

PUTKISTOSUUNNITTELUUN PEREHDYTTÄMINEN



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Konetekniikka, insinööri (AMK)

Kevät, 2022

Valtteri Kunnari

Konetekniikka, insinööri (AMK)

Tekijä Valtteri Kunnari

Työn nimi Putkistosuunnitteluun perehdyttäminen

Ohjaaja Teppo Syrjäaho

Tiivistelmä

Vuosi 2022

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda perehdytysmateriaalia putkistosuunnittelusta oppaaksi kokemattomille suunnittelijoille. Työ tehtiin AFRY Finland Oy:n Kotkan toimipisteelle.

Opinnäytetyössä esiteltiin putkistosuunnittelua yleisesti sekä siinä käytettäviä ohjelmistoja, kuten E3D, Navisworks ja AutoCAD. Lisäksi työssä esiteltiin pintapuolisesti standardeja ja ohjelmistoista tuotettavia dokumentteja. Työssä kerrottiin myös putkiston kannakoinnista. Tarkoituksena työssä oli saada lukija ymmärtämään putkistosuunnittelun yleiskäsitteistä.

Lähdeaineistoina työssä pääosin käytettiin AFRY Finland Oy:n omia dokumentteja, AFRYn henkilökunnan haastatteluja, sekä standardeja.

Työn lopputuloksena saatiin perehdytysmateriaalia, jota ei Kotkan toimipisteeltä toistaiseksi löydy. Materiaalia voidaan tulevaisuudessa käyttää hyödyksi perehdytyksessä.

Avainsanat Putkistosuunnittelu, kannakointi, putkisto

Sivut 26 sivua

ABSTRACT

The aim of the thesis was to create orientation material from piping design as a guide for inexperienced designers. The thesis commissioned by AFRY Finland Oy.

Piping design in general as well as the softwares used in it such as E3D, Navisworks, AutoCAD were introduced. In addition, standards and software generated documents were briefly introduced. The thesis also describes the supports of the pipeline. The purpose of the thesis was to give the reader an understanding of the general concepts of piping design.

In this thesis, AFRY Finland Oy's internal documents, standards and staff interviews were mainly used as source materials.

The final result of the work was orientation material, which is not yet available at the AFRY Kotka office. The material can be used in the future for orientation purposes.

Keywords Piping design, support, pipeline

Pages 26 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	AFRY.....	2
3	Putkistosuunnittelu.....	3
3.1	Reititys.....	5
3.2	Liitosmenetelmät.....	6
3.3	Tilantarve ja putkivälit.....	7
3.4	Standardit	8
3.4.1	Painelaitedirektiivi	9
3.4.2	SFS-EN 13480 (metalliset putkistot teollisuudessa)	10
3.4.3	PSK	10
3.5	Ohjelmistot	11
3.6	AVEVA Everything3D (E3D)	12
3.7	Autodesk AutoCAD raster design	13
3.8	Autodesk Navisworks.....	15
3.9	3D-ohjelmista ajettavat dokumentit.....	16
3.9.1	Layout.....	16
3.9.2	Putkiston tasopiirustukset	16
3.9.3	Putkistoisometri	17
3.9.4	Materiaaliluettelot.....	18
3.9.5	Kannakekuvat	18
4	Putkiston kannakointi.....	18
4.1	Primäärikannake	19
4.1.1	Riippukannake	19
4.1.2	Liuku- ja kynsiohjattu liukukannake	20
4.1.3	Kiintopiste	21
4.2	Sekundäärikannake	22
4.3	Kannakevälit	23
5	Pohdinta	24
	Lähteet	25

Kuva 1. PI-kaavio (Vertex G4, 2021)	3
Kuva 2. Navisworks tilanluokittelu	4
Kuva 3. Todellinen tilanluokittelu	5
Kuva 4. Navisworks putkisilta	6
Kuva 5. Putkien minimietäisyys pinnasta (PSK2410/2021)	7
Kuva 6. Putkien tilantarve (PSK2410/2021)	8
Kuva 7. Painelaitedirektiivin liitteen II taulukko 1 säiliölle (Tukes, n.d.)	9
Kuva 8. Sallitut paineet (bar) lämpötilan funktiona (PSK4240/2021)	11
Kuva 9. E3D Säiliöstä lähtevät linjat.....	13
Kuva 10. Punakynäty isometri.....	14
Kuva 11. Revisioitu isometri	15
Kuva 12. Purkukuva mallista.....	16
Kuva 13. Isometri	17
Kuva 14. Riippukannake	20
Kuva 15. Kynsihjattu liukukannake	21

1 Johdanto

Opinnäytetyön toimeksiantaja on AFRY Finland Oy:n Kotkan toimipiste. Tässä opinnäytetyössä käydään läpi putkistosuunnittelua, lähtökohtaisesti niiltä osa-alueilta, mitä itselleni on tullut vastaan lyhyen urani aikana. Tavoitteena on luoda perehdytysmateriaalia putkistosuunnittelusta kokemattomille suunnittelijoille esimerkiksi opiskelijoille.

Aloitin AFRY Finland Oy:ssä keväällä 2021. Huomasin nopeasti, että sellaista perehdytysmateriaalia ei ole, missä käsitellään samassa paketissa suunnittelijalle tärkeitä asioita, kuten putkiston reititys käyttämällä 3D-mallinnusohjelmaa, sekä kannakoinnin yhdistäminen reititykseen ja mitä asioita tulee ottaa huomioon suunnittelussa. Henkilökohtaisesti voin todeta, että tämänkaltaisesta materiaalista olisi varmasti ollut hyötyä ja siinä olisi säästetty myös kokeneempien suunnittelijoiden aikaa joiltakin osin. Työtä tehdessä asioiden kertaaminen on itsellekin ollut otollista, kertaaminen on opintojen äiti. Opinnäytetyön rakenne koostuu lähtökohtaisesti asioista, joita itselläni on ollut edessä toistaiseksi lyhyen, mutta mielenkiintoisen urani alkutaipaleella.

Tarkoitus tällä työllä on saada kokemattomille suunnittelijoille helpompi sisääntulo putkistosuunnittelun maailmaan, sekä avartaa heti näkemystä siitä, millaista on suunnitella putkilinjoja projekteissa.

2 AFRY

AFRY syntyi helmikuussa vuonna 2019, kun ruotsalainen vuonna 1895 perustettu ÅF AB osti suomalaisen vuonna 1958 perustetun Pöyry Oyj:n. Näin syntyi yksi Euroopan johtavia suunnittelu- ja konsultointiyhtiöitä, joka tukee asiakkaitaan digitalisaation ja kestäväen kehityksen ratkaisujen edistämässä energia-, infra ja teollisuussektoreilla ympäri maailman. Esimerkiksi paperi- ja selluteollisuudessa, sekä kemianteollisuudessa yritys toimii globaalisti kärkisijoilla. AFRYn kuusi divisioonaa ovat rakennettu ympäristö, teolliset ja digitaaliset ratkaisut, prosessiteollisuus, energia, liikkeenjohdon konsultointi ja AFRY X. Yritys tarjoaa suunnittelu- ja neuvontapalveluita kolmella sektorilla (päätoimialalla), jotka ovat infra, energia ja teollisuus. (AFRY, n.d.-a)

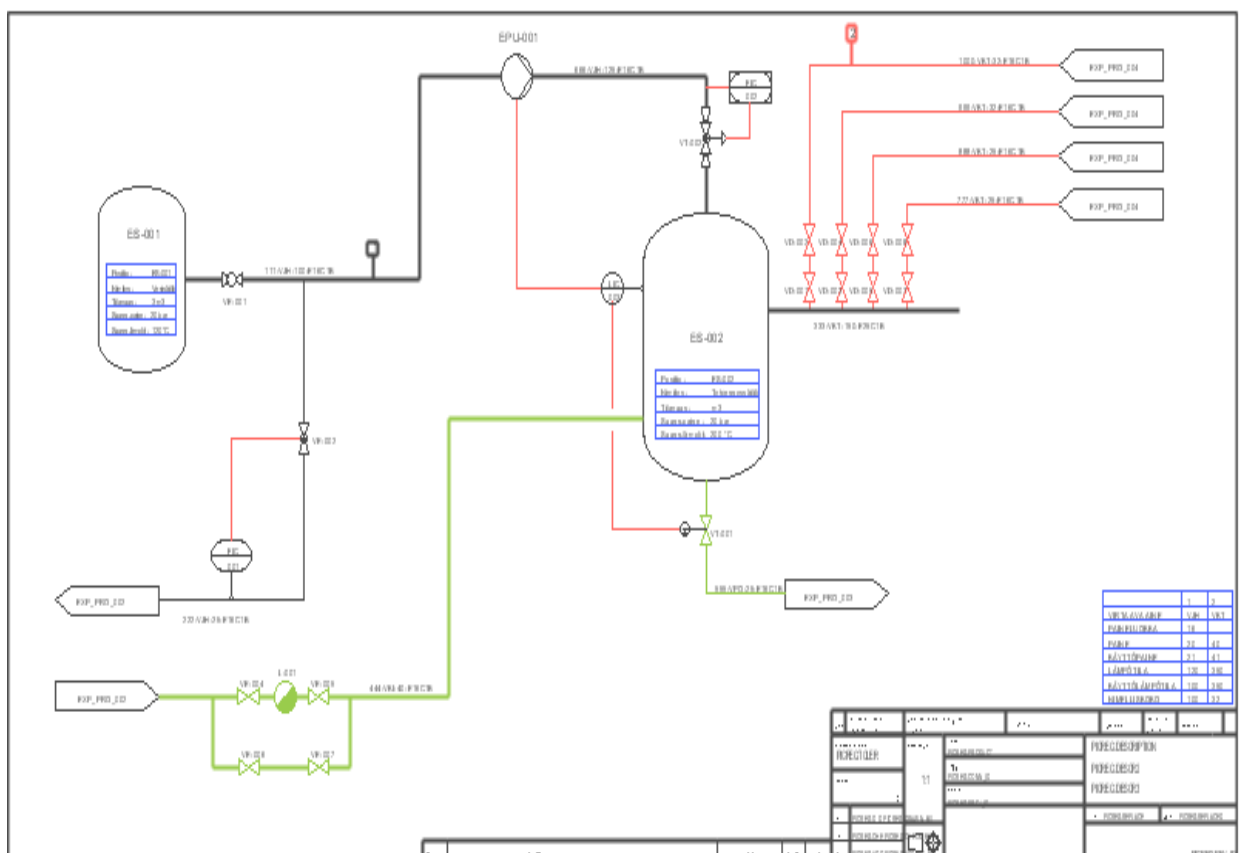
AFRYllä on Suomessa noin 2800 työntekijää ja globaalisti noin 17000. Suomessa AFRYllä on toimistoja 28 paikkakunnalla aina Hangosta Kittilään asti. Globaalisti toimistoja on 50 maassa. AFRYn pääkonttori sijaitsee Tukholmassa, Ruotsissa. Projekteja noin 100 maassa ja liikevaihtoa noin 2 miljardia euroa. (AFRY, n.d.-b)

AFRY Finland Oy:n Kotkan toimisto tarjoaa teollisuuden paikallispalvelua / osaamista lähialueen asiakkaille Kaakkois-Suomen alueella. Kotkan toimiston tarjoamat palvelut ovat putkisto- ja layotsuunnittelu, laitos- ja laitesuunnittelu, projektinhoito, sähkö- automaatio-suunnittelu, sekä rakennesuunnittelu. Pääasiakkaita ovat Neste, Fortum ja UPM, asiakaskunta on alueella laaja. Kotkan toimistolta löytyy erikoisosaamista etenkin putkisto- ja layout suunnittelussa (öljynjalostus/petrokemia). AFRYllä on vankka asema Kaakkois-Suomessa ja yhteistyö toimii myös hyvin muiden AFRYn toimistojen kanssa. AFRY Finland Oy:n Kotkan toimipisteessä työskentelee 50 henkilöä. (E. Kiiski, haastattelu, 11.6.2021)

3 Putkistosuunnittelu

Putkistosuunnittelun päätehtävä on suunnitella teknisesti toimiva ja taloudellisesti järkevät putkistolinjat eri järjestelmille prosessisuunnittelun tuottamaa PI-kaavioita (kuva 1) apuna käyttäen. Suunnittelijan on myös otettava huomioon lainsäädännön, putkiston käytettävyyden, sekä kunnossapidon asettamat vaatimukset. Putkistosuunnittelun suurimmat haasteet ovat kiire eli aikataulut. (PSK2402/2021)

Kuva 1. PI-kaavio (Vertex G4, 2021)



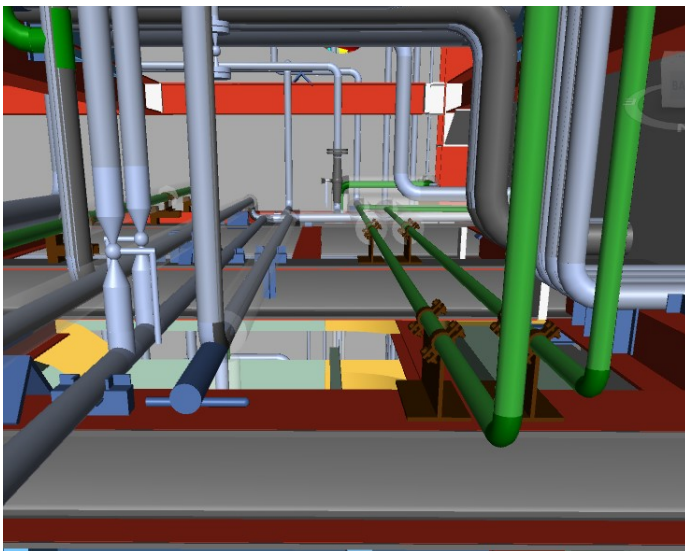
Putkistosuunnittelu osana laitossuunnittelua. Laitossuunnittelu laatii tarvittavat suunnitelmat, jotta teollisuus projekti voidaan toteuttaa. Putkistojen suunnittelu on laitossuunnittelun laajimpia osa-alueita ja suunnittelijoita tarvitaan myös layout-kuvien luontiin, sekä rakennepuolelta teräsrakenteiden suunnittelua. Nämä suunnittelualat muodostavat yli 50 % koko laitossuunnittelusta. (Jännti, 2020, s. 5)

Putkistosuunnittelija tarvitsee tietämystä prosessin toiminnasta, virtaustekniikasta, materiaaleista, virtaavista aineista (kaasut, nesteet), sekä erilaisista voimista.

Putkistosuunnittelijan tehtävät koostuvat pääosin putkilinjojen reitityksestä, sekä kannakoinnista, joka on tärkeä osa putkilinjojen suunnittelua. Prosessisuunnittelun luomat PI-kaaviot toimivat pohjana reititykselle. Erilaisten laitteiden ja instrumenttien sijoittelu on myös osa suunnittelua kokonaisuutta. (Jäntti, 2020, s. 5)

Projekteja on erilaisia. Projekteissa, joissa suunnitellaan olemassa olevaan tai muokataan olemassa olevaa kokonaisuutta, tällaisissa kokonaisuuksissa on paljon putkilinjoja ja tilat ovat jo valmiiksi ahtaita. Joskus on nopeastikin tarvittava tarkempaa tietoa kentältä esimerkiksi linjat eivät täsmää kaavion kanssa. Urakoitsijalta on mahdollista kysyä, mutta tiedon saanti voi olla huomattavasti hitaampaa kuin omalta kenttäsuunnittelijalta tai itse käymällä paikanpäällä. Projektit joissa tuotetaan kokonaan uutta, ovat useimmiten selkeempiä kokonaisuuksia. Henkilökohtaisesti olen huomannut, että 3D-mallit ja todellisuus ovat kaksi erimaailmaa. Esimerkkinä todellinen tilanne. Kuvan 2 kohta on otettu katselmointi mallista (Navisworks), joka on täysin sama kohta, kuin kentältä otetussa kuvassa 3, näiden tietojen perusteella en luottaisi pelkästään malliin.

Kuva 2. Navisworks tilanluokittelu



Kuva 3. Todellinen tilanluokittelu



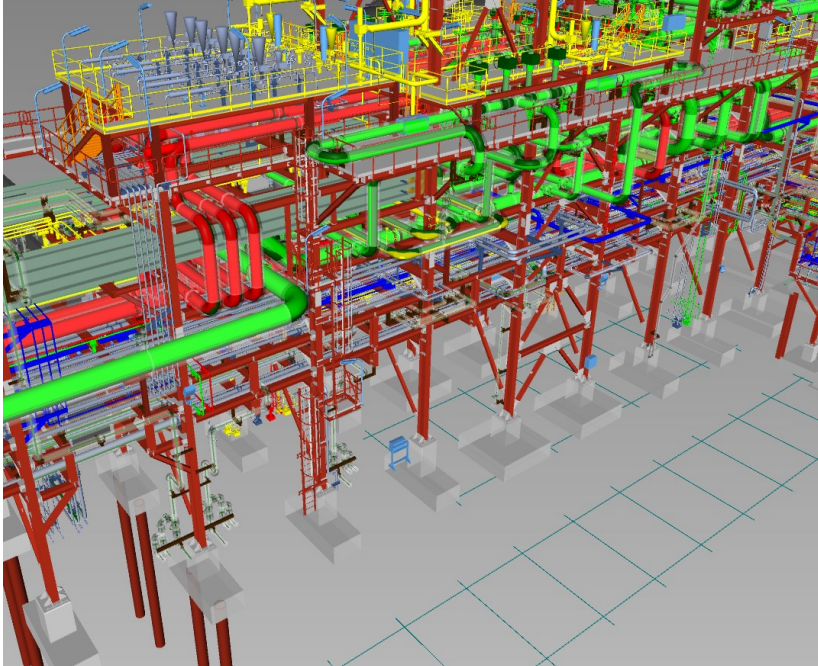
3.1 Reititys

Putkiston reitityksessä haetaan toimivaa reittiä prosessilaitteiden välille. AFRY Finland Oy Kotkan toimipisteellä reititys tapahtuu pääosin AVEVA E3D:llä, lopullinen päätös käytettävästä ohjelmasta tehdään neuvottelupöydässä yhdessä asiakkaan kanssa.

Reitityksessä on otettava monia asioita huomioon. Putkea reitittäessä on yhteistyö prosessisuunnittelijan kanssa on tärkeää. Pienempien putkien suunnittelu vie huomattavasti vähemmän aikaa kuin isompien, sillä kannakointikin on kevyempää. Omat haastensa on myös putkistoihin liittyvissä instrumenteissa. Toimilaitteita, venttiileitä, sekä erilaisia mittauksia. Esimerkiksi venttiilit on pyrittävä sijoittamaan, niin että niiden luokse pääsy on helppoa. Mahdollisten vuotojen takia kaukaloiden sijoittelu sisätiloissa on haasteellista usein ahtaista tiloista johtuen. Näiden sijoittelu on useimmiten haastavin osuus. Putkikoosta riippumatta kannattaa pitää silmällä ympärillä olevia teräksiä, joita voi sitten helposti hyödyntää kannakointia suunnitellessa ja näin ollen siitä saadaan suhteellisen nopeasti toimiva kokonaisuus. Ei niin, että ensiksi suunnittelet putkilinjan ja loppujen lopuksi teräkset ovat hyvin kaukana ja kannakointivälin pitäminen rajoissa hankaloituu. (PSK2402/2021)

Putkisilloille (kuva 4) tulee yleensä pitkiä runkolinjoja, joista haaraudutaan laitoksen muihin tiloihin. Vaarallisiksi luokitellut putkistot sijoitetaan putkisillalla aina alatasoon tai reunimmaisiksi, näin ollen minimoidaan vuodot liikkumaväylille tai laitteiden päälle ja vuodot ovat helpommin huomattavissa. Lisäksi huomioitavia asioita reitityksessä ovat lämpöliikkeet, prosessivaatimukset. (PSK2402/2021)

Kuva 4. Navisworks putkisilta



3.2 Liitosmenetelmät

Putkiston yleisimmät liitos menetelmät ovat:

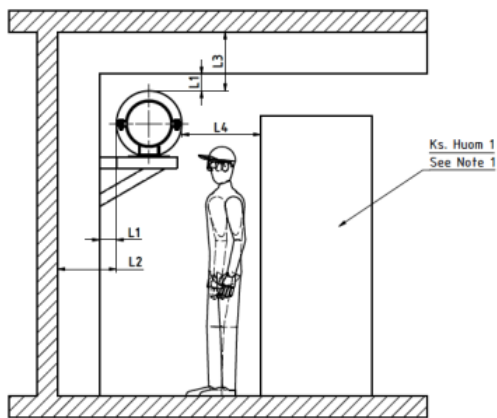
- hitsausliitos
- laippaliitos
- kierreliitos
- pantaliitos

Näistä eniten käytetään hitsaus ja laippaliitoksia. Kierreliitoksien käyttöä rajoittavat useasti nimelliskoko ja paine. Laippaliitosten ohjeellisia kiristysmomenteja ja ohjeita liitosten tekemiseen annetaan standardissa PSK 6403. (PSK2402/2021)

3.3 Tilantarve ja putkivälit

Suunnittelijan on otettava huomioon tilantarve putkistoa suunnitellessa. Puhutaan että asennustyössä 120mm tulisi olla vähintään putken ympärillä tilaa eristykset huomioiden, jotta tilantarve on riittävä erilaisiin työvaiheisiin. Suunnitellessa joutuu paljon pyörittelemään malleja ja useimmiten käymään projekti kohteessa, jotta haluttuun lopputulokseen päästään. Jos putki sijoitetaan tasopintojen läheisyyteen, niin on erityisesti huomioitava tilantarve asennustöitä varten. Huomioitavaa tilantarpeen käytössä on myös, että asennuksessa usein joudutaan käyttämään suuri kokoisia telineitä. Kuvassa 5 ja taulukossa 1 nähdään etäisyyksien soveltamista. (PSK2410/2021)

Kuva 5. Putkien minimietäisyys pinnasta (PSK2410/2021)



Taulukko 1. Putkien etäisyyksiä pinnoista (PSK2410/2021)

Putken koko ¹⁾ Pipe size <i>DN</i>	Etäisyys pilarista, palkista tms. Distance from the column, beam etc. <i>L₁</i> (mm)	Etäisyys seinästä tms. Distance from the wall etc. <i>L₂</i> (mm) ²⁾	Etäisyys katosta tms. Distance from the ceiling etc. <i>L₃</i> (mm)	Asennuksen vaatima etäisyys Distance required for installation work <i>L₄</i> (mm)
≤ 100	120	200 (500)	500	500
< 100 ... ≤ 500	120	350 (500)	500	500
> 500	120	500 (500)	500	500

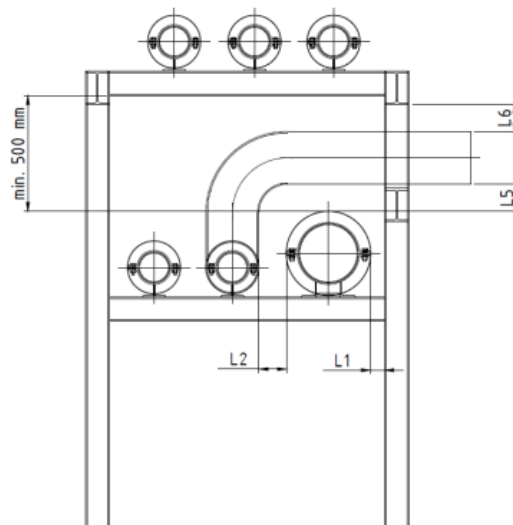
Jos putkia on suunniteltu tulevan useampia kuin vain yksittäinen, (Kuva 5) on putkien väliin varattava enemmän tilaa. Mikäli vierekkäisillä putkilla on suuri kokoero voidaan pienempi putki sijoittaa (kuva 6) vähimmäisputkivälejä lähemmäksi suurempaa putkea. Kannakointi on

kuitenkin huomioitava tässäkin tapauksessa. Hitsaustyöt huomioiden putkien väliin on varattava putkikoosta riippuen 200-500mm tilaa. Venttiilit ja erilaiset toimilaitteet on myös huomioitava. Putkisillalla putkilinjoja menee useita ja ne on usein kerroksittain. Niitä kutsutaan orsiksi, putken ja orren väliin jäätävä minimissään 500mm (kuva 6).

(PSK2410/2021)

Kuva 6. Putkien tilantarve (PSK2410/2021)

9 (9)



Putken koko ¹⁾ Pipe size DN	Etäisyys pilarista, palkista tms. Distance from the column, beam etc. L ₁ (mm)	Etäisyys viereisestä putkesta Distance from adjacent pipe L ₂ (mm) ²⁾	Etäisyys alla olevasta putkesta Distance from the pipe below L ₅ (mm)	Etäisyys yläpuolella olevasta palkista Distance from the beam above L ₆ (mm)
≤ 100	120	120 (200)	120	120
< 100 ... ≤ 500	120	120 (200)	120	120
> 500	120	120 (200)	120	120

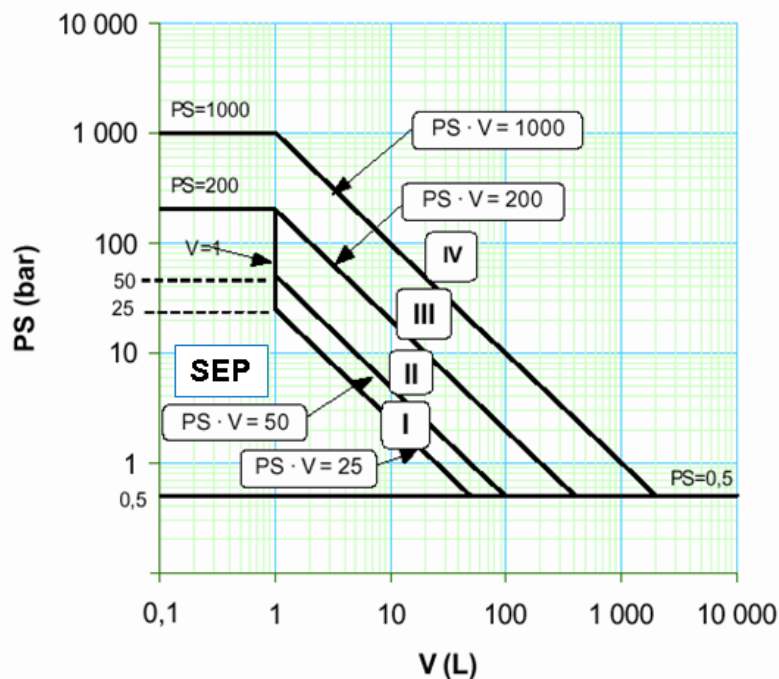
3.4 Standardit

Putkistosuunnittelussa standardit ohjaavat hyvin pitkälti suunnittelua. Yleisimpiä standardeja ovat PSK-, SFS-EN-, SFS-standardit. Suunnittelijan on projektissa oltava perillä siitä, mitä standardeja käytetään aina mitoitukselta viimeiseen dokumenttiin asti. Standardit takaavat sen, että putkisto on turvallinen ja täyttää kaikki määräykset.

3.4.1 Painelaitedirektiivi

Painelaitedirektiivi 2014/68/EU (PED) pitää sisällään painelaitteiden turvallisuuden varmistamisen ja vaatimuksenmukaisuuden arvioinnin, sekä tekniset vaatimukset painelaitteiden suunnittelusta. Jos painelaitteiden suurin sallittu käyttöpaine (PS) on yli 0,5 bar, niin silloin tätä direktiiviä tulee soveltaa. Painelaitteet luokitellaan neljään eri luokkaan sen vaarallisuuden mukaan. Luokittelussa on määrääviä tekijöitä, kuten painelaitteen tyyppi, onko sisältö nestettä vai kaasua, vaarallisuus, sekä suurin sallittu käyttöpaine (PS) ja tilavuus (V) tai nimellisuuruus (DN). Painelaiteluokat ovat I – IV, näissä luokissa olevien painelaitteiden on täytettävä turvallisuusvaatimukset. Hyvän konepajakäytännön painelaitteiden (SEP) alue on painelaiteluokkien alapuolella. Luokkien III ja IV tarvitsevat materiaalin osalta erityisarvioinnin (PMA). Kemikaaliputkistot tulee olla suunniteltu vähintään luokan I mukaan. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto valvoo, ettei painelaitteista aiheudu vaaraa terveydelle tai turvallisuudelle. Kuvassa 7 nähdään painelaitteen luokan valinta taulukko säiliölle, putkissa tilavuuden (V) tilalla olisi nimellishalkaisija (DN). (Tukes, n.d.)

Kuva 7. Painelaitedirektiivin liitteen II taulukko 1 säiliölle (Tukes, n.d.)



3.4.2 SFS-EN 13480 (metalliset putkistot teollisuudessa)

Standardi SFS-EN 13480 toimii putkistosuunnittelijan käsikirjana, sillä se käsittelee putkistosuunnittelun eri osa-alueita hyvin laajalti. Kyseistä standardia suositellaan käytettäväksi, se takaa riittävän turvallisuustason suunnittelua ajatellen. Standardissa on kahdeksan osaa ja kuusi niistä on omina versioina. Osa 3: suunnittelu ja laskenta on näistä eniten käytössä putkistoa suunnitellessa, tämä osio käsittelee kuormia, suunnittelujännityksiä, haaroituksia, kannakointia, lujuuksia, putkitaivutuksia. Muut osiot listattuna alla. (SFS-EN 1480-3:2017, 2017)

- Osa 1: Yleistä
- Osa 2: Materiaalit
- Osa 4: Valmistus ja asennus
- Osa 5: Tarkastus ja testaus
- Osa 6: Lisävaatimukset maahan upotuteille putkille

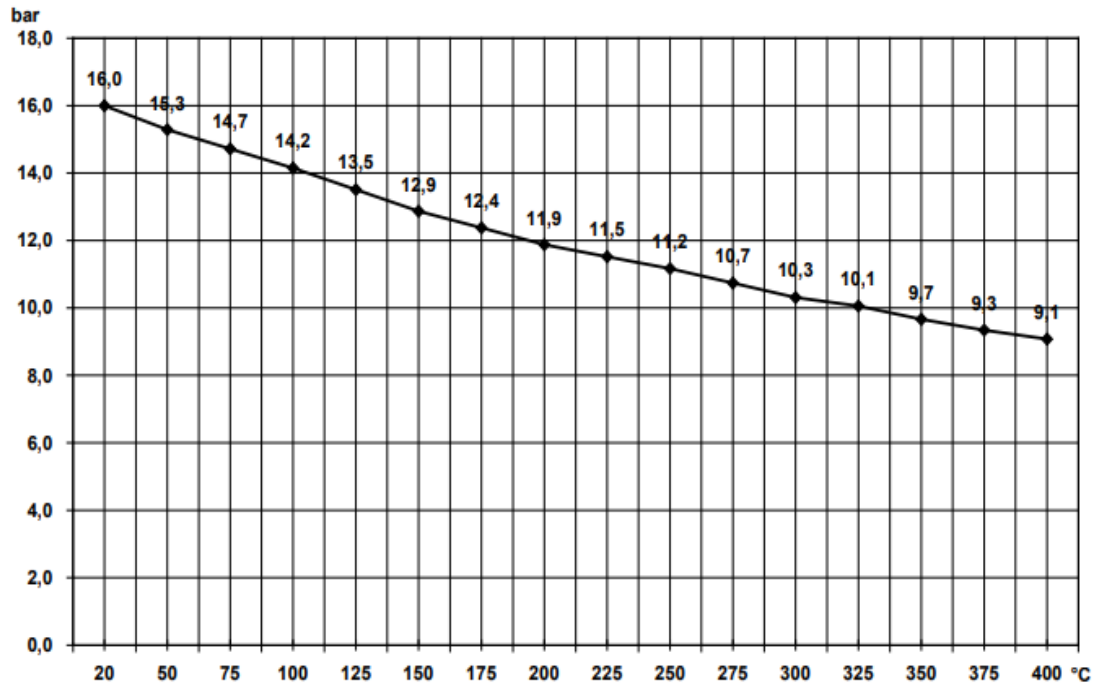
3.4.3 PSK

PSK-Standardit perustuu SFS-EN-, SFS-standardeihin. PSK-Standardit jaetaan ryhmiin ja ryhmiä on yhteensä 47, joista putkistosuunnittelijan eniten käyttämiä ovat ryhmä 42 putkiluokat standardit. Muita yleisiä ovat ryhmä 73 putkiston kannakointi, 24 putkiston suunnitteluohjeet, 35 läpiviennit.

Ryhmässä 42 jokaiselle putkiluokalle on oma mittastandardi, joissa esitetään putkien ja putkenosien mitat, seinämäpaksuudet ja muut vaatimukset. Esimerkiksi putken nimelliskoko esitetään lyhenteellä DN ja nimellispaine lyhenteellä PN. Putkiluokka valitaan virtaavan aineen mukaan. Putkenosia ovat laipat, suorat putket, käyrät, kartiot, t-kappaleet, ruuvit, mutterit, sekä tiivisteet. Kuva 8. Sallitut paineet (bar) lämpötilan funktionaon käytetty putkiluokkaa E16H2A ja voidaan tulkita, että lämpötilassa 20 °C on suurin sallittu paine 16

bar. Suurin sallittu lämpötila on 400 °C. SFS-standardin putkiluokat ovat väistyneet PSK-standardien tieltä. (PSK4240/2021)

Kuva 8. Sallitut paineet (bar) lämpötilan funktiona (PSK4240/2021)



3.5 Ohjelmistot

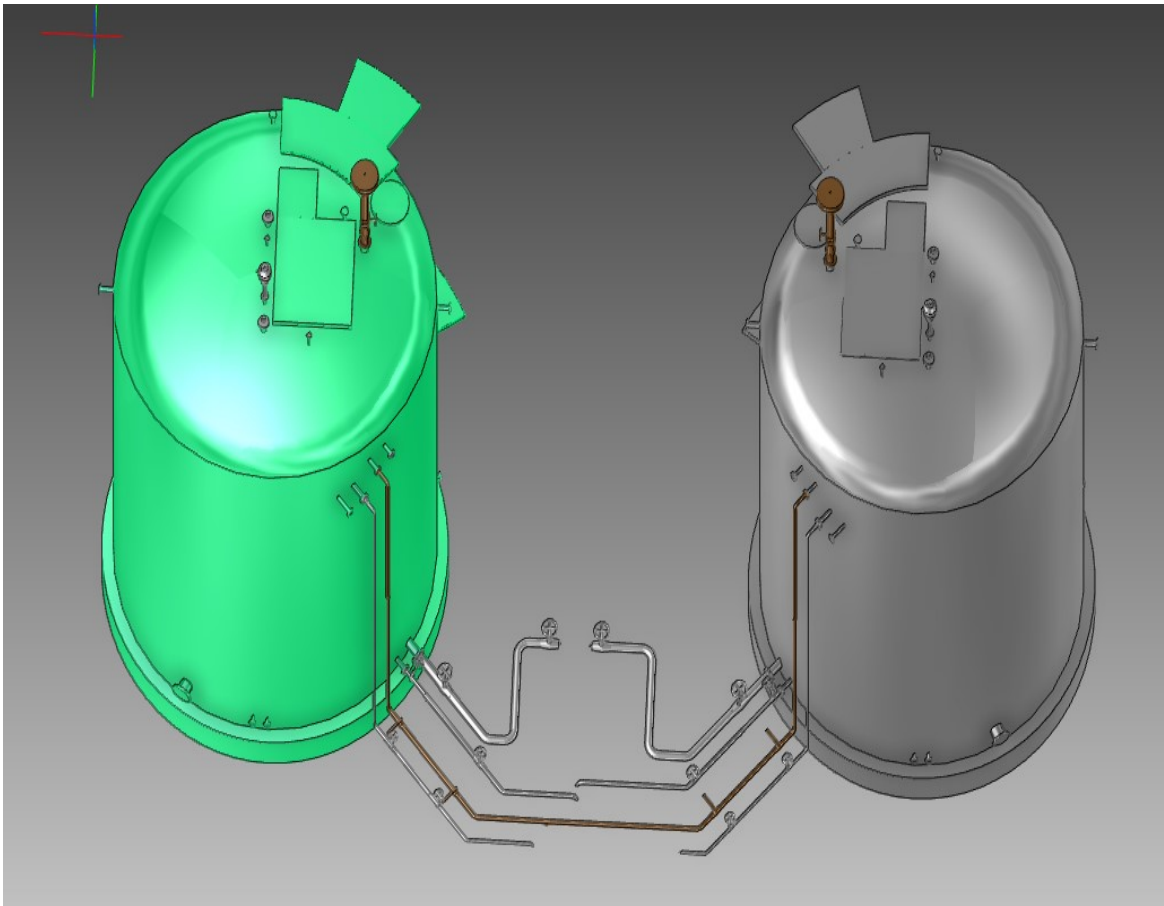
Putkistosuunnittelussa on paljon erilaisia 3D-mallinnusohjelmia käytössä. Suunnittelija käyttää 3D-mallinnusohjelmia esimerkiksi putkilinjojen reititykseen, layout kuvien luontiin, niiden katselmointiin, sekä rasterointiin. Käytetyimpiä tietopohjaisia mallinnusohjelmia AFRY Finland Oy:llä Kotkan toimistolla ovat AVEVA PDMS, sekä E3D. PDMS lisenssit alkavat hiipumaan ja suurin osa suunnittelijoista pyritään perehdyttämään E3D käyttöön. Sitten on rasterointiin ja piirusteluun tarkoitettut vähemmän tietopohjaiset ohjelmat, kuten Autodesk AutoCAD. Katselmointiin tarkoitettu Autodesk Navisworks. Alla kuvaus ohjelmista, joita itse käyttänyt. (J. Hakonen & E. Kiiski, haastattelu, 11.5.2022)

3.6 AVEVA Everything3D (E3D)

AVEVA E3D on yksi teknologisesti edistyneimmistä 3D-suunnitteluun tarkoitetuista ohjelmista. Soveltuu erinomaisesti putken reititykseen. Katselmointi mallista (navisworks) voi tuoda esimerkiksi teräksiä tai olemassa olevia putkilinjoja E3D:hen, joka helpottaa suunnittelu työtä huomattavasti. Toisinpäin se toimii samalla tavalla E3D:ssä luodut putkistot voi helposti ajaa katselmointi malliin. Suositellaan luomaan pientä pätkää kerrallaan ja sen jälkeen katselmoimaan. Ohjelmasta ajetaan ulos isometrit ja kannakekuvat. Näiden kuvien avulla urakoitsija valmistaa putkiston, sekä putken kannakoinnin työmaalla. Jos urakoitsija joutuu tekemään kentällä jotain muutoksia, niin malli on korjattava ja kirjattava revisiointi. (AFRY Finland Oy, 2018)

Mallinnushierarkia on todella kätevä pitää suunnitellut putkistot jonkinlaisessa järjestyksessä. Yleisesti virtaavien aineiden ja osastojen mukaan. Ylläpidon johdosta hierarkiasta löytyy Site-elementti. Site-elementin alle suunnittelija luo Zone-elementtejä. Zone-elementin tarkoitus on saada putkistosta hyvä kokonaisuus, näin ollen kaikki pysyvät selvillä asioista. Putkiluokka sekä putkikoko on tärkeä pitää oikeana suunnitellessa putkilinjaa, sillä jos putkiluokka on oikein tulevat komponentit PSK standardin ryhmän 42 putkiluokat mukaisiksi. Venttiilit pitää luoda itse, sekä henkilökohtaisesti kohdannut myös laippojen väliin tulevien tiivisteiden kanssa materiaali ongelmia. E3D:llä mallinetaan myös primääri ja sekundääri kannakkeet. Hierarkia toimii täysin samalla tavalla kuin putkiston mallinnuksessa. Kuvassa 9 nähdään E3D ohjelmaan tuodut säiliöt ja lähtevät linjat. Harmaat ovat existing putkia (olemassa olevia) ja ruskeat suunnittelijan suunnittelimia uusia putkia. (AFRY Finland Oy, 2018)

Kuva 9. E3D Säiliöstä lähtevät linjat

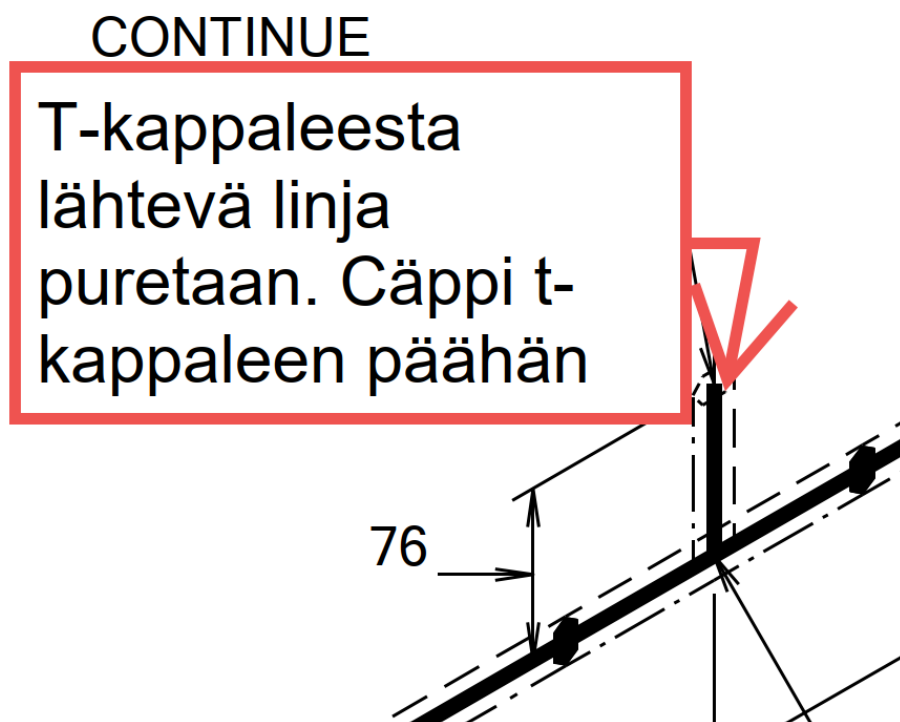


3.7 Autodesk AutoCAD raster design

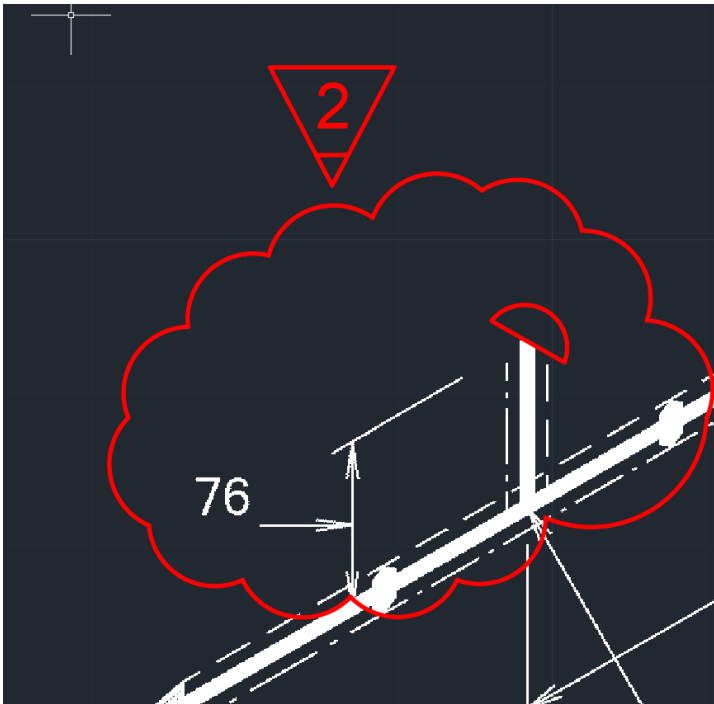
Olemassa olevien putkisto isometriä revisiointi raster työkalua käyttäen. On tilanteita missä vanhoja putkilinjoja joudutaan muuttamaan fyysisesti. se tarkoittaa sitä, että niistä tuotetut isometrit joudutaan revisioimaan oikeanlaisiksi. Nykyään kun viimeisin revisio yleensä löytyy PDF-tiedostona, niin on se helppo muuttaa TIFF-tiedostoksi ja avata AutoCAD:ssä. AFRYn sisäiset revisiot tehdään sillä mallinnusohjelmalla millä putkisto on suunniteltu. AutoCAD rasteria käytetään pääsääntöisesti jonkin toisen yrityksen tuottamiin isometreihin. (AFRY Finland Oy, 2021)

Revisiot merkitään järjestykseen numeroin tai kirjaimin, esimerkiksi 01. Suunnittelija tai urakoitsija punakynää eli tekee halutut muutokset alkuperäiseen isometriin. Punakynätyn isometrin (Kuva 10. Punakynätty isometriperusteella tehdään muutokset alkuperäiseen isometriin AutoCAD:lla raster työkalua käyttäen. Kuva 11. Revisioitu isometrinähdään, miltä revisioitu isometri näyttää AutoCAD:ssä. Tämän jälkeen se ajetaan PDF-tiedostoksi ja on valmis jakeluun. Revisiot tulee aina pilvittää (revision cloud), jotta pysytään kärryillä tehdyistä muutoksista ja revisiointi numerosta. Valmis revisio ajetaan PDF-tiedostoksi. (AFRY Finland Oy, 2021)

Kuva 10. Punakynätty isometri



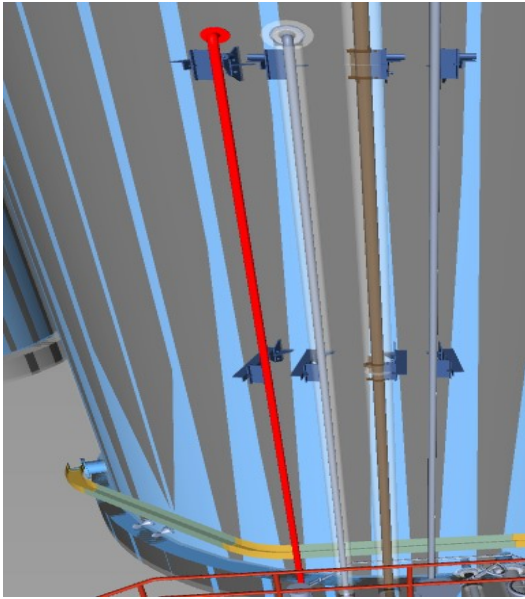
Kuva 11. Revisioitu isometri



3.8 Autodesk Navisworks

Autodesk Navisworks (navis) on katselmointi ohjelma. Siihen tuodaan kokonaisuuksia 3D-mallinnusohjelmista. Tarkoitus olisi päästä samanlaiseen näkymään mallissa kuin mitä se on fyysisesti kentällä. Projekteissa joissa käytetään Navisworksia, niin se helpottaa paljon yhteistyötä projektin eri osapuolten kanssa työskennellessä. Ajatellaan linjoja, jotka täytyy purkaa merkitään ne mallissa esimerkiksi punaisiksi kuvan 12 mukaisesti. Helpottaa urakoitsijoita huomattavasti, jos pystyvät mallista katsomaan suoraan purettavat linjat. Navisworks toimii myös suunnittelijan apuna erinomaisesti putkea reitittäessä, sekä kannakoinnin teräksien löytämisessä. (AUTODESK Platium Partner, n.d.)

Kuva 12. Purkukuva mallista



3.9 3D-ohjelmista ajettavat dokumentit

Kun järjestelmät alkavat valmistua, niin jokaisen järjestelmän dokumenteista luodaan paketteja, jotka sitten jaetaan eteenpäin asiakkaille, urakoitsijoille jne. Tärkeimmät ovat putkilinjalistat, materiaalilistat, kannakelistat.

3.9.1 Layout

Layout on 2D-kuva, jonka tarkoituksena on kertoa esimerkiksi laitoksen alueella sijaitsevista laitteista, sekä rakenteista. Layout kuvan avulla pystytään alueelta löytämään esitetyt kohteet. 3D-malleista voidaan tuottaa layoutteja ja rajata näkyviin halutut alueet. Helpottaa yksityiskohtaisemmin näyttää halutut kohteet. (V. Kuittinen, Teams keskustelu, 17.5.2022)

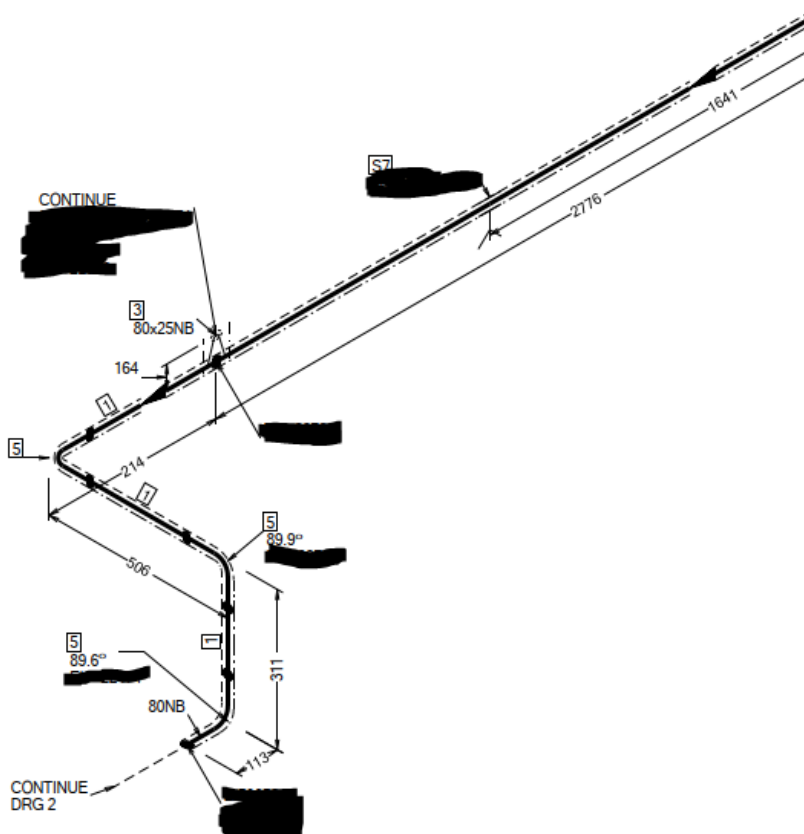
3.9.2 Putkiston tasopiirustukset

Yleisesti tasokuvat ovat hiipumaan päin, jalostamoihin, sekä paperitehtaisiin päivitetään vielä tasokuvia, joillekin alueille. Putkia ei juuri enää päivitellä putkitasokuviihin tai layoutteihin. Jos päivitellään, tehdään tasokuvat sinne asti mihin putkisto ulottuu. (V. Kuittinen, Teams keskustelu, 17.5.2022)

3.9.3 Putkistoisometri

Isometri eli valmistuskuva. Putkisto isometrejä tehtiin ennen käsin piirtotaulua hyödyntäen. Nykypäivänä isometri ajetaan suoraan ulos 3D-mallinnusohjelmasta. Isometri pitää sisällään kaiken sen tiedon mitä syötetään mallinnusohjelmaan. Urakoitsija näkee isometristä kaiken tarvittavan tiedon asennusta varten. Eri järjestelmien jokaisesta putkilinjasta tuotetaan omat isometrit. Jos suunniteltu putkilinja on hyvin pitkä, jakautuu isometri erisivuille ja näin ollen pysyy selvänä. Isometri myös kertoo aika selvästi, jos mallin puolella on mennyt jokin väärin. Jokaisen järjestelmän isometreistä tehdään lista jakelua varten. Kuvassa 13 esimerkkiä E3D:llä suunnitellusta putkilinja isometristä.

Kuva 13. Isometri



3.9.4 Materiaaliluettelot

Materiaaliluettelo on useimmiten Excel taulukko. Materiaaliluetteloon tulee kaikki tarvittava tieto, jonka mukaan urakoitsija tilaa materiaalit. Jokaisen järjestelmän putkilinja on listattava. Kuulostaa kovalta työltä, mutta E3D-mallista voi valita haluamat linjat ja generoida ne automaattisesti. Putkilinjoihin tulee aina jonkinlaisia muutoksia, niin materiaaliluettelo on päivitettävä sen mukaan. Pienet muutokset hoituvat käsityönä, mutta suuremmat muutokset ovat hyvä generoida. Myös kannakoinnista tehdään samantyylinen listaus. (V. Kuittinen, Teams keskustelu, 17.5.2022)

3.9.5 Kannakke kuvat

Kannakke kuvien luonti on helppoa, mutta työlästä koska niitä on satoja. Leikkauskuvat saa helposti ajettua E3D-mallinnusohjelmasta. Jäljelle jäävä osuus on mittojen lisäys ja tutkia mistä suunnasta leikattuna, urakoitsija ymmärtää parhaiten.

4 Putkiston kannakointi

Putkiston kannakointi on putkistosuunnittelijan suurin tehtävä reitityksen jälkeen ja se tapahtuu 3D-mallinnusohjelmalla. Kannakkeet jaetaan kahteen ryhmään primääri ja sekundäärikannakkeisiin. Kannakkeiden sijoitus määräytyy putken ympärillä olevien teräksien mukaan. Putkea reitittäessä kannattaa pitää silmällä erilaisia tartunta kohtia sekundääreille. Mahdollista on myös, että kannakeväli paisuu liian suureksi on tällöin suunniteltava tukirakenne pitämään kannakeväli toleranssissaan. On varmistuttava siitä, että tukirakenteet kantavat kannakkeisiin kohdistuvat voimat, epäselvissä tilanteissa rakennesuunnittelu avustaa. Voi olla myös tilanteita, että kannakeväli paisuu pakosti yli rajojen on tällöin putkistolle/kannakoille tehtävä lujuusanalyysi. (PSK7302/2021)

Putkistoihin vaikuttaa erilaisia voimia. Tästä johtuen kannakoinnilla on hyvin suuri merkitys putkistossa ja ne voidaan jakaa erilaisiksi tehtävä kokonaisuuksiksi. Ensisijainen tehtävä kannakoinnilla on tukea pystysuunnassa tulevia voimia (pysyvät kuormat) putkiston omaa ja sen sisällön painoa. Lumikuormat ja tuuli on huomioitava ja ne luokitellaan pysyviin

kuormiin. Standardia PSK 7304 voi hyödyntää näissä tapauksissa. Lämpöliikkeiden estäminen ja ohjaus. Lämpöliikkeistä johtuen on kannakointi suunniteltava siten, että putkistoon, kannakkeisiin tai erilaisiin laitteisiin ei kohdistu liian suuria rasituksia. Dynaamiset kuormat, joita voivat olla esimerkiksi virtaavasta aineesta aiheutuvat värähtelyt. Värähtelyjä hallitaan lisäämällä putkistoon kiintopisteitä. Standardissa PSK 5712 löytyy tietoa dynaamisen kuorman hallintaan. (PSK7302/2021)

Kannakkeet luokitellaan PED-luokan mukaan kolmeen eri luokkaan taulukon 2 mukaisesti. (SFS-EN 1480-3:2017, 2017)

Taulukko 2. Kannattimien luokittelu (SFS-EN 1480-3:2017, 2017)

Putkiston PED-luokittelu	Kannakointiluokka
III	S 3
II	S 2
I / ei luokiteltu ^a	S 1
^a Sisältää jäsenvaltion käyttämän hyvän konepajakäytännön (PED, artikla 4.3).	

4.1 Primääriskannake

Primääriskannake on standardin mukainen komponentti, joka sijoitetaan aina putkeen. Ei saa sijoittaa esimerkiksi laitteisiin tai vastaaviin. Teollisuusputkistoissa primääriskannakkeita ovat liukuskannakkeet, riippuskannakkeet, sekä kiintopisteet. Alempana tarkempaa kuvausta kyseisistä kannakkeista.

4.1.1 Riippuskannake

Riippuskannaketta (kuva 14) käytetään paljon, etenkin sisätiloissa. Riippuskannakkeessa tukipiste sijaitsee putken yläpuolella. Riippuskannakkeelle tulevat putket joudutaan reitittämään usein kaukana ympärillä olevista tukirakenteista. Ripustustangon avulla voidaan kiinnittyä korkeallakin olevaan rakenteeseen ja näin ollen mahdollistaa riippuskannakoinnin.

Tämä kannakointi tyyli ei vaimenna värähtelyä kovinkaan tehokkaasti, siksi sitä käytetään paljon pienissä putkissa. Sekundääriteräksiä harvoin tarvitaan tässä kannakointi menetelmässä ja on kustannustehokas. (PSK7302/2021)

Kuva 14. Riippukannake

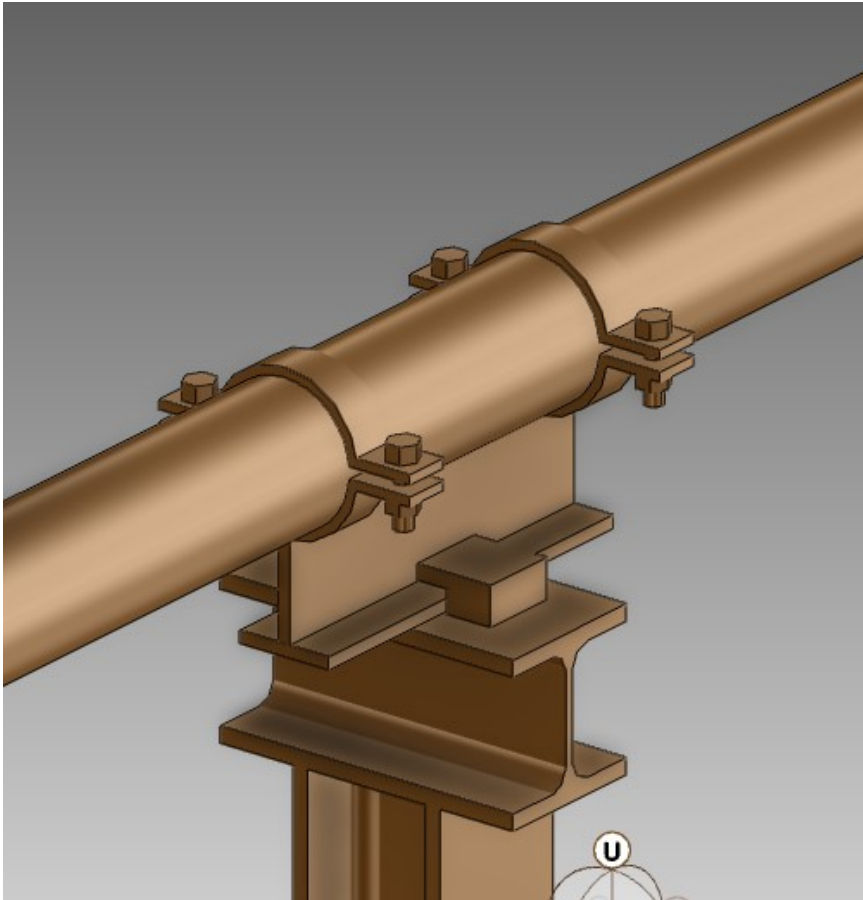


4.1.2 Liuku- ja kynsiohjattu liukukannake

Liukukannake on yleisin käytetty kannakointi muoto teollisuusputkistoissa. Liukukannakkeen muodostaa liukujalka ja siihen hitsatut putkisangat. Liukukannake liikkuu sekundääriteräksen päällä putken mukana lukuunottamatta alaspäin kohdistuvaa voimaa. Lämpöliikkeistä johtuen on suunnittelijan oltava tarkka siitä, ettei liukukannake pääse putoamaan sekundääriteräkseltä.

Kynsiohjattu liukukannake (kuva 15) toimii samalla periaatteella, kuin liukukannake. Kynsiohjatussa liukukannakkeessa on sekundääriteräkseen hitsattu, joko kevyet tai raskaat kynnet. Varsinainen tarkoitus tällä kannaketyypillä on hillitä putkiston sivuttaisliikkeitä esimerkiksi tuulta, sekä kevyitä värähtelyjä. Käytetään enimmäkseen pitkillä suorilla putkisto osuuksilla. Kynnet estävät myös kannakkeen putoamisen sekundääriltä. Nämä kannakointi tavat eivät estä putken suuntaista liikettä. (PSK7302/2021)

Kuva 15. Kynsiohjattu liukukannake



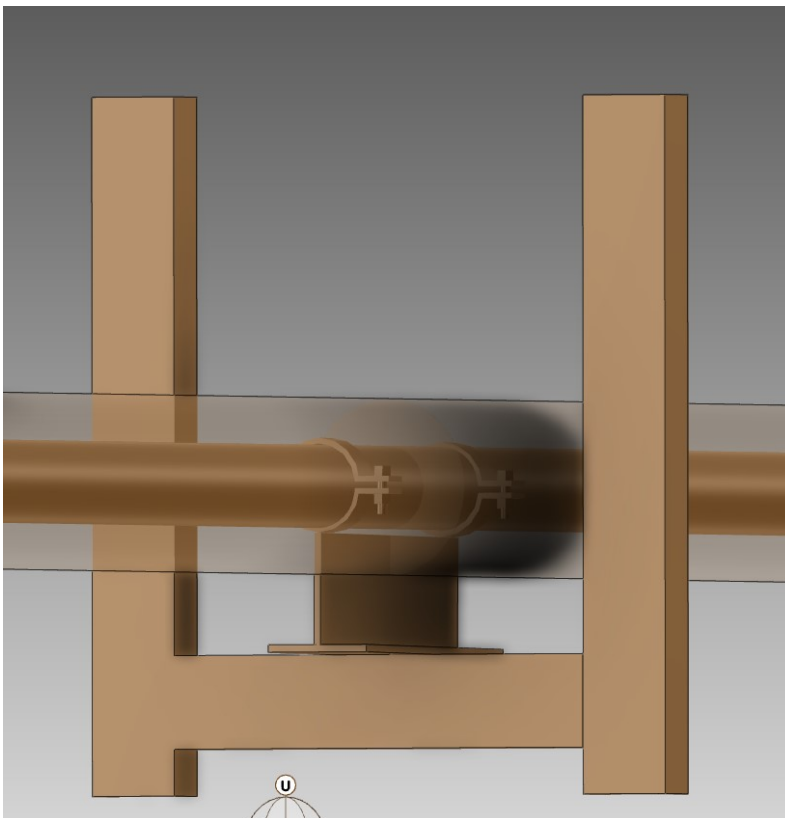
4.1.3 Kiintopiste

Kiintopisteitä putkistossa käytetään ohjaamaan lämpöliikettä halutusti. Pitkillä suorilla osuuksilla on kiintopiste hyvä sijoittaa putken keskelle, niin lämpöliike jakautuu tasaisesti molempiin suuntiin. Kiintopistettä ei aina pysty asettamaan putken keskelle, sille on löydettävä putken liikkeen mukainen sijainti jostakin muualta. Lujuuslaskijoilta saa apua ongelma tilanteissa. 1-puoleisessa kiintopisteessä liukujalka hitsataan kiinni sekundäärikannakkeeseen ja liikkuminen putkisankojen suhteen estetään estopaloilla. Estopaloja käytetään eniten pystyputkissa. (PSK7302/2021)

4.2 Sekundäärirakennus

Sekundäärirakennuksen tehtävä on toimia primäärirakennuksen alustana. Sekundäärit useimmiten hitsataan rakenteisiin. Sekundäärirakennukseen kohdistuu huomattavasti suuremmat voimat, kuin primäärirakennukseen. On oltava huolellinen siitä millaiseen rakenteeseen sekundäärirakennus hitsataan kiinni. Kiinnityslevyjä käytetään jos rakenteena on betoni. Lähtökohtaisesti sekundäärirakennukset voidaan luokitella kahteen ryhmään ulokekannakkeisiin ja porttikannakkeisiin. Projektikohtaista mitä teräsprofiilia käytetään. Yleisesti ulokekannakkeissa käytetään U-profiilia, sekä HE-profiilia. Kuvassa 16 nähdään porttikannake, jotka usein ovat putkipalkkeja. Lujusarvot näille kyseisille palkeille on määritetty standardissa SFS-EN 13480-3. (PSK2402/2021)

Kuva 16. Porttikannake



4.3 Kannakevälit

PSK 7304 standardissa kannakevälit on määritelty lämpötilassa +20 °C ja ne sopivat aina 400 °C asti. Lämpötilan noustessa määriteltyjen asteiden välillä teräksen lujuus pienenee merkittävästi, mutta kuitenkin sallituissa rajoissa ja kimmokerroin pienenee vain vähän, joten sillä ei ole vaikutusta. Suurilla painella olevat putket ovat myös suurempia paksuudeltaan, näin ollen paineen vaikutus yleensä eliminoituu. Harvemmin paine vaikuttaa kannakeväleihin. Käyrien sijainneilla on merkitystä kannakeväleihin, sekä eristeillä. Käyrien ja eristeiden kohdalla kannakeväliä laskiessa käytetään korjauskertoimia apuna. Kannakevälit ovat metreissä ja mitä suuremmaksi putken nimelliskoko (DN) kasvaa, niin kannakeväli pitenee. Taulukko 3. Eristettyjen ruostumattomien teräsputkien kannakevälin korjauskertoimet nähdään korjauskertoimia kaasua tai nesteitä sisältäville putkille. Suunnittelijan täytyy itse pystyä tulkitsemaan onko kyseessä jäykästi- tai vapaasti tuettu kannakeväli. (PSK7304/2021)

Taulukko 3. Eristettyjen ruostumattomien teräsputkien kannakevälin korjauskertoimet (PSK7304/2021)

DN	Kaasu / Gas		Neste / Liquid	
	Eristyspaksuus Insulation thickness		Eristyspaksuus Insulation thickness	
	60 mm	120 mm	60 mm	120 mm
10	0,6	0,4	0,7	0,5
15	0,6	0,5	0,7	0,5
20	0,7	0,5	0,7	0,6
25	0,7	0,5	0,8	0,6
32	0,7	0,6	0,8	0,6
40	0,7	0,6	0,8	0,7
50	0,7	0,6	0,9	0,7
65	0,8	0,6	0,9	0,7
80	0,8	0,7	0,9	0,8
100	0,8	0,7	0,9	0,8
125	0,8	0,7	0,9	0,8
150	0,8	0,7	0,9	0,8
200	0,8	0,7	1,0	0,9
250	0,8	0,7	1,0	0,9
300	0,9	0,7	1,0	0,9
350	0,9	0,7	1,0	0,9
400	0,9	0,8	1,0	0,9
450	0,9	0,8	1,0	0,9
500	0,9	0,8	1,0	0,9
600	0,9	0,8	1,0	1,0
700	0,9	0,8	1,0	1,0
800	0,9	0,9	1,0	1,0
900	0,9	0,9	1,0	1,0
1000	0,9	0,9	1,0	1,0
1200	1,0	0,9	1,0	1,0

5 Pohdinta

Tarkoituksena opinnäytetyössä oli luoda perehdytysmateriaalia putkistosuunnittelusta.

Tämän perehdytysmateriaalin avulla kokemattomalla suunnittelijalla on helpompi sisääntulo projekteihin, sekä käsitys siitä mitä asioita uran alkuvaiheessa käsitellään.

Keväällä 2021 kun aloitin työt, itseopiskelun määrä oli valtava erilaisista AFRYn sisäisistä dokumenteista, sekä standardeista. Kysymysten määrä kollegoille oli suurta ja välillä mietin, mikä on liikaa ja mikä ei. Opinnäytetyön aihe syntyi oikeastaan siitä, miten vähentää kysymystulvaa perusasioista, esimerkiksi mikä kannaketyyppi tämä on? Vaikeinta oli miettiä mitä asioita haluan tuoda esille ja miten. Päädyin tuomaan asioita, joita itselleni tuli vastaan vuoden aikana.

Esimiesten kanssa keskustellessa vielä tämänytylistä perehdytysmateriaalia ei ole, näin ollen uskon, että tätä opinnäytetyötä voidaan käyttää perehdytysmateriaalina tuleville suunnittelijan aluille.

Lähteet

AFRY. (n.d.-a). *ÅF ja Pöyry yhdistyivät AFRYksi*. <https://afry.com/fi-fi/tietoa-meista>

AFRY. (n.d.-b). *Faktat*. <https://afry.com/fi-fi/tietoa-meista>

AUTODESK Platium Partner. (n.d.). *Navisworks*. Haettu osoitteesta <https://arkance-systems.fi/ohjelmistot/autodesk/autodesk-navisworks/>

Jäntti, J. (2020). *Putkistosuunnittelu* [opinnäytetyö, LAB ammattikorkeakoulu].

PSK 2402. (2021). *Teollisuuden putkistot. Putkistosuunnittelun perusteet-*, 12,13,15. PSK Standardisointi.

PSK 2410. (2021). *Putkiston tilantarve ja suositeltavat putkivälit-*, 6,7,8,9. PSK Standardisointi

PSK 4240. (2021). *Putkiluokka E16H2A painelaitteikäyttöön. Austeettinen ruostumaton CrNiMo-teräs-*, 12,13,15. PSK Standardisointi.

PSK 7302. (2021). *Putkiston kannakointi. Kannakestandardien käyttö-*, 2,3,9,16. PSK Standardisointi

PSK 7304. (2021). *Putkiston kannakointi. Teräsputket. Putkien suositeltavat kannakevälit-*, 4,6,10. PSK Standardisointi

SFS-EN 13480-3:2017. (2017). *Metalliset teollisuusputkistot. Osa 3: Suunnittelu ja laskenta-*, 5,129. SFS Online.

Tukes. (n.d.). *Painelaitteiden suunnittelu, valmistus ja vaatimustenmukaisuuden arviointi*. Haettu osoitteesta <https://tukes.fi/tietoa-tukesista/materiaalit/painelaitteet/painelaitteiden-suunnittelu-valmistus-ja-vaatimustenmukaisuuden-arviointi>

Vertex G4. (2021). *Prosessi- ja Instrumenttikaavioiden suunnittelu* [kuva]. Haettu osoitteesta <https://docs.vertex.fi/g42021fi/html/g4/pidiagram/pldiagramoverview.html>