

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

SALAOJIEN SUUNNITTELU RAKENNUSPOHJAN KUIVATUSJÄRJESTELMÄSSÄ

TEKIJÄ: Olli Mussalo

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä Olli Mussalo			
Työn nimi Salaojien suunnittelu rakennuspohjan kuivatusjärjestelmässä			
Päiväys	5.12.2022	Sivumäärä/Liitteet	36
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani WSP Finland Oy			
Tiivistelmä Opinnäytetyön tarkoituksena oli koota salaojasuunnittelun olennaisimmat huomioon otettavat asiat sekä kehittää suunnittelun tueksi komponentti Tekla Structures-ohjelmistoon. Kuivatuksen suunnittelu on olennainen osa rakennusten terveellistä toteutusta ja rakennuspohjat usein salaojitetaan, joten komponentin kehitys salaojien mallintamista varten oli tarpeellista. Työssä perehdyttiin rakennuspohjan kuivatuksen suunnitteluvaiheisiin, tarvittaviin lähtötietoihin, materiaaleihin sekä tuotettaviin suunnitelmiin. Tietoa kerättiin myös komponentin toteuttavasta Tekla Custom Component -työkalusta ja sen eri käyttömahdollisuuksista. Komponentti toteutettiin rakennesuunnittelijoiden mallinnustyössä havaitsemien tarpeiden pohjalta. Työkalu pyrittiin toteuttamaan mahdollisimman yksinkertaiseksi ja selkeäksi, jotta sen käyttö olisi helppoa ja palvelisi käyttäjänsä tarpeita. Työn tuloksena tilaajalle tuotettua komponenttia tullaan hyödyntämään osana kuivatussuunnittelun prosessia. Työkalu jaetaan Tekla Warehouse -jakelukanavan avulla kaikkien tilaajayrityksen suunnittelijoiden käyttöön. Lisäksi työtä voidaan käyttää perehdytyksenä tai muistilistana eri kokemustason omaaville suunnittelijoille.			
Avainsanat salaoja, kuivatus, Tekla Structures, Custom Component			

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Civil Engineering	
Author Olli Mussalo	
Title of Thesis Design of Drains in the Drainage System of Foundations	
Date 5 December 2022	Pages/Appendices 36
Client Organisation /Partner WSP Finland Ltd	
<p>Abstract</p> <p>The aim of the thesis was to gather the most important things to consider in the drainage design and to develop a component to support the design in Tekla Structures software. The design of drainage is essential to the healthy implementation of buildings and the building bases are often drained, so the development of the component for modelling the drains were necessary.</p> <p>The thesis examined the design phases of the drainage of the building floor, all the necessary initial data, materials and the plans to be produced. Information was also collected on Tekla Custom Component and its various possibilities for use. The component was produced on the basis of the needs identified by structural engineers in their modelling work. The aim was to make the tool as simple and clear as possible so that it would be easy to use and serve the needs of its user.</p> <p>As a result, the component produced for the subscriber will be used as part of the drainage design process. The new component will be distributed via Tekla Warehouse to all the designers of the client organisation. In addition, the work can be used as an orientation or a checklist for structural designers with different levels of experience.</p>	
<p>Keywords</p> <p>drain, drainage, Tekla Structures, Custom Component</p>	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	RAKENNUSPOHJAN KUIVATUS.....	8
2.1	Yleistä	8
2.2	Suunnitelman vaativuus ja laatija	8
2.3	Lähtötiedot	9
2.4	Piirustukset.....	9
2.5	Piirustusmerkinnät	10
3	POHJA- JA MAARAKENTEET SALAOJITUKSESSA	10
3.1	Kosteuslähteet	10
3.1.1	Maaperässä ja maan pinnalla oleva vesi	11
3.1.2	Rakennuksen alla ja perustusten ympärillä oleva vesi ja kosteus.....	12
3.2	Maarakenteet	12
3.3	Kapillaarikatko	13
3.4	Routasuojaus.....	13
4	SALAOJITUKSEN TARVIKKEET, MATERIAALIT JA LAITTEET	14
4.1	Salaojien sijoitus	14
4.2	Salaojaputket.....	15
4.3	Salaojajärjestelmän kaivot	16
4.3.1	Tarkastuskaivot	17
4.3.2	Tarkastusputket.....	18
4.3.3	Perusvesikaivot.....	19
4.4	Kansistot	20
4.5	Salaojavesien purku	20
4.5.1	Pumppaamo.....	21
4.6	Salaojien tarkastus.....	21
5	SALAOJAKOMPONENTIN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS.....	22
5.1	Tekla Structures ja Tekla Custom Components	22
5.2	Komponentin suunnittelu.....	22
5.3	Komponentin määrittäminen	22
5.4	Komponentin muokkaaminen.....	25
5.4.1	Komponentin profiili ja muodon sidonta	25

5.4.2	Komponentin kaato.....	26
5.4.3	Mittapisteeet	28
6	SALAOJAKOMPONENTIN JATKOKEHITYS.....	28
6.1	Toissijaisten osien määrä.....	28
6.2	Uuden pääkomponentin toteutus	29
6.3	Käyttöliittymä	32
7	SALAOJIIEN MALLINTAMINEN KOMPONENTILLA.....	34
8	POHDINTA.....	35
	LÄHTEET	36

KUVALUETTELO

Kuva 1.	Yleisesti käytettyjä piirustusmerkintöjä (RIL 126-2020. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus 2020.).....	10
Kuva 2.	Rakennuksen ulkopuoliset kosteuslähteet (RIL 126-2020. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus 2020.).....	11
Kuva 3.	Salaojakiviaines RIL1 (RIL 126-2020. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus 2020.).....	13
Kuva 4.	Periaatekuva salaojaputken ja sadevesiviemärin sijoituksesta perustuksiin nähden rakennuksen ulkopuolella. (Kosteudenhallinta.fi 2022)	14
Kuva 5.	Tuplasalaojaputki SN8 (Meltex, 2022)	16
Kuva 6.	Jälkiliittymäsatula (Meltex, 2022)	16
Kuva 7.	Jälkiliitoskumi (Meltex, 2022).....	17
Kuva 8.	Salaojan tarkastuskaivo kolmella putkiyhteellä ja muovikansistolla (Meltex, 2022).....	17
Kuva 9.	Salaojakaivopaketti teleskooppikansistolla (Meltex, 2022).....	18
Kuva 10.	Salaojan tarkastusputkipaketti kahdella putkiyhteellä (Meltex, 2022)	19
Kuva 11.	Perusvesikaivopaketti teleskooppisella kasistolla ja kahdella tuloyhteellä (Meltex, 2022)	20
Kuva 12.	Kellarillinen omakotitalo (Torsten Salaojaremontit 2021).....	21
Kuva 13.	Steel column -työkalu ja salaojakaivo mallissa (Mussalo 2022)	23
Kuva 14.	Steel beam -työkalu ja salaojaputki kaivojen välillä. (Mussalo 2022)	24
Kuva 15.	Custom Component Wizard vaihe 1/4 (Mussalo 2022)	24
Kuva 16.	Custom Component Wizard vaiheet 2..4/4 (Mussalo 2022).....	25
Kuva 17.	Pinnat -alasvetovalikko Custom component editorissa (Mussalo 2022).....	25
Kuva 18.	Variables -taulukko (Mussalo 2022)	25
Kuva 19.	Parametrit P1 ja P1 Variables -taulukossa (Mussalo 2022).....	25
Kuva 20.	Muuttujan parametri referenssin ja tunnusmerkkijonon avulla (Mussalo 2022)	26

Kuva 21. Custom component browser (Mussalo 2022).....	26
Kuva 22. Osien välinen etäisyys ja parametriin linkitetyt muuttujat (Mussalo 2022)	27
Kuva 23. Liitososa sidottuna pääosan alkupisteeseen (Mussalo 2022)	27
Kuva 24. Liitososan alku ja loppupään korkoasemat määrittävät parametrit (Mussalo 2022)	27
Kuva 25. Mittapiste salaojaputken päässä (Mussalo 2022)	28
Kuva 26. Mallinnetut pää- ja toissijaiset osat, liitokset ja referenssiosat (Mussalo 2022).....	29
Kuva 27. Referenssiosan tiedot (Mussalo 2022).....	29
Kuva 28. Referenssiosien sidonnat jaoteltuina (Mussalo 2022)	30
Kuva 29. Muuttujat parametreineen Variables -taulukossa (Mussalo 2022).....	30
Kuva 30. Ensimmäiseen liitososaan viitatus muuttujat (Mussalo 2022)	31
Kuva 31. Toisen liitososan lähtökorko (Mussalo 2022)	31
Kuva 32. Toiseen liitososaan viitatus muuttujat (Mussalo 2022).....	32
Kuva 33. Creation -ominaisuuden arvo (Mussalo 2022).....	32
Kuva 34. Alkuperäinen käyttöliittymä (Mussalo 2022)	33
Kuva 35. Muokattu käyttöliittymä (Mussalo 2022)	33
Kuva 36. Komponentilla mallinnetut salaojat (Mussalo 2022)	34

1 JOHDANTO

Rakennus ja sitä ympäröivät alueet pyritään pitämään riittävän kuivina, ettei rakennuspaikan maaperässä kapillaarisesti ylöspäin nouseva tai muu haitallinen kosteus pääse rakenteisiin. Rakennuspaikan olosuhteet voivat kuitenkin vaatia salaojitusta perustusten kuivana pitämiseksi. Salaojissa vesi virtaa painovoimaisesti ja väärin suunniteltu kuivatus voi edistää kosteuden kulkeutumista rakenteisiin sekä aiheuttaa talon turvallisuuden tai terveellisyyden vaarantumista ja lyhentää rakennuksen käyttöikää.

Työn tavoitteena on toimia apuna salaojien suunnittelua varten sekä tuottaa suunnittelun tueksi mallinnuskomponentti Tekla Structuresiin. Työhön kootaan ne asiat, mitkä rakennesuunnittelijan täytyy ymmärtää kuivatussuunnittelun lähtötiedoista, suunnitteluperusteista ja toiminnasta uudisrakentamisessa. Komponentti toteutetaan rakennesuunnittelijoiden mallinnustyöstä saatavien havaintojen perusteella. Työssä tuotettavalla komponentilla on tarkoitus suoraviivaistaa, nopeuttaa ja yhdenmukaistaa salaojien mallintamista.

Työn on tarkoitus olla tiivis kokonaisuus, minkä pohjalta lukija saa käsityksen salaojien suunnittelusta. Työn teoriaosassa esitetään rakennuspohjan kuivatus yleisesti, maaperään ja kosteuslähteisiin liittyvät asiat sekä salaojajärjestelmä ja sen osat. Työssä käydään läpi myös salaojakomponentin tekeminen ja sitä voidaan käyttää apuna muiden komponenttien teossa Tekla Structures -ohjelmaan.

2 RAKENNUSPOHJAN KUIVATUS

2.1 Yleistä

Rakennuspohjan kuivatus on olennainen osa tonttialueen kuivatuksen kokonaisuutta. Rakennuspohjan kuivatus tarkoittaa pohjaveden kapillaarisen nousun katkaisemisen kapillaarikatkojen ja salaojituskerrosten avulla. Käsitteeseen sisältyy myös rakennuspohjan alueelle kertyvien vajo- ja pohjavesien keräämisen sekä johtamisen salaojakerrosten avulla pois rakennuksen alueelta, joko hulevesiviemäriverkostoon tai maastoon. Vesien poisto voidaan toteuttaa painovoimaisesti viettoviemäröintinä tai tarpeen vaatiessa pumppaamalla. Olennaista kosteusvaurioiden torjunnassa rakennuspohjan kuivatuksen lisäksi on rakennuksen korkeusaseman valinta ja rakennusta ympäröivien piha-alueiden tasaus ja kuivatus. Korkeusasemassa ja piha-alueiden tasauksen suunnittelussa ja toteutuksessa tulee ottaa huomioon, ettei pihalle tulevista hulevesistä, kuten rakennuksen kattovesistä, aiheudu haittaa ja vaurioita rakennukselle tai sen perustuksille. (RIL 126-2020. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus 2020, 9.)

Rakennuspohjan tehokkaalla kuivattamisella sekä kosteuden ja vedeneristyksillä estetään kosteudesta tai vedestä rakennuksen rakenteille tai käytölle aiheutuvat haitat. Kosteus voi aiheuttaa vahinkoja maalipinnoille, lattianpäällysteille ja niiden liimoille sekä homeutumista, hajuhaittoja ja edistää lattiasienen kehittymistä ja nopeuttaa puuosien lahoamista. Tonttialueen kuivatuksella pyritään estämään alueen kasvillisuutta, ulkonäköä ja käyttöä haittaavan veden lammikoituminen ja jäätyminen. Liikennealueilla rakenteen suunnittelun kantavuuden saavutuksen ja rakenteen routimisen hallinnan edellytyksenä on päällysrakenteen toimiva kuivatus ja vesien hallinta. Rakennuspohjan ja tontin kuivatuksen suunnittelukokonaisuuden lisäksi rakennuksen rakenteet ja rakennejärjestelmät on suunniteltava niin, että ne osaltaan estävät kosteuden haitallisen pääsyn rakenteisiin. (RT 81-11000 Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus. Tilaajan ohje 2010, 1.)

2.2 Suunnitelman vaativuus ja laatija

Rakennuspohjan kuivatuksen suunnittelu kuuluu rakennushankkeen pohjarakennussuunnitteluun. Lähtökohtaisesti kuivatuksen suunnittelijalla tulee olla riittävästi alan suunnittelukokemusta, riippuen kuivatustehtävän vaativuudesta. Vaativuuden mukaisiin perustietoihin luetaan geotekniikka, rakennetekniikka, rakennusfysiikka, rakennuksessa suoritus sekä siinä käytettävät laitteet. Rakennettavan kohteen erityissuunnittelijoiden (rakennesuunnittelija, pohjarakennesuunnittelija, lvi-suunnittelija) yhteistyön merkitys korostuu kuivatustehtävän suunnittelussa. (RIL 126-2020. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus 2020, 13.)

Yleensä pohjarakennesuunnittelutehtävät jaetaan geoteknisen suunnittelijan ja rakennesuunnittelijan kesken. Näin varmistetaan geotekniikan ja pohjarakenteiden riittävä asiantuntemus. Suunnittelutehtävien yhteensovittamisesta muiden rakennesuunnitelmien kanssa vastaa vastaava erityissuunnittelija (Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat. Suomen RakMK A2 2002, 4).

2.3 Lähtötiedot

Kuivatuksen suunnittelun alkutilanteessa on tärkeää tietää lähtötilanne rakennuksen alapuolisista ja ympärillä vallitsevista olosuhteista. Rakennuspaikan tutkimuksien ja arviointien avulla määritellään rakennuspohjan kuivatuksen tarve. Maaperätutkimukset ja pohjarakenteiden suunnittelu vaikuttavat rakennesuunnitteluun kokonaisvaltaisesti, koska rakennuksen kantavuudesta ja terveydestä tulee varmistua. Rakennuspaikan ja maaperän lisäksi kuivatuksen suunnitteluun vaikuttaa rakennuksen koko sekä muoto. Esimerkiksi maanalaiset rakenteet on yleensä tarpeellista kuivattaa.

Rakennuspohjan kuivatuksen teknisesti ja taloudellisesti hyvän suunnitelman edellytyksenä on, että sen suunnittelijalla on käytävissä riittävän tarkat, laajat ja luotettavat lähtötiedot tontista sekä sen ympäristöstä. Lähtötietojen laajuuden tulee olla niin riittävä, että kaikki suunnittelun vaiheissa eteen tulevat tekijät, kuten topografia, hydrologia ja pohjaolosuhteet voidaan huomioida suunnitelman vaatimuksen edellyttämällä tarkkuudella. Tutkimukset tehdään joko vaiheittain tai kerralla. Vaiheittain tehtäessä tulee ottaa huomioon suunnitteluvaiheen vaatima tarkkuus, kun taas kerralla tehdyt tutkimukset tulee olla toteutettu lopullisen ja yksityiskohtaisen suunnittelun vaatimalla tarkkuudella pohjatutkimusohjeiden mukaisesti. (RIL 126-2020. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus 2020, 15.)

Rakennuspohjan kuivatustapa valitaan kuivatustarpeen selvityksen jälkeen. Kuivatusta ei aina tarvita, mutta usein vähintään katkaistaan pohjaveden kapillaarinen nousu alapohjan ja perustusten alle sekä sokkeleiden ympärille tehtävällä salaojituskerroksella. Muita tapoja on kuivatus salaojajärjestelmän avulla, vesitiivis rakenne vedenpaine-eristyksineen ja tiivisterakenne sisäpuolisella salaojituksella. Kuivatuksen lisäksi on arvioitava ja järjestettävä tarpeellinen perustusten ja alapohjarakenteiden kosteudeneristys, radonsuojaus sekä tuuletus. (RIL 126-2020. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus 2020, 32.)

2.4 Piirustukset

Salaojien suunnittelussa tuotetaan erilaisia piirustuksia toteutusta varten. Piirustuksista käy normaalisti ilmi salaojien ja kaivojen sijainti x, y ja z -suunnissa, veden suunniteltu virtaussuunta, putkien liityntäkorot kaivoihin, kaivojen kansikorko sekä kaivojen ja salaojaputkien materiaali ja koko. Lisäksi tulee esittää vesien purun korkeusasema sekä mahdollisen pumppaamon sijainti ja korkeusasema. Salaojakaivojen kansikorot määräytyvät usein pinnantasaussuunnitelman mukaan. Mikäli salaojia sijoitetaan rakennuksen alle, tarkastuskaivojen kansikorkoon vaikuttaa myös lattioiden tai rakennuksen muun alapohjan yläpinnan korko. Suunnitelmissa esiintyvät salaojatyypit tuodaan esiin rakenneleikkauksissa suodatin-, salaojitus-, täyttö- ja lämmöneristyskerroksineen sekä perustuksineen. (RIL 126-2020. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus 2020, 24-25.)

Tietomallipohjainen suunnittelu on yleistynyt rakennusalalla ja nykyään suurien projektien lisäksi pienemmissäkin kohteissa suunnittelun ja toteutuksen tukena on käytössä tietomallit, jotka ovat tietokoneella luotuja rakennettavan tarkkoja malleja rakennuskohteista. Tietomalli sisältää yleensä vähintään rakennuksen rungon. Jos tietomalliin mallinnetaan salaojajärjestelmä kokonaisuudessaan, toteutukseen tarvittavat piirustukset voidaan tuottaa mallinnusohjelman kautta. Tietomalli sisältää geometrisen muodon lisäksi muitakin tietoja, kuten sijainti-, määrä- ja materiaalitietoja.

2.5 Piirustusmerkinnät

Salaojasuunnitelmissa käytetään erilaisia piirustusmerkintöjä kuvaamaan esimerkiksi korkeuksia, kaivoja, putkia ja kaatosuuntia. Piirustusmerkinnöiksi suositellaan *RIL 229 Rakennesuunnitelun asiakirjaohje* käytettyjä salaojitusta ja tontin kuivatusta koskevia merkintöjä. Jos piirustuksissa käytettävät merkinnät eivät sisälly tai muutoin poikkeavat edellämainittujen ohjeiden merkintöihin, niistä tulee laatia erillinen selvitys. Salaojasuunnitelmista laadittavassa tasopiirustuksessa on yleensä selitteet piirustuksessa käytetyille merkinnöille. (RIL 126-2020. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus 2020, 28.)

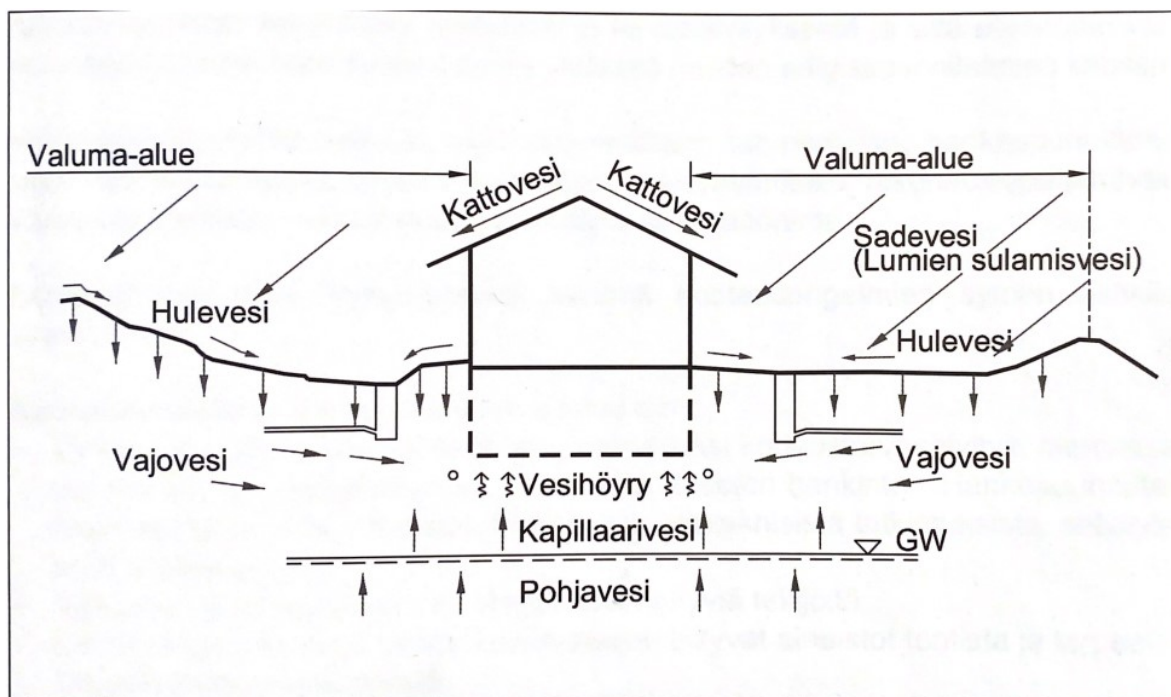
MERKINTÄ	SELITYS
37.30	NYKYISEN MAANPINNAN KORKEUS
+36.900	SUUNNITELTU PÄÄLLYSTEEN KORKEUS
160 M	SADEVESIVIEMÄRI, Du 160, PEH, (L = ERISTETTY)
+35.350 +36.800 +35.300 +35.280 +36.900	SADEVESI- JA TARKASTUSKAIVO, (RK = RÄNNIKAIVO)
	LIITOSPUTKIEN VESIJUOKSUJEN KORKEUDET KAIVON KANNEN OHJEELLINEN KORKEUS ASENNETAAN LOPULLISEN MAANPINNAN MUKAAN
	LIIMATTAVA BETONINEN REUNAKIVI, h = 100 mm
+0,70	PAINANNEOJA TAI AVO-OJA
+43.670 +43.650 +44.900	MUOVINEN SN4-LUOKAN SALAOJAPUTKI DN 100 (100/90) MUOVINEN TARKASTUSKAIVO LIITOSPUTKIEN VESIJUOKSUJEN KORKEUDET KAIVON KANNEN OHJEELLINEN KORKEUS ASENNETAAN LOPULLISEN MAANPINNAN MUKAAN
	SALAOJAVESIEN PUMPPAAMO

Kuva 1. Yleisesti käytettyjä piirustusmerkintöjä (RIL 126-2020. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus 2020.)

3 POHJA- JA MAARAKENTEET SALAOJITUKSESSA

3.1 Kosteuslähteet

Rakennesuunnittelijan on tärkeää tietää ja tunnistaa kaikki tonttialueen kosteuslähteet ja kosteuden kulkeutuminen tonttialueella, ennen kuin voidaan alkaa suunnitella kosteuden liikettä estäviä ja hallitsevia järjestelmiä. Kuvassa 2 näytetään rakennuksen ulkopuoliset kosteuslähteet.



Kuva 2. Rakennuksen ulkopuoliset kosteuslähteet (RIL 126-2020. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus 2020.)

3.1.1 Maaperässä ja maan pinnalla oleva vesi

Rakennuspohjan kosteudenlähteisiin kuuluu sade- ja sulamisvedet. Rakennuksiin tehdään sadevesijärjestelmä, mikä kerää katolle sataneen veden rännikourujen ja syöksytorvien kautta rännikaivoihin ja siitä maaperässä sijaitsevaan sadevesiputkiston kautta perusvesikaivoon. Sadevesiä ei saa johtaa salaojaputkistoon. Usein sadevesiputkisto kuitenkin voidaan suunnitella samaan perusvesikaivoon. Perusvesikaivoon kerätään piha-alueiden sade-, sulamis- ja valumavedet, mistä ne johdetaan eteenpäin hulevesien keräykseen esimerkiksi kunnalliseen hulevesiviemäriverkostoon.

Kaikki tonttialueelle satava lumi tai vesi ei johdu sadevesijärjestelmän kautta pois vaan osa haihtuu takaisin ilmaan, osa virtaa maanpintaa pitkin ojiin ja osa imeytyy painovoimaisesti maaperään, muodostuen myöhemmin pohjavedeksi. Salaojiin nousut pohjavesi ohjataan salaojaputkien kaadoilla perusvesikaivoon tai pumppaamoon. Kapillaarivesi on pohjavettä, mikä nousee maan aineksen ja vesimolekyylien välisen vetovoiman sekä veden pintajännitysvoimien vaikutuksesta pohjavedenpinnan yläpuolella oleviin maakerroksiin. Mitä hienorakeisempaa maalaji on, sitä helpommin ja korkeammalle kapillaarivesi nousee. Kapillaarivesi on ns. sidottua vettä eli veden pintajännitys on sitonut sen molekyylit maahiukkasten pinnalle niin tiukasti ettei sitä voida kuivattaa painovoimaisesti, kuten pinta-, hule ja pohjavesiä. (RIL 126-2020. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus, 10.)

Maanvastaisesti perustettujen rakenteiden kanssa kosketuksissa olevien maamateriaalien kapillaarisuus sekä muut kosteustekniset ominaisuudet tulee selvittää, että voidaan ehkäistä maasta rakenteisiin siirtyvä kosteus ja sen haitalliset vaikutukset (Pohjarakenteet. Suomen RakMK B3 2004, 6.)

3.1.2 Rakennuksen alla ja perustusten ympärillä oleva vesi ja kosteus

Pohjavedenpinnan yläpuolisen maakerroksen huokostilan vesihöyrystä aiheutuu kosteusrasitusta perustuksiin ja alapohjaan. Vesihöyrynä oleva kosteus pyrkii siirtymään korkeammasta osapaineesta alempaan osapaineeseen. Osapaine-erot aiheutuvat diffuusiosta, mikä tarkoittaa vesihöyryn eri pitoisuuksien pyrkimystä tasaantua. Höyryn kulkusuunta riippuu maaperän ja rakenteiden lämpötilasta sekä suhteellisesta kosteudesta. Yleensä laskelmissa maaperän suhteellisena kosteutena käytetään 100%:n suhteellista kosteutta eli kosteusvirran suunta on rakennuksen alapohjan alla olevasta lämpimästä maaperästä sisätilaan päin. (RIL 126-2020. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus, 10.)

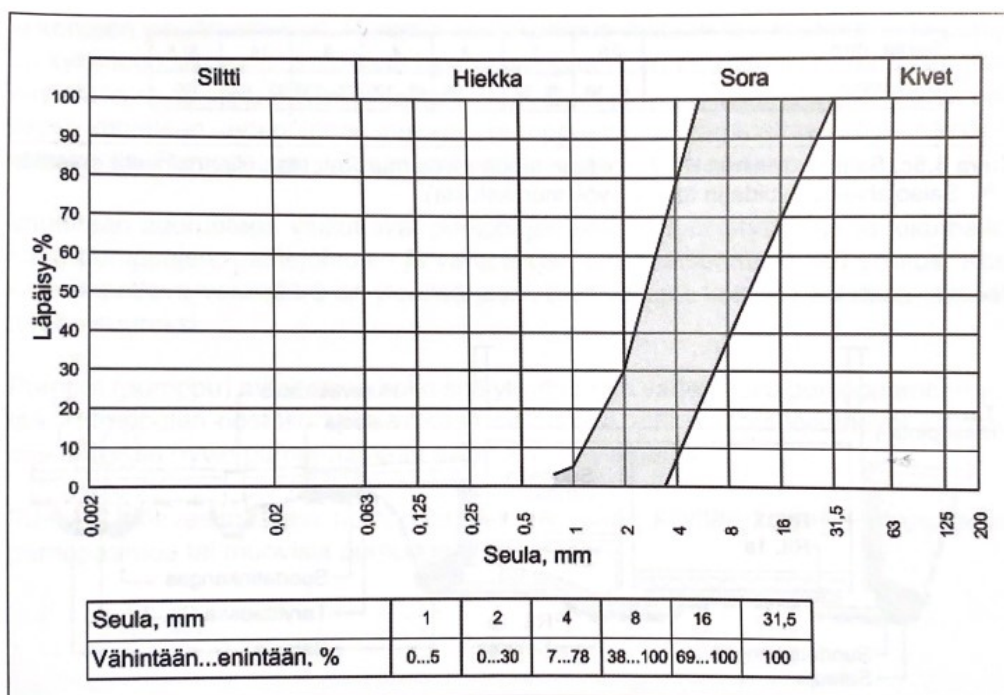
Alapohjarakenteiden kosteusteknisen toimivuuden tarkastelu on aina syytä tehdä kuivatuksen tehokkuudesta riippumatta. Mikäli rakennus sijoittuu rinteeseen, on huolehdittava siitä, että yläpuolelta valuvat hule- ja sulamisvedet ohjautuvat rakennuksen sivuitse ilman, että ne aiheuttavat haittaa naapurikiinteistöille. Vesien liikkeitä voi ohjata tarvittaessa niskaojilla ja kallistuksilla. (RIL 126-2020. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus, 10.)

3.2 Maarakenteet

Pohja- ja maarakenteet on suunniteltava siten, että maasta rakenteisiin siirtyvä kosteus ja sen haitalliset vaikutukset ehkäistään, sekä vältetään maan routimisesta aiheutuvat haitat sekä rakenteiden vauriot. (RIL 126-2020. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus, 9.)

Rakennuskohteessa käytettävien maa-ainesten teknisten ominaisuuksien on oltava käyttökohteeseen soveltuvia, eikä maarakenteissa käytettävä maa-aines saa sisältää haitallisia määriä epäpuhtauksia. Suunnittelussa on aina otettava huomioon käytettyjen maamateriaalien radonpitoisuus. Maamateriaalien tekninen käyttökelpoisuus arvioidaan rakeisuuskäyrän avulla kuvatus raekoostumuksen perusteella. Käyttökelpoisuus arvioidaan esimerkiksi tiivistyvyyden, kantavuusominaisuuksien, kapillaarisen nousukorkeuden, vedenläpäisevyyden ja routimattomuuden osalta sopivaksi käyttökohteen vaatimuksiin nähden. (RIL 121-2004. Pohjarakennusohjeet, 49.)

RIL:n ohjeessa 126-2020 Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus esitetään materiaalin RIL1 (kuva 3) sopivuus esimerkiksi perusmuurin vastaiseen salaojituserrokseen. RIL1 on sopiva salaojakiviainesmateriaali kohteisiin, missä pohjavesi voi ainakin ajoittain nousta salaojituserrokseen, rakennuspaikka on alava tai sen maaperä on heikosti vettä läpäisevää. Materiaalissa saa olla hienoainesta (alle 0,063 mm) enintään 3 %.



Kuva 3. Salaojakiviaines RIL1 (RIL 126-2020. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus 2020.)

3.3 Kapillaarikatko ja salaojituserros

Lähtökohtaisesti kaikki rakennuspohjat kuivataan salaojittamalla, mutta kapillaarinen nousu tulee katkaista riippumatta siitä salaojitetaanko rakennuspohja. Kosteuden kapillaarinen nousu katkaistaan, kun kapillaarikatkokiviaineksen kerrospaksuus on suurempi kuin sen tunnettu kapillaarinen nousukorkeus. Kerrospaksuuden tulee olla kuitenkin vähintään 200 mm. Kapillaarikatkokiviaineksen kapillaarinen vedennousukorkeus tutkitaan säännöllisesti laadunvalvontatestein. (RIL 126-2020. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus, 32.)

Kapillaarikatkokiviaineksena toimii karkea maa-aines kuten vesiseulottu sepeli eli tutummin pesty sepeli. Kapillaarikatkosepeli on tasalaatuista ja puhdasta, sillä sen seasta on peseytynyt hienempi maa-aines pois, jota pitkin kapillaarinen kosteus nousisi. Kapillaarikatkosepeliä voidaan käyttää myös salaojissa. (Rudus julkaisu aika tuntematon.)

Jos pelkkä kapillaarisen nousun katkaisu ei riitä, on kuivatuksen varmistamiseksi suunniteltava salaojituserrokset sekä niihin liittyvät salaojat. Salaojaputken sivuilla ja yläpuolella tulee olla vähintään 200 mm paksu salaojituserros. Rakennuksen ulkopuolella olevan salaojituserroksen tulee yhtyä alapohjan alla olevaan, vähintään 200 mm paksuun kapillaarikatkokerrokseen. Yhteys voidaan järjestää viemällä kapillaarikatkokeros anturan ali tai tekemällä anturoihin tai perusmuuriin virtausaukot. Alapohjan alapuolisten salaojien salaojituserroksen tulee olla salaojaputken yläpinnasta vähintään 400 mm. Perusmuurin ulkopuolella tulee sitä vasten olla vähintään 200 mm paksu salaojituserros. (RIL 126-2020. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus, 33-41.)

3.4 Routasuojaus

Rakennuksen ulkopuolelle tulevien salaojien peitesyvyyden tulee olla riittävä, etteivät salaojat pääse jäätymään. Routasuojamattomissa salaojissa minimipeitesyvyys on Etelä-Suomessa 800 mm, Keski-Suomessa 1000 mm ja Pohjois-Suomessa 1200 mm. Routasuojauksen tarkoitus on estää maan

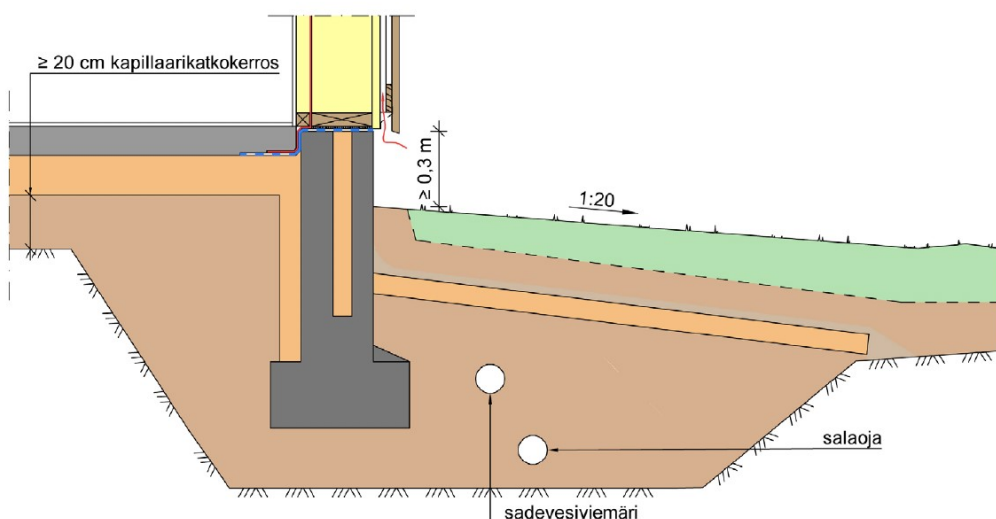
routiminen ja varmistaa salojien kunnossa pysyminen ja toimivuus. Routasuojauksella voidaan pienentää peitesyvyyttä, mutta asennussyvyyden tulee kuitenkin olla vähintään 500 mm. Lumettomina pidettävillä tai pysyvillä alueilla syvyyksiin on lisättävä vähintään 500 mm. (RIL 261-2013. Routasuojaus – rakennukset ja infrarakenteet, 100.)

Myös salojakaivot tulee tarvittaessa routasuojata. Salojakaivoista voi pitkän kylmän jakson aikana poistua paljon lämpöä, aiheuttaen salojakaivoon tulevan veden jäätyminen. Lämpöä voi poistua jopa niin paljon, että routa voi tunkeutua kaivon ja sen alustäytön läpi pohjamaahan. Routiminen voi aiheuttaa kaivon nousemisen, jolloin se rikkoo usein siihen liittyvät salojaputket. Pahimmassa tapauksessa routa leviää perustusten alle ja tällöin myös perustukset voivat nousta ja aiheuttaa vaurioita rakenteisiin. Salojakaivo voidaan routaeristää esimerkiksi asentamalla kannen alapintaan samanpaksuinen eriste kuin kaivon ulkopuolella tai eristämällä kaivo lisäksi sen ympäriltä pystysuuntaisesti. Eristystapa riippuu kaivon kannen sijoituskorkeudesta. (RIL 261-2013. Routasuojaus – rakennukset ja infrarakenteet, 101-102.)

4 SALAOJITUKSEN TARVIKKEET, MATERIAALIT JA LAITTEET

4.1 Salojien sijoitus

Salaojituksella on tarkoitus hallita tonttialueen vesien liikettä ja estää niitä vaurioittamasta rakenteita ja pitää rakennuksen perustukset kuivana. Salaojilla estetään pohjavesien kulkua talon alle tai rakenteisiin. Salaojat sijoitetaan pääsääntöisesti rakennuksen ulkopuolelle. Mikäli rakennus tai pohjavedenpaine on suuri, asennetaan joissakin tapauksissa salaojat myös rakennuksen alle. Salaojat sijoitetaan anturan alapinnan alapuolelle ja anturan alle tehdään salaojituserros kapillaarisen nousun katkaisevasta maa-aineksesta. (Sisäilmäyhdistys 2008.)



Kuva 4. Periaatekuva salojaputken ja sadevesiviemärin sijoituksesta perustuksiin nähden rakennuksen ulkopuolella. (Kosteudenhallinta.fi 2022)

Salojaputket tulee sijoittaa siten, että putkiston korkeimman kohdan etäisyys viereisen tai yläpuolisen maanvastaisen lattian alapintaan on 400 mm. Jos rakennus salaojitetaan alapohjan alta, tulee salojaputket sijoittaa kapillaarisen nousun katkaisevan salaojituserroksen alapuolelle.

Maanvastaisissa anturoissa tulee ottaa huomioon maapohjan kantavuus anturan alla. Salaojaputket tulee sijoittaa kaltevuuden 1:2... 1:3 yläpuolelle anturan ulkoreunaan nähden, ettei kantavuutta heikennetä. Syvälle menevissä pilari- tai perusmuuriperustuksissa rakennuksen ulkopuoliset salaojat sijoitetaan pilarien välisen sokkelipalkin alapuolelle tai muutoin riittävän syvälle perusmuurin yläosan suojaamiseksi alemmalta kosteudelta. (RIL 126-2020. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus 2020, 34-41.)

Salaojavedet johdetaan yleensä painovoimaisesti sadevesiviemäriverkostoon tai maastoon. Minimikaato eli salaojaputkien kaltevuus rakennuksen perustusten ulkopuolisille salaojille on vähintään 0,5% eli 1:200. Mikäli edellämainittu minimikaato vie salaojaa kohtuuttoman syvälle tai vaikeuttaa vesien purkamista, voi perustusten ulkopuolisen salaojan asentaa minimikaltevuuteen 0,3% eli 1:333. Perustusten sisäpuolella tai alapohjan alapuolella kulkevan salaojan minimikaltevuus on 1% eli 1:100. Tällä varmistetaan vesien virtaama pois rakennuksen alta. Tätäkin kaltevuutta voidaan pienentää edellä mainituin perustein ja käyttää poikkeustapauksessa kaltevuutta 0,8% eli 1:125. (RT 81-11000 Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus. Tilaajan ohje, 5.)

4.2 Salaojaputket

Salaojaputken tehtävä on kuljettaa niihin nousseet pohjavedet pois rakennuspohjasta. Rakennuspohjan salaojituksessa käytetään ympäröivästä kerrosrakenteisia muoviputkia eli ns. tuplasalaojaputkia (kuva 5). Tuplasalaojaputkissa sisäpinta on sileä ja ulkopinta korrigoitu. Putken harjarakenteinen ulkopinta takaa putkelle hyvän jäykkyyden ja sileä sisäpinta hyvät virtausominaisuudet. (RIL 126-2020. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus 2020, 84.)

Salaojaputkia tehdään pääasiassa kahdessa eri lujuusluokassa SN4 ja SN8. Luku kuvaa putken kykyä kestää pystysuoraa kuormitusta kN/m². Lujuusluokka SN4 on tarkoitettu kevyemmin kuormitettuihin kohteisiin kuten peltoputkituksiin ja viheralueille. Lujuusluokka SN8 taas on tarkoitettu raskaammin kuormitetuksi rakennusten perustuksiin, tie- ja katurakentamiseen sekä vilkkaasti liikennöidyille alueille. (Meltex 2021.)

Rakennuspohjaan tulevan salaojaputken minimikoko on DN 100 ja sen kapasiteetti riittää normaaleissa kuivatusolosuhteissa rakennuspohjan salaojavesien johtamiseen. Salaojien vedenotto- ja virtauskyky riippuu ympäröivän salaojituskerroksen vedenläpäisykyvystä sekä putken virtauskapasiteetista. (RIL 126-2020. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus 2020, 84.)



Kuva 5. Tuplasalaojaputki SN8 (Meltex, 2022)

4.3 Salaojajärjestelmän kaivot

Salaojajärjestelmän kaivoissa voi olla valmiiksi yksi tai useampi putkiyhde (kuvat 8 ja 11). Valmiisiin putkiyhteisiin sopii yleensä useampi kuin yksi putkikoko. Kaivojen valmistajasta riippuen on olemassa tilauskaivoja, joihin tehdas tekee putkiyhteet asiakkaan toiveiden mukaisesti. Suoriin kaivoihin (kuva 9) voidaan tehdä liitokset työmaalla jälkiliittymäsatuloiden (kuva 6) tai jälkiliitoskumien (kuva 7) avulla, jolloin saadaan tarvittavat liitosmäärät sekä oikeat tulosuunnat ja liittymäkorkeudet kaivolle. Erilaiset tehdastyötetyt ja jälkiasennetut liitokset mahdollistavat vapaamman salaojien sijainnin suunnittelun, jos salaojajärjestelmälle tarvitaan erikoisempi geometria.



Kuva 6. Jälkiliittymäsätula (Meltex, 2022)



Kuva 7. Jälkiliitoskumi (Meltex, 2022)

4.3.1 Tarkastuskaivot

Salaojituksessa kaivot ovat olennainen osa kokonaisuutta. Oikealla sijoittelulla salaojajärjestelmän kuntoa on helpompi seurata ja ylläpitää. Salaojaverkoston asennetaan tavallisesti kaikkiin taitepisteisiin tarkastuskaivot tai -putket. Tarkastuskaivojen sijainti on verkoston kulmapisteissä ja putkilinjat pyritään pitämään suorina, että putkien tarkastus olisi mahdollisimman helppoa ja onnistuisi esimerkiksi lampun avulla. (RT 81-11000 Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus. Tilaajan ohje 2010, 4.)

Salaojien tarkastuskaivot ovat yleensä rakenteeltaan samantyyppisiä kuin hulevesiviemäriin kaivot, mutta niissä on kaivon alaosassa sijaitseva lietepesä. Salaojien tarkastuskaivot ovat yleensä muovia, mutta kaivomateriaalina voi yhtä lailla käyttää betonikaivoja tai pystyyn asennettuja betoniputkia. Liikennöidyllä ja päällystetyillä alueilla, kuten kerrostalon tai päiväkodin piha, tarkastuskaivot varustetaan teleskoppisella nousuputkella ja valurautaisilla kansilla joiden kuormituskestävyyden salaojien suunnittelija määrittää. Liikennöimättömällä alueilla, kuten viheralueilla sijaitsevat kaivot ovat usein suoria ja kannet muovisia tai teräksisiä. (RIL 126-2020. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus 2020, 86.)



Kuva 8. Salaojan tarkastuskaivo kolmella putkiyhteellä ja muovikansistolla (Meltex, 2022)



Kuva 9. Salaojakaivopaketti teleskoopikansistolla (Meltex, 2022)

4.3.2 Tarkastusputket

Tarkastusputkia käytetään salaojaverkostossa sen huuhteluun ja tarkastukseen. Tarkastusputkia käytetään tavallisesti kaivojen sijasta joko lyhyiden putkiosuuksien taitekohdissa tai yli 15 metriä pitkillä ja suorilla putkiosuuksilla. Erittäin lyhyillä putkiosuuksilla voidaan tarkastusputki korvata kulmakappaleella. Tarkastusputkien käyttö kaivojen sijaan on tarkasteltava tapauskohtaisesti ja huolehdittava tarkoituksenmukaisuudesta. Mikäli salaojaverkoston laitetaan kulmakappale, on sen huuhtelun oltava mahdollista lähellä olevasta virtaussuunnassa alapuolella olevasta salaojakaivosta. Tarkastusputki on lietepesätön ja sen materiaali voi olla muovia tai betonia. Muovisen tarkastusputken nimellishalkaisija on yleensä 200 mm. (RIL 126-2020. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus 2020, 87-88.)



Kuva 10. Salaojan tarkastusputkipaketti kahdella putkiyhteellä (Meltex, 2022)

4.3.3 Perusvesikaivot

Salaojavedet johdetaan salaojaputkia myöten perusvesikaivoon, mistä ne johdetaan kunnalliseen sadevesiviemäriin. Salaojavedet voidaan johtaa myös imeytyskentälle, mikäli alue ei kuulu kunnallistekniikan piiriin. Yleensä myös sadevedet johdetaan samaan perusvesikaivoon, mutta silloin salaojaputkien liitännässä tulee olla venttiili, esimerkiksi pallopadotusventtiili, mikä sallii ainoastaan veden yhdensuuntaisen virtaamisen estäen tulvatilanteessa kaivon veden virtaamisen väärään suuntaan ja nousemisen takaisin salaojaputkistoon sekä kastelemaan rakennuksen perustuksia. (RT 81-11000 Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus. Tilaajan ohje 2010, 7.)



Kuva 11. Perusvesikaivopaketti teleskooppisella kasistolla ja kahdella tuloyhteellä (Meltex, 2022)

4.4 Kansistot

Salaoja- ja perusvesikaivojen kansistot ovat yleensä valurautaisia umpi- tai ritiläkansia, joiden kuormituskestävyystarve määrittyy alueen liikennöinnin perusteella. Raskaasti liikennöidyllä alueella kuormituskestävyytenä käytetään 400 kN, kevyesti liikennöidyllä alueella 250 kN ja nurmialueilla 50 kN. Nurmialueilla voidaan käyttää myös kevyempiä kansia, joiden materiaali voi olla muovia tai ruostumatonta terästä. (RIL 126-2020. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus 2020, 88.)

Muovikaivon kannen halkaisija on sama kuin kaivon tai teleskooppiosan halkaisija. Betonikaivoissa kannen halkaisija on 600 mm. Jos kansi peitetään, kannen materiaalina kannattaa käyttää esimerkiksi kevyitä peltikansia, jolloin ne on helppo paikantaa myöhemmin metallinpaljastimella. Salaoja- ja perusvesikaivojen teleskooppikansiston avulla on helppo asentaa kansi oikean korkeusasemaan. Teleskooppikansiston etuna on myös kyky myötäillä maaperän liikkeitä sen painuessa tai routuessa. Liikennöidyllä alueella teleskooppiputkella varustettu kaivo ei vie liikenteen aiheuttamia kuormia kaivon runkoon, vaan kuormat ottaa vastaan kannen kautta sen kehysrakenteen, mikä tukeutuu ympäröivään maanpintaan. (RIL 126-2020. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus 2020, 84-86.)

4.5 Salaojavesien purku

Salaojavedet voidaan yleensä purkauttaa hulevesiviemäriin, mutta mikäli alueella ei hulevesiviemäröintiä ole, voi vesien purkautus tapahtua avo-ojaan tai vesistöön. Vedet tulee koota tontin alueella ja purkaa kunnan viranomaisen maastosta osoittamaan paikkaan tai imeyttää maaperään. Kuivatusvesien edulisimman purkupaikan selvityksessä tulee ottaa huomioon

korkeussuhteet, pohjasuhteet, etäisyydet ja paikalliset rajoittavat määräykset. (RIL 126-2020. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus 2020, 22.)

4.5.1 Pumppaamo

Perustukset pyritään kuivatuksen takia suunnittelemaan mahdollisimman korkealle. Rakennus voidaan kuitenkin maan routivuuden tai kantavuuden takia joutua perustamaan syvemmälle, eikä salaojaverkoston vesien painovoimainen purkauttaminen tällöin ole kannattavaa tai mahdollista. Perustusten ympäriltä poistetut salaojavesien purkukorkeutta voidaan nostaa tarvittaessa pumppaamalla. Sen lisäksi ei tarvita erillistä perusvesikaivoa, vaan pumppaamo voi toimia perusvesikaivona. Kuvassa 12 esitetään pumppaamon esimerkkisijainti salaojajärjestelmässä. Pumppamalla nostetaan salaojavedet perusvesikaivoon ja sieltä ne puretaan kootusti eteenpäin. Pumppaamon mitoitus tapahtuu arvioitujen vesimäärien mukaan. Pumppuna käytetään yleensä uppopumppua, mikä käynnistyy ja pysähtyy automaattisten rajapintatunnistimien avulla. Pumppaamo on hyvä yhdistää kiinteistön hälytysjärjestelmään, joka hälyttää jos pumppu ei käynnisty jostain syystä. Rakennesuunnittelijan harkinnassa on pumppaamon tarve, mutta pumppaamojen mitoitus ja suunnittelu kuuluu yleensä LVI-suunnittelijalle.



Kuva 12. Kellarillinen omakotitalo (Torsten Salaojaremontit 2021)

4.6 Salaojien tarkastus

Salaojaverkoston tarkastuskaivot ja -putket tulee sijoittaa siten, että salaojien kunto voidaan tarkastaa ja tarvittaessa huoltaa niiden avulla. Oikealla sijoittelulla voidaan pienentää korjauksen laajuutta, mikäli esimerkiksi tukkeutunut tai hajonnut putkiosuus tulee korjauksen takia kaivaa auki ja vaihtaa. Salaojien kunto on hyvä tarkastaa säännöllisesti 5-10 vuoden välein. Hyvä ajankohta toiminnan tarkastamiseen on myöhemmin syksyllä, kun maa on märkää, pohjaveden pinta korkealla ja veden virtaus salaojissa voi näkyä ilman veden juoksutusta. Kuivempuna aikana vettä voi joutua juoksuttamaan putkistoon pitkään, koska vettä imeytyy salaojaputken reikien läpi kuivaan maahan. Juoksutettu vesi poistuu luonnollisesti salaojien toimiessa suunnitellusti.

Salaojaputkistossa voi olla tukos kun veden pinta kaivoissa on noussut tai se vettä juoksutettaessa nousee putken alapinnan yläpuolelle. Tukosta voidaan epäillä myös, jos vesi ei virtaa kahden tarkastuskaivon välillä. Jos tarkastusputkeen on noussut vettä tai vesi ei juoksutettaessa virtaa, voi salaojaverkostossa olla tukos. Salaojien tarkastus onnistuu luotettavimmin kuvaamalla salaojaverkosto tarkoitukseen sopivalla kameralla. Tukos poistetaan huuhtelemalla tai mekaanisella rassauksella. Mikäli salaojissa on roskista, lietteestä tai maa-aineksesta koostuva tukos, voidaan se poistaa huuhtelemalla. Kasvien ja puiden juurista aiheutuvat tukokset vaativat putkiston mekaanisen rassauksen. (Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus ARA 2016.)

5 SALAOJAKOMPONENTIN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

5.1 Tekla Structures ja Tekla Custom Components

Tekla Structures on Trimblen Solution Oy:n merkittävin rakennesuunnitteluohjelmisto. Sen avulla pystytään tekemään IFC-standardin mukaisia tietomalleja rakennuksista ja sen rakenteista. Tarkkoja tietomalleja voidaan hyödyntää suunnittelussa ja toteutuksessa. *Tekla Custom components* -työkalulla käyttäjä voi mallintaa ja parametroida komponentteja Tekla Structuresiin ilman ohjelmointia. Ohjelmaan tuotetut komponentit jaetaan ryhmiin *part* eli valmisosa, *connection* eli liitos, *detail* eli detalji sekä *seam* eli sauma. Omia komponentteja luodaan mallintamisen yhdenmukaistamiseksi ja nopeuttamiseksi sekä samalla vähennetään virheiden mahdollisuutta.

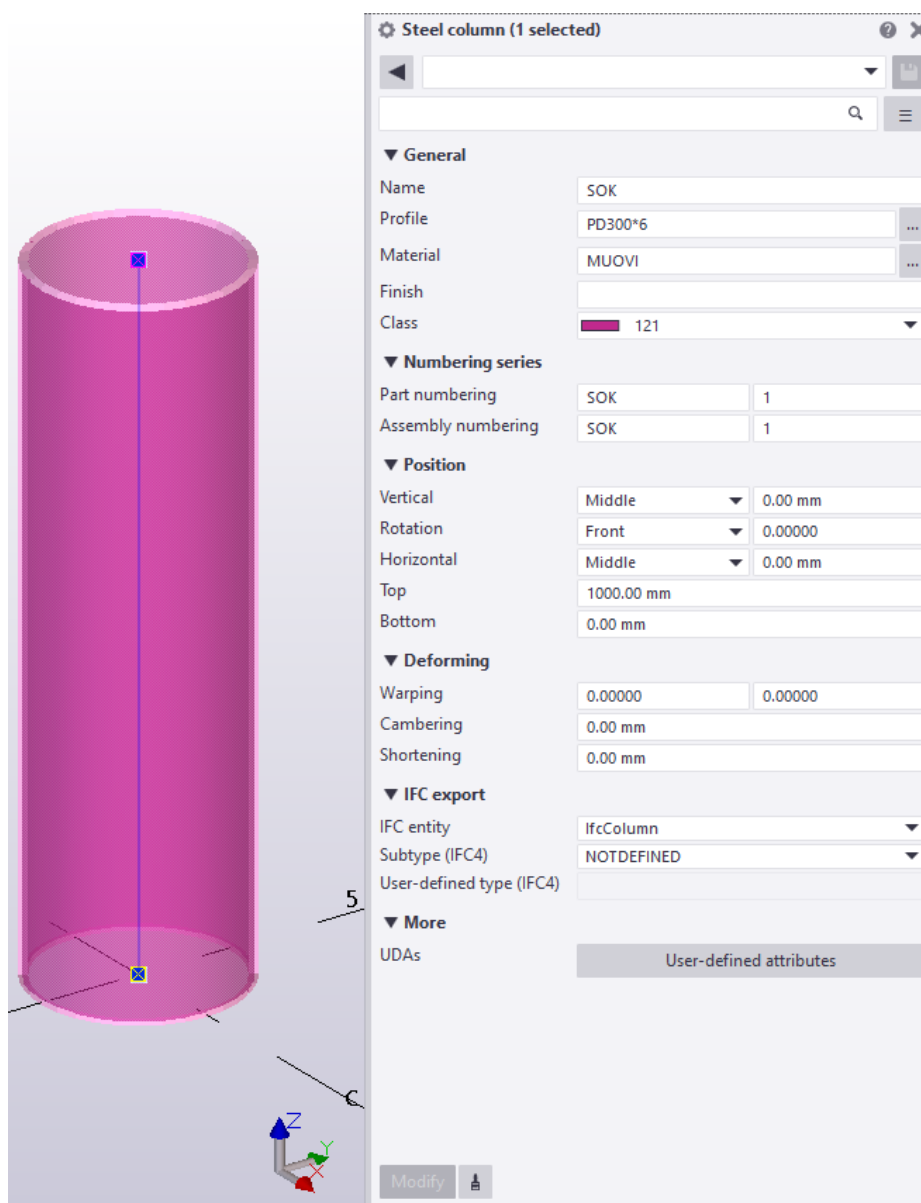
5.2 Komponentin suunnittelu

Tilaaajaryityksellä ei ollut salaojien mallintamiseen mitään komponenttia, millä saataisiin salaojajärjestelmä mallinnettua helposti ja yhteneväisesti. Salaojajärjestelmän mallinnus tapahtui erillisinä osina, mikä vaikeutti ja hidasti työtä etenkin, jos salaojiin tarvitsi tehdä muutoksia. Tekla Structuresiin ei ole yleisessä jaossa olevaa salaojakomponenttia, joten tuli tarpeeseen kehittää oma komponentti. Komponentti päätettiin tehdä Tekla Custom Components -työkalun avulla. Toinen vaihtoehto olisi ollut Tekla Open API -ohjelmointirajapinnan avulla, mutta tämä tapa vaatii ohjelmointikielen tuntemusta. Työkalulla nopeutettaisiin, automatisoitaisiin ja yhdenmukaistettaisiin salaojien mallintamista.

Tilaaajan ja käyttäjien kanssa käydyn keskustelun jälkeen komponentin tuleviksi ominaisuuksiksi korostettiin helppokäyttöisyyttä ja automaatiota. Lisäksi komponenttiin haluttiin kyky määrittellä kaato ilman itse tehtävää laskentaa sekä valikot materiaalille ja profiilille.

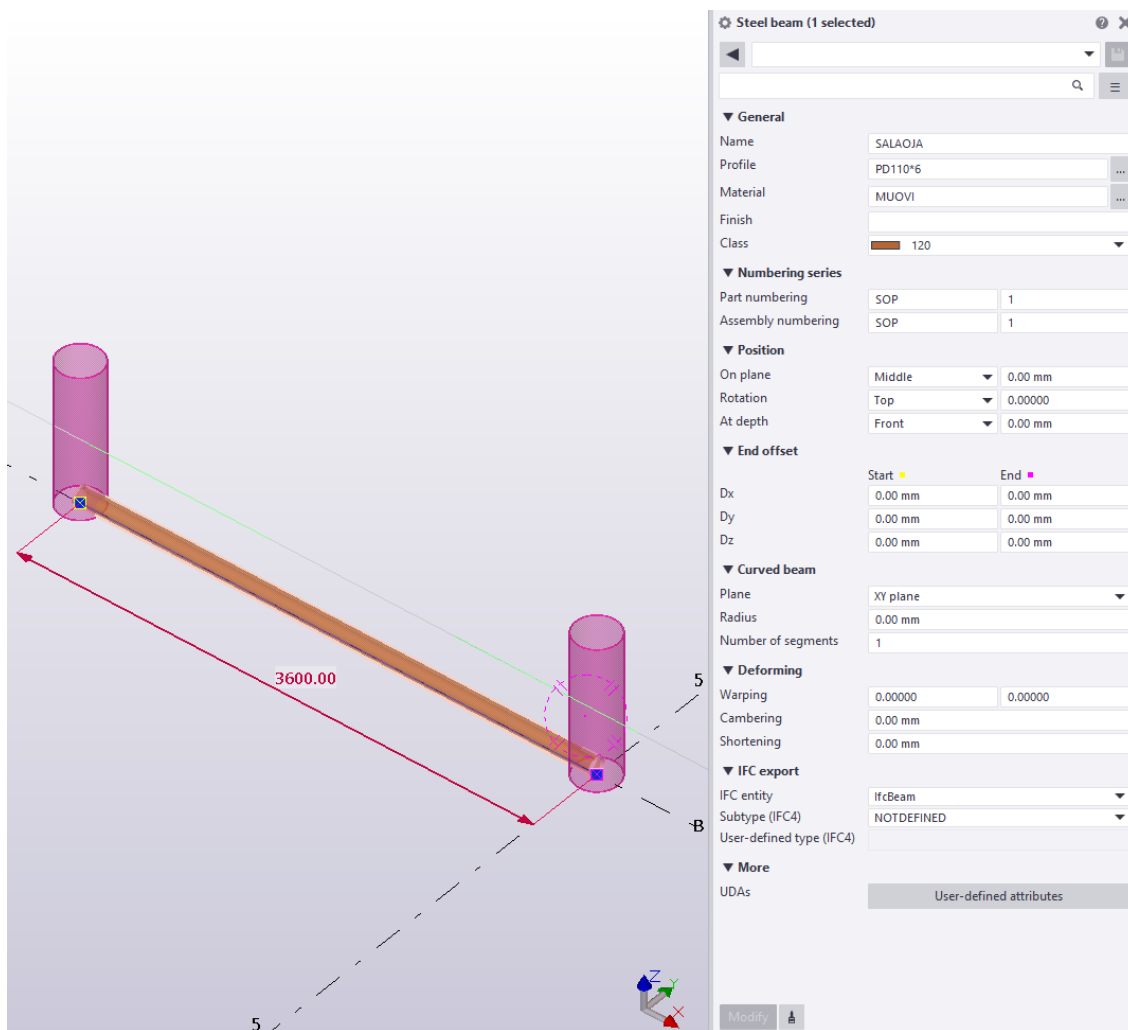
5.3 Komponentin määrittely

Aloitetaan komponentin teko mallintamalla kaksi salaojakaivo-objektia käyttämällä Steel column -työkalua (kuva 13). Työkalun valikkoon lisätään salaojakaivon tiedot ja ominaisuudet, kuten nimi, poikkileikkaus ja materiaali. Objektin Class-numero, osa- ja kokoonpanotunnukset ja numerointi sovelletaan yrityksen numerointiohjeiden tai yleisten mallinnusohjeiden mukaan.



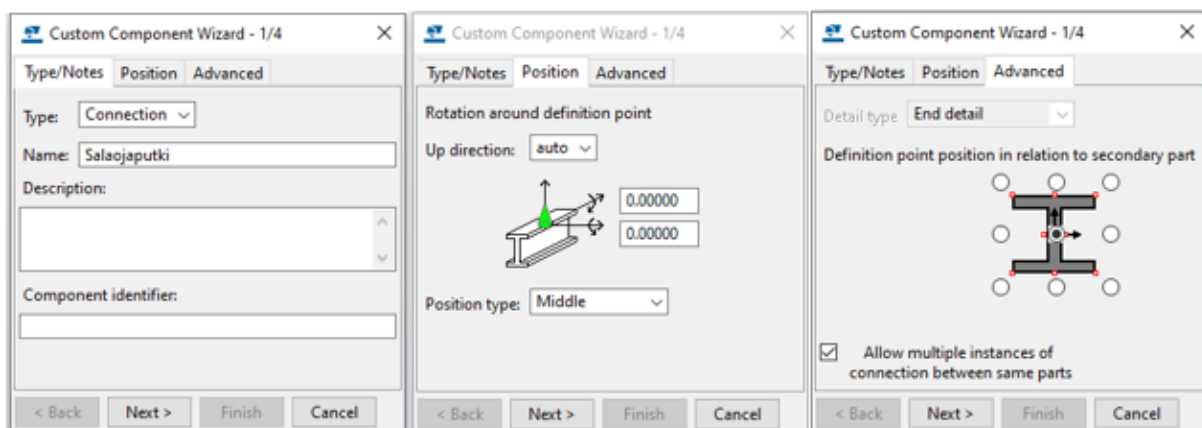
Kuva 13. Steel column -työkalu ja salaojakaivo mallissa (Mussalo 2022)

Salaojakaivojen mallintamisen jälkeen tehdään kaivojen välille salaojaputki Steel beam -työkalulla (kuva 14). Komponenttia muokatessa alku- ja loppupisteiden sitomista keskipisteiden pintoihin helpottaa salaojaputken mallintaminen kaivojen keskipisteiden välille.



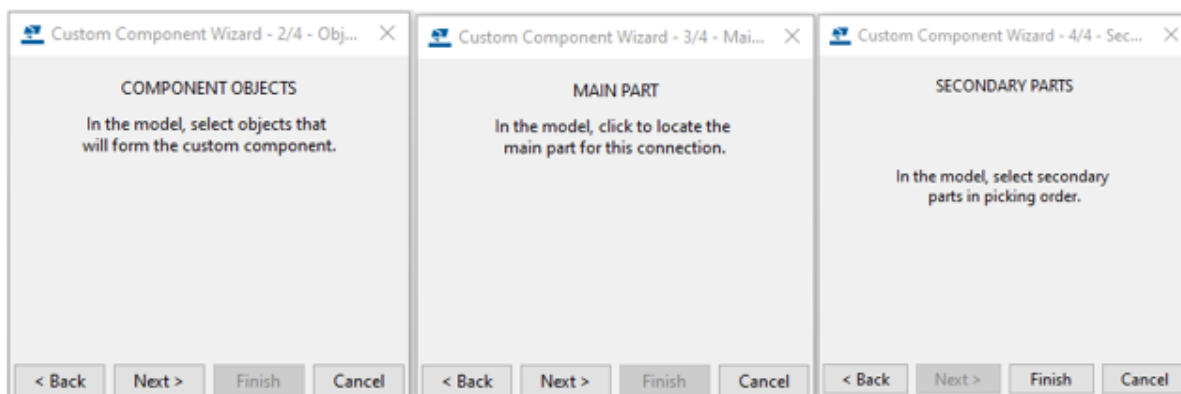
Kuva 14. Steel beam -työkalu ja salaojaputki kaivojen välillä. (Mussalo 2022)

Komponentti ja siihen tulevat osat määritetään Tekla Structuresissa olevalla *Custom Component Wizardilla*. Avataan *Applications & components*-valikko ja valitaan *Define custom component*, jolloin aukeaa Custom Component Wizard. Custom Component Wizard ohjaa käyttäjää eri vaiheissa ja ensimmäisessä vaiheessa (kuva 15) pyytää määrittämään komponentin tyyppin ja halutun nimen.



Kuva 15. Custom Component Wizard vaihe 1/4 (Mussalo 2022)

Toisessa vaiheessa valitaan komponentin liitososan muodostavat osat mallissa. Kolmannessa ja neljännessä vaiheessa määritetään komponentin pääosa sekä yksi tai useampi toissijainen osa (kuva 16). Tässä tapauksessa liitososa on salaojaputki ja pää- ja toissijaisia osia ovat salaojakaivot.

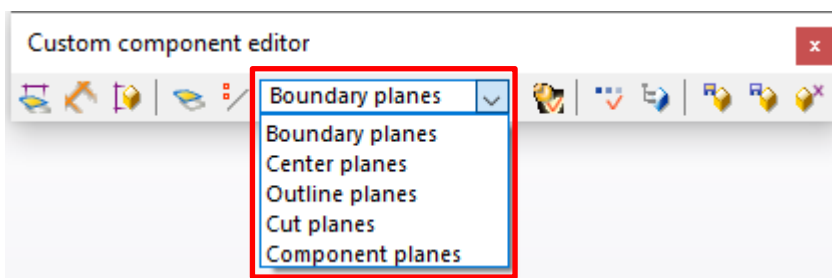


Kuva 16. Custom Component Wizard vaiheet 2...4/4 (Mussalo 2022)

5.4 Komponentin muokkaaminen

5.4.1 Komponentin profiili ja muodon sidonta

Etsitään Teklan komponenttikatalogista edellisessä kappaleessa tehty komponentti ja avataan se ohjelman sisäisessä *Custom component editorissa*. Vaihtamalla pinnat -valikon (kuva 17) valinnaksi *Center planes*, pystytään liitososan päiden ankkuripisteet sitomaan pääosan x- ja y-suuntaisiin keskipistepintoihin. Liitososan toisen päiden ankkuripisteiden sitominen toissijaiseen osaan tapahtuu samalla tavalla. *Variables* -taulukossa näkyy nyt kuvassa 18 esitetyt muuttujat.



Kuva 17. Pinnat -alasettovalikko Custom component editorissa (Mussalo 2022)

D1	0.00	0.00	Length	Distance	Hide	D1.SALAOJA.Central axis vertical plane
D2	0.00	0.00	Length	Distance	Hide	D2.SALAOJA.Central axis horizontal plane
D3	0.00	0.00	Length	Distance	Hide	D3.SALAOJA.Central axis vertical plane
D4	0.00	0.00	Length	Distance	Hide	D4.SALAOJA.Central axis horizontal plane

Kuva 18. Variables -taulukko (Mussalo 2022)

Lisätään muuttujat P1 ja P2 (kuva 19), joilla määritetään liitososan profiili sekä materiaali. Painamalla Variables -taulukon alalaidasta "Add" lisätään muuttujat ja määritetään niille parametrien avulla haluttu profiili ja materiaali. *Custom component browser* -sivulla määritetään liitososan *general propertiesiin* profiiliin ja materiaalin kohdalle määräävän muuttujan nimi (kuva 21).

P1	PD110*6	PD110*6	Profile	Parameter	Show	Profile
P2	MUOVI	MUOVI	Material	Parameter	Show	Material

Kuva 19. Parametrit P1 ja P1 Variables -taulukossa (Mussalo 2022)

Sen jälkeen lisätään muuttuja, millä saadaan liitososan eli salaojaputken pää muuttumaan pää- tai toissijaisen osan eli kaivon halkaisijan mukaan ja kirjoitetaan parametriksi haluttu ominaisuus ja salaojakaivo-objektin *GUID* eli tunnusmerkkijono (kuva 20).

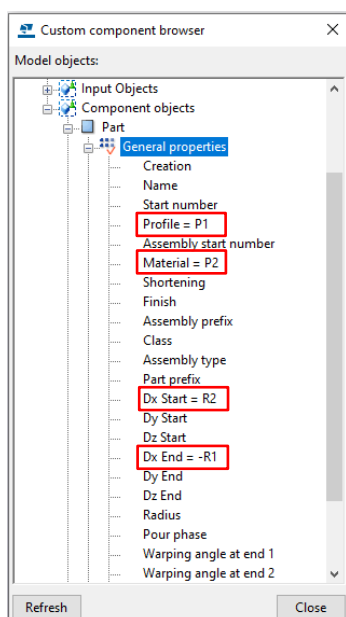
$fTpl("PROFILE.DIAMETER","GUID")$ = määrittää parametrin ominaisuudeksi halutun osan profiilin halkaisijan

Lisätään kaavan perään kerroin 0.5, että salaojaputken pään etäisyys salaojakaivon keskipisteestä on kaivon säteen verran. Muuttujien nimiä pystyy muuttamaan ja se kannattaa jo tunnistettavuuden vuoksi. Nimetään kaivon säteen (=radius) määrittävän muuttujan nimeksi R1 ja R2.

R1	=fTpl("PROFILE.DIAMETER","9dc85e03-22aa-42d2-965c-5a404e9784bf")*0.5	150.00	Length	Parameter	Hide	kaivon 1 säde
R2	=fTpl("PROFILE.DIAMETER","8119525a-cee5-4622-b303-519df7683bb4")*0.5	150.00	Length	Parameter	Hide	kaivon 2 säde

Kuva 20. Muuttujan parametri referenssin ja tunnusmerkkijonon avulla (Mussalo 2022)

Muuttujan sisältämän parametrin laskenta tapahtuu nyt Variables -taulukossa ja tämä viitataan Custom component browserissa salaojaputken alku- ja loppuominaisuuksiin (kuva 21).



Kuva 21. Custom component browser (Mussalo 2022)

5.4.2 Komponentin kaato

Komponentin kaatoa varten on lisättävä parametrin, millä määritetään komponentillä liitettävän pääosan ja toissijaisen osan alkupisteet muuttujiksi. Osien alkupisteiden muuttujat linkitetään seuraavaan parametriin, millä lasketaan pää- ja toissijaisten osien välinen etäisyys (kuva 22). Liitettävien osien välistä etäisyyttä tarvitaan tehtäessä liitoskomponentin kaadon määrittelevää parametriä. Välin voisi merkitä pelkästään lukuna, mutta silloin liitososa pysyisi aina saman pituisena ja se pitäisi erikseen muuttaa Custom component editorissa osien välisen etäisyyden muuttuessa

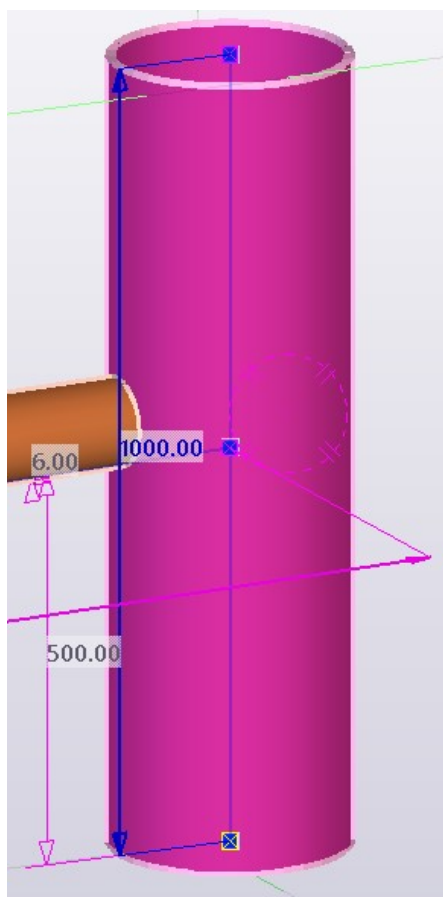
$fTpl("START_X/Y","GUID")$ = määrittää parametrin ominaisuudeksi halutun objektin x- tai y-suuntaisen alkupisteen

$=\text{sqrt}((X1-X2)^2+(Y1-Y2)^2)$ = laskee objektien välisen etäisyyden koordinaattipisteiden avulla

X1	=Ftpl("START_X","52b41683-d69d-470c-89f1-6ce6319bb125")	28800.00	Length	Parameter	Hide	KAIVO 1 X
X2	=Ftpl("START_X","cbcfb83c-f35f-4779-83bd-a7928bc25d5e")	21600.00	Length	Parameter	Hide	KAIVO 2 X
Y1	=Ftpl("START_Y","52b41683-d69d-470c-89f1-6ce6319bb125")	6000.00	Length	Parameter	Hide	KAIVO 1 Y
Y2	=Ftpl("START_Y","cbcfb83c-f35f-4779-83bd-a7928bc25d5e")	6000.00	Length	Parameter	Hide	KAIVO 2 Y
L1	=sqrt((X1-X2)^2+(Y1-Y2)^2)	7200.00	Length	Parameter	Hide	Kaivojen väli u.pint.-u. pint.

Kuva 22. Osien välinen etäisyys ja parametriin linkitetyt muuttujat (Mussalo 2022)

Liitososalle tarvitaan tässä tapauksessa mahdollisuus pystyä määrittämään sen liitoskorkeo lähtöpisteessä. Komponentin yksinkertaistuksen vuoksi liitoskorkeo on järkevintä sitoa sen käyttämään pääosaan, esimerkiksi pääosan alku- tai loppupisteisiin eli kaivon ylä- tai alapäähän (kuva 23).



Kuva 23. Liitososa sidottuna pääosan alkupisteeseen (Mussalo 2022)

Molempien päiden sidonnan jälkeen Variables -taulukossa on kaksi uutta muuttujaa. Jälkimmäisen muuttujan parametrin lukuarvo korvataan kaavalla, mikä määrittää liitososan loppupään korkoaseman (kuva 24). Kaavaan linkitetään aiemmin tehtyjä muuttujia, jolloin parametrit ymmärtävät määrittää kaikki muuttuneet arvot automaattisesti.

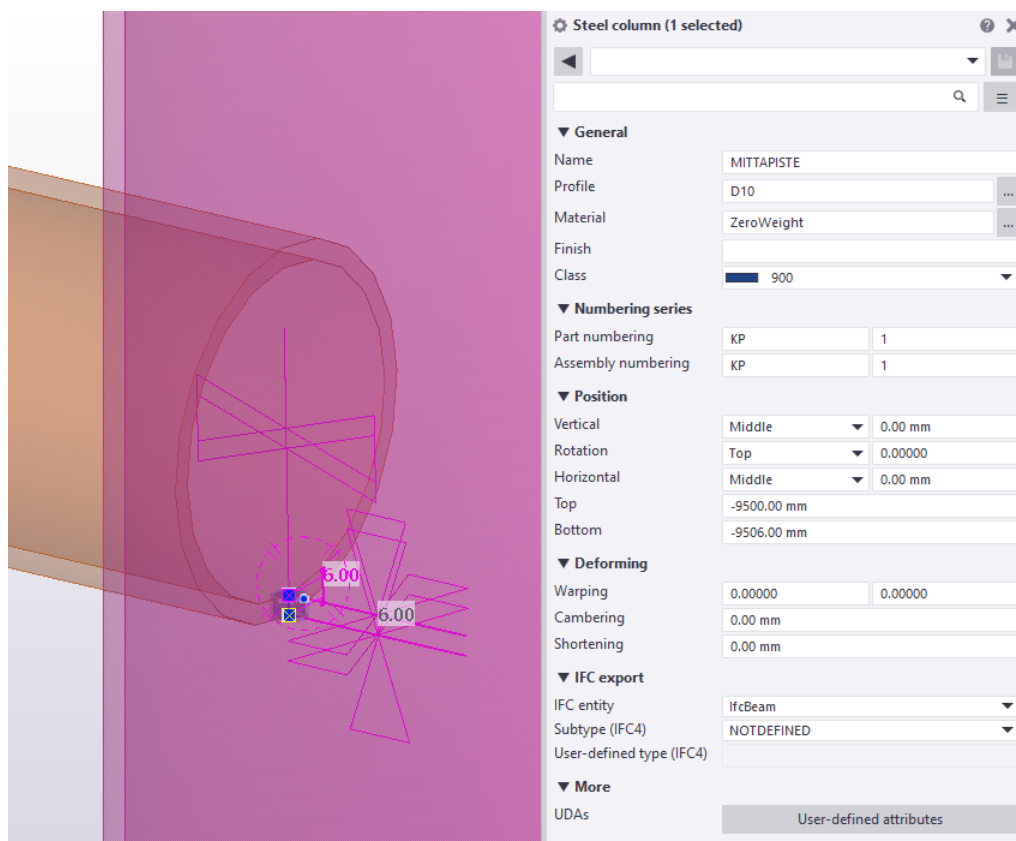
$Z1-(L1/K4)$ = laskee loppupisteen korkoaseman parametrin L1 ja K4 suhteen avulla

Name	Formula	Value	Value type	Variable type	Visibi...	Label in dialog box
Z1	500.00	500.00	Length	Parameter	Show	Horizontal offset from main part
Z2	=Z1-(L1/K4)	356.00	Length	Parameter	Hide	Horizontal offset from secondary part
K4	50.00	50.00	Length	Parameter	Show	Slope

Kuva 24. Liitososan alku ja loppupään korkoasemat määrittävät parametrit (Mussalo 2022)

5.4.3 Mittapistee

Tasokuvissa esitetään salaojaputkien liitoskorot salaojakaivoihin, että vesi virtaa järjestelmässä haluttuun suuntaan. Putkien alku- ja loppupään korkoasemat saadaan merkittyä piirustuksiin esimerkiksi lisäämällä putken päihin pienet objektit, jolle lisätään merkintä tasokuvaan. Lisätään komponenttiin kuvan 25 mukaiset mittapistee ja sidotaan sen alku- ja loppupisteet salaojaputken päähän. Lisätään variables -taulukoon yksi muuttuja lisää, vaihdetaan sen parametriksi mittapisteen haluttu profiili ja valitaan näkyvyys piilotetuksi. Custom component editorissa lisätään mittapisteen profiiliin arvoksi äsken luotu muuttuja.



Kuva 25. Mittapiste salaojaputken päässä (Mussalo 2022)

6 SALAOJAKOMPONENTIN JATKOKEHITYS

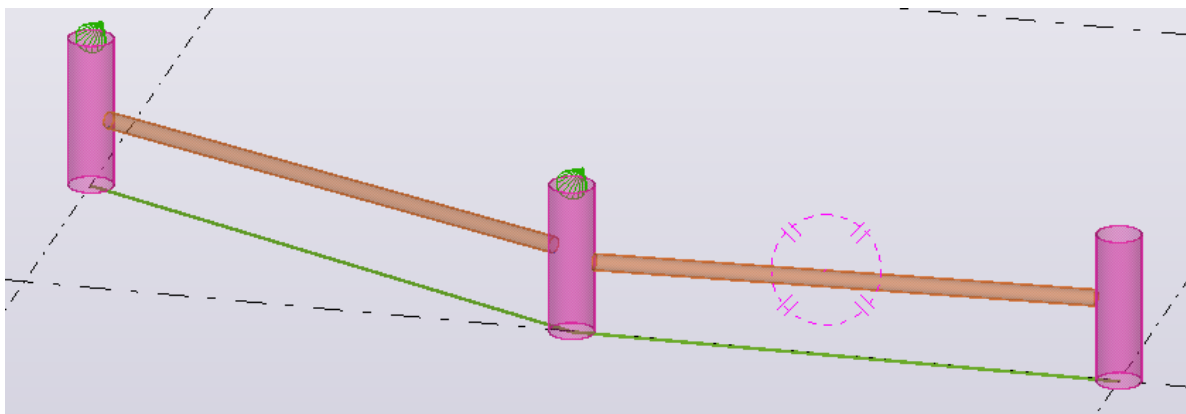
Edellisessä kappaleessa luotu komponentti toimii kahden kaivon välillä, mutta seuraavien kaivojen välille putken alkupään korko tulee laskea ja säätää manuaalisesti, että kaato pysyy haluttuna koko salaojaputkiston läpi. Tässä kappaleessa käydään läpi uuden älykkäämmän komponentin tekeminen, käyttäen aiemmin tehtyä komponenttia alikomponenttina. Alikomponentin käyttö on usein hyödyllistä jos pääkomponentti joudutaan räjäyttämään osiin, toimii alikomponentin parametrinen säätely edelleen.

6.1 Toissijaisten osien määrä

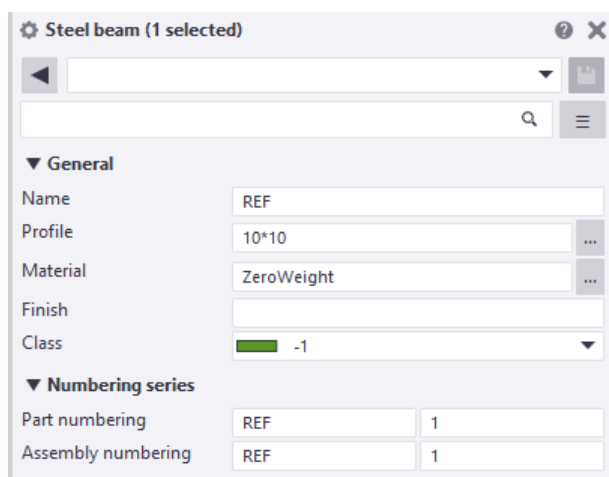
Liitoskomponentilla pääosan voidaan liittää maksimissaan 30 kappaletta toissijaisia osia. Työhön raportoidaan ainoastaan kahden toissijaisen osan liitos, koska osien parametroitu liitosperiaate pysyy toissijaisten osien liitoksen jälkeen samana.

6.2 Uuden pääkomponentin toteutus

Pääkomponentin toteutus aloitetaan mallintamalla kolme salaojakaivoa ja niiden välille salaojaputket aiemmin toteutetulla liitoskomponentilla (kuva 26). Määritetään uuden liitoskomponentin muodostavat osat, haluttu kaivo pääosaksi ja loput kaivoista toissijaisiksi osiksi. Avataan Custom component editor ja mallinnetaan kaivojen keskipisteistä keskipisteisiin referenssiosat (kuva 27) mittojen myöhemmän sitomisen helpottamiseksi.



Kuva 26. Mallinnetut pää- ja toissijaiset osat, liitokset ja referenssiosat (Mussalo 2022)



Kuva 27. Referenssiosan tiedot (Mussalo 2022)

Sidotaan referenssiosien molemmat päät pää- ja toissijaisten osien eli salaojakaivojen x- ja y-suuntaisiin keskiakseleihin. Lisäksi sidotaan referenssiosat alku- ja loppupäät lähimmän kaivon pohjaan eli ensimmäisessä ja kolmannessa kaivossa on yksi sidonta ja keskimmäisessä kaivossa kaksi sidontaa. Kuvassa 28 on esitetty referenssiosien sidonnat eriteltynä erivärisillä laatikoilla, yksi laatikko sisältää yhden osan sidonnat.

D1	0.00	0.00	Length	Distance	Hide	D1.REF.Central axis vertical plane
D2	0.00	0.00	Length	Distance	Hide	D2.REF.Central axis horizontal plane
D3	0.00	0.00	Length	Distance	Hide	D3.REF.Extrema left plane
D4	0.00	0.00	Length	Distance	Hide	D4.REF.Central axis vertical plane
D5	0.00	0.00	Length	Distance	Hide	D5.REF.Central axis horizontal plane
D6	0.00	0.00	Length	Distance	Hide	D6.REF.Extrema left plane
D7	0.00	0.00	Length	Distance	Hide	D7.REF.Central axis vertical plane
D8	0.00	0.00	Length	Distance	Hide	D8.REF.Central axis horizontal plane
D9	0.00	0.00	Length	Distance	Hide	D9.REF.Extrema left plane

Kuva 28. Referenssiosien sidonnat jaoteltuina (Mussalo 2022)

Liitososan eli salaojaputken alku- ja loppupisteet sidotaan pää- ja toissijaisten osien eli salaojakaivojen alkupisteisiin samalla tavalla kuin ensimmäisessä komponentissa. Lisätään Variables -taulukkoon kaksi muuttujaa, joista toisella määritetään kaivolle tulevan ja siltä lähtevän putken korkoero ja toisella numero, mikä määrittää komponentin kaikkien putkien kaadon. Liitososien kaadon saamiseksi tarvitaan parametri millä määritetään samalta väliltä kaivojen suoran välin tässä tapauksessa referenssiosan pituuden. Kuvassa 29 on esitetty tarvittavat muuttujat ja parametrit.

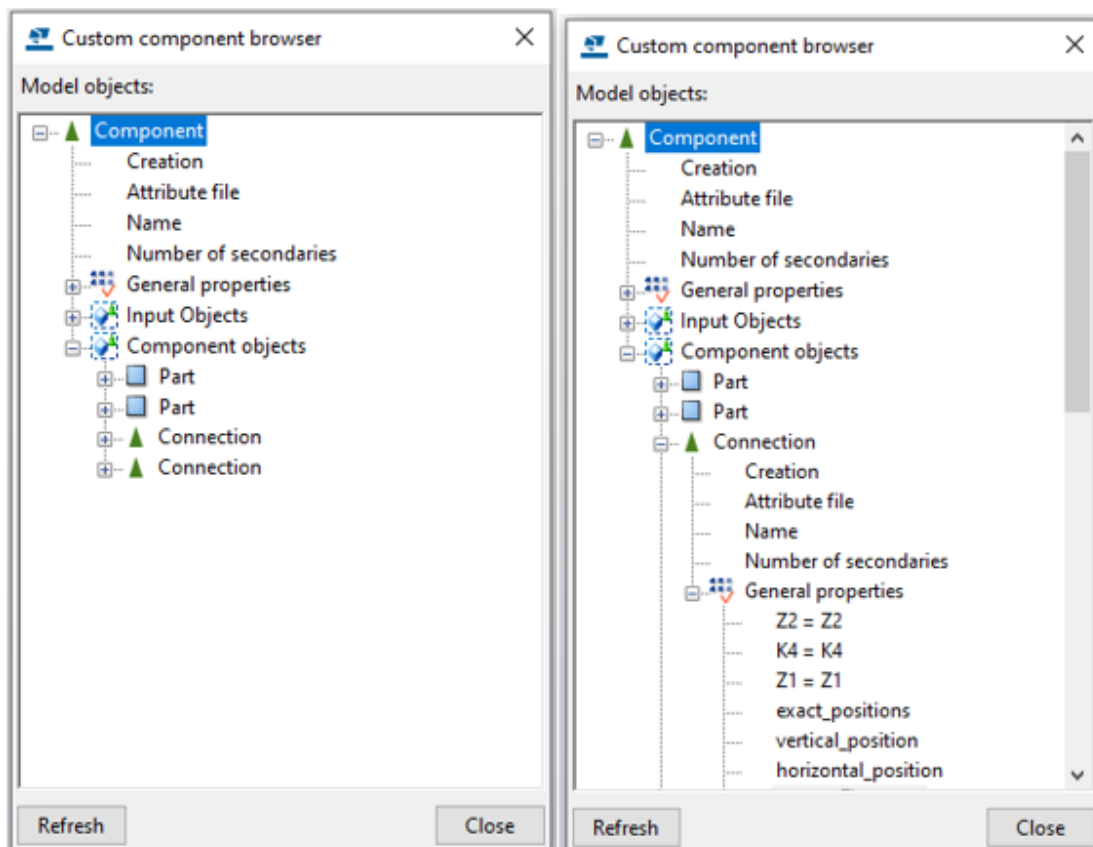
$fTpl("LENGTH", "GUID")$ = määrittää parametrin ominaisuudeksi halutun osan pituuden

Name	Formula	Value	Value type	Variable type	Visibi...	Label in dialog box
Z1	500.00	500.00	Length	Parameter	Show	PUTKEN LÄHTÖKORKO
KE1	20.00	20.00	Length	Parameter	Show	PUTKIEN KORKOERO
K4	100.00	100.00	Length	Parameter	Show	KAATO
Z2	=Z1-(P1/K4)	428.00	Length	Parameter	Hide	PUTKEN LOPPUKORKO
P1	=fTpl("LENGTH", "5be84dc2-de91-4e11-9e2c-92ccaa5f22c0")	7200.00	Length	Parameter	Hide	REF. OSAN 1 PITUUS
P2	=fTpl("LENGTH", "161232ad-76f6-4dfe-a830-cdbae114a081")	6000.00	Length	Parameter	Hide	REF. OSAN 2 PITUUS

Kuva 29. Muuttujat parametreineen Variables -taulukossa (Mussalo 2022)

Custom component browserissa näkyy kaikki komponentin sisältämät objektit (kuva 30). Objekteja on kaikki komponenttiin kuuluvat osat ja komponentit. Muokataan tarvittavien objektien ominaisuuksia viittaamalla muuttujien nimet objektin alle aukeavaan General properties -valikkoon. Liitososien ominaisuuksissa nimetyt Z1 tarkoittaa korkeussuuntaista alkupistettä ja Z2 loppupistettä, kun taas Variables -taulukon muuttujissa kannattaa käyttää juoksevaa numerointia pisteiden erottamiseksi.

Custom component browserissa "=" -merkin edellä oleva merkintä tarkoittaa liitososan ominaisuutta ja jälkimmäinen merkintä tarkoittaa muuttujaa.



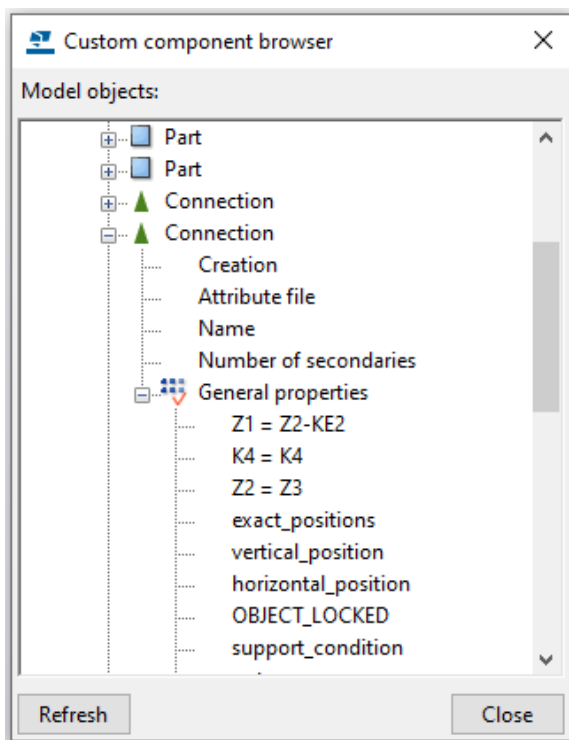
Kuva 30. Ensimmäiseen liitososaan viitatut muuttujat (Mussalo 2022)

Käytetään toisen liitososan muuttujan parametria, jolla määritetään liitososan alkupään käyttämäksi korkoasemaksi edellisen liitososan loppupään korkoa, josta on vähennetty haluttu korkoero. Kuvassa 31 on esitetty muuttujan parametri toisen liitososan alkupään korkoaseman määrittämiseksi.

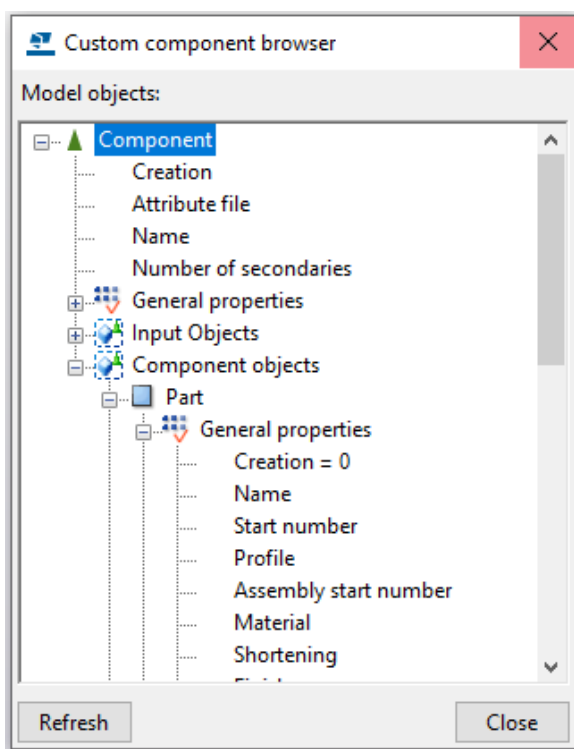
Z3	=Z2-KE2-(P2/K4)	351.00	Length	Parameter	Hide	PUTKEN 2 LOPPUKORKO
----	-----------------	--------	--------	-----------	------	---------------------

Kuva 31. Toisen liitososan lähtökorko (Mussalo 2022)

Kuvassa 32 näkyy toisen liitososan ominaisuuksiin määritetyt muuttujat. Lopuksi kannattaa vaihtaa kaikkien niiden osien ominaisuuksiin Creation -ominaisuuden arvoksi 0, jolloin tämä osa ei näy mallin puolella komponenttia käytettäessä (kuva 33). Periaate toissijaisten osien liittämässä pääosaan pysyy tästä eteenpäin samana.



Kuva 32. Toiseen liitososaan viitatus muuttujat (Mussalo 2022)

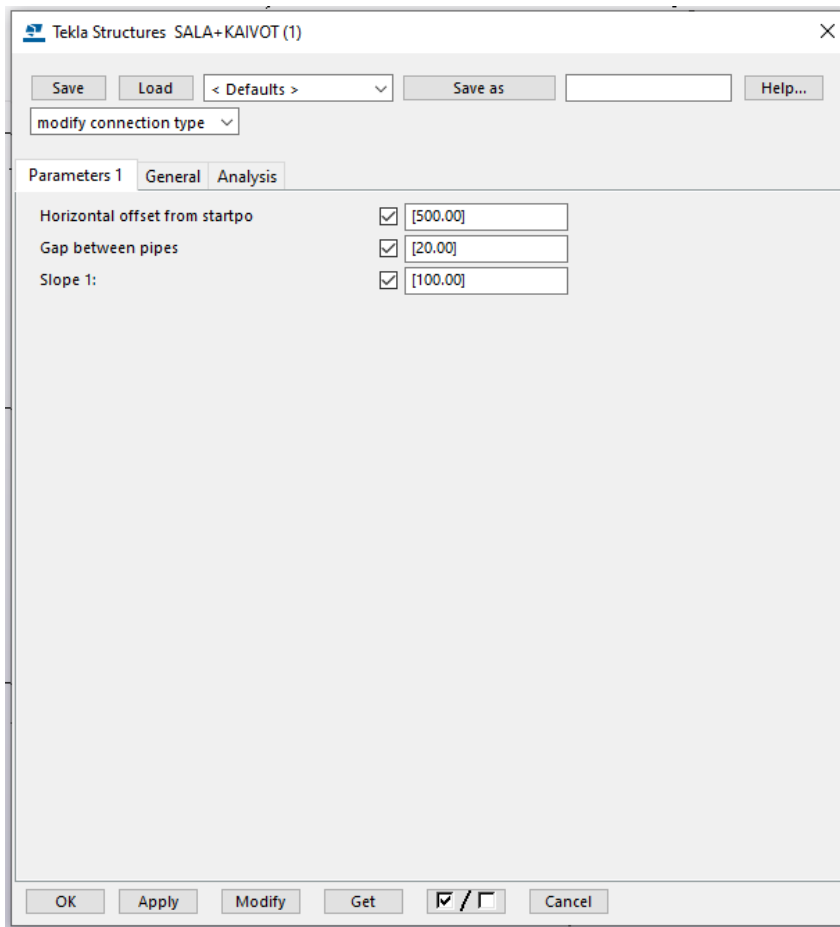


Kuva 33. Creation -ominaisuuden arvo (Mussalo 2022)

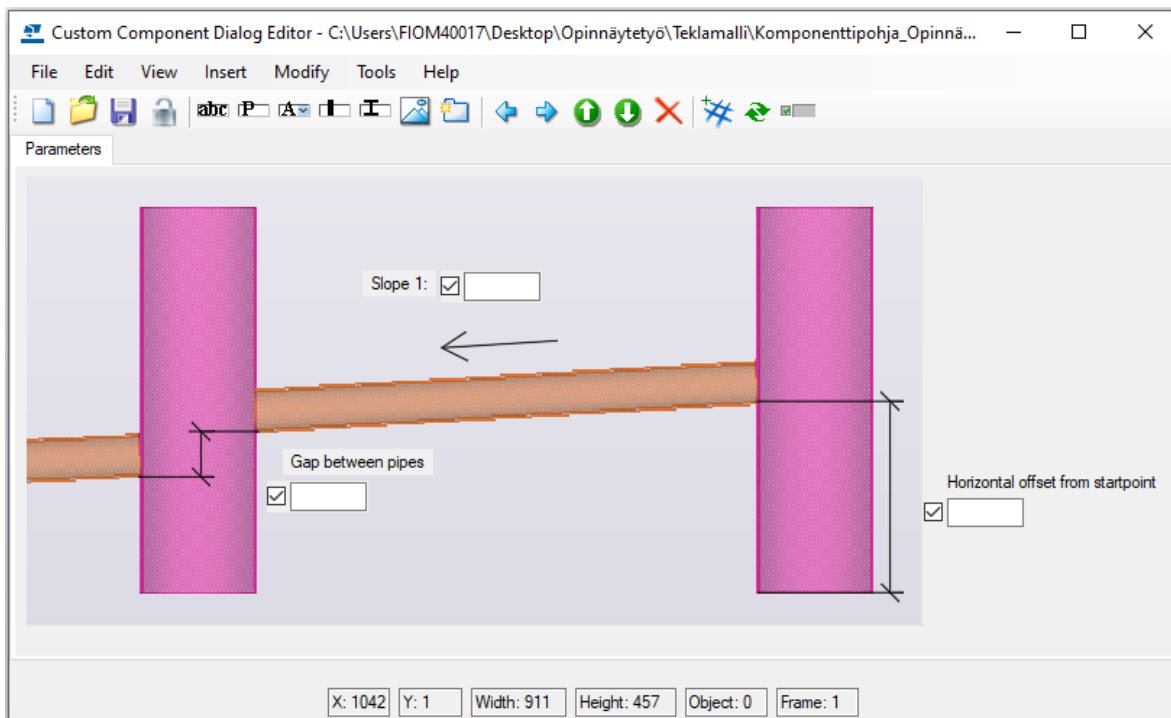
6.3 Käyttöliittymä

Komponentin käyttöliittymän halutaan olevan mahdollisimman helppokäyttöinen ja havainnollistava. Käyttöliittymässä näkyvät komponentin muuttujat, jotka on asetettu Custom Component editorissa näkyväksi. Tekla Custom Components luo automaattisesti luettelomaisen käyttöliittymän muutettavilla parametrikentillä (kuva 34). Käyttöliittymää voidaan muokata havainnollistavilla kuvilla sekä parametrikenttien selitteillä ja asettelulla (kuva 35). Käyttäjän on helpompaa tämän avulla

ymmärtää mitä arvoja parametrikentissä muutetaan. Käyttöliittymää voidaan muokata myös projektikansion sisälle CustomComponentDialogFiles -kansioon tallentuvasta .inp -päätteisestä tiedostosta.



Kuva 34. Alkuperäinen käyttöliittymä (Mussalo 2022)

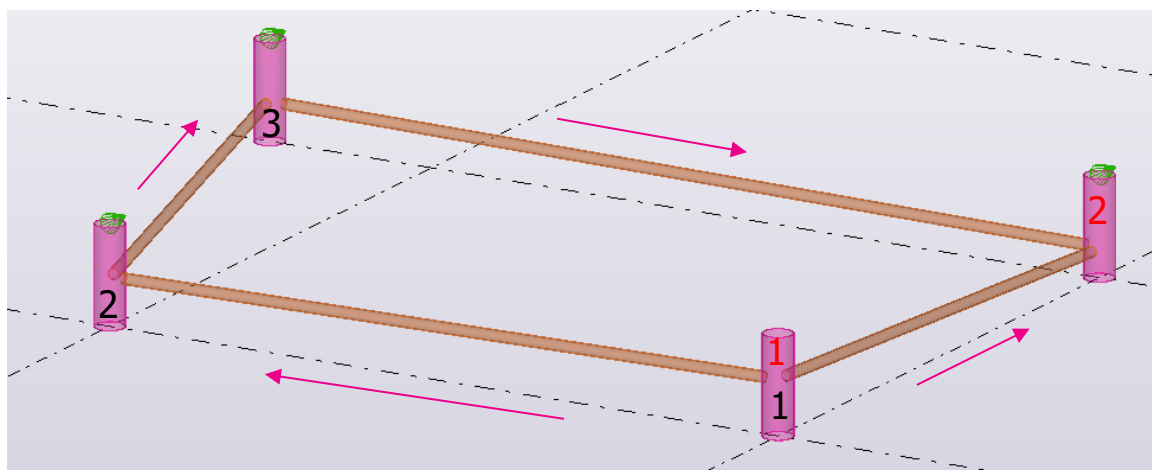


Kuva 35. Muokattu käyttöliittymä (Mussalo 2022)

7 SALAOJIEN MALLINTAMINEN KOMPONENTILLA

Komponentin käyttöä varten tulee ensin mallintaa Tekla Structures -ohjelman mallitilassa pää- ja toissijaiset osat eli salaojakaivot haluttuihin sijainteihin. Component catalog -valikosta haetaan komponentti sen nimellä ja painetaan komponentti on aktiiviseksi. Painamalla kerran hiiren vasemmanpuolimmaista näppäintä komponentti aktivoituu ja painamalla kahdesti aukeaa komponentin käyttöliittymä. Komponentti käyttää automaattisesti sitä tehdessä käytettyjä parametreja, mutta käyttäjä voi muuttaa ne haluamukseen missä tahansa vaiheessa. Ohjelma opastaa ensin valitsemaan pääosan ja sen jälkeen toissijaiset osat. Kun kaikki halutut osat on valittu, painetaan hiiren keskimmäistä näppäintä, jolloin komponentti tekee liitososat valittujen osien väleille.

Kuvassa 36 on esitetty mallinnusjärjestys sekä -suunta. Molempiin suuntiin on valittu sama kaivo pääosaksi. Tässä esimerkissä perustuksista kerätyt vedet johdettaisiin eteenpäin punaisella "2" - numerolla merkitystä kaivosta. Jos kaadon suuntaa halutaan muuttaa, tulee komponentti poistaa ja mallintaa salaojat uuteen haluttuun suuntaan.



Kuva 36. Komponentilla mallinnetut salaojat (Mussalo 2022)

8 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli helpottaa salaojien suunnittelua kokoamalla yhteen suunnitteluprosessiin liittyvät keskeisimmät asiat. Suunnittelun avuksi haluttiin tehdä mahdollisimman helppokäyttöinen, mutta samalla älykäs Custom Component -työkalu Tekla Structures -ohjelmaan. Työkalulla nopeutettaisiin, automatisoitaisiin ja yhdenmukaistettaisiin salaojien mallintamista. Komponentin tekoa pyrittiin käsittelemään niin, että ohjelmiston käyttäjä, jolla vähän aiempaa kokemusta Tekla Structuresin käytöstä ja Custom Componentien teosta saisi hyvän käsityksen, miten komponenttiin luodaan parametrissa laskentaälyä. Työhön pyrittiin kokoamaan salaojasuunnittelun keskeisimmät peruseräajat, jotta lukija saisi tarvittavat tiedot rakennuspohjan kuivatuksesta ennen suunnitteluprosessin alkua. Lukija saa työstä käsityksen myös komponentin käyttöön sekä mitä lähtötietoja Component Dialogiin eli komponentin käyttöliittymään voi asettaa.

Työtä voidaan käyttää salaojasuunnittelun apuna ja etenkin tietomallinnusohjelmaan tehdyn komponentin avulla suunnitelmatuotanto helpottuu. Työssä esitetyt salaojien suunnitteluprosessissa huomioitavat asiat mahdollistavat kaiken siihen tarvittavan tiedon löytymisen samasta paikasta.

Tietomallinnuksen yleistyessä erilaiset komponentit ovat suureksi avuksi esimerkiksi liitoksia mallintaessa. Tekla Structuresin oma komponenttikatalogi ei kuitenkaan ole täydellinen, joten etenkin haastavat geometriat voivat vaatia oman komponentin tekoa. Tiettyyn tarkoitukseen luotu komponentti mahdollistaa nopeamman, helpomman ja virheettömämmän mallinnustyön, koska pienet osat, mitkä aiemmin mallinnettiin erikseen, voidaan koota komponenteiksi joilla voidaan vähentää mallinnusprosessin vaiheita.

Opinnäytetyön tuloksena tehty komponentti on toimiva ja käyttövalmis, mutta myös hyvä pohja jatkokehitykseen. Komponenttiin voitaisiin lisätä mahdollisuus valita putkien määrä, salaojaputken sivuttaissuuntainen muutos kaadon lisäksi tai mahdollisuus muuttaa keskellä olevien putkien kaatoa räjäyttämättä pääkomponenttia.

LÄHTEET

- RIL 126-2020. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus 2020. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry.
- RT 81-11000 Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus. Tilaajan ohje 2010. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS. <https://rt.rakennustieto.fi/etusivu>. Viitattu 13.09.2022.
- POHJARAKENTEET. Suomen Rakentamismääräyskokoelma B3. 2004. Määräykset ja ohjeet 2004. helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto.
- Ympäristöministeriön ohje rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 2020, sivu 26, kuva 7. Haettu 19.10.2022 <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakenteet/alapohjat/rakennuspohjan-kuivatus>
- Sisäilmayhdistys 2008. Salaojat. Verkkojulkaisu. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Kuivatusjarjestelmat/Salaojat>. Viitattu 09.10.2022
- Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus ARA. Korjaustieto. Verkkojulkaisu. Ymparisto.fi Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. Päivitetty 5.1.2016. https://www.ymparisto.fi/fi-fi/Rakentaminen/Korjaustieto/Taloyhtiot/Korjaushankkeet/Julkisivut_ja_parvekkeet/Sokkeli_ja_salaojat/Salaojen_tarkistus_ja_huolto. Viitattu 20.10.2022
- Torsten Salaojaremontit 2021. Salaoja- ja sadevesijärjestelmän toiminta. Video. YouTube-videopalvelu, julkaistu 26.04.2021. https://www.youtube.com/watch?v=kqdYCT6MtZk&ab_channel=TorstenSalaojaremontit. Viitattu 15.09.2022
- Meltex 2021. Rumpuputket ojituksiin ja alituksiin. Esite. <https://www.meltex.fi/fi/lataa/8166>. Viitattu 17.10.2022.
- Rudus julkaisuaika tuntematon. Oikeat kiviainekset sokkelin sisätäyttöön. Verkkojulkaisu. <https://www.rudus.fi/kotipolku/perustukset-ja-runkotyot/tolkkua-tuotevalintaan/oikeat-kiviainekset-sokkelin-sisatayttoon>. Viitattu 2.12.2022.
- RT RakMK-21202 Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat. Tilaajan ohje 2002. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS. <https://rt.rakennustieto.fi/etusivu>. Viitattu 13.09.2022.
- RT RakMK-21228 Pohjarakenteet. Tilaajan ohje 2004. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS. <https://rt.rakennustieto.fi/etusivu>. Viitattu 13.09.2022.
- RIL 121-2004. Pohjarakenteet 2004. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry.