



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Fredrik Olin

Layout- ja putkistosuunnittelu osana laitossuunnitteluprojektia

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikan tutkinto-ohjelma

Insinööriyö

3.6.2020

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Fredrik Olin Layout- ja putkistosuunnittelu osana laitossuunnitteluprojektia 45 sivua 3.6.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Konetekniikka
Ammatillinen pääaine	Koneensuunnittelu
Ohjaajat	Tiimiesimies Kim Loponen, AFRY Finland Oy Lehtori Pekka Salonen
<p>Insinööritö tehtiin AFRY Finland Oy:n prosessiteollisuuden liiketoimintayksikölle. Työn tavoitteena on avata nuorille suunnittelijoille laitossuunnittelua alana. Työssä keskitytään layout- ja putkistosuunnittelijan työnkuvaan laitossuunnitteluprojekteissa.</p> <p>Työssä esitellään laitossuunnittelulle ominaisia piirteitä ja kuvataan projektiorganisaatioissa toimivien henkilöiden työtehtäviä. Työssä tarkastellaan myös laitossuunnitteluprojektien vaiheistusta ja etenemistä.</p> <p>Työhön kerättiin materiaalia haastattelemalla useita laitossuunnittelun parissa toimivia asiantuntijoita sekä perehtymällä laitossuunnittelun standardeihin ja yrityksen sisäisiin ohjeistuksiin. Haastattelut toteutettiin puolistrukturoituna haastattelua ohjaavan kysymyslomakkeen tukemana ja ne äänitettiin tarkan materiaalinkeruun varmistamiseksi. Kysymykset painottuivat haastateltavien työnkuvaan ja vuorovaikutukseen layout- ja putkistosuunnittelun parissa.</p> <p>Kerätty materiaali koostettiin tähän työhön.</p>	
Avainsanat	Laitossuunnittelu, layout-suunnittelu, putkistosuunnittelu

Author Title	Fredrik Olin Layout and Piping Design in a Plant Design Project
Number of Pages Date	45 pages 3 June 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical and Production Engineering
Professional Major	Machine Design
Instructors	Kim Loponen, Team Leader Pekka Salonen, Principal Lecturer
<p>This thesis was commissioned by the process industry business unit of AFRY Finland Ltd. The aim of the thesis was to clarify the industry of plant design for new unexperienced employees. The thesis examines the responsibilities of layout and piping designers in a plant design project.</p> <p>The responsibilities of the different people employed in the project organization, and the characteristics of plant design as a field of work are covered in the thesis. The timeline of a plant design project is also discussed in the thesis.</p> <p>The material for the thesis was collected with half structured interviews of experienced professionals involved in plant design. The interviews were carried out with the help of a list of pre-thought questions and the interviews were recorded. The questions were mostly related to the work responsibilities of the interviewees and their professional interaction with layout and piping design. Other sources used as material for the thesis were plant design standards and the company's internal guides.</p> <p>The gathered material was compiled for the thesis.</p>	
Keywords	Plant design, layout design, piping engineering

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	AFRY	2
3	Työn tausta ja toteutus	3
3.1	Aiheen rajaus	3
3.2	Haastattelut	3
4	Laitossuunnittelu	5
4.1	Laitossuunnittelu ja laitossuunnittelija	5
4.2	Laitossuunnittelulle tyypillisiä piirteitä	6
5	Projektiorganisaatioiden rakenne ja suunnittelijan rooli	9
5.1	Projektia hallinnoivat roolit	9
5.2	Suunnittelijan tehtävät ja vastuu projektiorganisaatiossa	11
6	Laitossuunnitteluprojektin yleinen läpimeno	14
6.1	Projektin alku	14
6.2	Laitossuunnittelu	14
6.3	Projektin toteutus	15
7	Layout- ja putkistosuunnittelijan toimenkuva	17
7.1	3D-admin	17
7.2	Layout-suunnittelu	19
7.2.1	Layout-suunnittelu yleisesti	19
7.2.2	Layout-suunnittelun tuottamat dokumentit	20
7.2.3	Layout-suunnittelun kulku projektissa	23
7.2.4	Layout-suunnittelun haasteita	24
7.3	Putkistosuunnittelu	25
7.3.1	Putkistosuunnittelu yleisesti	25
7.3.2	Putkistosuunnittelun tuottamat dokumentit	25

7.3.3	Putkistosuunnittelun haasteita	28
8	Muut laitossuunnittelussa toimivat suunnitteluhaarat	29
8.1	Prosessisuunnittelu	29
8.2	HSEQ	31
8.3	Laitesuunnittelu	32
8.4	Sähkö-, instrumentointi- ja automaatio-suunnittelu	33
8.4.1	Sähkösuunnittelu	33
8.4.2	Automaatio- ja instrumentointi	34
8.5	Rakennussuunnittelu	35
8.5.1	Rakennesuunnittelu	35
8.5.2	Talotekniikka ja HVAC	37
8.6	ICT	38
9	Yhteenveto	41
	Lähteet	42

Lyhenteet

ATEX-tila	EU-direktiivin 94/9/EY mukainen räjähdysherkkä tila.
BIM	Buiding Information Model. Rakennuksen tietomalli.
CAD	Computer Aided Design. Tietokoneavusteinen suunnittelu.
HSE	Health, Safety and Environment. Työturvallisuus ja ympäristö. Käytetään käsitteiden, kuten työtehtävän, kuvaavana etuliitteenä.
HSEQ	Health , Safety, Environment and Quality. Työturvallisuus, ympäristö ja laatu. Käytetään käsitteiden, kuten työtehtävän, kuvaavana etuliitteenä.
HVAC	Heating, Ventilation and Air Conditioning. Lämmitys, ilmanvaihto ja ilmastointi. Talotekniikan osa-alueita yhteen sitova lyhenne.
ICT	Information and Communication Technology. Tieto- ja viestintäteknologia.
PI-kaavio	Putkitus- ja instrumentointikaavio. Yksityiskohtaisesti prosessien toimintaa kuvaava kaavio.

1 Johdanto

Laitossuunnittelu on projektimuotoista suunnittelutyötä, joka voidaan jakaa tyypillisesti myynti-, suunnittelu, toimitus- ja takuuvaiheeseen. Laitossuunnittelu muodostaa suunnitelmat, joiden mukaan uusi tuotantolaitos tai sen osia voidaan perustaa tai jo olemassa olevaa laitosta päivittää. Tämä työ on tehty AFRY Finland Oy:lle, joka tuottaa laaja-alaisesti laitossuunnittelun palveluita teollisuuden tarpeisiin. Yhtiön päätoimiala on konsultointi- ja suunnittelupalvelut, joka palvelee muun muassa teollisuuden, energiantuotannon ja infrastruktuurirakentamisen aloja.

Laitossuunnittelu on laaja kokonaisuus, joka liittyy yhteen lukuisia suunnittelunaloja ja projektin myyntiin ja hallintaan liittyviä tukifunktioita. Näihin suunnittelunaloihin kuuluu prosessi-, mekaaninen, rakennus-, layout-, putkisto-, sähkö-, automaatio-, instrumentointi-, talotekniikka- ja rakennussuunnittelu. Keskeisiä projektien taustalla vaikuttavia tukifunktioita ovat muun muassa HSEQ- ja lakiosastot sekä projektien myyntiorganisaatiot.

Tämän työn aiheena on tehdä layout- ja putkistosuunnittelijan näkökulmasta laitossuunnittelun prosessikuvaus, joka on tarkoitettu etenkin uusille suunnittelijoille.

Prosessikuvaukseen on kerätty tietoa AFRYn kokeneempien työntekijöiden haastatteluilla, yrityksen sisäisistä laatu- ja suunnitteluohjeista ja julkisesti saatavilla olevasta kirjallisuudesta. Kuvauksen tarkoitus on selvittää laitossuunnittelussa yhteen kytkeytyvien suunnittelunalojen vuorovaikutusta ja täten auttaa uusia layout- ja putkistosuunnittelijoita hahmottamaan omat vastuualueensa projekteissa, joissa useat suunnittelun alat toimivat yhdessä.

2 AFRY

AFRY Finland Oy kuuluu ÅF Pöyry AB emoyhtiöön, joka on listattu Tukholman pörssiin. Konserni on muodostunut ÅF AB:n ja Pöyry Oyj:n fuusiosta vuonna 2019. Konserni työllistää yhteensä noin 17000 ihmistä maailmanlaajuisesti. Aikaisemmin erilliset yhtiöt Pöyry Oyj ja ÅF AB toimivat molemmat konsultti- ja suunnittelutoimistoina. [1.] Pöyryn historia alkoi vuonna 1958 Jaakko Pöyryn perustamana yrityksenä, joka tarjosi puunjalostusteollisuuden suunnittelupalveluita [2]. ÅF AB perustettiin vuonna 1895 toimimaan höyrykattiloiden tarkastuksien parissa [3]. Molemmat yhtiöt laajenivat monialaisiksi suunnittelu ja konsultointi yhtiöiksi ennen fuusiota [2; 3].

AFRY toimii Suomessa prosessiteollisuudessa, energia- ja infrastruktuurialoilla, ja lisäksi yhtiö tuottaa myös liikejohdon konsultointi palveluita [4]. Kuvassa 1 on esitettyä AFRYn logo. Suomen toimintojen päätoimisto on Vantaalla ja sen lisäksi asiakkaita palvelee 23 aluetoimistoa, jotka ovat erikoistuneet eri palveluihin [5]. Tämä työ tehtiin Espoon aluetoimistolle prosessiteollisuuden liiketoimintayksikön käyttöön. Se kuitenkin pyrittiin tekemään niin, että sen voi suunnata koko maan prosessiteollisuutta palvelevan henkilöstön käyttöön.



Kuva 1. AFRYn logo [6]

3 Työn tausta ja toteutus

3.1 Aiheen rajaus

Ajatus työstä syntyi, kun huomattiin, että laitossuunnitteluun ei ole olemassa yhteneväistä koulutus pohjaa. Tämän myötä laitossuunnittelun parissa työuraansa aloittelevien lähtökohdat työssä aloittamiseen ovat erilaiset. Tyypillinen koulutus pohja laitossuunnitteluun on kone- tai prosessitekniikan insinööri tai diplomi-insinööri. Näissä opinnoissa ei välttämättä käsitellä laitossuunnittelua kokonaisuutena, jos sitä käsitellään ollenkaan. Tämän myötä nähtiin tarpeelliseksi muodostaa prosessikuvaus laitossuunnittelusta, joka havainnollistaisi, mitä kaikkea laitossuunnitteluun sisältyy. Kuvaukseen sisällytettiin laitossuunnitteluprojektin kulku ja eri suunnittelun alojen vastuut.

Aiheen laajuuden myötä työ kohdenettiin layout- ja putkistosuunnitteluun. Nämä ovat suunnittelunaloja, jotka ovat perinteisesti liitetty laitossuunnittelijan työtehtäviin ja muodostavat kokonaisuudessaan merkittävän osan suunnitteluprosessin työmäärästä. Kuvaukseen sisällytettiin myös muut suurimmat suunnittelunalat, mutta niitä pyrittiin käsittelemään layout- ja putkistosuunnittelun hahmottamisen kannalta tärkeistä näkökulmista. Tämän tarkoitus oli löytää eri suunnittelun alojen välisestä tiedonvaihdosta layout- ja putkistosuunnittelun kannalta olennaisia osa-alueita.

Työn suunnitteluvaiheessa huomattiin, että laitossuunnittelu ei ole yksiselitteinen käsite. Laitossuunnittelijan varsinainen työnkuva ja vastuut eivät ole samat joka organisaatiossa. Työnkuvaan liitetään usein layout- ja putkistosuunnittelun lisäksi prosessi- ja mekaaninen suunnittelu ja työnimike voi myös käsittää muitakin suunnittelunaloja. Tässä työssä kuitenkin käsitellään laitossuunnittelua layout- ja putkistosuunnittelijan näkökulmasta. Työn selkeyttämiseksi koettiin tarpeelliseksi määritellä laitossuunnittelijan tarkoitavan tässä työssä layout- tai putkistosuunnittelun parissa toimivaa suunnittelijaa.

3.2 Haastattelut

Työhön on kerätty materiaalia haastatteleamalla AFRYlla laitossuunnittelun parissa toimivia-asiantuntijoita. Haastattelut tehtiin puolistrukturoituna, eli haastatteluita ohjasi kysy-

mysrunko, mutta sen rooli oli vain pitää haastattelu halutulla aihealueella ja ylläpitää sujuvaa keskustelua. Runkoa sovellettiin jokaiseen haastatteluun hieman erilaiseksi haastateltavan työtehtävien mukaan. Esimerkki haastattelun rungosta:

- Mitä ovat pääasialliset työtehtäväsi ja miten työpäiväsi tyypillisesti etenee?
- Tyypillisimmät ongelmatilanteet
 - Mitä ovat tyypillisimmät ongelmatilanteet, jotka hidastavat työtäsi?
 - Miten niitä voitaisiin välttää?
- Lähtötiedot suunnitteluun
 - Mitä lähtötietoja tarvitaan?
- Suunnittelunalojen välinen kommunikaatio
 - Minkä suunnittelunalan kanssa teet eniten yhteistyötä?
 - Miten tiedonkulku toimii?
- Suunnitteluohjeet
 - Mitä suunnitteluohjeita käytät työssäsi?
- Mihin nuoren suunnittelijan tulisi mielestäsi keskittyä?

Haastattelut äänitettiin, jotta haastattelussa kertynyttä materiaalia olisi helppo käsitellä ja työstää kirjoitettuun muotoon. Äänitys mahdollisti myös sulavamman haastattelukokemuksen, kun haastatteluiden aikana kyettiin keskittymään itse haastatteluun, eikä muihin tekemiseen.

4 Laitossuunnittelu

4.1 Laitossuunnittelu ja laitosuunnittelija

Tässä työssä laitosuunnittelulla tarkoitetaan eri prosessiteollisuuden laitosten projekti-kohtaista suunnittelua. Prosessiteollisuus on teollisuuden ala, joka muuttaa raaka-ainehyödykkeet korkeamman jalostusasteen hyödykkeiksi. Tähän kuuluvat muun muassa elintarvike-, paperi-, kaivos- ja kemianteollisuus. Kyseisiä laitoksia yhdistää tyypillisesti suuri mittakaava. Tämä johtaa lähes poikkeuksetta suureen toimijoiden määrään projektin eri vaiheissa. [7; 8.] AFRYlla on kyky tarjota laitosuunnittelua kokonaisvaltaisesti sen kaikilla suunnittelunaloilla.

Laitossuunnitteluprojektit sisältävät tyypillisesti huomattavan määrän eri suunnittelunalojen yhteistyötä. Projektitehtävien lisäksi projekteihin kuuluu muun muassa aikatauluja sääteleviä toimintoja, taloushallintoa, laadunvalvontaa ja toimintaympäristön vaatimuksien selvittämistä, kuten projektin toimitusmaan lainsäädännön tulkittamista. Laitossuunnittelu on AFRYlla aina projektimuotoista työskentelyä. Jokaista projektia varten muodostetaan aina oma projektiorganisaatio, jonka henkilömäärä vaihtelee tyypillisesti yhdestä kymmeneen henkilöihin. Projektien kesto ja kokoluokka voivat olla lähes mitä vain yksittäisen prosessipäivityksen ja kokonaisen tuotantolaitoksen suunnittelun välillä. [7; 8.]

Projektiin voi sisältyä laitoksen päivitystä, sen huollon ja kunnossapitotarpeen kartoitusta tai kokonaan uuden tuotantolaitoksen suunnittelua. Projekti voi olla osakokonaisuus asiakkaan suurempaan hankkeeseen ja vastaavasti AFRY voi tilata alihankintana työtä projektilleen. Tyypillisiä asiakkaita ovat suuret prosessiteollisuuden alalla toimivat yhtiöt ja tyypillisimpiä kumppaneita projektin toteutuksessa ovat laitetoimittajat, urakoitsijat ja asiakkaiden omat suunnitteluorganisaatiot. [7; 8.]

Laitossuunnittelija voi tarkoittaa ketä tahansa laitosuunnittelun parissa työskentelevää henkilöä. Työn materiaalinkeruun aikana tehtyjen haastattelujen myötä ilmeni, että termillä on perinteisesti tarkoitettu yksinomaan layout- ja putkistosuunnittelijoita [9; 10]. Termin monikäsitteisyydestä johtuen laitosuunnittelijasta puhuttaessa on usein tarpeellista olla varma, että keskustelun kaikki osapuolet puhuvat samasta suunnittelunalasta. Suunnittelun eri aloja kutsutaan usein myös suunnitteludisipliineiksi.

4.2 Laitossuunnittelulle tyypillisiä piirteitä

Laitossuunnittelussa suhde asiakkaaseen on projektikohtaisesti yksilöllinen. Toimituksen sisältö pitää olla tarkoin sovittuna ennen projektin aloittamista. Lisäksi asiakkaan tarpeiden selvittäminen on projektien alkuvaiheessa olennainen asia, jotta voidaan laatia tarkka sopimus toimitettavasta projektista. Tällöin vältetään molempien osapuolien kannalta hankalat väärinymmärrykset.

Laitossuunnitteluprojektin onnistumisen kannalta olennaiset tekniset yksityiskohdat ovat luonteeltaan erilaisia kuin esimerkiksi koneensuunnittelussa. Tämä johtuu projektien mitataavasta, jonka myötä yksittäisien osien muoto ja niiden paranteleminen on harvoin kokonaisuuden kannalta tarkoituksenmukaista. Laitoksiin sijoitettavien laitteiden ja komponenttien yksityiskohdat ovat tietenkin tärkeitä, mutta ne eivät ole laitossuunnittelun ydinaluetta vaan usein laite- ja komponenttitoimittajien erityisalaa. Sen sijaan järkevä prosessien valinta ja sijoittelu ovat laitossuunnittelussa keskeisiä seikkoja. [9.] Etenkin laitoksen osien sijoittelu on layout- ja putkistosuunnittelijoiden tehtävässä keskeisimpiä asioita [10]. Järkevällä tilankäytöllä vaikutetaan etenkin rakennuskustannuksiin ja tilojen tehokkaampaan käytettävyyteen. Toisin sanoen sijoitteluun keskittymällä saadaan aikaan suuria kustannussäästöjä.

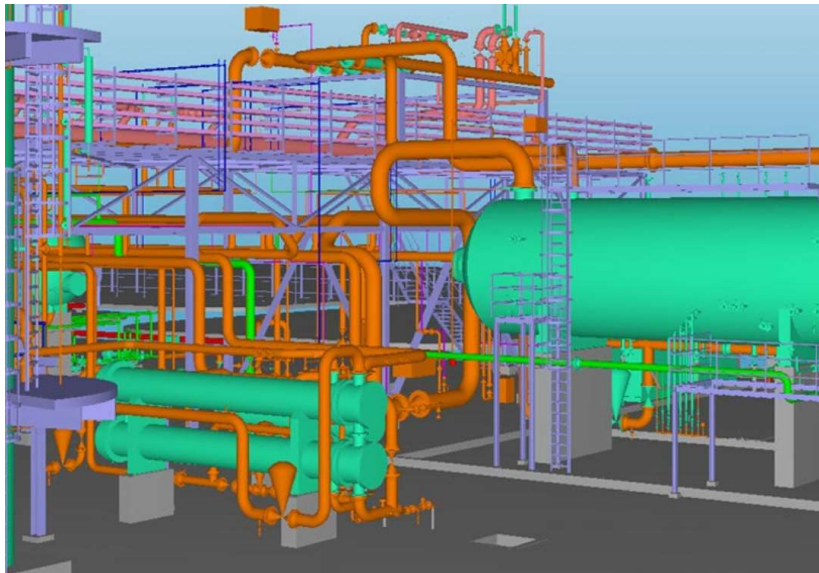
Laitossuunnittelun yksityiskohtien mittakaava on havaittavissa etenkin layout- ja putkistosuunnittelun aloilla, joissa suunnittelutyökaluina käytettävät 3D-ohjelmistot eivät ole piirrepohjaisia kuten koneensuunnittelussa tavalliset Catia ja SolidWorks. Piirrepohjaisuus tarkoittaa, että mallinnettava objekti muodostetaan käyttäjän syöttämien geometriatietojen mukaan, jotka säilyvät mallinnusprosessin aikana. Tämä mahdollistaa 3D-mallien parametrisoinnin ja monimutkaisen geometrian muokkaamisen jälkikäteen. Esimerkiksi hammaspyörän hammasprofiilin muuttaminen onnistuu helposti koneensuunnitteluohjelmistoilla, mutta ei laitossuunnittelun ohjelmistoilla, jotka luovat geometriaa valmiiden komponenttikirjastojen avulla. Näillä ohjelmistoilla käytettävyyden kannalta onkin olennaista käsitellä suuria malleja ja saada luotua malligeometriaa nopeasti, jotta niillä on mahdollista käsitellä suuria tuotantolaitosten malleja.

Laitossuunnittelussa käytettävien suunnitteluohjelmistojen määrä voi vaihdella suuresti projektin mukaan. Mitä useampi suunnittelunala osallistuu projektin toimitukseen, niin yleisesti sitä laajempi kirjo eri suunnittelutyökaluja projektissa on käytössä. Suunnittelun helpottamiseksi laitosmalleihin kytetään lisäämään eri suunnittelualojen 3D-malleja [12]. Laitosmalleilla tarkoitetaan layout- ja putkistosuunnittelijoiden luomia suunnittelumalleja

tuotantolaitoksesta. Kuvassa 2 on laitosmalli CADMATIC-ohjelmiston markkinointimateriaalista. Laitoksesta voidaan luoda myös katselumalleja esimerkiksi Navisworks-ohjelmistolla. Katselumalliin liitetään suunnittelumallin tavoin useiden suunnittelunalojen tuottamia malleja, mutta muodostettavan kokonaisuuden tarkoitus on sen visuaalinen tarkastelu.

AFRYlla käytetään muun muassa seuraavia suunnitteluohjelmistoja:

- MicroStation layout- ja putkistosuunnitteluun
- AutoCAD layout- ja putkistosuunnitteluun
- Aveva PDMS / Everything3D layout- ja putkistosuunnitteluun
- OpenPlant layout- ja putkistosuunnitteluun
- SolidWorks laitesuunnitteluun
- Navisworks katselumallien luomiseen
- Tekla Structures rakennesuunnitteluun.



Kuva 2. Kuva laitostmallista [13]

5 Projektioorganisaatioiden rakenne ja suunnittelijan rooli

Aloittelevan suunnittelijan toimimista omassa tehtävässään edesauttaa projektioorganisaation tunteminen. Se helpottaa toimitettavan projektin hahmottamista kokonaisuudessaan kaikkine osa-alueineen ja luo kontekstin suunnittelijan työlle. Tällöin suunnittelijan on helpompaa olla aktiivinen toimija suunnitteluprosessissa. Lisäksi projektioorganisaation hahmottaminen helpottaa viestinnän kohdentamista oikeille vastuuhenkilöille. Tämä on etenkin nykyään olennaista, koska projektioorganisaation jäsenet usein sijaitsevat eri toimistoissa eivätkä sen jäsenet tule luonnostaan työpaikalla tutuiksi [11].

Pienimmillään projektia voi tehdä yksi henkilö, kun taas laajuudeltaan suuremmat projektit koostuvat jopa kymmenien ihmisten muodostamista projektioorganisaatioista. Projektin koko määritetään toimituslaajuuden mukaan, jossa toimitukseen vaadittava työmäärä ja sen hinta ovat suurimpia tekijöitä kokoluokkaa määritettäessä. Tavallisesti projektin työmäärän ja hinnan kasvaessa projektioorganisaatiokin laajenee. [14.] Kuvassa 3 on esitettyä esimerkki malliorganisaatiosta.

5.1 Projektia hallinnoivat roolit

Projekteihin kuuluu aina projektia johtavaa ja hallinnoivaa henkilöstöä. Kyseisissä rooleissa toimivat voivat myös tehdä työnimikkeensä ulkopuolella olevaa työtä. Etenkin pienemmissä projekteissa projekti- ja suunnittelupäälliköllä voi olla merkittävästikin suunnitteluvastuuta [14].

Toteutettavalla projektilla on aina projektin omistaja, jota kutsutaan nimellä Project Sponsor ja projektipäällikkö. Project Sponsor on yrityksen sisäinen henkilö, joka päättää projektille jaettavista resursseista ja tukee projektipäällikköä projektin hallinnassa. Lisäksi roolissa toimiva ylläpitää ja pyrkii parantamaan asiakassuhteita tilaajan kanssa. Pienemmissä suunnitteluprojekteissa projektin omistajaa ei välttämättä lasketa projektioorganisaatioon, vaan roolissa voi toimia esimerkiksi aluetoimiston päällikkö. Organisaation ja projektin kokoluokan kasvaessa projektin omistajaksi valitaan riittävän vastuullisessa asemassa toimiva henkilö yrityksen sisältä. [15, s. 5–7.]

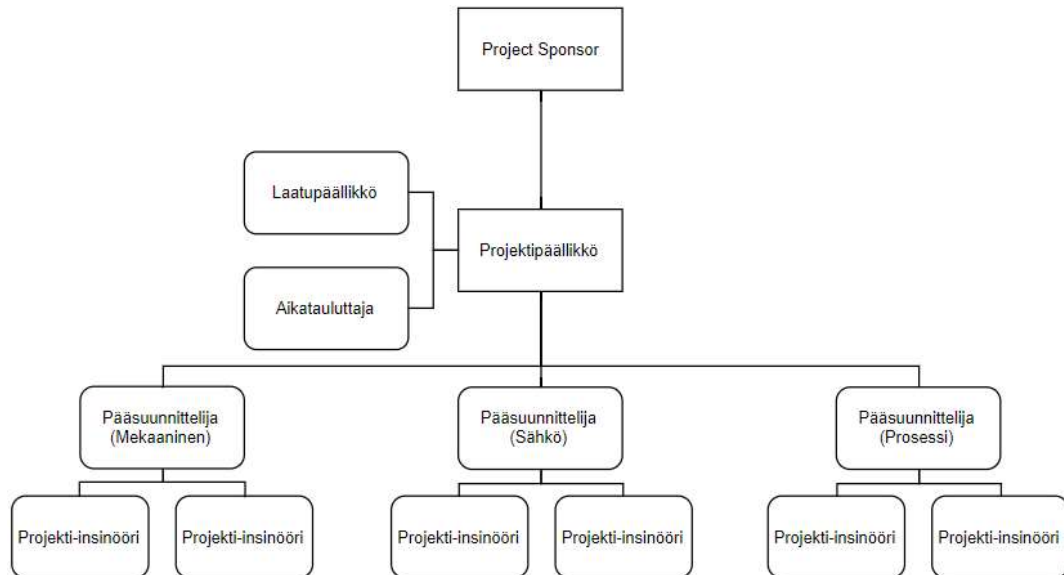
Projektin onnistumisen kannalta tärkein avainhenkilö on projektipäällikkö, joka on päävastuussa projektin toteutuksesta [15, s. 9]. Projektipäällikkö raportoi projektin omistajalle. Toimitettavan projektin kokoluokasta riippuen projektipäälliköllä voi olla tukena seuraavissa rooleissa toimivia henkilöitä [15, s. 1]:

- suunnittelupäällikkö
- hankintapäällikkö
- rakennuspäällikkö
- käyttöönottopäällikkö
- sopimuspäällikkö
- aikatauluttaja
- talouspäällikkö
- laatupäällikkö
- HSE-päällikkö
- dokumentoinnin hallinnoija.

Projektipäälliköllä on suurin toimivalta projektiorganisaatiossa ja hän varmistaa, että projektiorganisaatiolla on käytössään riittävät resurssit projektin toimitukselle aikataulussa ja vastaa projektiin liittyvästä kommunikaatiosta asiakkaalle [15, s. 9].

Suunnittelijan näkökulmasta olennaisin päivittäistä työtä ohjaava henkilö on oman suunnitteluryhmän pääsuunnittelija, joka on kokenut suunnittelija omalla suunnittelunalallaan. Tässä roolissa voi pienemmissä projekteissa toimia myös projektipäällikkö. Pääsuunnittelija, joka tunnetaan myös nimellä Lead Engineer, on suunnittelijan lähin esimies projektiorganisaatiossa. Hän vastaa suurempien suunnittelukokonaisuuksien jakamisesta ja aikatauluttamisesta yksittäisille suunnittelijoille. Roolissa toimiva myös valvoo suoritetta-

vien tehtävien laatua ja tätä kautta myös hankkii suunnittelijoille suunnitteluohjeita ja lähötötietoja. Pääsuunnittelija raportoi organisaation mukaan joko projekti- tai suunnittelu-päällikölle. Projektin hallintaan hän osallistuu luomalla oman ryhmänsä resurssitarpeet, vastaamalla dokumentoinnista ja viestinnästä. [16.]



Kuva 3. Esimerkkiorganisaatio

5.2 Suunnittelijan tehtävät ja vastuu projektiorganisaatiossa

Laitossuunnittelun parissa toimivan suunnittelijan päätehtävä on toteuttaa projektissa lähimmän suunnittelua ohjaavan pääsuunnittelijan antamia suunnittelutehtäviä. Etenkin uran alkuvaiheissa on tärkeää oppia rutiinomaisesti suorittamaan oman suunnittelu-alan tehtäviä. Tällöin suunnittelija tuo mahdollisimman nopeasti lisäarvoa projektiorganisaatiolle.

Kokeneempien suunnittelijoiden haastatteluissa nousi esiin useita neuvoja, jotka auttavat aloittelevaa suunnittelijaa alkuun urallaan. Tärkeimpänä näistä pidettiin kokeneempien suunnittelijoiden asiantuntemuksen hyödyntämistä ja rohkeutta kysyä aktiivisesti epäselviä asioita [9; 10; 11; 14; 17]. Projektissa toimivan pääsuunnittelijan tulisi asettaa tehtävien vaatavuustaso vastaamaan aloittelevan suunnittelijan osaamista. [14].

Suunnittelijan on hyvä pitää oman alansa pääsuunnittelija ajan tasalla työn etenemisestä, jotta pääsuunnittelijalla olisi mahdollisimman paljon aikaa jakaa suunnittelutehtäviä. Etenkin ilmoitus työn valmistumisesta ennakoivasti koettiin haastatteluissa hyväksyttäväksi, koska se helpottaa pääsuunnittelijan työtä. [17.] Haastateltavat painottivat myös epäselvyyksien tarkentamista kysymällä ja sitä, ettei kysymiseen tulisi kokea kovin suurta kynnystä, sillä vuosienkaan kokemuksen myötä haastateltavat suunnittelijat eivät osaa kaikkea ja joutuvat toistuvasti etsimään uutta tietoa [10; 14; 17].

Haastatteluissa painotettiin myös malttia suunnittelijan oman urakehityksen suhteen, koska suunnittelutyön tunteminen luo edellytykset edetä urallaan haluamaansa suuntaan [14]. Kokeneempien suunnittelijoiden ammattitaito ei haastateltavien mukaan juurikaan vanhene, koska monet suunnittelun peruseriaatteet ovat pysyneet pitkälti samana. Suunnittelun avuksi ajan myötä kehittyneet hienostuneemmat työkalut, kuten 3D-suunnittelu, eivät välttämättä ole vanhemmille suunnittelijoille miellyttävämpiä tapoja tuottaa suunnitteluratkaisuja. Tämä ei kuitenkaan vaikuta kokeneempien suunnittelijoiden tietotaitoon itse suunnittelutyön suhteen, mikä on haastateltavien mukaan hyvä muistaa suunnittelutöitä aloittaessa [10; 11].

Suunnittelijan on myös tärkeää hahmottaa, mitkä tahot tulevat käyttämään tuotettuja suunnitelmia. Usein muut suunnittelunalat käyttävät toisten tuottamaa informaatiota lähtötietona omaan suunnitteluun. Myös yrityksen ulkopuoliset toimijat kuten laitetoimittajat tai muut asiakkaan käyttämät suunnittelupalvelut toimivat usein yhteistyössä AFRYlla tehtävän suunnittelun kanssa. On hyvä ilmoittaa suunnitelmiin tulevista muutoksista mahdollisimman aikaisin, joko pääsuunnittelijalle tai tuotettuja suunnitelmia käyttäville tahoille. [17.] Viestinnälliset ohjeet vaihtelevat projekteittain, mutta muuttuneesta tiedosta on aina hyvä saada tieto eteenpäin mahdollisimman nopeasti. Vastavuoroisesti on suunnittelijalle hyödyllistä hahmottaa mistä oman suunnittelun lähtötiedot tulevat, jotta voi varmistaa niiden ajantasaisuuden. [18.]

Haastattelujen pohjalta koostettiin viisi tärkeää taitoa ja ominaisuutta, jotka liittyvät vahvasti hyvin suoriutuvaan laitossuunnittelijaan:

- hallitsee hyvät viestinnäntaidot
- osaa käyttää suunnitteluohjelmistoja
- osaa hakea oikeat suunnitteluohjeet
- ymmärtää oman alan tekniset vaatimukset
- ottaa myös oman työnkuvan ulkopuoliset suunnittelunalat huomioon työssään.

6 Laitossuunnitteluprojektin yleinen läpimeno

6.1 Projektin alku

Laitossuunnittelijan kannalta olennaisin osa tuotantolaitoksen toimitusprosessia on projektin suunnitteluvaihe. Tätä edeltää myyntivaihe, joka sisältää asiakassuhteen luomisen ja sopimusneuvottelut toimitettavasta projektista. Sopimusta varten pyritään mahdollisimman tarkasti selvittämään kaikki edellytykset projektin onnistumiselle, kuten aikataulut ja tarvittavat resurssit. Projektin tuleva projektipäällikkö on usein mukana sopimuksen myyntivaiheessa, jotta neuvoteltava projekti on toteutettavissa sopimuksen mukaisesti. Lisäksi mitä varhaisemmassa vaiheessa projektipäällikkö on mukana sopimuksen laatimisessa, sitä paremmat valmiudet hän saa projektin toteuttamiseen. Hyväksytyä tarjousta ja sen sisältöä ei tulisi muuttaa, sillä se vaatii huolellisia sopimusneuvotteluja. Sekä AFRYn, että asiakkaan puolelta huomattu sopimuksen ulkopuolisen työn tarve tulisi saada myytyä uudella sopimuksella tai erikseen laskutettavana lisätyönä.

Sopimusneuvotteluissa pyritään selvittämään muun muassa seuraavat asiat [19, s. 7]:

- aikataulu
- kustannukset
- laskutus
- asiakkaan laatuvaatimukset
- toimitettavan projektin sisältö
- raportointi.

6.2 Laitossuunnittelu

Solmitun sopimuksen jälkeen muodostetaan projektiorganisaatio ja aloitetaan laitossuunnitteluprojekti. Projektin suunnittelutyö jaetaan kolmeen vaiheeseen:

- esisuunnittelu
- perussuunnittelu
- detaljisuunnittelu.

Esisuunnittelun tarkoitus on tarjota pohjatietoja asiakkaan investointipäätöstä varten. Tämä alkaa jo projektin neuvotteluvaiheessa, ja siinä luodaan alustava prosessi asiakkaalle, jonka mukaan voidaan laatia jo alustava suunnitelma tehtaan sijoittelusta ja rakenteista. Esisuunnitteluun kuuluu myös laitoksen ja sen ympäristön vaatimuksien selvittäminen, minkä perusteella voidaan laatia projektiohjeet. Esisuunnittelu tunnetaan myös nimellä toteutettavuussuunnittelu.

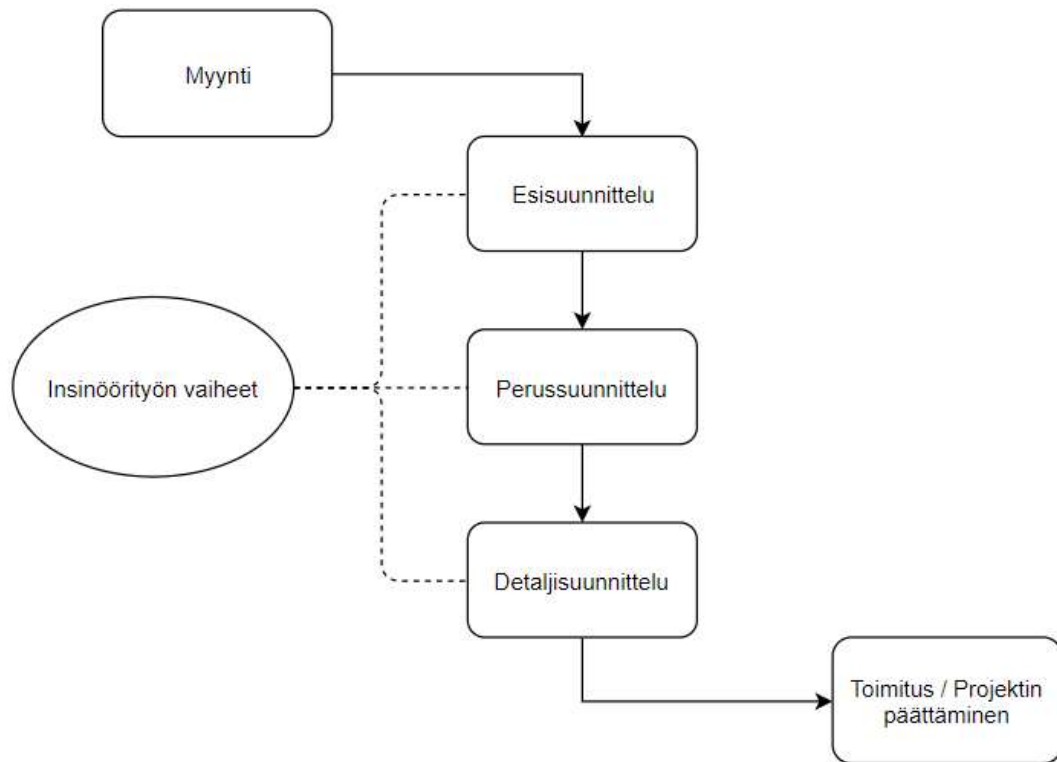
Perussuunnittelussa mitoitetaan ja tarkennetaan esisuunnittelun prosessi asiakkaan tarpeita vastaavaksi teknisesti toimivaksi ratkaisuksi. Tämä koskee kaikkia suunnittelussa mukana olevia suunnittelunaloja. Suunnittelun aikana aloitetaan tarjouspyyntöjen hankkiminen urakoitsijoilta.

Detaljisuunnittelun tarkoitus on luoda yksityiskohtaiset valmistus- ja asennusdokumentit rakennettavalle tuotantolaitokselle. Kyseinen suunnittelun vaihe tunnetaan myös toteutussuunnitteluna. Tässä vaiheessa muodostetaan myös ohjeet tehtaan käyttöönottoa, ylläpitoa ja huoltoa sekä ajamista varten. [20, s. 4.] Jokaisen suunnittelun vaiheen myötä lukkoon lyötyjen asioiden muuttaminen jälkikäteen vaatii projektin johdolta muutostenhallintaa ja suunnittelijoilta ylimääräistä suunnitelmien päivitystä ja tarkistamista, jotka aiheuttavat turhia ylimääräisiä kustannuksia. Tämän takia huolellinen työskentely suunnittelussa on ehdottoman tärkeää.

6.3 Projektin toteutus

Detaljisuunnittelun tuloksena laitos voidaan rakentaa. Lisäksi projekteihin voi vielä liittyä ennen sen päättymistä käyttöönotto- ja käynnistyspalveluita sekä takuuvuolollisuudet [20, s. 5]. Laitoksen suunnittelun jälkeen laitossuunnittelijan kannalta olennaisin työ, joka voi olla osa toimitettavaa projektia, on luoda toteumadokumentit, jotka usein tunnetaan nimellä as-built-dokumentit. Ne esittävät sen, miten tuotantolaitos on rakennettu eli ne ottavat huomioon detaljisuunnittelun jälkeiset muutokset. Projektin lopussa tehtävä do-

kumentointi voi toimia pohjana jatkotyölle, kuten kunnossapidon suunnitteluun ja kehittämiseen. [8]. Laitossuunnitteluprojektin kokonaisuuden yksinkertaistettu kulku on esitetty kuvan 4 kaaviossa.



Kuva 4. Projektin kulku

7 Layout- ja putkistosuunnittelijan toimenkuva

Perinteisesti laitossuunnittelijoiksi kutsutaan layout- ja putkistosuunnittelijoita. Toimenkuvassa luotavat suunnitteluratkaisut ovat pääosin laitosten osien ja osa-alueiden sijoittelun määrittämiä turvallisiksi ja toimiviksi ratkaisuksi. Layout- ja putkistosuunnittelu lasketaan kuuluvaksi mekaaniseen suunnitteluun, johon kuuluu niiden lisäksi laitesuunnittelu, josta voidaan vielä erottaa teräsrakennesuunnittelu. Tässä luvussa esitellään layout- ja putkistosuunnittelun työtehtäviä, niiden kulkua sekä kuvataan heidän työtä tukevan 3D-adminin toimenkuvaa.

Layout- ja putkistosuunnittelussa käytettävät ohjelmistot muodostavat vähemmän geometriatietoa sisältäviä malleja, jotta ohjelma on käyttökelpoinen myös tuotantolaitosten mittakaavan mallien käsittelemiseen. Suunnittelussa tyypillisesti korostuu järkevän sijoittelun merkitys, ennen teknisten detaljien suunnittelua. Tämä johtuu etenkin sijoittelun tärkeästä merkityksestä laitoksen turvallisuuteen, huollettavuuteen ja sujuvaan laitoksen asentamisvaiheeseen. AFRYlla käytetään esimerkiksi seuraavia laitossuunnitteluohjelmistoja:

- Aveva Everything3D
- Aveva PDMS
- CADMATIC
- Bentley MicroStation.

7.1 3D-admin

Tavallisesti laitossuunnittelijoiden tukena projekteissa toimii henkilö 3D-adminin roolissa, joka tunnetaan myös pääkäyttäjänä. Tehtävässä toimivat henkilöt eivät tee projektin aikana suunnitteluratkaisuja vaan luovat edellytykset suunnittelijoiden sulavalle laitossuunnitteluohjelmistojen käytölle. He luovat projektin laite- ja komponenttikirjaston käytettävään laitossuunnitteluohjelmistoon ja ylläpitävät sitä projektin aikana. Kirjastot sisältävät laitoksen 3D-mallin luomiseen tarvittavia komponenttien ja laitteiden malleja, jotka luodaan niiden toimittajien antamien tietojen perusteella. Luotavat komponenttikirjastot

toimivat etenkin putkistosuunnittelijoiden työn apuna, ja ne sisältävät valtaosan projektissa suunniteltavan putkiston mekaanisista osista, joita ovat muun muassa

- putket
- kiinnittimet
- tiivisteet
- laipat
- kannattimet
- venttiilit.

Komponenttikirjastot helpottavat suunnitteluohjelmaa käyttävien suunnittelijoiden työtä, kun heidän ei tarvitse erikseen mallintaa jokaista komponenttia, vaan ne voidaan tuoda mallin kirjastoista. Kirjastojen luomisen pohjana toimii prosessisuunnittelun käyttämä tietokanta, josta saadaan tiedot muun muassa putkistojen putkiluokista ja linjanumeroista. Projektin kirjastoon liitettävien putkiluokkatietojen myötä suunniteltavalle putkelle on valittavissa kirjastosta putkiluokan mukaisia osia, kuten oikean paineluokan laippoja sekä oikean seinämävahvuuden putkia. Kirjastoihin on liitetty myös automatiikkaa, jonka myötä esimerkiksi osalle muodostettavista laippaliitoksista valikoituu suoraan oikeat kiinnittimet.

Prosessilaitteiden mallit lisätään laitekirjastoon, jota layout-suunnittelijat käyttävät sijoittaessaan laitteita 3D-laitosmalliin, jonka pohjalta voidaan luoda laitoksen layoutdokumentit. Tosin joskus layoutsuunnittelua tehdään suoraan 2D-ohjelmistoilla, jolloin 3D-laitosmalli luodaan erikseen.

Toinen osa-alue 3D-adminin työssä on liittää muiden suunnittelunalojen, kuten HVAC- ja rakennesuunnittelun, luomia 3D-malleja laitosmalleihin. Tyypillisesti kun muiden suunnittelunalojen 3D-malleja lisätään laitosmalliin, ne sisältävät vain tiedon geometriasta ja esimerkiksi tiedot mallin osista ja liitoksista häviävät. Tuotavissa malleissa olevat koordinaatistojen poikkeavuudet laitosmallin koordinaatistosta aiheuttavat lisätyötä 3D-adminille, koska he joutuvat asemoimaan tuotavat mallit uudelleen. [12.]

7.2 Layout-suunnittelu

7.2.1 Layout-suunnittelu yleisesti

Layout-suunnittelijan työtehtävä on laitoksen sijoitussuunnittelu. Tähän kuuluu laitoksen sijoittaminen käytössä olevalle maa-alalle, rakennuksien sisätilojen tilamääritys ja prosessilaitteiden sekä muun laitokseen tarvittavan tekniikan sijoittamisen. Suuri osa sijoittamistyöstä tehdään yhteistyössä muiden suunnittelunalojen kanssa ja työ vaatii hyviä viestinnän taitoja. Tavallisesti eri suunnittelunaloille määritetään layout-suunnittelussa tilavaraukset, joiden sisään kyseinen suunnittelunala toteuttaa oman työnsä. Esimerkiksi sähkösuunnittelu esittää tarpeet sähkötiloille, jotka layoutsuunnittelu määrittää. Tilamäärityksen jälkeen sähkösuunnittelu voi sijoittaa sinne vapaasti teknisiä ratkaisujaan. [9; 10; 11.]

Layout-suunnittelu myös määrittää laitoksen kulkureitit, laitteiden hoitotasot ja ATEX-tilat, joka tarkoittaa räjähdysherkkiä tiloja. Lisäksi hätäpoistumisteiden ja väliseinien sijoittelu sekä paloturvallisuuden huomioiminen sijoittelussa kuuluu layoutsuunnitteluun. Suunnitteluohjeet eivät ole samoja projektista toiseen, vaan jokaiselle projektille koostetaan omat suunnitteluohjeet. Nämä ohjeet eivät aina ole kaiken kattavia, ja sijoittelua suunniteltaessa ohjeita voidaan joutua hakemaan usealtakin eri taholta, muun muassa turvallisuuteen liittyvien määräysten suhteen.

Layout-suunnittelija vaikuttaa työllään laitoksen perustuskustannuksiin, koska sijoittelu vaikuttaa merkittävästi muun muassa suunniteltavien rakennuksien kokoon. Prosessisuunnittelun määrittelemien laitteiden sijoittelu ja niiden luokse johtavat kulkureitit ja huoltotasot ovat järkevästi sijoiteltua laitoksen käytettävyyttä ja turvallisuutta lisääviä tekijöitä. Sijoittelulla voidaan myös vaikuttaa sähkönjakelun taloudellisuuteen tuomalla muuntajat mahdollisimman lähelle virran kulutusta. [9].

Koostetusti layout-suunnittelija siis toimii eri laitossuunnittelussa toimivien suunnittelunalojen ratkaisut yhdistävänä tekijänä. Toimenkuvaan kuuluu lukuisien eri suunnittelun rajapintojen kanssa toimiminen, jotka eivät aina rajoitu yrityksen sisään. Esimerkiksi suuret laitetoimittajat voivat toimittaa kokonaisen prosessiyksikön, jonka layoutsuunnittelija sovittaa suunniteltavaan laitokseen. Luodut suunnitelmat myös kiertävät eri suunnittelunalojen, projektin hallinnon ja asiakkaan kommentoitavana laadun varmistamiseksi. [9; 10; 11.]

7.2.2 Layout-suunnittelun tuottamat dokumentit

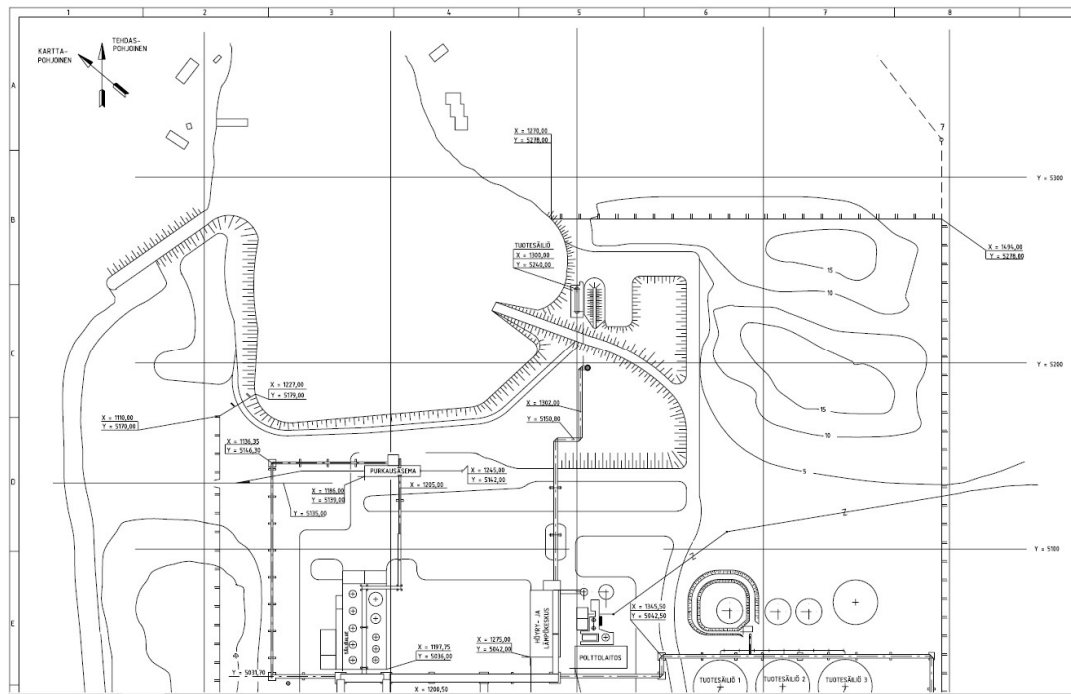
Layout-suunnittelua ohjaamaan on olemassa erilaisia käytäntöjä, ohjeita ja standardeja. Tässä luvussa käsitellään layout-dokumentteja PSK:n standardien mukaan. PSK on suomalainen kansallisen tason standardeja teollisuuden suunnitteluun kehittävä organisaatio [21].

Layout-suunnittelijan tavallisimmin luomat dokumentit ovat kolmessa eri mitta- ja tarkkuusluokassa. Ne ovat

- tehdasaluekartta (Plot Plan)
- tehdassijoituspiirustus
- laitesijoituspiirustus.

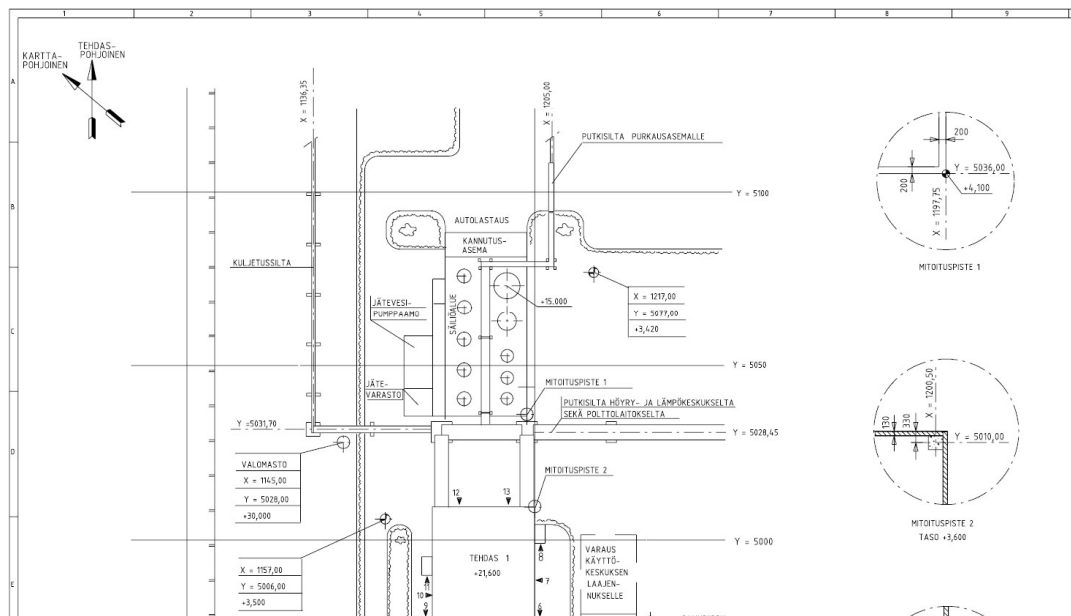
Nämä tunnetaan myös layout-kuvina. Kyseiset piirustukset voidaan tehdä CAD-ohjelmistoilla 3D-mallin mukaan 2D-muotoon tai vaihtoehtoisesti suoraan 2D-muotoon. Nämä dokumentit esittävät kokonaisuudessaan tuotantolaitoksen sijainnin, sen rakennuksien prosessitilat ja prosessilaitteiden sijoittelun. Yksi layout-dokumentti voidaan luoda suunnitteluohjelmistoissa tekemällä se tasoista, jotka voivat olla esimerkiksi laite-, putki- ja pilarilinjatase. Dokumenttiin on tällöin valittavissa näkyviin halutut taso. Tasoja voidaan siirtää suunnitteluohjelmasta toiseen. Standardi PSK 5920 [22] kuvaa tasojen käyttöä CAD-ohjelmistoissa ja määrittää niille nimeämisohejeita. Tavallisesti samasta layout-dokumenttilajista muodostetaan useita versioita, jotka kuvaavat eri alueita ja tasoja.

Tehdasaluekartta on sidottu maantieteelliseen koordinaatistoon ja se esittää tuotantolaitoksen ja sen sijainnin kartalla. Kartassa esitetään tehdasalueen tontti ja rajaukset, sekä alueella sijaitsevat rakenteet, kuljetusyhteydet ja pääinfrastrukturi. Näihin kuuluvat muun muassa rakennukset, tiet, kuljettimet ja tontilla olemassa oleva sähkönjakelu. [23.] AFRYlla dokumentti tunnetaan myös nimellä Plot Plan. Kuvassa 5 on esimerkki tehdasaluekartasta.



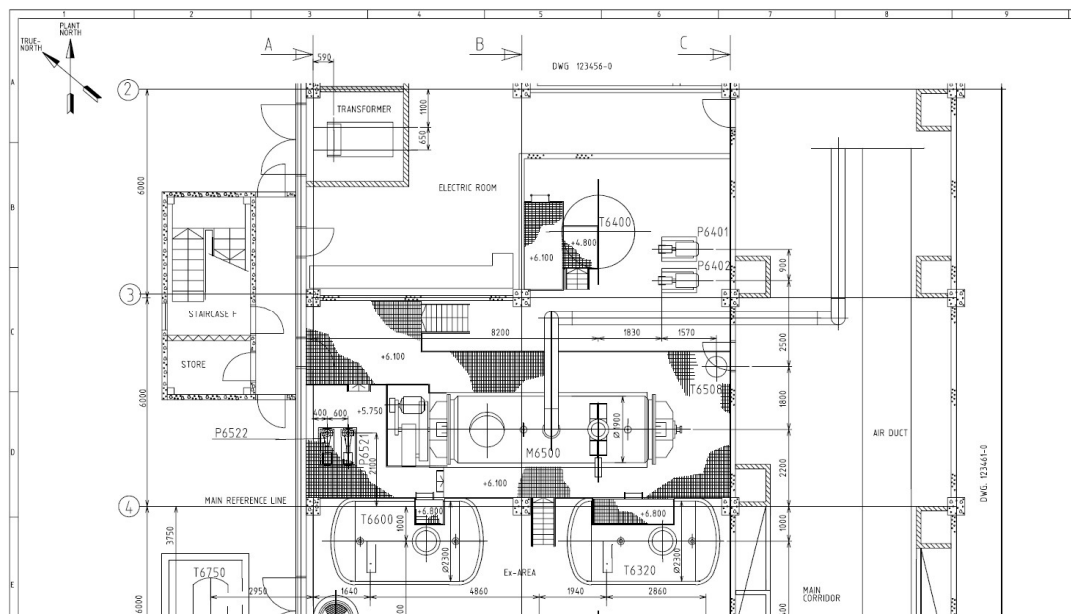
Kuva 5. Esimerkkikuva tehdasaluekartasta [24]

Tehdassijoituspiirustus on samankaltainen kuin tehdasaluekartta ja se tunnetaan usein nimellä tehdas-layout. Näiden kahden dokumentin välinen sisällöllinen ero on sovittavissa tapauskohtaisesti. [25.] Tehdasaluekartta esittää laitosalueen tietoja sen sijainnista ja ympäristöstä, kun taas tehdassijoituspiirustus on mittakaavaltaan tehdasaluekarttaa tarkempi. Dokumentin tarkoitus on esittää tuotantolaitoksen prosessiyksiköt ja niiden tarvittavat liittymät. Kuvassa 6 on esimerkki tehdas-layoutista.



Kuva 6. Esimerkkikuva tehdassijoituspiiruksesta [26]

Laitesijoituspiirustus esittää tuotantolaitoksen laitteiden ja rakenteiden sijainnin sekä tiilat, joita tarvitaan laitoksen asennukseen, huoltoon ja käyttämiseen [27]. Tämä dokumentti on kaikista kolmesta mittasuhteeltaan tarkin ja tunnetaan usein nimellä laite-layout. Siitä on esimerkki kuvassa 7. Laitesijoituspiirustuksessa sijoituksen mitoittamiseen käytetään laitosrakennuksien pilarilinjoja.



Kuva 7. Esimerkkikuva Laitesijoituspiirustuksesta [28]

Suunniteltavista huoltotasoista ja kulkureiteistä, kuten tikkaista ja portaista, tehdään mitta- ja asennusdokumentit sekä tarvittavat rakennustehtäväkuvat rakennesuunnittelulle. Mittapiirustukset kertovat tuotteen valmistajalle kaiken olennaisen tiedon. Näitä ovat muun muassa päämitat, kuormitustiedot ja kiinnitystavat. [29, s. 2.] Nämä tehtävät voi projektista riippuen olla myös osoitettuna erilliselle teräsrakennesuunnittelijalle.

7.2.3 Layout-suunnittelun kulku projektissa

Layout-suunnittelu alkaa projektin esisuunnitteluvaiheessa. Tällöin lähtötietoina toimii asiakkaan ja prosessisuunnittelun luoma esisuunnitteluvaiheen prosessi. Myös käytettävän laitossuunnitteluohjelmiston komponentti- ja laitekirjastot luodaan ennen layout-suunnittelun alkamista. Layout-suunnittelun lähtötietona tulisi tietää prosessin pääpiirteinen toiminta, joka voidaan toimittaa prosessisuunnittelusta lohko-kaavion muodossa. Lisäksi tarvitaan prosessin alustavat virtauskaaviot ja laiteluettelot. Nämä kertovat prosessissa virtaavat aineet ja prosessissa käytettävät laitteet.

Näiden lähtötietojen perusteella luodaan alustavat sijoitussuunnitelmat projektin laitokselle. Sijoitussuunnitelmassa otetaan tässä vaiheessa huomioon suunniteltavan laitoksen ympäristö ja muiden suunnittelunalojen alustavat tilantarpeet. Ympäristöstä on otettava huomioon alueella jo oleva infrastruktuuri ja rakennelmat. Esisuunnittelun tärkeimpinä tuloksina kyetään toimittamaan projektin hallinnolle tietoa kustannusarvioita varten ja antamaan rakennussuunnittelulle vaatimukset tarvittavista rakennuksien tiloista ja niiden rakennuspaikat. Vaatimukset rakennusten tiloista sisältävät tyypillisesti seuraavaa:

- tarvittavat pinta-alat
- tasojen korot
- pilarilinjojen pilari- ja linjavälit.

Suunnittelun siirtyessä perussuunnitteluvaiheeseen on suunniteltava prosessi tarkentunut ja siitä tulisi olla käytettävissä alustava putkitus- ja instrumentointikaavio (PI-kaavio). Se esittää prosessilaitteet ja niiden kytkökset mitta- ja toimilaitteisiin sekä materiaalien siirtotiet, joita tyypillisimmin ovat putkistot. Layoutsuunnittelun kannalta tämä tarkoittaa

tarkentuneita laitetietoja, minkä myötä laitesijoittelua voidaan tarkentaa ja osoittaa putkistosuunnittelulle tiloja pääputkireiteille. Perussuunnittelussa myös kulkureittien ja hoitotasojen sijoittelu tarkentuu.

Valtaosa suunnitteluun liittyvistä ohjeista on tässä vaiheessa pyritty kasaamaan projektin suunnittelustandardeihin, joista saadaan esimerkiksi tietoa laitteiden sijoittamiseen liittyvistä turva etäisyyksistä. Lisäksi perussuunnitteluvaiheessa saadaan tarkentuneet tilatarpeet sähkö-, automaatio- ja ICT-suunnittelulta. Perussuunnittelussa tilojen määräytyminen ja laitteiden sijoitus pyritään saamaan mahdollisimman tarkaksi, koska mitä pidemmälle suunnittelu etenee, sitä enemmän aikaa sijoittelun muuttaminen vaatii. Tästä syystä on suunnittelun aikana hyvä pysyä ajan tasalla myös muiden suunnittelunalojen työn etenemisestä. Tarkennetun sijoittelun tuloksena voidaan tarkentaa rakennussuunnittelulle annettuja rakennuksen tilantarve- ja kuormitustietoja. [10; 11; 30.]

Layout-suunnittelussa detaljisuunnitteluun kuuluu valtaosin layout-dokumenttien tarkentaminen ja laitosmallin päivittäminen muiden suunnittelunalojen ratkaisujen tarkentuessa. Tähän vaiheeseen ryhtyessä prosessin päälaitteiden sijainnit pitäisi olla lukittuna. Esimerkiksi putkiston ja kaapelihyllyjen tarkat reittitiedot saadaan detaljisuunnitteluvaiheessa. Luodut layout-dokumentit toimivat lähtötietona rakennustehtäväpiirustuksille, jotka välittävät rakennesuunnittelijoille tietoa rakennuksen rakenteisiin vaadittavista yksityiskohdista [31]. Näitä dokumentteja tekevät layoutsuunnittelijoiden lisäksi esimerkiksi laite- ja putkistosuunnittelijat.

7.2.4 Layout-suunnittelun haasteita

Layout-suunnitteluun suurimpia haasteita on pysyä ajan tasalla muiden suunnittelunalojen tilan tarpeista ja niiden muutoksista. Muutoksiin on suunnittelijan roolissa vaikea vaikuttaa, mutta hyvällä viestinnällä niihin reagoiminen mahdollisimman aikaisessa suunnittelun vaiheessa on mahdollista. Myös muiden asiantuntemuksen hyödyntäminen on eduksi tiloja ja sijoittelua suunniteltaessa, jos oikeaa tietoa ei löydy suoraan projektistandardeista. [10; 11.] Esimerkiksi laitteiden turvaetäisyyksiä tuntevat yleensä parhaiten laitesuunnittelijat ja paloturvallisuuteen sekä ATEX-alueisiin liittyvää tietotaitoa löytyy HSEQ-organisaatiosta.

Toinen suunnittelua vaikeuttava asia on lähtötietojen myöhästyminen; etenkin prosessisuunnittelulta saatavat tiedot ovat kriittisiä layout-suunnittelun kannalta. Kokeneet suunnittelijat kykenevät tosin osittain arvioimaan keskeneräisenkin prosessisuunnittelun pohjalta tarvittavia tiloja ja määrittämään prosessilaitteiden sijoituksia. Tällöin käytetään etenkin jo tehtyjen projektien myötä kertynyttä tietoa. Tämä ei kuitenkaan koskaan ole ideaalitalanne suunnittelussa.

7.3 Putkistosuunnittelu

7.3.1 Putkistosuunnittelu yleisesti

Putkistosuunnittelun toimenkuvan luonne on varsin samankaltainen kuin layoutsuunnittelulla. Työ koostuu valtaosin prosessiputkien reitityksestä, jossa järkevän sijoittelun merkitys korostuu. Työssä voidaan käyttää samoja suunnitteluohjelmistoja layout-suunnittelun kanssa. Putkistosuunnittelun työmäärä on varsin pieni projektin alkuvaiheissa ja työn painopiste on myöhempänä projektissa. Projektin työnjaosta riippuen putkistosuunnittelun sijoitettavaksi voi myös tulla prosessitilojen kaapelihyllyjä ja ilmastointikanavia.

Prosessisuunnittelu määrittää putkistoissa kulkevat materiaalivirrat ja tämän myötä myös oikeat putkiluokat, jotka määrittävät suunniteltavan putkiston ominaisuudet. Suunnitteluun luoduista komponenttikirjastoista saadaankin valittua valtaosa putkistonkomponenteista, jo oikeat tekniset vaatimukset täyttävinä. Putkistoon sijoitettavien instrumenttien kanssa putkistosuunnittelu sijoittaa ne putkistoon annettujen vaatimusten mukaisesti. Vaatimus voi olla esimerkiksi asennus vain putken vaakasuoralle osuudelle. Putkistosuunnittelijan työssä olennainen osa on putkistojen sijoittaminen ja kannakointi. Sijoittelulla voidaan vaikuttaa putkiston huollettavuuteen sekä hankinta- ja asennuskustannuksiin. Kannakointia suunniteltaessa otetaan huomioon putkistoon vaikuttavat rasitukset, kuten putken oma paino ja lämpölaajeneminen. Putkiston sijoittelussa tyypillistä on suunnitella putkistot itsestään tyhjentyviksi, joka toteutetaan sijoittamalla putket jatkuvasti kevyeen laskukulmaan. Suunnittelupyyntö tälle tulee prosessisuunnittelulta. [10; 11; 12.]

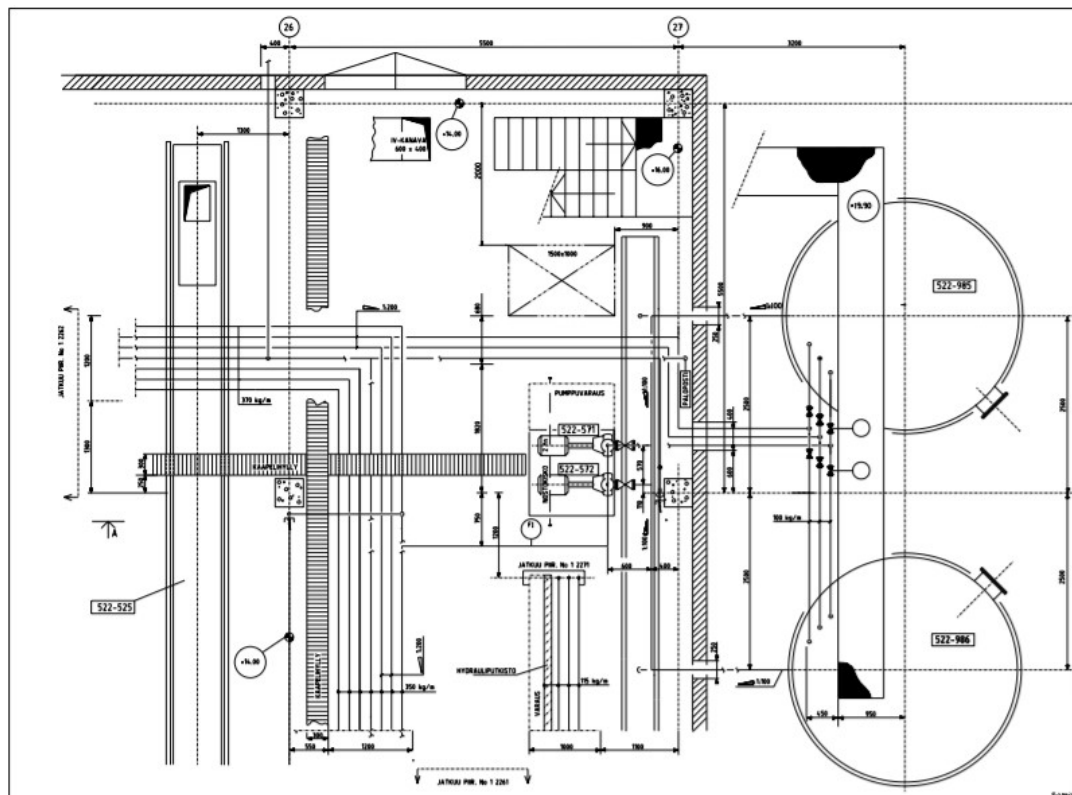
7.3.2 Putkistosuunnittelun tuottamat dokumentit

Putkistosuunnittelu tuottaa työnsä tuloksena seuraavat dokumentit:

- putkireittipiirustus

- taso- ja leikkauspiirustukset
- rakennuspiirustuskuvat
- putkiston isometrinen piirustus.

Putkireittioppiirustus esittää putkistojen tilantarpeen ja se tunnetaan joskus nimellä putkistolayout-piirustus. Tilantarpeissa otetaan huomioon putkiston kannakkeiden ja varusteiden vaatima tila. Kyseinen dokumentti toimii lähtötietona putkistojen detaljoidun sijoittamisen suunnitteluun, sekä kustannusarvioiden luomiseen. [32, s. 1.] Kuvassa 8 on esitetty esimerkki putkireittioppiirustuksesta.

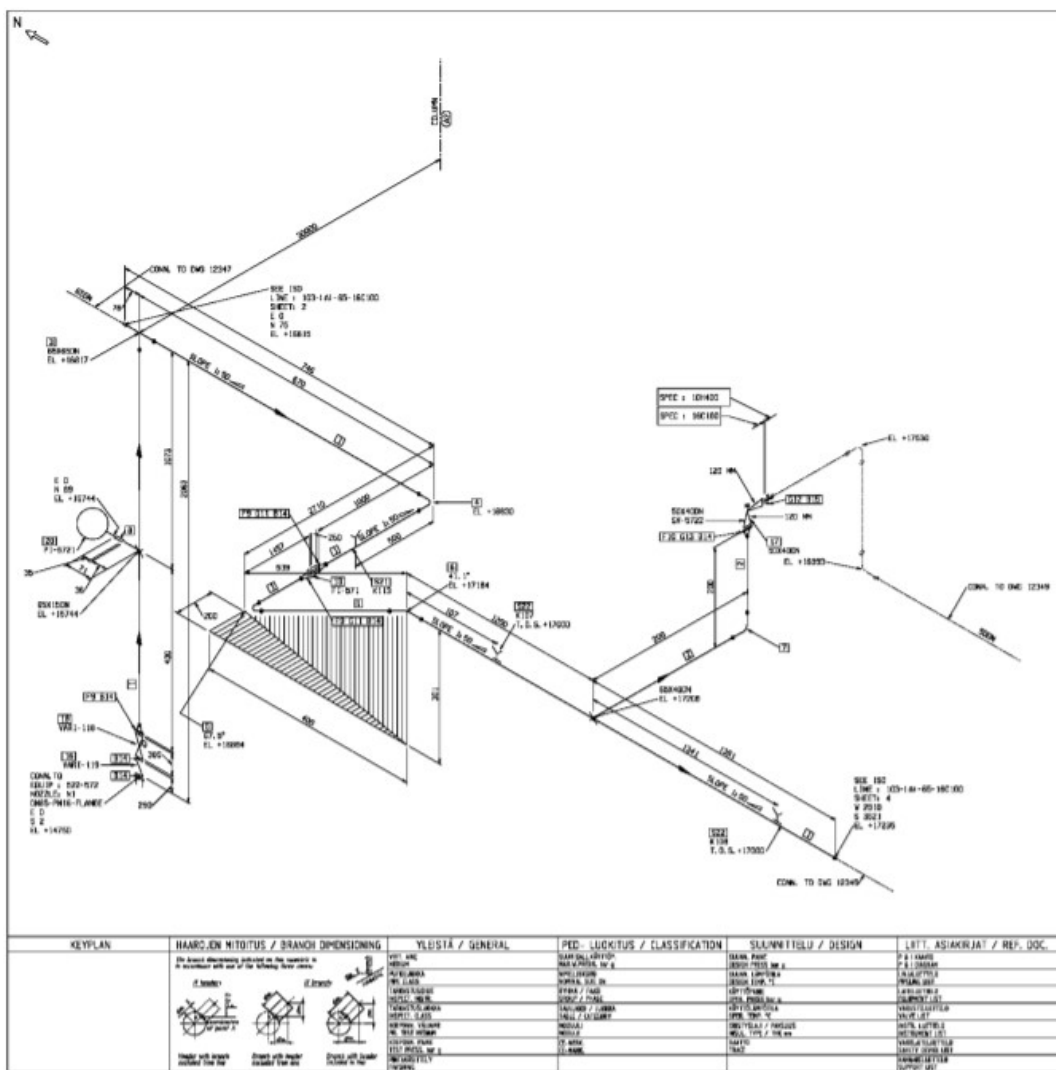


Kuva 8. Putkireittioppiirustus tasossa [33]

Taso- ja leikkauspiirustukset ovat sijoitus piirustuksia, jotka esittävät putkistojen tarkan sijainnin rakenteisiin nähden [34]. Kyseisiin piirustuksiin merkitään myös putkien kannakointi. Dokumentti toimii informaation lähteenä muille suunnitellun aloille, niihin voidaan esimerkiksi dokumentoida laitteen rakenteeseen tehtävä kiinnitys.

Putkiston rakennesuunnittelun detajointityötä vaativat ratkaisut dokumentoidaan rakennustehtäväkuviin. Näitä ovat muun läpiviennit rakenteisiin, kiinnikkeiden kiinnitys rakennukseen ja putkistojen rakennukselle aiheuttamat kuormat. Rakennustehtäväkuvien mukaan rakennesuunnittelu muodostaa suunnittelemiinsa rakenteisiin yksityiskohdat.

Isometrinen piirustus on yksinkertainen putkistosta kolmiulotteisen vaikutelman luova työpiirustus [35, s. 2]. Piirustuksessa esitetään PSK:n standardin mukaan mitoitettu, sijoitettu ja nimetty putkisto kaikkine osineen ja siihen liitetään osaluettelo. Dokumentin tarkoituksena on toimia putkiston hankinta- ja asennusdokumenttina ja tavallisesti jokaisesta putkilinjasta tehdään isometrinen piirustus. Kuvassa 9 on esitetty esimerkki isometrisestä piirustuksesta.



Kuva 9. Esimerkkikuva putki-isometristä [35, s. 4]

7.3.3 Putkistosuunnittelun haasteita

Putkistosuunnittelussa 3D-ympäristössä virheen vaara on suurimmillaan, kun komponenttikirjastojen mukaan luotujen putkistojen tiedoissa on virheitä. Tällöin hankittavien ja mallinnettujen putkistojen välillä voi olla esimerkiksi mittaeroja, jotka tekevät kohteeseen asentamisesta mahdotonta. Toinen tarkkaa huomiota vaativa osa-alue putkistosuunnittelussa on tilankäyttö ja siitä kommunikoiminen, jotta esimerkiksi usein samoihin tiloihin asennettavien ilmanvaihtokanavien ja kaapelihyllyjen välillä ei ole päällekkäisyyksiä. [10; 11.]

8 Muut laitossuunnittelussa toimivat suunnitteluhaarat

Tässä luvussa tarkastellaan muiden laitossuunnittelussa toimivien suunnittelunalojen tehtäviä ja rajapintoja etenkin layout- ja putkistosuunnitteluun. Kuvattavat suunnittelunalat eivät ole jaoteltu jokaisessa projektissa samalla tavalla kuin tässä luvussa. Esitelyjen suunnittelun eri alojen lisäksi projekteissa voi toimia lukuisia muitakin suunnittelijoita, kuten paloturvallisuus- ja sprinklerilaitesuunnittelijoita.

8.1 Prosessisuunnittelu

Prosessisuunnittelu luo asiakkaan vaatimusten ja toiveiden mukaisen prosessin. Käytännössä prosessisuunnittelu siis muuttaa asiakkaan toimeksiannon tekniseksi ratkaisuksi. Kun layout-suunnittelu sijoittelee laitoksen eri osa-alueita ja laitteita, prosessisuunnittelu määrittää ja mitoittaa prosessit ja niiden tarvitsemat laitteet. Sama pätee putkistosuunnitteluun, jossa prosessisuunnittelu määrittää tarvittavat putket ja niiden tekniset vaatimukset, ja putkistosuunnittelu sijoittaa ne laitokseen. Prosessisuunnittelu on ensimmäinen suunnittelunala, joka aloittaa projektissa suunnittelutyön.

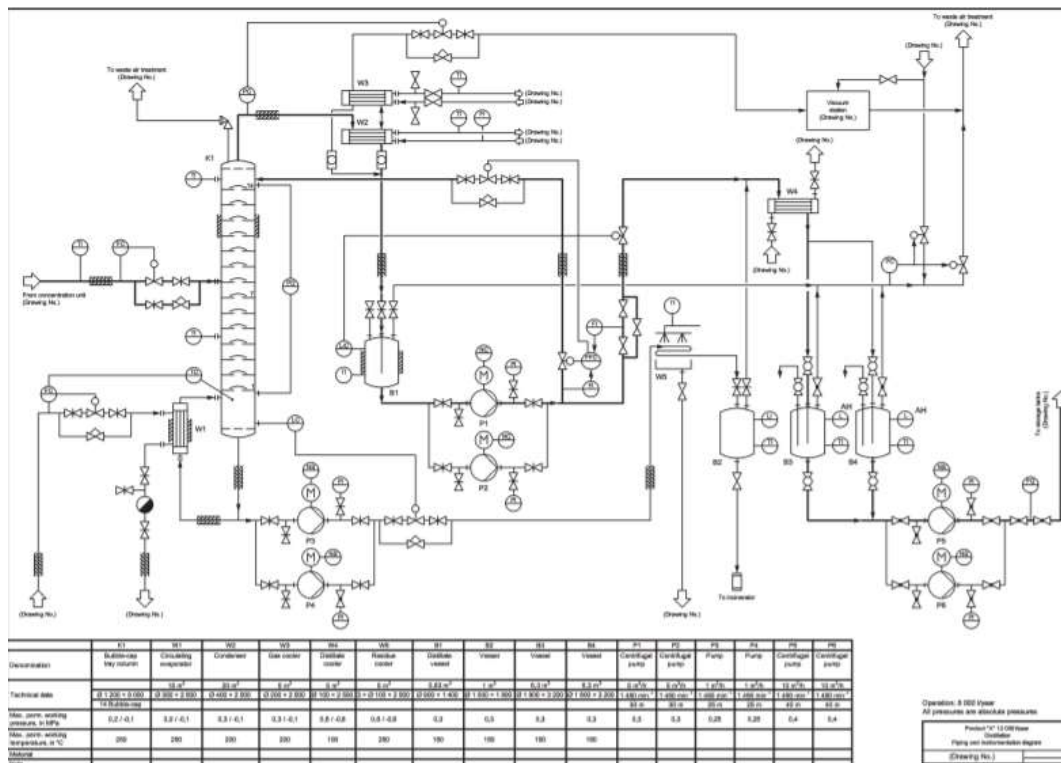
Prosessisuunnittelussa luodaan ja dokumentoidaan laaja määrä tietoa laitoksesta. AFRYlla prosessisuunnittelun käytössä on oma tietokantasuunnitteluohjelmisto. Sen avulla luodaan tietokantoja muun muassa prosessin laitteista ja instrumentoinnista. Tietokannoista saadaan huomattava osa muun suunnittelun lähtötiedoista. Prosessisuunnittelun luomista dokumenteista layout- ja putkistosuunnittelun kannalta tärkeimpiä ovat

- PI-kaavio
- putkilinjaluetelo
- laiteluettelo
- venttiililuettelo.

PI-kaavio on laaja dokumentti, johon on graafisesti kuvattu kaikki prosessilaitteet, putkistot ja instrumentit sekä materiaalivirrat suuntineen. Se antaa kattavan kokonaiskuvan prosessista ja sen toteutustavasta [36, s. 2]. Sen työstäminen alkaa materiaalivirtoja kuvaavien lohokkaavioiden luomisella, josta ne tarkentuvat virtauskaavioiksi, jotka esittävät

tarkempia tietoja prosessilaitteista [30]. Lopulta työ tarkentuu PI-kaavioksi, josta on esitetty esimerkki kuvassa 10.

Putkilinjaluetteloon on dokumentoitu PI-kaavion putkistot sekä niiden ominaisuudet, kuten putkiluokka ja virtaava-aine. Laite- ja venttiililuettelot ovat vastaavat dokumentit prosessilaitteista ja venttiileistä.



Kuva 10. Esimerkkikuva PI-kaaviosta [37, s. 15]

Koska prosessisuunnittelusta saadaan valtaosa layout- ja putkistosuunnittelun lähtötiedoista, on sen rooli projektin kannalta kriittinen.

Esisuunnitteluvaiheessa prosessisuunnittelu määrittää alustavan prosessin ja siinä kulkevat aine- ja materiaalivirrat, eli nesteet, kaasut ja kiinteät aineet. Alustava prosessi ei ole tässä vaiheessa vielä tarkan PI-kaavion tasolla, vaan sitä voidaan havainnollistaa kevyemmin lohkokaaviolla. Tässä vaiheessa määritellään ja listataan prosessissa kulkevat materiaalivirrat, jonka perusteella aletaan valita sopivia prosessilaitteita. Tämän myötä kyetään toimittamaan lähtötietoja muille suunnittelunaloille ja antamaan asiakkaalle kustannusarvioita.

Perussuunnittelussa prosessi mitoitetaan ja samoin saadaan tietoon tarkentuneita laitetietoja ja materiaalivirtojen kuormia. Tällöin myös prosessin kuvaus kehitetään virtauskaavioiden tarkkuuteen. Tarkentuneiden laitetietojen myötä layout suunnittelun kanssa arvioidaan ja tarkennetaan alustavia layout-dokumentteja sekä luodaan putkiluokat, joiden perusteella tehdään putkistosuunnittelun komponenttikirjastot.

Detaljisuunnittelussa prosessisuunnittelu saatetaan loppuun ja muiden suunnittelunalojen työn tarkentuessa voidaan muodostaa lopullinen PI-kaavio. Suunnittelun lopputuloksena laaditaan ohjeistus laitoksen käyttöönottoon, huoltoon ja ajamiseen. [9; 12; 11; 30.]

8.2 HSEQ

Projektien taustalla toimii lukuisia tukifunktioita kuten IT-tuki ja henkilöstöhallinto. Yksittäisen suunnittelijan kannalta projektityöhön eniten vaikuttaa HSEQ, joka on lyhennetty englanninkielisistä sanoista Health, Safety, Environment and Quality. Suunnittelutyön kannalta olennaisinta on HSEQ-osaston luoma laatujärjestelmä. Sen tarkoitus on varmistaa, että suunnittelutyö vastaa ISO 9001 -standardin vaatimuksia [38]. Suunnittelijan kannalta tämä tarkoittaa esimerkiksi projektin aikaisia tehdyn suunnittelutyön tarkistus- ja kommentointikierrosprosesseja. Suunnittelijat myös itse tarkistavat työtään ja täten laatu on kaikkien, myös yksittäisen suunnittelijan vastuulla. [18.] Tämän myötä kaikkien on hyvä tutustua yrityksen sisäisiin laatuohjeisiin.

Projekteissa laatuvaatimusten täyttymisestä päävastuun kantaa projektipäällikkö, jonka tukena voi projektissa olla laatu- ja HSEQ-päällikkö ja HSEQ-asiiantuntijoita. HSEQ-asiiantuntijat auttavat esimerkiksi projektin suunnitteluohjeiden ja ratkaisujen arvioinnissa. Esimerkiksi ATEX-tilojen määrittämisessä HSEQ-asiiantuntijat kykenevät tukemaan layoutsuunnittelijan työtä [7]. HSEQ-asiiantuntijat myös kommentoivat tehtyjä suunnitelmia turvallisuuden ja ympäristön näkökulmasta [18].

HSEQ-organisaatioita toimii lukuisilla eri konsernitasoilla, kuten esim. maakohtaisesti. Niiden toimenkuvaan kuuluu muun muassa laatia toimialuettaan vastaavia laatuprosesseja ja ohjeita. Näitä ovat esimerkiksi eri suunnitteluprosessien kuvaukset ja henkilöstön koulutusmateriaali. HSEQ-organisaatiot myös auditoivat tehtyjä projekteja. [18.] Jos projektissa ei ole suoraan mukana tarvittavia laatuasiiantuntijoita voidaan tukea hakea laatu ja turvallisuusohjeiden suhteen esimerkiksi maakohtaiselta HSEQ-organisaatiolta.

8.3 Laitesuunnittelu

Laitesuunnittelu lasketaan kuuluvaksi mekaaniseen suunnitteluun, johon myös layout- ja putkistosuunnittelu luetaan. Laitesuunnittelun pääasiallinen tehtävä on prosessin vaatimien laitteiden suunnittelu, joita ei hankita valmiina. Näitä voivat olla esimerkiksi säiliöt, erilaiset laitekoonpanot tai mekanismit. [39.] Laitesuunnittelijan pääosaamisalueet ovat metallirakenteiden lujuuksien laskenta sekä mekanismien ja laitteiden turvallinen suunnittelu, joka vaatii laitteisiin liittyvien turvamääräysten tunteminen.

Laitesuunnittelu etenee muun projektin mukaisesti esi-, perus- ja detaljisuunnitteluvaiheiden mukaan. Laitesuunnittelun lopputuloksena muodostetaan suunniteltujen laitteiden valmistus- ja asennusdokumentit. Tärkeimmät lähtötiedot työhön saadaan prosessisuunnittelulta. Näitä tietoja ovat muun muassa suunniteltavien laitteiden toimintavaatimukset ja prosessiympäristö. Tyypillisiä esimerkkejä laitteen toiminnallisista vaatimuksista on nostokyky ja liikeradat. Prosessiympäristöstä pitää esimerkiksi ottaa huomioon laitteisiin vaikuttavat prosesseista tulevat kemialliset rasitukset. Lisäksi tilojen käyttöön ja muodostamiseen liittyvää tiedonvaihtoa.

Jos suunniteltavat laitteet ovat niin isoja, että rakennukset mitoitetaan niiden mukaan, on laitesuunnittelussa hyvä informoida rakennussuunnittelua mahdollisista muuttujista laitteen koossa. Tällöin se osattaisiin ottaa esi- ja perussuunnitteluvaiheessa mahdollisimman hyvin huomioon, joka helpottaa toteutusvaiheen muutoksenhallintaa. Rakennesuunnittelulle toimitetaan myös rakenteiden detaljointia varten rakennustehtäväkuvia, joissa esitetään muun muassa rakennukseen tehtävien laitekiinnityksien toteuttamiseksi vaaditut yksityiskohdat.

Putkistosuunnitteluun laitesuunnittelu vaikuttaa informoimalla alueita joihin putkivetoja ei saa tehdä esimerkiksi laitteen liikeratojen takia. Lisäksi suunniteltujen laitteiden putkiyhteiden sijainti on tarpeellinen tieto putkistojen reitityksen muodostamisen kannalta. Layout-suunnittelun tarpeisiin laitesuunnittelu tuottaa informaatiota laitteiden koosta, ja niiden muodostamista kuormista sekä tiloista joita laitteet tarvitsevat toimiakseen oikein ja turvallisesti.

Tyypillinen suunnitteluohjelmisto mekaaniselle suunnittelulle on SolidWorks. Sillä tehtävät mallit ovat käännettävissä muille suunnitteluohjelmistoille lukukelpoisiksi, jolloin muut suunnittelunalat voivat käyttää niitä referenssinä omissa työssään. Etenkin layout-suunnittelu käyttää niitä laitteiden tilojen määrittämiseen, joskin laitossuunnitteluohjelmiin

käännettävistä malleista pyritään karsimaan sijoittelun kannalta merkityksetön geometria pois. [17; 30.]

8.4 Sähkö-, instrumentointi- ja automaatio suunnittelu

8.4.1 Sähkösuunnittelu

Sähkö-, instrumentointi-, ja automaatio suunnittelua kutsutaan usein SIA-disipliiniksi. Sähkösuunnittelu vastaa suunniteltavan laitoksen sähköistyksestä. Tämä sisältää laitoksen sähköjakelun, prosessin sähköistyksen sekä taloteknisen sähköistyksen. Automaatio suunnittelu kehittää prosessin automaatiojärjestelmän ja instrumenttisuunnittelu vastaa automaation vaatimien ohjaustietojen saatavuudesta prosessista.

Sähkösuunnittelua ohjaa ensikädessä turvallisuus ja prosessisuunnittelun määrittelemät tavoitteet tuotannolle. Sähkösuunnittelussa korostuu myös ratkaisujen taloudellisuus. Turvallisuuteen liittyy etenkin asianmukainen sähkötilojen sijoittelu sekä suunniteltavien ratkaisujen suojaus ja eristäminen sekä koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjeet pohjautuvat lakeihin ja standardeihin ja projektin vaatimat suunnitteluohjeet kerätään ennen perussuunnittelun alkamista. Taloudellisuuden näkökulmasta sähkö pyritään tuomaan mahdollisimman korkea jännitteisenä käytettävien laitteiden läheisyyteen, jotta sähkönsiirron tehohäviöt olisivat mahdollisimman pieniä.

Sähkösuunnittelu laitospäristöön on mittasuhteiltaan huomattavan monialaista, verrattuna esimerkiksi asuinrakennuksien sähköistykseen. Käytettävät jännitteet sijoittuvat tyypillisesti välille 1000 V - 400 kV, ja yksittäisten laitteiden energiankulutus on usein huomattavasti suurempaa kuin asuinrakennuksissa. Oman erityispiirteensä suunnittelulle luo sähköjakelun toteuttaminen, joka vaatii useita eri jännitteisiä sähköjärjestelmiä toimiakseen.

Sähkösuunnittelun esisuunnittelussa selvitetään kohteessa olemassa olevan sähkönsiirto- ja jakeluinfrastruktuurin tiedot ja luodaan alustavat suunnitelmat prosessin sähköistykseen sähkötilatarpeineen. Lähtötietoja tälle tarvitaan etenkin sähköistettävien laitteiden tietoja prosessi- ja laitesuunnittelusta, jotta tiedetään alustava sähköistyksen tarve. Suunnittelun tuloksena kyetään toimittamaan layout- ja putkistosuunnittelulle alustavia sähkötila- ja pääkaapelireittejä. Esisuunnittelun ja aikaisempien vastaavien projektien mukaan voidaan tehdä kustannusarvioita projektin toteuttamiselle.

Perussuunnitteluvaiheessa tarkennetaan laitoksen prosessien sähköistykseen tarvittavien sähkönjakelulaitteiden, kojeistojen, keskuksien ja muuntajien yksityiskohtia. Samalla layoutsuunnittelulle esitettävät sähkötilojen vaatimukset tarkentuvat. Perussuunnitteluvaiheessa suunnitellaan myös alustava rakennuksen sähköistys, johon kuuluu muun muassa valaistus, palohälyttimet ja rakennusvaiheen aikainen sähköjärjestelmä.

Sähkösuunnittelu päättää sähkötilojen sisällä olevien komponenttien sijoittamisesta täysin ja niiden ulkopuolella niiden sijoittaminen sovitaan ensisijaisesti layout-suunnittelun kanssa. Putkistosuunnittelu voi saada reititettäväkseen sähkötilojen ulkopuoliset pääkaapelihyllyt, mutta niiden reititysvastuusta sovitaan aina projektikohtaisesti. Reitityksessä olennaista on käyttää lyhyttä reittiä. Sähkösuunnittelussa määriteltävien komponenttien, kuten muuntajien ja sähkökaappien tiedot ovat tyypillisesti tallennettu sähkösuunnittelujärjestelmien omiin tietokantoihin. Nykyään niitä on kuitenkin kasvavin määrin lisätty rakennussuunnittelun tietomalleihin yksinkertaisena geometriana, jolloin niiden tilankulutus saadaan myös esitettyä tuotantolaitoksen 3D-malleissa.

Detaljisuunnittelu saattaa loppuun sähköistyksen perussuunnitelmat ja muodostaa lopulliset dokumentit sähköistyksen toteuttamiseksi. Lisäksi suunnittelu toimittaa komponenttien tiedot hankinnalle niin, että sähköjärjestelmät voidaan ostaa ja urakoitsija voi ne toteuttaa. Koko suunnitteluprosessin aikana sähkösuunnittelu toimittaa tarkentuneita tietoja muille suunnittelunaloille. Esimerkiksi lämpökuorma tietoja HVAC-suunnittelulle ja kaapelihyllytietoja layout- ja putkistosuunnittelulle. [8; 9; 30.]

8.4.2 Automaatio- ja instrumentointi

Automaatio- ja instrumentointisuunnittelu on vahvasti linkittynyt sähkösuunnittelun kanssa, kun automaatiojärjestelmät ovat ajan myötä kehittyneet mekaanisista sähköisiksi. Tämän lisäksi kyseiset suunnittelunalat tekevät paljon yhteistyötä ICT-suunnittelun kanssa alati lisääntyvän tietoverkkojen suunnittelun myötä. Suunnittelua määrittää suunniteltava prosessin ja asiakkaan tarpeet. Työtä ohjaa etenkin turvallisuus ja projektikohtaiset ohjeet.

Automaatiosuunnittelu kehittää prosessin mittaus, säätö ja ohjauslaitteille toimivan automaatiojärjestelmän [40]. Se sitoo prosessin toimilaitteiden ohjaussignaalit yhdeksi monitoroitavaksi ja ohjattavaksi kokonaisuudeksi, jonka pohjalta luodaan ratkaisu laitoksen valvomolle. Automaatiojärjestelmien suunnittelua tekee myös prosessien laitetoimittajat,

jotka tyypillisesti voivat suunnitella toimitettavan laitekokonaisuuden sisäisen automaatiojärjestelmän.

Instrumentointisuunnittelu vastaa sähkö- ja automaatiojärjestelmän tarvitsemien ohjaus, säätö- ja mittaustietojen saatavuudesta prosessista [40]. Tämä sisältää prosessien hallintaan vaadittavien komponenttien määrittämistä.

Layout- ja putkistosuunnittelun kannalta olennaisia asioita esisuunnitteluvaiheessa ovat valvomo- ja automaatiotilojen tilantarpeiden määrittäminen sekä putkistoon asennettavien toimilaitteiden tietojen ja asennusohjeiden laatiminen. Perussuunnittelun aikana tarvittavien tilojen, toimilaitteiden ja kaapelihyllyjen tiedot tarkentuvat, joista etenkin tilojen tietojen tulisi olla mahdollisimman lopulliset. Detaljisuunnittelun aikana tehdyn hankinnan myötä toimilaitteiden lopulliset tiedot varmistuvat, josta putkistosuunnittelun on hyvä olla ajan tasalla. [8; 9; 30.]

8.5 Rakennussuunnittelu

Rakennuksiin liittyvään suunnitteluun tarvitaan useampaa eri suunnitteluhaaraa. Näitä ovat arkkitehti-, rakenne- ja geotekninen suunnittelu. Lisäksi rakennuksien talotekniikan suunnittelusta vastaa oma suunnittelunala, jota kutsutaan nimellä HVAC.

Arkkitehtisuunnittelun vastuulla laitossuunnittelussa on julkisivujen suunnittelu ja dokumentointi. Lisäksi arkkitehdit luovat rakennuksien lupahakemuksiin liittyviä dokumentteja ja piirustuksia. Arkkitehtisuunnittelu on varsin irrallinen kokonaisuus laitossuunnittelussa, eikä kyseinen suunnittelunala ota kantaa prosessien toiminnallisuuteen tuotantolaitoksissa. Laitoksen perustuksien ja infrastruktuurin suunnittelua varten on tehtävä geoteknistä suunnittelua, jossa selvitetään rakennusalueen maaperän ominaisuuksia. Laitossuunnittelijoiden tiedonvaihto rakennussuunnittelun haarojen kanssa on säännöllisintä rakenne- ja HVAC-suunnittelun kanssa [41].

8.5.1 Rakennesuunnittelu

Rakennesuunnittelu vastaa rakennuksien teräs- ja betonirakenteista sekä katoista ja perustuksista. Rakennesuunnittelua ohjaa lait, standardit ja rakennusmääräykset, joista projektia koskevat kootaan projektiohjeisiin.

Laitossuunnitteluprojektissa rakennesuunnittelu alkaa esisuunnitteluvaiheessa. Sen pohjana toimii layout-suunnittelun tuottamat alustavat tehdas-layout-piirustukset. Esi-suunnittelussa luodaan tehdasrakennuksen perusmalli ja alustavan layoutin vaatimat tilat. Esi-suunnitteluvaiheessa pyritään selvittämään asiakkaan investointipäätöksen tekoon tarvittavia tietoja, kuten luomaan arvioita rakennuskustannuksista. Lisäksi esisuunnittelu toimii pohjana perussuunnittelulle.

Perussuunnittelussa luodaan asiakkaan tarpeiden mukainen tekninen ratkaisu, jonka olennaisin osa rakennesuunnittelussa on rakennuksen runkojärjestelmä. Olennaisia lähtötietoja on tarkentuneet laitteiden tilan tarpeiden tiedot ja kuormatiedot, jotka kohdistuvat rakennuksen runkoon ja perustuksiin. Nämä tiedot saadaan layout- ja laitesuunnittelulta. Rakennesuunnittelussa kustannukset määritetään perussuunnittelu vaiheessa, jonka jälkeen niiden muuttaminen pyritään minimoimaan. Perussuunnittelun tuloksena pystytään toimittamaan layout-suunnittelulle tarkennetut tilojen pinta-ala ja korkotiedot.

Toteutussuunnittelussa suunnitellaan rakennuksen toteutus niin, että se voidaan lähettää toimeksiantona urakoitsijoille. Tähän sisältyy rakennuselementtien valmistus ja asennuspiirustukset. Lisäksi tässä vaiheessa tehdään tarkat laskelmat rakenteiden kestävydestä. Tärkeitä muilta suunnittelunaloilta saatavia tietoja on rakenteisiin sijoitettavien aukkojen ja kiinnityspisteiden tiedot.

Rakennesuunnittelussa suunnittelutyökaluna käytetään enimmäkseen tietomallipohjaisia Tekla Structures suunnitteluohjelmistoa. Tietomallipohjaisia suunnitteluohjelmistoja kutsutaan BIM-ohjelmistoiksi (Building Information Model). Kyseiset ohjelmistot liittävät suunniteltuun 3D-grafiikkaan geometrian lisäksi tietoja materiaalista, liitoksesta ja elinkaaresta. Ohjelmistoilla pyritään luomaan digitaalinen kopio suunniteltavasta rakennuksesta. Rakennuksien tietomalleihin pystytään lisäämään huomattavasti talotekniikan ja sähkösuunnittelun muodostamia malleja ja tietoja. Layout- ja putkistosuunnittelijoiden ohjelmistot eivät kuitenkaan ole täysin yhteensopivia rakennesuunnittelun ohjelmistojen kanssa. Koko laitoksen käsittäviin laitosmalleihin rakennukset lisää 3D-admin-roolissa toimivat henkilöt.

8.5.2 Talotekniikka ja HVAC

Talotekniikan suunnittelu jakautuu monelle eri suunnittelualalle. Tekniikan sähköistys kuuluu sähkösuunnittelulle. Tietoliikenne ja osa siihen liittyvistä laitteista, kuten kulunvalvontaan liittyvät päätteet ja valvontakamerat kuuluvat ICT-suunnittelulle. Lämmitys-, ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät kuuluvat HVAC-suunnittelun piiriin (Heating, Ventilation, and Air Conditioning), joka myös tunnetaan suomenkielisellä termillä LVI (lämpö, vesi ja ilmastointi).

HVAC-suunnittelu käyttää työkalunaan MagiCAD- ja Autodesk Revit-suunnitteluohjelmistoja, joista on mahdollista siirtää mallit ja niiden sisältämä tieto rakennesuunnittelun käyttämään Tekla Structures-ohjelmistoon [42; 43]. Suunnittelutyötä ohjaa standardit ja paikallinen lainsäädäntö, jotka selvitetään projektiohjeisiin ennen suunnittelutyön aloittamista. Lisäksi järjestelmien mitoitustyöhön on laadittu AFRYn sisäisiä suunnitteluohjeita.

HVAC-suunnittelun vastuisiin kuuluu seuraavat talotekniikan osa-alueet:

- laitoksen ilmanvaihto
- laitoksen lämmitys ja jäähdytys
- vesijohdot lukuun ottamatta prosessivesiä
- viemärointi lukuun ottamatta prosessinesteitä.

Suunnittelun esi- ja perussuunnitteluun kuuluu lähtötietojen hankinta sekä ja niiden pohjalta tehtyjen alustavien järjestelmien luominen ja sijoittaminen. Laitoksen sijainti vaikuttaa oleellisesti lähtötietoihin sademäärien ja ulkolämpötilojen kautta. Detaljisuunnittelun lopputuloksena on suunnitellun talotekniikan PI-kaavio, valmistus- ja asennusdokumentit

Laitossuunnittelussa HVAC-suunnittelua eniten työtä aiheuttaa ilmanvaihdon suunnittelu, jonka merkitys korostuu etenkin laitoksen sähkötiloissa, joissa laitteiden synnyttämää lämpöä siirretään pois niiden luota ilmanvaihdolla. Kyseisten tilojen suunnittelun lähtökohtana on sähkösuunnittelulta saatavat lämpökuormat, joiden mukaan ilmanvaihto mitoitetaan. Muita suunnittelulle olennaisia tietoja on sähkötilojen mitat ja käytössä oleva tila laitteiden sijoittamiselle. Vastaavat lähtötiedot tarvitaan laitoksen prosessitiloista laite- ja prosessisuunnittelulta.

Lämmityksen, jäähdytyksen ja vesihuollon suhteen työmäärä on tyypillisesti pienempi, koska se keskittyy enemmän muihin kuin prosessitiloihin. Prosessitiloissa etenkin vesijohtojen ja viemäroinnin suunnittelu kuuluu prosessi-, laite- ja putkistosuunnittelulle. Myös suunniteltavien kanavien ja johtojen reititys voidaan prosessitilojen osalta määrittää kuuluvan projektin putkistosuunnittelulle. Tulevaisuudessa HVAC-suunnittelua työllistää enenevässä määrin laitoksissa syntyvän hukkalämmön talteenotto, joka tulee linkittämään työskentelyä lähemmäs prosessi- ja laitesuunnittelua.

HVAC-suunnittelu esittää tilatarpeita layout-suunnittelulle suunnittelemansa tekniikan sijoittamiseksi. Tämän perusteella layout-suunnittelu määrittää tilavaraukset ja sijoittaa ne omiin suunnitelmiinsa. Suunnittelussa syntyvät seiniin tehtävien aukkojen tiedot välitetään rakennesuunnittelulle, jotta ne voidaan ottaa huomioon rakenteiden suunnittelussa. Rakennesuunnittelu toteuttaa myös HVAC-suunnittelun vaatimat tilat layoutsuunnittelun toimeksiantona. Layout-suunnittelun kanssa myös määritetään sähkötilojen ulkopuolella olevien laitteiden sijoitus. Näitä ovat muun muassa prosessitilojen ilmanvaihtokoneet ja niiden konehuoneet. [30; 44.]

8.6 ICT

ICT-suunnittelun (Information and Communication Technology) merkitys laitosympäristössä kasvaa jatkuvasti. Kehitys liittyy vahvasti teollisuuden neljänneksi vallankumoukseksi kutsuttuun ilmiöön, jonka mukana teollinen internet on alkanut muotoutua. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että tuotantolaitoksissa verkkoon kytkettyjen laitteiden ja instrumenttien määrä kasvaa jatkuvasti. Prosessiteollisuuden tästä saamat hyödyt liittyvät lisääntyneeseen dataan verkossa olevilta laitteilta. Tämä mahdollistaa muun muassa prosessien tarkemman valvonnan ja ohjauksen sekä lukuisien simulointisovelluksien luomisen.

Verkkoon voidaan tuotantolaitoksessa liittää esimerkiksi seuraavia laitteita:

- prosessilaitteet
- anturit
- mittarit

- valvomolaitteet.

Tyypillisimmin AFRYn projekteissa ICT-suunnittelun vastuisiin kuuluu tietoverkkojen kaapelointi, jotka koostuvat valokuitu- ja kuparikaapeleista. Verkon kaapelit mitoitetaan tiedonsiirron tarpeen mukaan ja ne reititetään laitosympäristöön. Kaapeleiden lisäksi ICT-verkon laitteet, kuten kytkimet, palomuurit, reitittimet ja langaton verkko kuuluvat tavallisiin suunnittelutoimeksiantoihin. Projektista riippuen ICT-suunnittelu voi saada suunniteltavakseen kulunvalvonta-, valvontakamera- ja tietoturvajärjestelmiä. Useimmiten suunnittelutyö kuitenkin keskittyy fyysisen verkkoinfrastruktuurin suunnitteluun ja sen päällä käytettävät järjestelmät jäävät asiakkaan tai laitetoimittajan vastuulle. Lisäksi asennusdetaljit jäävät usein kaapeleita asentavien urakoitsijan hoidettavaksi.

Fyysisen verkkoinfrastruktuurin kehittämisessä keskitytään verkon topologiaan, joka tarkoittaa tapaa jolla verkon fyysiset komponentit ovat kytkettynä toisiinsa. Laitossuunnitteluprojekteissa tällä haetaan toimintavarmuutta, joka käytännössä tarkoittaa sitä, että verkon toiminta ei vaarannu yksittäisen komponentin hajotessa. ICT-suunnittelu pyrkii myös luomaan laitokselle yhteisen verkon, jolloin kaikki laitoksen tietoliikenne kulkisi samassa sisäisessä verkossa. Tällöin kasvatetaan teollisen internetin käyttöpotentiaalia. Työtä hankaloittaa usein laitossuunnittelun luonne, jossa on useita toimijoita. Esimerkiksi laite-toimittajat voivat tarjota tuotteitaan omalla erillisellä verkolla. Toinen työtä hankaloittava asia on suunnitteluun lähtötietoja toimittavan tahon vajaa tuntemus tietoverkoista. Esimerkiksi asiakkaat eivät aina ole tietoisia mitä laitteita tulee laitoksessa kytkeä verkkoon, jolloin tietoja joudutaan hakemaan laitesuunnittelulta tai laitevalmistajalta.

Suunnittelutyö tehdään pääsääntöisesti 2D-suunnitteluympäristössä, mutta etenkin fyysisten komponenttien lisääminen laitoksen 3D-malliin on yleistymässä. ICT-suunnittelun suunnittelutyö alkaa tavallisesti projektin myöhemmissä vaiheissa, jolloin sähkösuunnittelun vaatimat sähkötilat ovat jo määriteltynä tehdas-layouttiin. ICT-keskukset, jotka sisältävät reitittimiä, kytkimiä ja palomuurin voidaan sijoittaa sähkötiloihin, tai niille voidaan osoittaa oma tila. Sähkötiloja suunniteltaessa ICT-suunnittelu sopii sähkösuunnittelun kanssa, miten sähkötilaa voidaan verkkolaitteille käyttää.

Omassa huoneessaan sijaitessaan verkkojärjestelmän suunnittelu helpottuu, koska silloin ei tarvitse ottaa huomioon kaikkia sähkötilojen turvallisuuteen liittyviä näkökulmia. Tässä tapauksessa kommunikaatio on tarpeellista layout-suunnittelun kanssa, jotta laitokseen saadaan ICT-tiloille oma tilavaraus. Tavallisimmat layout-dokumentteihin merkittävät komponentit ovat valvontalaitteet, kaapelihyllyt ja ICT-tilat kytkentäkaappeineen.

Usein tietoverkkojen kaapelit kulkevat samoja reittejä, kuin sähköverkkojen kaapelit, jolloin ICT-suunnittelu sopii projektin työnjaosta riippuen sähkö- ja putkistosuunnittelun kanssa suunniteltavien kaapeleiden reiteistä. [45.]

9 Yhteenveto

Työssä kuvattiin laitossuunnittelua layout- ja putkistosuunnittelijan näkökulmasta. Käsiteltävänä aihekokonaisuutena laitossuunnittelu on huomattavan laaja kokonaisuus. Työssä avattavien osa-alueiden valinta ja rajaus olivat haastavaa. Aloitin työn suorittamisen vähäisellä kokemuksella laitossuunnittelusta, minkä myötä useiden jo kokeneiden laitossuunnittelijoiden näkökulmasta itsestään selvien asioiden tutkimiseen kului paljon aikaa. Työn kannalta koen tämän kuitenkin hyväksi asiaksi, koska se on kohdennettu laitossuunnitteluun vasta tutustuville ihmisille.

Työn materiaalin keruussa tehdyt haastattelut toteutettiin puolistrukturoituna. Niissä pyrittiin keräämään haastateltavilta tietoa heidän suunnittelualastaan ja näkemyksiä vuorovaikutuksesta muiden suunnittelun haarojen kanssa AFRYn laitossuunnittelussa. Haastateltavien tausta painottui paperi- ja sellutehtaiden suunnitteluun, mutta haastatteleista kerättyssä materiaalissa haastateltavien näkökulma oli silti usein varsin erilainen. Näkökulmien eroavaisuuksia selittää haastattelujoukon toimenkuvien laaja kirjo.

Kerättyssä materiaalissa käsiteltiin huomattavan monipuolisesti laitossuunnittelua ja sen kanssa työskenteleviä eri toimijoita monesta näkökulmasta. Haastatteluissa nousi esiin useita hyviä neuvoja suunnittelijan toimintatavoista, jota saatiin myös yhdistettyä insinööriyössä käsiteltyihin layout- ja putkistosuunnittelun näkökulmiin. Lisää haastatteluita pitämällä työhön olisi voitu saada vielä enemmän yksityiskohtia ja tarkkuutta, mutta työhön resursoidun ajan puitteissa se ei ollut mahdollista.

Työn tavoitteena ollut kuvaus laitossuunnittelun prosessista saatiin esitettyä työssä varsin kattavasti. Jälkikäteen tarkasteltuna aiheen rajaus olisi voinut olla vieläkin tarkempi, esimerkiksi se olisi voinut keskittyä vain layout-suunnittelijan tehtäviin. Tällöin työkuvausten ja projektikohtaisten yksityiskohtien tutkimiseen olisi ollut enemmän aikaa ja työ olisi ollut luonteeltaan vähemmän yleiskuvauksellinen. Koen kuitenkin lopputuloksen olevan tavoitteiden mukainen, eli se selventää laitossuunnittelua aiheeseen vasta tutustuville.

Lähteet

- 1 ÄF Pöyry on nyt AFRY. 2019. Verkkoaineisto. AFRY Finland Oy. <<https://afry.com/fi-fi/uutiset/uutinen/af-poyry-nyt-afry>>. 25.11.2019. Luettu 20.4.2020.
- 2 Progress since 1895. Verkkoaineisto. ÄF Pöyry AB. < <https://www.afconsult.com/en/about-af/history/> >. Luettu 20.4.2020.
- 3 Pöyryn Historia. Verkkoaineisto. Pöyry PLC. <<https://www.poyry.com/fi/poyry/poyry-lyhyesti/poyryn-historia>>. Luettu 20.4.2020.
- 4 Tietoa meistä. Verkkoaineisto. AFRY Finland Oy. <<https://afry.com/fi-fi/tietoa-meista>>. Luettu 20.4.2020.
- 5 Toimistot ja yhteystiedot. Verkkoaineisto. AFRY Finland Oy. <<https://afry.com/fi-fi/toimistot>>. Luettu 20.4.2020.
- 6 Press Images & Logo. Verkkoaineisto, kuvan latauslinkki. AFRY Finland Oy. <<https://afry.com/en/newsroom/press-images-logo>>. Luettu 23.5.2020.
- 7 Kim Loponen. Tiimiesimies, AFRY Finland Oy, Espoo. Insinööriyön tarkastelupalaverit.
- 8 Tony Helasjärvi. Toimistopäällikkö, AFRY Finland Oy, Espoo. Insinööriyön tarkastelupalaverit.
- 9 Sähkösuunnittelun asiantuntija, AFRY Finland Oy, Vantaa. Haastattelu 05.5.2020.
- 10 Laitossuunnittelun asiantuntija ja pääsuunnittelija, AFRY Finland Oy, Vantaa. Haastattelu 02.3.2020.
- 11 Laitossuunnittelun asiantuntija, AFRY Finland Oy, Vantaa. Haastattelu 02.3.2020.
- 12 3D-admin, AFRY Finland Oy, Vantaa. Haastattelu 04.5.2020.
- 13 Piping Design. Cadmatic Oy. Verkkomateriaali <<https://www.cadmatic.com/en/process-and-industry/process-and-industry-software-solutions/process-and-industry-design-software/piping-design/>>. Luettu 24.5.2020.
- 14 Projektipäällikkö, AFRY Finland Oy, Vantaa. Haastattelu. 28.2.2020.
- 15 Project Human Resource Management, Appendix 3. 2015. Pöyry PLC. AFRY Finland Oy:n yrityksen sisäinen dokumentti.

- 16 Lead Engineer koulutus. 2019. Pöyry Finland Oy. AFRY Finland Oy:n sisäinen dokumentti.
- 17 Laitesuunnittelun asiantuntija, AFRY Finland Oy, Espoo. Haastattelu 17.4.2020.
- 18 HSEQ-asiantuntija, AFRY Finland Oy, Vantaa. Haastattelu. 28.2.2020.
- 19 Project Contract Management. 2015. Pöyry PLC. AFRY Finland Oy:n sisäinen dokumentti.
- 20 Project Management, Service Types. 2013. Pöyry PLC. AFRY Finland Oy:n sisäinen dokumentti.
- 21 Jukka Koistinen. 2019. Teollisuuden Standardointia 46 vuotta. Verkkoaineisto. <<https://psk-standardisointi.fi/wp-content/uploads/PSK-esitys-2019-1.pptx>>. 28.08.2019. Luettu 19.5.2020.
- 22 PSK 5920 Elektronisen suunnitteluaineiston siirto. CAD -järjestelmien grafiikkatiedostojen ja ominaisuuksien käyttö tiedonsiirrossa. 1991. PSK Standardoimislaitos ry.
- 23 PSK 5804. Tehdassuunnitteluasiakirjat. Aluekartta. 2. painos. 2002. PSK Standardisointiyhdistys ry.
- 24 PSK 5804. Liite 1. Esimerkkipiirustus; Aluekartta. 2002. PSK Standardisointiyhdistys ry.
- 25 PSK 5805. Tehdassuunnitteluasiakirjat. Tehdassijoituspiirustus. 2. painos. 2002. PSK Standardisointiyhdistys ry.
- 26 PSK 5805. Liite 1. Esimerkkipiirustus; Tehdassijoituspiirustus. 2002. PSK Standardisointiyhdistys ry.
- 27 PSK 5806. Tehdassuunnitteluasiakirjat. Laitesijoituspiirustus. 2. painos. 2002. PSK Standardisointiyhdistys ry.
- 28 PSK 5806. Liite 1. Esimerkki A Laitesijoituspiirustus, taso. 2002. PSK Standardisointiyhdistys ry.
- 29 PSK 5808. Tehdassuunnitteluasiakirjat. Laitteiden ja metallirakenteiden mittapiirustus. 2000. PSK Standardisointiyhdistys ry.
- 30 IMS. 2020. AFRY Finland Oy. AFRY Finland Oy:n tietokanta.

- 31 Kemppe, Juha. 2018. Rakennustehtäväpiirustusten esittelytilaisuus. Verkkoaineisto. PSK Standardointi ry. <https://psk-standardisointi.fi/wp-content/uploads/03-Rakennusteht%C3%A4v%C3%A4piirustukset-ja-niiden-t%C3%A4rkeys-laitossuunnittelussa_Juha-Kemppi_CTS-Engtec-Oy_FI.pdf>. Luettu 14.5.2020.
- 32 PSK 5801. Putkistopiirustukset. Putkireittipiirustus. 2003. PSK Standardoimislaitos ry.
- 33 PSK 5801. Putkistopiirustukset. Putkireittipiirustus, Liite 1. Esimerkki A Putkireittipiirustus, taso. 2003. PSK Standardoimislaitos ry.
- 34 PSK 5802. Putkistopiirustukset. Taso- ja leikkauspiirustus. 2. painos. 2003. PSK Standardoimislaitos ry.
- 35 PSK 5803. Putkistopiirustukset. Isometrinen piirustus. 3. painos. 2003. PSK Standardoimislaitos ry.
- 36 PSK 3603. PI-Kaavion esitystapa ja merkitsemisohje. 2012. PSK Standardoimislaitos ry.
- 37 SFS-EN ISO 10628-1. Diagrams for the chemical and petrochemical industry. Part 1: Specification of diagrams. 2015. Suomen Standardoimisliitto SFS.
- 38 HSEQ in Finland. 2020. AFRY Finland Oy, AFRY Finland Oy:n intranet.
- 39 Mekaaninen- ja putkistosuunnittelu. 2020. Verkkoaineisto. AFRY Finland Oy. <<https://afry.com/fi-fi/palvelu/mekaaninen-ja-putkistosuunnittelu>>. Luettu 23.4.2020.
- 40 Sähkö, automaatio ja instrumentointi. 2020. Verkkoaineisto. AFRY Finland Oy. <<https://afry.com/fi-fi/palvelu/sahko-automaatio-ja-instrumentointi>>. Luettu 23.4.2020.
- 41 Rakennesuunnittelun asiantuntija, AFRY Finland Oy, Vantaa. Haastattelu 30.4.2020.
- 42 Make Your Design Real with Tekla and Autodesk Revit. 2020. Verkkoaineisto. Trimble Solutions Corporation. <<https://www.tekla.com/products/tekla-structures/tekla-interopability-autodesk-revit-products>>. Luettu 12.5.2020.
- 43 Reikävarausten määrittely ja koordinointi. 2020. Verkkoaineisto. MagicAD Group. <<https://www.magicad.com/fi/feature/reikavarausten-maarittely-ja-koordinointi/>>. Luettu 12.5.2020.
- 44 HVAC-suunnittelun asiantuntija, AFRY Finland Oy, Vantaa. Haastattelu 28.4.2020.

45 ICT-suunnittelun asiantuntija, AFRY Finland Oy, Vantaa. Haastattelu 05.5.2020.