistuslistaan. Keskuksen valmistuttua viimeistelystä on asentajan käytävä kaikki projektille keräilty materiaali läpi ja tässä vaiheessa on helppo asentaa kaikki aikaisemmin puuttuneet materiaalit oikeille paikoilleen, koska listoista selviää suoraan mistä osa puuttuu.

Kojetunnuksen puuttuminen on kolmanneksi yleisin poikkeama tyyppi tehdastarkastusvaiheessa. Näiden osuus on aivan liian suuri, koska kojettunus on kyllä asentajan tiedossa, sillä muuten hän ei olisi voinut edes kytkeä kojetta. Kaikki kojettunus puutteet ovat asentajan huolimattomuutta. Viimeistelyn tarkastuslistassa on mainittu kojettunukset, mutta kojettunuksia puuttuu kuitenkin. Näiden virheiden välttämiseen kehitys ehdotus on prosessin muuttaminen siten, että kaikki kojettunukset tulostetaan lähtöyksiköiden valmistusvaiheessa. Tämä lista toimitetaan lähtöyksiköiden kanssa viimeistelyn työvaiheeseen ja kun kojettunuslista on kokonaan tyhjä niin tiedetään, että kaikki kojettunukset on liimattu paikoilleen. Lisäksi

tulee varmistaa kouluttamalla, että kaikki asentajat tietävät kojetunnuksia koskevat vaatimukset.

Neljänneksi suurin ryhmä havaituista poikkeamista tehdastarkastuksessa liittyi kosketussuojaukseen. Kosketussuojausta koskevien poikkeamien määrä yllätti negatiivisesti. VEDA-projekteissa on kosketussuojausta vakioitu paljon ja kosketussuojauksesta on myös annettu selkeät ohjeet VEO:n omassa enintään 1kV:n kojeiston asennusohjeessa, jossa tämä osuus perustuu standardiin SFS-EN 60 439-1:2000. Tämän ryhmän virheiden vähentämiseen tehokkain keino on asentajien kouluttaminen kosketussuojausta koskevista vaatimuksista. Kuitenkin on pidettävä huoli, ettei tehdä kosketussuojia turhiin paikkoihin, koska tästä aiheutuu tarpeettomia materiaali- ja työkustannuksia.

Johtoreittejä koskevat virheet olivat myös yllättävän yleisiä. Työssä tutkittiin kojeistojen layout-kuvia niiden kojeistojen osalta, jossa näitä virheitä oli. Yleisesti puutteellinen johtoreitti puuttui myös layout-kuvista. Tähän tehokkain kehityskäytännön on suunnittelijoiden tarkistuslistojen päivitys. Suunnittelijan tarkistuslistaan on lisättävä kohta, joka velvoittaa suunnittelijaa tarkistamaan suunnitelmansa ja varmistamaan, että jokaiseen tilaan on varattu johtoreitti ja reitti on myös piirretty layout-kuviin. Kun johtoreitti on selvästi mainittu layout-kuvassa ei se asentajaltaan jää tekemättä.

6.4 Projektin aikataulutuksen kehittäminen

Aikataulullisia haasteita pyritään välttämään perehtymällä projektin teknisiin ratkaisuihin mahdollisimman tarkasti projektin aloituspalavereissa. Jos kyseessä paljon teknisesti haastavia ratkaisuja sisältävä kojeisto, pyritään suunnitteluun varaan yhden suunnittelijan lisäksi muita suunnittelijoita. Suunnittelu aloitetaan mahdollisuuksien mukaan aikaisemmin kuin vakioajastusmallin laskennalla saatu päivä. Myös tuotannon läpimenoaika vaihtelee paljon kojeiston teknisistä ratkaisuista riippuen.

Vakioajastusmalli on hyvä työkalu ja sitä ei tarvitse muuttaa ollenkaan, mutta erilaisiin kojeistoratkaisuihin tulisi määrittää kertoimet millä vakioajastusmallin laskemat päivät kerrottaisiin. Vakioajastusmalli laskee melko tarkasti oikein, kun kyseessä moottorilähtökeskus valokaarisuojauksella varustettuna ja ilman väyläohjausta. Alla ehdotetut kertoimet vakioajastusmallin laskemiin päiviin (**Taulukko 6.**). Samoja kertoimia voidaan käyttää myös projektin tuntien määrittämisessä. Tuotannon tuntien osalta kertoimet perustuvat tehtyjen projektien toteutuneisiin tunteihin vertailemalla kahdeksaa eri projektia. Suunnitteluun käytetyt tunnit samoissa projekteissa tulisi myös tarkistaa ja verrata arvioituun kertoimeen. Näistä tunneista minulla ei valitettavasti ole dataa käytettävissä.

Taulukko 6. Vakioajastusmalliin ehdotetut korjauskertoimet.

Kojeiston lähtötyypit	Korjauskerroin
Kojeisto varustettuna suorilla lähdöillä	0,7
Kojeisto varustettuna moottorilähdöillä	1
Kojeisto varustettuna väyläohjatuilla moottorilähdöillä	1,2
Kojeisto varustettuna kasettilähdöillä	1,5-2 (riippuen kasettityypistä)

Tuotannon eri työvaiheiden aikataulutusta tulee kehittää ja aikataulussa pysymistä tulee seurata tarkemmin. Nykytilassa projektin jokaiselle kojeistolle on määritelty tuotannon aloitus- ja valmistuspäivämäärä, mutta ei eri työvaiheiden valmistuspäivämääriä. Tuotantopäällikön tulee laatia jokaiselle projektille tuotannon sisäinen aikataulu, jossa on tuotannon aloitus- ja valmistuspäivämäärät jokaiselle

työvaiheelle. Työvaiheet ovat: runko, lähtöyksiköt, loppukokoonpano ja tehdastarkastus. Projektin sisältäessä useampia kojeistoja tulee jokaiselle kojeistolle määrittellä aikataulu.

Tuotantopäällikkö esittelee aikataulun jokaisen työvaiheen työnopastajalle ja heti tässä vaiheessa työnopastajat ovat velvollisia ilmoittamaan, jos aikataulussa on heidän mielestään epäkohtia. Tuotannon käynnistyttyä tulee tuotantopäällikön ja työnopastajan seurata aikataulussa pysymistä. Työnopastajan havaitessa aikataulun venymisestä omassa työvaiheessa tulee hänen ilmoittaa siitä välittömästi tuotantopäällikölle. Tämä ei poista tuotantopäällikön vastuuta aikataulussa pysymisen varmistamisesta vaan on tuotantopäällikön tukitoimi. Tuotantopäällikön on varmistettava riittävä resurssi ja keskusteltava projektionnin kanssa uudesta aikataulusta tarpeen vaatiessa. Kun valvotaan tarkasti jokaisen työvaiheen valmistumispäivämääriä erikseen, on mahdollinen aikataulusta viivästyminen havaita paljon aikaisemmin. Mitä aikaisemmin aikataulusta viivästyminen havaitaan, sitä helpompi projektionnin on neuvotella asiakkaan kanssa mahdollisesta toimituksen viivästyisestä.

Aikataulutusta ja työntekijän oman työnsä tehokkuuden seuraamista varten kehitettiin laskennallisten työaikojen tuonti työmääräimiin vuoden 2020 aikana. Tästä on paljon apua, mutta tässä on vielä kehitettävää. Tämän työn aloitus hetkellä laskennallinen työaika tulostui ainoastaan pool-työmääräimiin eikä yksittäisiin lähtöyksikkökohtaisiin työmääräimiin. Pool-työmääräin on yhdistetyistä tuotantotilauksista syntyvä työmääräin. Tällä työmääräimellä voidaan yhdellä kotiinkutsulla kutsua kaikki kyseiseen pooliin yhdistetyt tuotantotilaukset. Tämä poolaus toiminto myös yhdistää kaikki tuotantotilausten keräilyt. Tällä haetaan kustannustehokkuutta varastokeräilyihin ja tuotantosolujen tehokkaampaa käyttöä, myös tietyn tyyppiset tuotantotilaukset on tehokkaampaa tehdä sarjatyönä, jonka tämä poolaus toiminto mahdollistaa.

Työaikojen tuonti jokaiseen työmääräimeen otettiin käyttöön vaiheittain tämän työn aikana. Ensimmäinen vaihe oli manuaalinen työaikojen kirjaus yksittäisille tuotantotilauksille työmääräimille tuotantopäällikön toimesta. Tuotannonsuunnittelijan

tehtyä materiaali vapautukset toimitti hän työmääräimet tuotantopäällikölle, joka jakoi poolin työajan yksittäisille tuotantotilauksille. Vasta tämän jälkeen työmääräimet toimitettiin tuotantoon.

Työaikojen tuonti jokaiseen työmääräimeen otettiin koko tuotannossa käyttöön syyskuussa vuonna 2021. Käyttöänon jälkeen laskennassa havaittiin muutamia virheitä ja niiden korjaus on työn alla. Tästä mahdollisesti saatavia hyötyjä ei valittavasti ehditä tämän työn puitteissa tutkimaan.⁸

⁸ Sähköposti. Viitattu 16.9.2021

7 YHTEENVETO

Työtä hankaloitti COVID-19-pandemia, joka nosti materiaalipuutteista johtuvat työn pysähdykset normaalia korkeammalle tasolle ja eri tuotteiden toimitusajoissa oli todella suuria eroja viikoittain. Kommunikointi eri ryhmien välillä osoittautui tehokkaimmaksi keinoksi ratkaista näitä ongelmia. Tuotannon, hankinnan ja suunnittelun on kommunikoitava matalalla kynnyksellä ja pohdittava yhdessä projektin kannalta parhaimpia ratkaisuja materiaalien hankintaan.

Suunnittelu prosesseihin löydettiin muutamia kehitysehdotuksia ja olisi toivottavaa, että ehdotettujen kehitystoimenpiteiden käyttöönottoa tutkittaisiin ja toteuttamiskelpoisia otettaisiin käyttöön. Tämä lopputyö avasi paljon omaa näkemystäni suunnittelutyön haastavuudesta ja laajuudesta projektiteollisuudessa.

Tuotannon toimintatapoja koskeneet muutokset otettiin osittain käyttöön heti, kun oli havaittu tehoton toimintatapa ja toimintatapaan oli keksitty parannusehdotus. Näiden toimenpiteiden tuomia hyötyjä ei tämän työn puitteissa ehditty tutkimaan täydellisesti, koska projektin lopulliset kustannukset saadaan vasta projektin sulkemisen jälkeen ja työn alla olevien projektien sulkeminen ei ehdi tapahtumaan tämän työn aikana. Tehtyjä parannuksia oli sisäisten aikataulujen tarkentaminen, työtuntien merkintä jokaiseen työmääräimeen ja asennusteknisten virheiden vähentäminen koulutuksen avulla. Lisäksi työn aikana havaittiin tiettyjä työvaiheita tehtävän väärään aikaan väärässä paikassa. Tämän seurauksena tiettyjä asennustöitä siirretään eri työvaiheessa tehtäväksi tehokkaamman lopputuloksen aikaansaamiseksi.

Jatkotutkimusaiheena voisi olla tuotannon aiheettomien ja väärin kategorisoitujen poikkeamien vähentäminen. Tällä voitaisiin saavuttaa työajan säästöä niin suunnittelussa kuin tuotannossakin. Lisäksi projektin päätöspalaverissa ongelmien analysointi helpottuisi ja valmistautuminen vastaavaan tulevaan projektiin helpottuu, koska aiheettomat poikkeamat eivät vääristä tilastoja. Todennäköisesti tehokkain

tapa olisi koulutus tuotannon työntekijöille, jossa käydään läpi aiheettomasta poikkeamasta aiheutuvat kulut ja avattaisiin syitä, miksi on tärkeää valita juuri oikea kategoria poikkeamaa tehdessä.

Toisena jatkotutkimusaiheena voisi olla tehdastarkastamon poikkeamaraportin kehittämisen ja muuttaminen sähköiseen muotoon. Tällä mahdollistettaisiin tehdastarkastamossa havaittujen poikkeamien tilastointi. Tilastoidut poikkeamat mahdollistavat suurimpien ongelma ryhmien selvityksen ja reaaliaikaisen laadunseurannan asennustyöstä. Tällä hetkellä käsin paperille kirjoitettu data on aika käyttökeltontota tietopohjaisen johtamisen aikakautena.

Kolmantena jatkotutkimusaiheena voisi olla suunnittelun automaattinen tarkistus osaluettelon, piirikaavion ja layout-kuvien välillä. Tätä tulee ehdottomasti tutkia ja pohtia myös laajempaa käyttöä. Eräs mahdollinen ratkaisutapa voisi olla ohjelmallinen tarkistus suunnittelujärjestelmän ja toiminnanohjausjärjestelmän välillä tai ohjelmisto robotin käyttö järjestelmien välisen tarkastuksen suorittamiseen. Tarkistuksen havaitessa annetuista ehdoista poikkeavan tapauksen tulisi sen ilmoittaa suunnittelijalle havaitusta epäkohdasta.

Loppujen lopuksi lyhyet läpimenoajat ja tiukat aikataulut aiheuttavat suurimmat ongelmat jokaisessa vaiheessa prosessia. Lyhyet toimitusajat ovat kuitenkin VEO:n vahvuus moniin kilpailijoihin nähden. Asiakkaat haluavat nykyisessä tiukassa maailmanlaajuisessa kilpailutilanteessa sitouttaa pääomaansa mahdollisimman lyhyen ajan ja haluavat oman prosessinsa vaatiman kojeiston mahdollisimman nopeasti käyttöön. Eli ainut oikea ratkaisu on tehostaa prosesseja työssä kerrotuilla ja muilla tavoilla. Lyhyillä ja tehokkailla läpimenoajoilla ilman turhia työnäpysähdyksiä VEO pidetään kilpailukykyisenä ja kasvavana yrityksenä energia-alan jatkuvasti kehittyvässä ja kasvavassa segmentissä.

LÄHTEET

Teams-keskustelu, suunnittelijan haastattelu. Viitattu 20.8.2021.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara 2009, P 2009. Tutki- ja kirjoita. 15-16. uud. painos. Helsinki. Tammi

Teams-keskustelu, projektipäällikön haastattelu. Viitattu 17.8.2021.

Pelin, R. 2020. Projektihallinnan käsikirja. 8. painos. Norderstedt, Saksa. BoD.

Sippola, H 2017. VEO:n tarina. Vaasa.

Sähköposti. Viitattu 16.9.2021

Suomen asiakastieto. Rekisteritiedot. Viitattu 11.9.2021. <https://www.asiakastieto.fi/yritykset/fi/veo-oy/15719966/rekisteritiedot>

VEO Oy. 2021. VEDA-pienjännitekojeistot-esitys. 9.3.2021