

Lauri Hölttä

KAUKOLÄMPÖVERKON DIGITALISOINTI JA MALLINNUS
SIMULOINTIOHJELMAAN

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Energiatekniikan suuntautumisvaihtoehto
2013

Hölttä, Lauri
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
kesäkuu 2013
Ohjaaja: Zenger, Pekka
Sivumäärä: 36
Liitteitä: 3

Asiasanat: kaukolämpö, verkosto, kartoitus, simulointi

Työssä kartoitettiin Vatajankosken Sähkö Oy:n kaukolämpöverkko ja siitä tehtiin digitaalinen kartta. Verkosto mallinnettiin myös kaukolämpöverkon simulointiin tarkoitettuun ohjelmaan, jonka lisäksi ohjeistettiin käyttöhenkilökunta vaadittavien ohjelmien ja laitteiden käyttöön kartan sekä simulointiohjelman ajantasaisena pitämiseksi.

Digitaalinen kartta muodostettiin ottamalla verkoston koordinaatit ylös hyödyntäen kaapelitutkaa sekä paperikarttoja linjojen etsimiseen. Koordinaatit kerättiin GPS- sekä GLONASS-sateliitteja hyödyntävällä tiedonkeruulaitteella, josta tiedot purettiin tietokoneelle. Kerätystä paikkadatasta syntyi kaukolämpöverkon digitaalinen kartta.

Verkosto mallinnettiin simulointiohjelmaan piirtämällä digitaaliselta kartalta kahta vierekkäin asetettua näyttöä hyväksikäyttäen. Simulointiohjelmaa varten täytyi ottaa selvää erinäisistä lähtö- ja vakioarvoista sekä laskea kaukolämpöputkille ominaisuuksia.

Henkilökunnan ohjeistusta varten käytetyistä laitteista ja ohjelmistoista tehtiin valokuvilla selkeytetyt, helppolukuiset Powerpoint -ohjeet, sekä pidettiin koulutustilaisuuksia muutamana päivänä. Koko verkoston mallinnusprosessi käytiin läpi alusta loppuun harjoitustyö -tyyppisesti Tampion teollisuusalueen erillisverkon kanssa.

DIGITALIZATION OF A DISTRICT HEATING NETWORK AND MODELLING IN TO A DISTRICT HEATING SIMULATION PROGRAM

Hölttä, Lauri
Satakunta University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
June 2013
Supervisor: Zenger, Pekka
Number of pages: 36
Appendices: 3

Keywords: district heat, network, mapping, simulation

The purpose of this thesis was to map a district heating network owned and operated by Vatajankosken Sähkö Oy. The network was also modeled to a district heating simulation program. The operating personnel were also instructed to the use of necessary programs and gadgets in order to maintain digital map and simulation program up-to-date.

The digital map was created by collecting coordinates of the network using cable radar and paper maps. Coordinates were collected with data logging device which utilizes both GPS- and GLONASS-satellites. The collected data was then extracted to a computer. The data collected formed the digital map of the district heating network.

The network was modeled to the simulation program by drawing from the digital map from one monitor to another standing alongside each other. Some constant values were examined and properties for district heating pipes were calculated for the simulation program to work properly.

For the operation personnel, easy-to-read Powerpoint-presentations with photographs were made to study from. Few training days were also held. The whole network modeling process was carried out from the start to an end with the small separate Tampio district heating network.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Kaukolämpö	6
1.1.1	Yleistä	6
1.1.2	Jakelumuoto	6
1.2	Vatajankosken Sähkö Oy.....	7
1.3	Insinööriyön tavoitteet	7
2	LAITTEET	8
2.1	Kaapelitutka	8
2.2	Tiedonkeruulaite	8
3	OHJELMISTOT	9
3.1	GPS Pathfinder Office	9
3.2	GRADES Heating.....	10
3.3	Lämpökanta.....	11
4	KAUKOLÄMPÖVERKKO	12
4.1	Verkostokomponentit.....	12
4.1.1	Syöttöpisteet	12
4.1.2	Putket/johdot	12
4.1.3	Kaivot	15
4.1.4	Pumppaamot	15
4.1.5	Kuluttajat	16
5	VERKOSTON KARTOITUS	17
5.1	Lähdemateriaali.....	17
5.2	Kartoitusprosessi.....	17
6	LASKELMAT	19
6.1	Kaukolämpöputkien sisähalkaisijat	19
6.2	Kaukolämpöjohtojen lämmönjohtavuudet.....	19
6.2.1	Betonikanavajohdot.....	20
6.2.2	Yksiputkijohdot 2Mpuk.....	23
6.2.3	Kaksiputkijohdot Mpuk.....	25
7	SIMULOINTI.....	29
7.1	Mallin tyyppikirjasto.....	29
7.1.1	Pumput	30
7.1.2	Venttiilit	30
7.1.3	Putket	30
7.1.4	Jäähdytysregressio	30

7.1.5	Solmupisteet	30
7.1.6	Syöttöpisteet	31
7.1.7	Kuluttajat	31
7.2	Muut asetukset	31
7.2.1	Lämpötilojen jaksotus	32
7.2.2	KL-laskenta	32
7.2.3	Menoveden lämpötilaohje	32
7.2.3	Kulutuksen skaalaus	32
7.2.4	Laitosten tilan laskenta	33
7.2.5	Iteraatiot	33
7.3	Verkoston mallinnus simulointiohjelmaan	33
7.4	Simuloinnin tulokset	34
8	YHTEENVETO	35
	LÄHTEET	36
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

1.1 Kaukolämpö

1.1.1 Yleistä

Kaukolämmitys on rakennusten ja käyttöveden lämmittämiseen tarvittavan lämmön keskitettyä tuotantoa ja julkista jakelua asiakkaana oleville kiinteistöille.

Kaukolämpö on teollisuudenalana varsin nuori. Kaukolämmitystä on Suomessa alettu harjoittamaan 1950-luvulla, mutta laajemmassa mittakaavassa vasta 1970-luvulla.

Kaukolämmityksen ominaisuuksia ovat:

- Lämpö tuotetaan keskitetyssä kohteessa/kohteissa ja jaetaan verkon välityksellä asiakkaille
- Siirtoaineena on vesi tai höyry
- Asiakkaina ovat asuintalot, teollisuus, liikerakennukset ja julkiset rakennukset
- Asiakkaat käyttävät lämpöä rakennusten tilojen ja käyttöveden lämmitykseen.

(Energieollisuus ry 2006, 5-25)

1.1.2 Jakelumuoto

Suomessa kaukolämpöenergia siirretään kaksiputkijärjestelmällä. Putkissa kiertää vesi, jonka lämpötilaa säädellään ulkolämpötilan mukaan. Menoveden lämpötila vaihtelee tyypillisesti 70-115°C välillä ja paluuvesi 25-65°C välillä. Korkeiden lämpötilojen käyttö paitsi lisää meno- ja paluulämpötilojen eroa suurentaen siirtokapasiteettia sekä pienentäen pumppauskustannuksia, mahdollistaa myös pidemmät siirtoetäisyydet voimalaitoksilta asiakkaille (Energieollisuus ry 2006, 137.).

1.2 Vatajankosken Sähkö Oy

Vatajankosken Sähkö Oy perustettiin vuonna 1926 Kankaanpään ja Honkajoen kuntien sekä viidentoista yksityisen osakkaan toimesta. Aluksi yritys oli sähköyhtiö, joka tuotti sähköä oman vesivoimalan turvin. Kankaanpään Kaukolämpö Oy perustettiin vuonna 1980, jolloin alkoi kaukolämpötoiminta Kankaanpäässä. Vuonna 2003 Vatajankosken Sähkö Oy ja Kankaanpään Kaukolämpö Oy sulautuivat.

Nykyään Vatajankosken Sähkö Oy myy sähköenergiaa noin 17 900 asiakkaalle Pohjois-Satakunnassa ja lähialueilla. Yhtiön kaukolämpöosasto myy Kankaanpäässä kaukolämpöä ja Honkajoella höyryä. Liikevaihtoa yhtiöllä on 28,6 miljoonaa euroa vuonna 2012. Kaukolämmön ja höyryn osuus yhtiön liikevaihdosta oli samana vuonna noin 22 prosenttia. Lämpö- ja höyryenergian myynti oli noin 149,5 GWh, josta kaukolämmön osuus 55%. Yhtiö työllisti samana vuonna keskimääräisesti 77 henkilöä.

(Vatajankosken Sähkö Oy 2013)

1.3 Insinööriyön tavoitteet

Tavoitteena oli kartoittaa kaukolämpöverkko ja tehdä siitä digitaalinen kartta, sekä saattaa verkko kaukolämpöverkon simulointiin tarkoitettuun ohjelmaan ja ohjeistaa käyttöhenkilökunta käytössä olleiden ohjelmistojen käyttöön. Simulointiohjelman luotettavaa toimintaa varten täytyy verkostokomponenttien erilaiset ominaisuudet selvittää ja laskea. Näitä ovat esimerkiksi erilaisten putkien ominaisuudet ja niiden sijainnit, pumppujen ominaisuudet sekä syöttöpisteiden ja kuluttajien tiedot.

2 LAITTEET

2.1 Kaapelitutka

Kaukolämpöputkien paikantamista varten käytössä oli C.Scope DXL kaapelitutka, joka pystyy itsenäisesti havaitsemaan kaapelit ja putket niiden sähköisen jännitteen tai takaisin heijastamien radioaaltojen avulla. Lisäksi oli vielä C.Scope SG-A signaaligeneraattori, jonka tuottaman 33kHz taajuisen signaalin kaapelitutka pystyy havaitsemaan mikäli jännitettä ei ole tai etsittävä objekti ei heijasta radioaaltoja. Signaaligeneraattori kytketään johdolla kohtaan, joka on suorassa yhteydessä etsittävään putkeen, kaukolämpöputkien tapauksessa vaikka venttiilin karaan. Signaaligeneraattori maadoitetaan toisella johdolla ympäristöön.

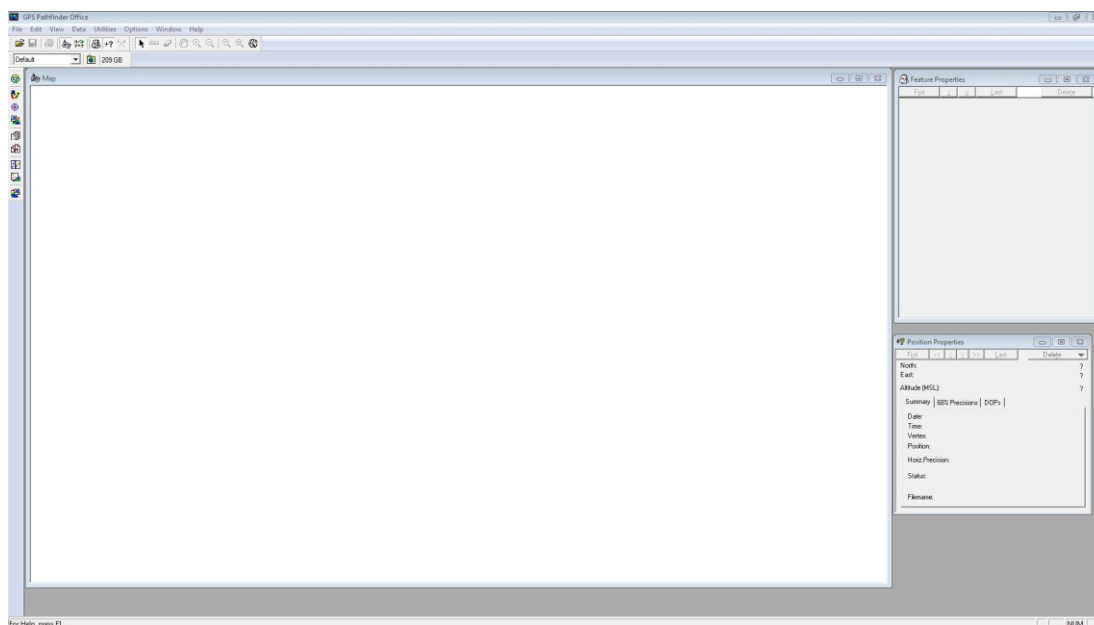
2.2 Tiedonkeruulaite

Tiedonkeruulaitteena oli käytössä Trimble GeoExplorer GeoHX 3.5G. Laite tallentaa pisteiden koordinaatit sekä vaaka- että pystysuuntaisesti. Käytännössä laite siis tallentaa pisteen sijainnin kartalla sekä sen korkeusaseman meren pintaan nähden. Tiedonkeruulaite on Windows Mobile -pohjainen johon on rakennettu Terrasync -ohjelmisto muun muassa koordinaattien keruuta varten. Laite käyttää koordinaattien keruuseen sekä GPS- että GLONASS-satelliitteja. Tiedonkeruulaite on varustettu 3G-datayhteydellä koordinaattipisteiden reaaliaikaista korjausta varten. Koordinaatit voi korjata myös koordinaattitiedoston tietokoneelle siirtämisen jälkeen GPS Pathfinder Office -tietokoneohjelmalla. Korjattujen koordinaattien tarkkuus on vaakatasossa parhaimmillaan 10cm. Pisteille voidaan valita tyyppikirjastosta tyyppi millainen mitattava piste on, esimerkiksi kaivo, putkilinja tai kuluttaja, sekä antaa lisätietoa esimerkiksi putkikoosta ja rakenteesta. Maanmittauslaitoksen ilmaisen aineiston latauspalvelusta ladattiin Terrasync -ohjelmistoon taustakartaksi Kankaanpään ja Niinisalon käsittävät 1:10000 mittakaavaiset peruskartat, joiden tiedostomuoto oli .tiff (Tagged Image File Format), ja joiden mukana toimitettiin kartan koordinaattitiedot ETRS-TM35FIN muodossa. Tiedonkeruulaite asetettiin toimimaan samalla koordinaattijärjestelmällä.

3 OHJELMISTOT

3.1 GPS Pathfinder Office

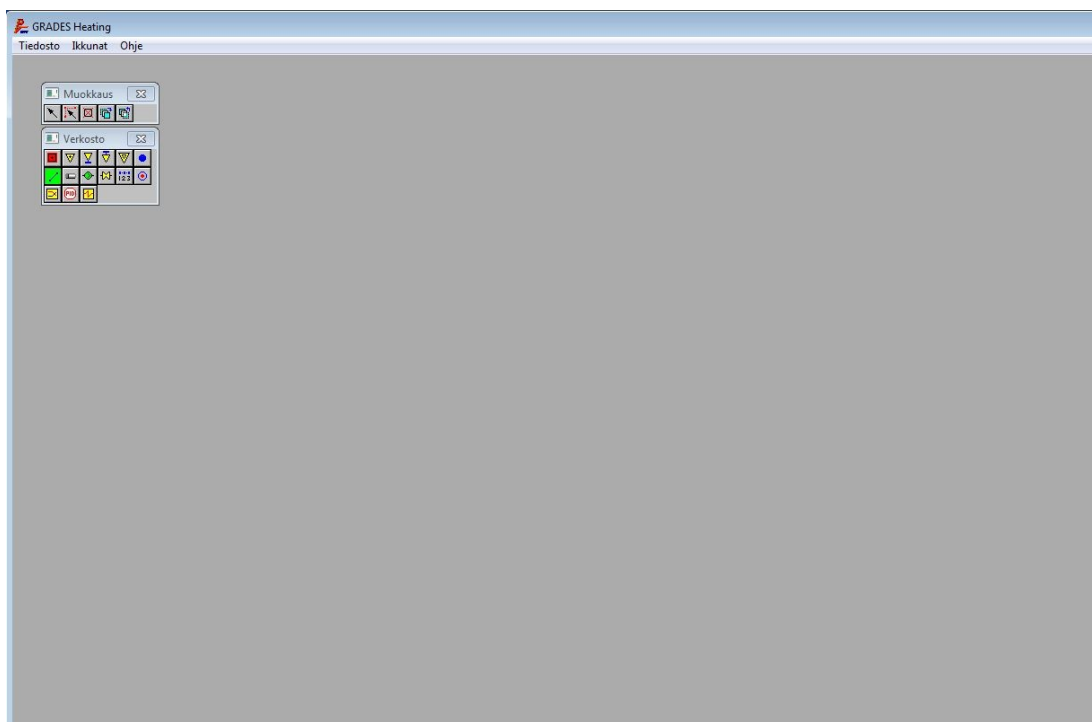
GPS Pathfinder Office on tietokoneella käytettävä ohjelmisto, jonka avulla voidaan hallita tiedonkeruulaitteella kerättyjä koordinaatteja. Ohjelmalla voidaan muun muassa korjata kerättyjä koordinaatteja, poistaa tarpeettomia tai virheellisiä pisteitä tai yhdistää useita koordinaattitiedostoja yhdeksi, josta muodostuu verkoston kokonainen kartta. Ohjelmaan voi syöttää pohjakartan jonka päälle kerätyistä tiedoista koostuva kartta muodostuu. Pohjakarttana käytettiin samaa karttaa kuin tiedonkeruulaitteen Terrasync -ohjelmistossa. Pathfinder Officella luodaan myös tyyppikirjastot tiedonkeruulaitteeseen. Tyyppikirjaston avulla voidaan määritellä millainen objekti mitattava piste on, esimerkiksi kaivo, putkiliinja tai haaroitus.



Kuva 1. GPS Pathfinder Officen pääikkuna

3.2 GRADES Heating

GRADES Heating on Process Visionin kehittäämä kaukolämpöverkon simulointiin käytetty ohjelmisto, jolla voidaan simuloida verkoston käyttäytymistä esimerkiksi eri ulkolämpötiloilla tai lämpölaitosten eri ajojärjestyksillä. Ohjelmaa voidaan myös käyttää uusien verkosto-osien suunnitteluun tai vanhojen parantamiseen. Taustakartana GRADES Heatingissa käytettiin samaa karttaa kuin kahdessa aiemmassakin ohjelmistossa sillä erolla, että kartta muutettiin .bmp (Bitmap) muotoon, mustavalkoiseksi, sekä rajattiin ylimääräistä aluetta pois reunoilta ohjelman toiminnan nopeuttamiseksi.



Kuva 2. GRADES Heating –ohjelmiston pääikkuna

3.3 Lämpökanta

Lämpökanta on ohjelma, joka toimii kaukolämmön asiakastietojärjestelmänä. Ohjelman päätarkoituksena on seurata asiakkaiden laskutusta, mutta se sisältää muun muassa myös asiakkaiden liittymisnumerot, lämmitystilavuuden ja mitoittavan ulkolämpötilan mukaisen teholumeman. Kankaanpäässä käytetty mitoittava ulkolämpötila on useimmissa tapauksissa -29°C , vaikka Kankaanpää virallisesti kuuluukin -26°C mitoituslämpötilavyöhykkeeseen (Energiateollisuus ry 2006, 52.). Lämpökanta -ohjelmasta saadaan simulointiohjelmaan kuluttajien liittymistehot. Asiakkaita voidaan hakea käyttämällä asiakasnumeroa, nimeä tai osoitetta.

KANKAANPÄÄN KAUKOLÄMPÖ - Kaukolämmön asiakastietojärjestelmä versio 2.3.375

Perustiedot Asiakastiedot Ohjeet

Sopimustiedot	Tarjoustiedot	Asiakassuhde	Tekniset tiedot
Osoitetiedot	Laskutustiedot	Arviolaskutus	Rakennustiedot
Asiakasnumero			->
Nimi			
Nimenjatke			
Osoite			
2. Osoite/hakuehto			
Postiosoite		..	
Sähköpostiosoite			Ovt-tunnus
Puhelinnumero	<input type="checkbox"/> Ruotsinkielinen asiakas		Viite
Matkapuhelin	<input type="checkbox"/> Tarjousasiakas		
Fax-numero	<input type="checkbox"/> Liittymävaraus		
Asiakasryhmä		..	Aloituspvm

Tiedostot Huomautukset Nimihistoria Yhteystiedot Muutostyöt Laitteet Tarkastustiedot

Kulutustukemat Kopioi Hae Tallenna Uusi Poista Peru Paluu

Haku funktionäppäimellä F8 ! NUM

Kuva 3. Lämpökannan asiakastietokortin Osoitetiedot -välilehti

4 KAUKOLÄMPÖVERKKO

4.1 Verkostokomponentit

Kaukolämpöverkko koostuu useista erilaisista komponenteista, joita ovat mm. putket, pumput ja kaivot. Verkosto sisältää komponentteja jotka eivät vaikuta laskentaan, kuten kaukolämpökaivot.

4.1.1 Syöttöpisteet

Syöttöpiste on verkkoon lämpöä tuottava yksikkö. Lämpöä voidaan tuottaa lämpökeskuksissa tai lämmön ja sähkön yhteistuotannolla voimalaitoksissa. Lämpökeskus on pelkästään lämpöä tuottava laitos, voimalaitoksella tarkoitetaan sähköä, sähköä ja lämpöä tai höyryä tuottavaa laitosta. Eri voimalaitostyyppisiä ovat höyryvoimalaitos, kaasuturbiinilaitos, kombivoimalaitos ja moottorivoimalaitos (Energiateollisuus ry 2006, 47.).

4.1.2 Putket/johdot

Kaukolämmössä putkella tarkoitetaan yhtä putkea, joko meno- tai paluuputkea. Johdolla tarkoitetaan kokonaisuutta, joka sisältää sekä meno- että paluuputken. Kaukolämmössä käytetyt johdot on ryhmitelty niiden kanavarakenteen mukaan. Kaikkien johtojen mitoitus muovisia virtausputkia lukuun ottamatta perustuu 16 bar suunnitelupaineeseen ja ≤ 120 °C käyttölämpötilaan. Virtausaineena on käsitelty kaukolämpövesi. (Energiateollisuus ry 2006, 137.) Kaukolämpöjohtojen koot ilmoitetaan Euroopassa DN-kokoina (diamètre nominal / nominal diameter / Durchmesser nach Norm), jossa koot on ilmoitettu millimetreinä (Wikipedia 2012). Kaukolämpöjohtoja saa myös erilaisilla eristepaksuuksilla varustettuina.

4.1.2.1 Johtojen nimilyhenteet

Yleisesti käytettyjen johtojen nimilyhenteitä ovat:

Muovisuojakuorirakenteet (Mpuk, 2Mpuk, Mpul, Mpe, jne.)

- M = eristys- tai johtoelementin yleensä polyeteenimuovinen ulkokuori lämpöeristeet
- pu = polyuretaanivaaho
- pe = vaahdotettu polyeteeni
- mv = mineraalivilla rakenne
- k = putket kiinni eristyksessä
- l = putket liikkuvat

Betonikanavarakenteet (Emv, Epu, Wmv, Ymv, jne.)

- E = kokoelementtikanava
- W = kolmitukinen elementtikanava
- T = työpaikalla valettava suorakulmainen kanava
- Y = yläelementtikanava, jossa työpaikalla valettava alaosa
- P = puolielementtikanava, jossa työpaikalla valettava pohjalaatta lämpöeristeet
- mv = mineraalivilla
- pu = polyuretaanivaaho
- kb = kevytbetoni

Muut johtorakenteet

- A = asbestielementtisuojaputki
- Fe = terässuojaputki

Muut

- A = hälytysjohdin
- i = ilmajohto
- s = sisällä tunnelit, kellarit

Virtausputkimateriaali

- m putkikoon jäljessä = virtausputki muovia
- c putkikoon jäljessä = virtausputki kuparia
- l putkikoon jäljessä = virtausputki lasikuitua

(Energiateollisuus ry 2006, 137-138)

4.1.2.2 Kiinnivaahdotetut johdot

Yksiputkijohto 2Mpuk

Yksiputkijohdossa on erilliset meno- ja paluujohdot, joissa virtausputki ja polyeteenisuojakuori on liitetty kiinteästi yhteen polyuretaanieristeellä. Tällaisia johtoja valmistetaan yleensä kokoluokissa DN20 - DN600, tarvittaessa DN1200 asti.

Kaksiputkijohto Mpuk

Kaksiputkijohdossa sekä meno- että paluupuolen virtausputket ja yhteinen polyeteenisuojakuori on liitetty kiinteästi yhteen polyuretaanieristeellä. Kaksiputkijohtoa valmistetaan kokoluokissa DN2x20 - DN2x200. Kaksiputkijohdon etuina yksiputkijohtoon nähden on pienempi materiaalityö, jatkosten tekeminen vähentyy puoleen sekä lämpöhäviöt ovat pienemmät kuin vastaavan yksiputkisen.

(Energiateollisuus ry 2006, 138-139)

4.1.2.3 Joustavat johdot

Joustavalla johdolla tarkoitetaan johtoa, joissa putki on taivutettavissa työmaalla joko työkalujen kanssa tai ilman, ja jotka joustavan rakenteensa tai materiaalinnsa takia kykenevät kompensoimaan lämpöliikkeet. Joustavia johtoja on saatavilla joko yksi- tai kaksiputkisina, ja ne ovat pääasiassa pienikokoisia (DN20 - DN80).

(Energiateollisuus ry 2006, 143.)

Joustavien johtojen lämpöhäviöt ovat samansuuruiset kuin vastaavan kiinnivaahdotetun johdon.

4.1.2.4 Betonikanavajohdot

Betonikanavajohdoissa virtausputkina toimivat teräsputket on sijoitettubetonikuoren sisään kannakkeiden varaan. Virtausputkien eristeenä toimii pääosin mineraalivillatai polyuretaanikouru. Betonikanavajohtoja ei ole enää 1990-luvun lopun jälkeen rakennettu. (Energiateollisuus ry 2006, 144.)

4.1.2.5 Muovisuojakuorijohto liikkuvien teräsputkien, Mpul & 2Mpul

Kanavarakenteen muodostaa polyuretaanieristeellä kiinteästi yhteen liitetty polyeteenisuojakuori ja virtausputkien lasikuituiset tuuletettavat suojaputket, joihin virtausputket on tarkoitettu asennettaviksi. Virtausputket pääsevät vapaasti liikkumaan suojaputken sisällä lämpölaajenemisen vaikutuksesta. Johtoon kuuluu myös vuoto-vesiputki. Tämän kaltainen johtotyyppi oli yleisesti kaukolämpöjohtorakentamisessa käytössä 1960-luvun puolivälistä alkaen noin 20 vuoden ajan, ja vuoden 1990 jälkeen niitä ei ole enää asennettu ollenkaan. (Energiateollisuus ry 2006, 145.) Kankaanpäässä ei tällaisia johtoja ole käytetty lainkaan.

4.1.3 Kaivot

Kaivot ovat olennainen osa kaukolämpöjohtoja. Kaivoihin asennetaan sulkuventtiileitä, tyhjennysventtiileitä sekä ilmanpoistoja. Kaivot voivat olla joko sisäänmentäviä betonikaivoja tai maaventtiilikaivoja. (Energiateollisuus ry 2006, 146-147)

Ainoat verkoston simuloinnin kannalta tarvittavat kaivot ovat ne, joissa on sulkuventtiilit.

4.1.4 Pumppaamot

Suurissa verkoissa, joissa vesivirrat on suuria ja etäisyydet pitkiä, on rakennettava välipumppaamoita. Tärkein rakennusperuste pumppaamolle on epäedullisimman asiakkaan paine-eron putoaminen alle luvatus arvon. Myös jonkin alueen paine-eron ylittäessä asiakkaiden sallimat rajat, tai verkon rakennepaineen ylittyessä, saattaa välipumppaamo olla kannattava. Maastolliset epätasaisuudet sekä pitkien matkojen päässä olevat asiakkaat saattavat edellyttää välipumppaamon rakentamista.

(Energiateollisuus ry 2006, 175.)

4.1.5 Kuluttajat

Kaukolämmön kuluttajat, asiakkaat, käyttävät kaukolämpöveden sisältämää lämpöenergiaa omiin tarpeisiinsa. Kuluttajien lämmönsiirtimissä kaukolämpöveden sisältämää energiaa siirretään kuluttajan omissa laitteissa kiertävään veteen. Joskus kaukolämpövesi voidaan kierrättää suoraan esimerkiksi asiakkaan pattereissa, mutta tämä on harvinaista vaadittavan alhaisemman kaukolämpöveden lämpötilan ja paineen johdosta. Asiakkaalla jäähdytetty kaukolämpövesi lähtee takaisin lämpölaitokselle uudelleen lämmitettäväksi.

5 VERKOSTON KARTOITUS

5.1 Lähdemateriaali

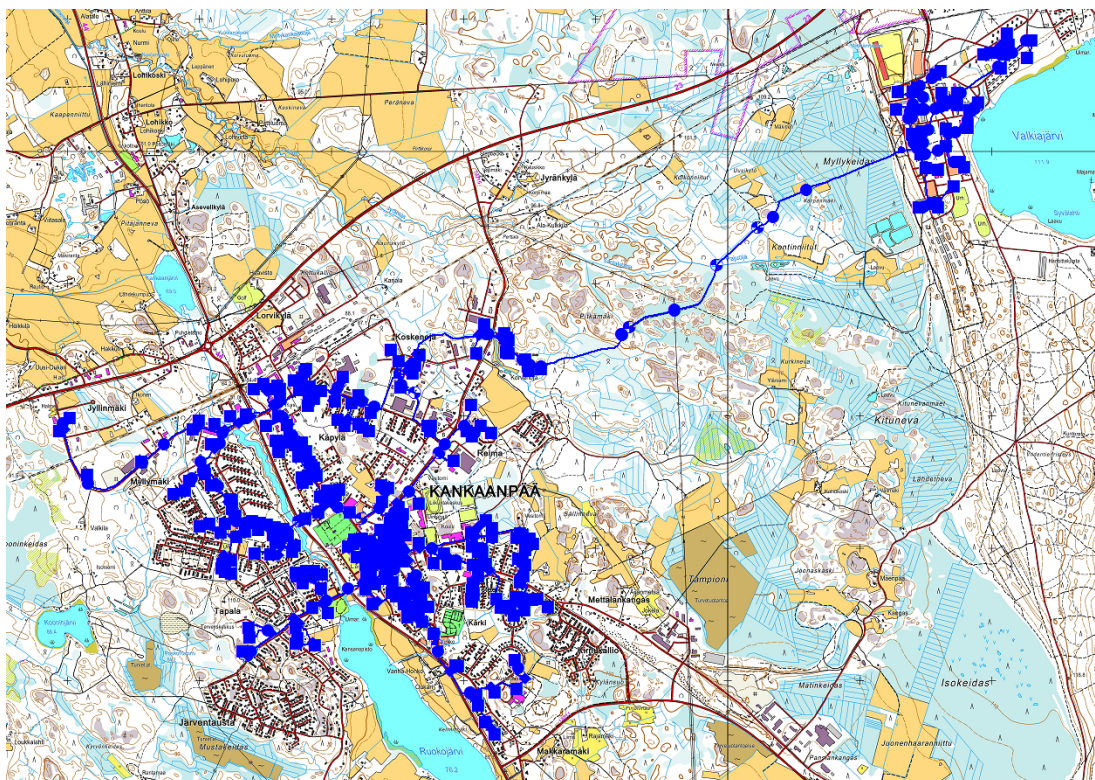
Lähdemateriaalina oli Kankaanpäästä vuosien varrella kertyneitä paperikarttoja. Karttoissa on johtojen sijainnin lisäksi ilmoitettu johdon koko ja rakenne, sekä kaivojen ja kuluttajien lämmönvaihtimien sijainnit. Osa kartoista, etenkin vanhat, ovat vain suuntaa antavia sijainnin suhteen, ja osasta paikkoja on useita karttoja erilaisine johtojen sijainteineen ja putkikokoineen. Osa kartoista on kadonnut, ja osa on vain suunnittelijan päässä. Kaukolämpöpäällikkö Jorma Pihlajamäki on kykynsä mukaan tarkentanut johtojen sijainteja sekä kokoja tarpeen vaatiessa.

Niinisalon varuskunta-alueen ja sen välittömän ympäristön kaukolämpöverkosta on ollut saatavilla Insinööritoimisto Tilatekin vuonna 2004 tekemä kartta johtojen sijainneista, tyypeistä sekä kokoluokista ja kuluttajista. Kartassa ei ole mainittu mikä materiaali toimii virtausputkille eristeenä. Kaukolämpöpäällikkö J. Pihlajamäen mukaan (henkilökohtainen tiedonanto 2012) Niinisalon varuskunta-alueen kaukolämpöverkon vanhimmat osat on rakennettu 1950-luvulla, eikä tuolloin kyseisen paikan johtoihin käytetyistä eristemateriaaleista ole tarkkaa tietoa. Vuotokohtien esiin kaivamisen yhteydessä on saatu selville, että eristeenä ainakin osassa johtoja on käytetty betonielementin sisällä lekasoraa, ja osassa johtoja mineraalivillaa. Kyseisten materiaalien käytön laajuudesta verkostossa ei ole tietoa. Simuloinnin kannalta, ja lämpöhäviöiden laskemista varten, on sovittu, että virtausputkien eristemateriaalina käytetään mineraalivillaa koko Niinisalon verkon alueella.

5.2 Kartoitusprosessi

Verkoston kartoitus aloitettiin etsimällä kaapelitutkan avulla kaukolämpöjohdot maasta ja merkkäämällä merkintämaalilla maahan putkilinjojen, taitekohtien, haaroitusten ym. sijainnit. Tämän jälkeen tiedonkeruulaitteella tehtiin toinen kierros, ja otettiin maassa olevien merkintöjen kohdalta koordinaatit ylös ja määriteltiin tyyppikirjastosta mikä mikäkin piste on.

Päivän kartoitukset siirrettiin tiedonkeruulaitteesta tietokoneelle. Kartoitusten koordinaatit tarkennettiin käyttäen GPS Pathfinder Officen koordinaattikorjaus toimintoa. Korjaamisen jälkeen kartoitustiedosto yhdistettiin aikaisempiin kartoitustiedostoihin, joista lopuksi muodostui koko verkoston digitaalinen kartta verkostokomponenttien sijainteineen. Valmista karttaa voi suurentaa tai pienentää mielensä mukaan, sekä siitä saa tehtyä erilaisia tulosteita tarpeen vaatiessa. Karttaan voi, ja täytyykin, liittää uusia linjoja sitä mukaa kun niitä rakennetaan tai vanhoja muokataan kartan ajan-tasaisuuden säilyttämiseksi.



Kuva 4. Vatajankosken Sähkön kaukolämpöverkko Pathfinder Officessa nähtynä

6 LASKELMAT

Ennen simulointiohjelman käyttöön ottoa on siihen ajettava verkoston komponentit oikeille sijainneilleen kartalla sekä suoritettava simulointiin vaadittavat laskelmat.

6.1 Kaukolämpöputkien sisähalkaisijat

Kaukolämpöputkien koot ilmoitetaan DN -kokoina. Putkien sisähalkaisija on kuitenkin suurempi kuin DN- lukema, joka onkin nimellishalkaisija. Kaukolämpöjohtotyyppistä riippumatta putkien sisähalkaisijat ovat saman nimellishalkaisijan omaavissa putkissa samat. Simulointiohjelma vaatii putkien sisähalkaisijat mm. virtausnopeuksien sekä tilavuusvirtojen määrittämiseksi.

Putkien sisähalkaisijat on laskettu seuraavaa kaavaa käyttäen

$$d_s = d_u - 2t$$

jossa

d_s = virtausputken sisähalkaisija (mm)

d_u = virtausputken ulkohalkaisija (mm)

t = seinämänpaksuus (mm).

6.2 Kaukolämpöjohtojen lämmönjohtavuudet

Kaukolämpöjohtojen lämmönjohtavuuksiin vaikuttaa johtotyyppi, putkikoko, eristemateriaali sekä eristepaksuus. Joustavien kaukolämpöjohtojen lämmönjohtavuuksina voidaan käyttää vastaavan tyyppisen kiinnivaahdotetun johdon lämmönjohtavuuksia.

Eristemateriaalien lämmönjohtavuuksina on laskuissa käytetty seuraavia arvoja

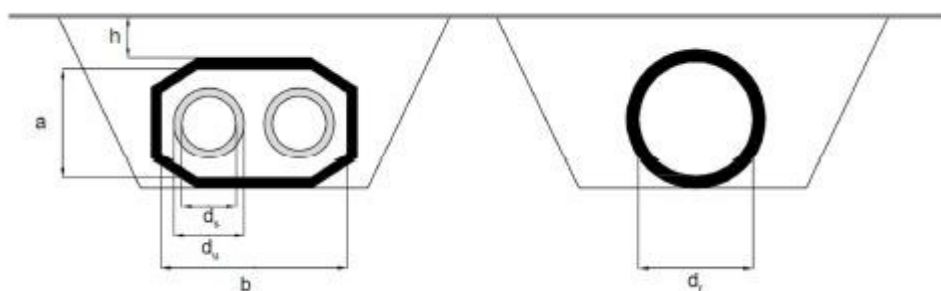
- kiinnivaahdotettujen johtojen polyuretaanieriste, $\lambda_e = 0,029 \frac{W}{mK}$,
- Kankaanpään betonielementtijohtojen polyuretaanikouru, $\lambda_e = 0,042 \frac{W}{mK}$,
- Niinisalon betonielementtijohtojen mineraalivillaeriste, $\lambda_e = 0,060 \frac{W}{mK}$.

Maaperän lämmönjohtavuutena on laskuissa käytetty $\lambda_g = 1,5 \frac{W}{mK}$. Lukuarvo vaihtelee tyypillisesti välillä $0,7 - 2,5 \frac{W}{mK}$, ja siihen vaikuttaa maaperän koostumus, tiheys sekä kosteus. Jos putkiston peittösyvyyttä kasvatetaan, lämpöhäviöt pienenevät. Maaperän lämmönjohtavuuden merkitys kokonaislämpöhäviöihin on kuitenkin marginaalinen. (Alstom Power Systems Oy 2003)

Eristepaksuudet kaukolämpöjohdoille on otettu Alstomin kaukolämpökäsikirjasta käyttämällä yksiputkijohdoissa III-eristeisille putkille annettuja tietoja, kaksiputkijohdoissa niille annettuja tietoja sekä betonikanavajohdoissa I-eristeisille putkille annettuja tietoja.

Betonielementtijohdojen sekä yksiputkijohdojen laskelmat on suoritettu lähteen Energiategollisuus 2006 mukaisesti, kaksiputkijohdojen laskelmat lähteen Huovilainen R. T. & Koskelainen L. 1982 mukaisesti.

6.2.1 Betonikanavajohdot



Kuva 5. Betonikanavajohdon rakenne

Lämpöhäviölaskennan helpottamiseksi on betonielementti redusoitu ympyrän muotoon kuvan mukaisesti.

Betonielementin redusoitu halkaisija saadaan kaavalla:

$$d_r = 2 * \sqrt{\frac{a * b}{\pi}}$$

jossa

d_r = elementin redusoitu halkaisija (m)

a = elementin korkeus (m)

b = elementin leveys (m).

Virtausputkien lämpöhäviöt yhtyvät elementin sisällä olevassa ilmatilassa. Kanavan ilmatilan ja maanpinnan välinen lämpövastus saadaan selvitettyä kaavalla:

$$R_u = \frac{1}{2 * \pi * \lambda_{gb}} * \ln \left(\frac{2 * h}{d_r} + \sqrt{\left(\frac{2 * h}{d_r} \right)^2 - 1} \right)$$

jossa

R_u = ilmatilan ja maan välinen lämpövastus ($\frac{mK}{W}$)

h = kanavan peittosyvyys (m)

λ_{gb} = maan ja betonin yhteinen lämmönjohtavuus ($\frac{W}{mK}$).

Meno- ja paluuputken lämpövastus pituusyksikköä kohden saadaan kaavalla:

$$R_{m/p} = \frac{1}{2 * \pi * \lambda_e} * \ln \frac{d_u}{d_s}$$

jossa

$R_{m/p}$ = meno-/paluuputken lämpövastus ($\frac{mK}{W}$)

λ_e = eristeen lämmönjohtavuus ($\frac{W}{mK}$)

d_u = eristeen ulkohalkaisija (m)

d_s = eristeen sisähalkaisija (m).

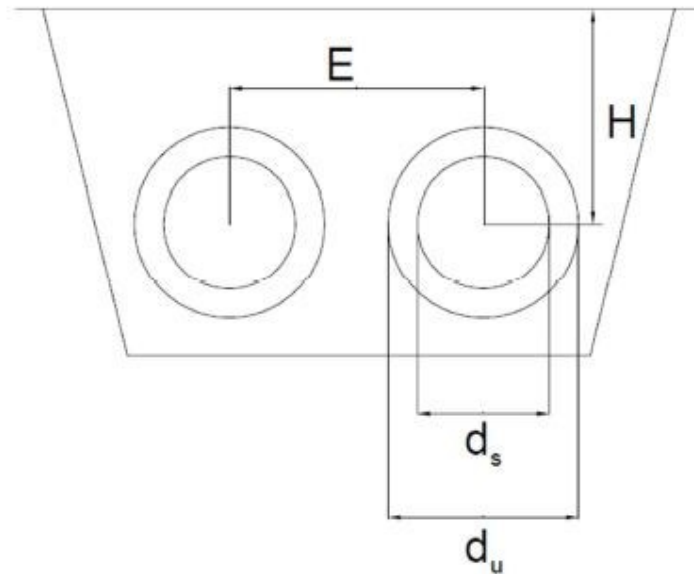
Meno- ja paluuputken lämmönjohtavuus saadaan edellisen käänteislukuna:

$$K = \frac{1}{R_{m/p}}$$

jossa

K = putken lämmönjohtavuus ($\frac{W}{mK}$).

6.2.2 Yksiputkijohdot 2Mpuk



Kuva 6. Yksiputkijohdon rakenne

Yhden virtausputken lämpövastus pituusyksikköä kohden saadaan laskettua kaavalla:

$$R_1 = \frac{1}{2 * \pi * \lambda_e} * \ln \frac{d_u}{d_s}$$

jossa

R_1 = yhden putken lämpövastus ($\frac{mK}{W}$).

Maaperästä aiheutuva lämpövastus saadaan ratkaistua kaavalla:

$$R_g = \frac{1}{2 * \pi * \lambda_g} * \ln \frac{4 * H}{d_u}$$

jossa

R_g = maaperän lämpövastus ($\frac{mK}{W}$)

H = putkien upotussyvyys (m).

Putkien keskinäisen vaikutuksen huomioon ottava lämpövastus saadaan laskettua kaavalla:

$$R_m = \frac{1}{4 * \pi * \lambda_g} * \ln \left(1 + \frac{2 * H^2}{E} \right)$$

jossa

R_m = putkien keskinäisen vaikutuksen huomioiva lämpövastus ($\frac{mK}{W}$)

E = virtausputkien keskikohtien välinen etäisyys (m).

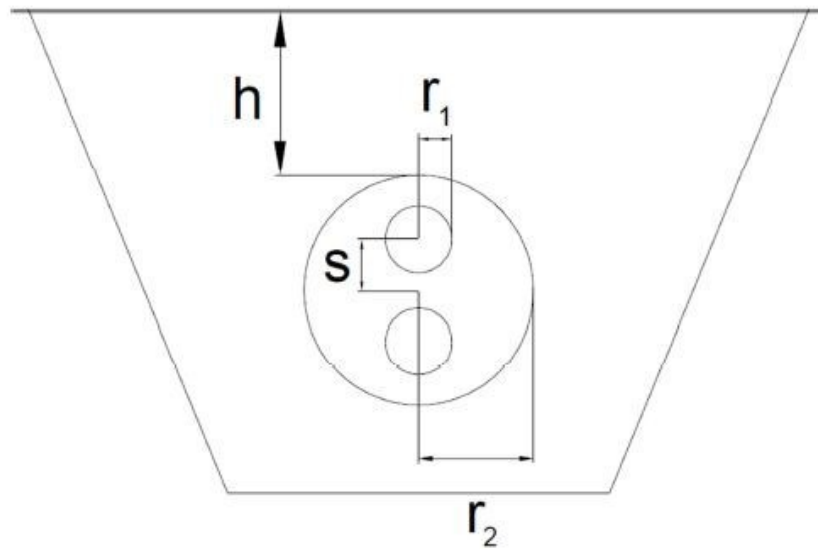
Lämmönjohtuvuus pituusyksikköä kohden saadaan määritettyä putkien lämmönläpäisylukujen erotuksen kautta:

$$K_1 - K_2 = \frac{1}{R_g + R_m + R_1}$$

jossa

K = lämmönläpäisyluku, lämmönjohtuvuus ($\frac{W}{mK}$).

6.2.3 Kaksiputkijohdot Mpuk



Kuva 7. Kaksiputkijohdon rakenne

Epäkeskeisesti sijoitetun putken lämmönjohtavuus pituusyksikköä kohden saadaan selville seuraavan kaavan avulla:

$$G'_1 = \frac{2 * \pi * \lambda_e}{\ln \frac{A+B}{A-B}}$$

jossa

G'_1 = epäkeskeisesti sijoitetun putken lämmönjohtavuus pituusyksikköä kohden ($\frac{W}{mK}$)

λ_e = eristeen lämmönjohtavuus ($\frac{W}{mK}$).

Edellisen kaavan tekijät A sekä B saadaan seuraavista kaavoista:

$$A = \sqrt{(r_1 + r_2)^2 - s^2}$$

$$B = \sqrt{(r_2 - r_1)^2 - s^2}$$

joissa

r_1 = virtausputken säde (m)

r_2 = suojaputken säde (m)

s = virtausputken keskikohdan ja suojaputken keskikohdan välinen etäisyys (m).

Kahden putken välinen lämmönjohtavuus saadaan laskettua seuraavan kaavan avulla:

$$G'_2 = \frac{2 * \pi * \lambda_e}{\operatorname{arccosh}\left(2 * \frac{s^2}{r_1} - 1\right)}$$

jossa

G'_2 = kahden putken välinen lämmönjohtavuus ($\frac{W}{mK}$).

Kaksiputkielementin kokonaislämmönjohtavuus saadaan laskettua kaavasta:

$$G'_{kok} = 2 * G'_1 - 0,5 * G'_2$$

jossa

G'_{kok} = elementin kokonaislämmönjohtavuus ($\frac{W}{mK}$).

Maasta johtoon aiheutuva lämpövastus johtopituutta kohden saadaan kaavasta:

$$R_g = \frac{1}{2 * \pi * \lambda_g} * \ln \left(\frac{h - r_2}{r_2} + \sqrt{\frac{h - r_2}{r_2} - 1} \right)$$

jossa

R_g = maasta aiheutuva lämpövastus ($\frac{\text{mK}}{\text{W}}$)

λ_g = maan lämmönjohtavuus ($\frac{\text{W}}{\text{mK}}$).

Maasta sekä elementistä johtuva kokonaislämpövastus saadaan laskettua kaavasta:

$$R = \frac{1}{G'_{kok}} + R_g$$

jossa

R = kokonaislämpövastus ($\frac{\text{mK}}{\text{W}}$).

Kokonaislämmönjohtavuus saadaan edellisen kaavan käänteisluvusta:

$$G = \frac{1}{R}$$

jossa

G = elementin kokonaislämmönjohtavuus ($\frac{\text{W}}{\text{mK}}$).

ALSTOM

3.2.3.

III eristeiset putket
1P (LLY:n suositus L1/1994)

Tuote nro Putket ilman häilytysjohdinta	Teräsputki			Suojakuori		Pituus m	Paino kg/putki	Tilavuus dm ³ /m	Vedellä täytetty putki kg/m	Halkaisija Ø mm	Lämpöhäviö W/m/putki				
	DN	ulko ø mm.	S	ulko ø mm.	40° C						60° C	80° C	100° C	120° C	
3001	20	26,9	2,0	125	6	21	0,4	3,9	26,9/125	4,1	6,3	8,6	10,9	13,2	
3002/3022	25	33,7	2,3	125	6/12	25/50	0,6	4,7	33,7/125	4,7	7,4	10,0	12,7	15,3	
3003	32	42,4	2,6	140	12	62	1,1	6,3	42,4/140	5,2	8,1	11,0	13,8	16,7	
3004	40	48,3	2,6	140	12	67	1,5	7,0	48,3/140	5,8	9,0	12,2	15,4	18,7	
3005	50	60,3	2,9	160	12	88	2,3	9,6	60,3/160	6,3	9,8	13,3	16,8	20,3	
3006	65	76,1	2,9	180	12	136	3,9	12,9	76,1/180	7,1	11,0	15,0	18,9	22,9	
3007	80	88,9	3,2	200	12	155	5,3	16,6	88,9/200	7,5	11,7	15,9	20,1	24,2	
3008/3028	100	114,3	3,6	250	12/16	200/267	9,0	25,7	114,3/250	7,8	12,1	16,5	20,8	25,2	
3009/3029	125	139,7	3,6	280	12/16	239/318	14,0	33,7	139,7/280	8,7	13,6	18,5	23,3	28,2	
3010/3030	150	168,3	4,0	315	12/16	310/413	20,0	46,0	168,3/315	9,6	15,0	20,4	25,7	31,1	
3011/3031	200	219,1	4,5	400	12/16	469/626	35,0	79,8	219,1/400	10,1	15,7	21,3	26,9	32,5	
3012/3032	250	273,0	5,0	450	12/16	617/822	54,0	105,7	273,0/450	12,0	18,7	25,3	32,0	38,7	
3013/3033	300	323,9	5,6	500	12/16	788/1051	77,0	142,5	323,9/500	13,6	21,1	28,8	36,4	44,0	
3014/3034/3054	400	406,4	6,3	630	12/16/18	1166/1555/1750	122,0	215,0	406,4/630	13,7	21,3	28,9	36,5	44,1	
3015/3035/3055	500	508,0	6,3	710	12/16/18	1430/1907/2146	193,0	317,9	508,0/710	17,5	27,3	37,0	46,8	56,5	
3016/3036/3056	600	609,6	7,1	800	12/16/18	1858/2477/2786	277,0	433,6	609,6/800	21,3	33,1	44,9	56,7	66,5	

Kuva 8. III-eristeisten hitsattujen teräksisten yksiputkijohtojen (2Mpuk) tiedot

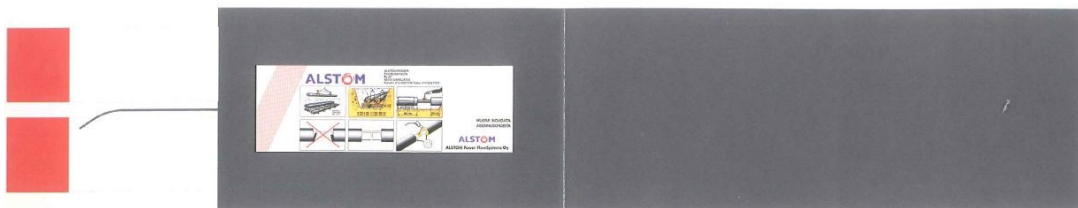
ALSTOM

3.2.1.

I-eristeiset putket
1P

Tuote nro Putket ilman häilytysjohdinta	Teräsputki			Suojakuori		Pituus m	Paino kg/putki	Tilavuus dm ³ /m	Vedellä täytetty putki kg/m	Halkaisija Ø mm	Lämpöhäviö W/M/putki				
	DN	Ulko Ø mm	s	Ulko Ø mm	40° C						60° C	80° C	100° C	120° C	
1001	20	26,9	2,0	90	6	16	0,4	3,0	26,9/90	5,1	7,9	10,8	13,6	16,4	
1002	25	33,7	2,3	90	6	19	0,6	3,7	33,7/90	6,2	9,6	13,1	16,5	19,9	
1003	32	42,4	2,6	110	12	52	1,1	5,4	42,4/110	6,4	9,9	13,5	17,0	20,6	
1004	40	48,3	2,6	110	12	55	1,5	6,1	48,3/110	7,3	11,4	15,4	19,5	23,6	
1005	50	60,3	2,9	125	12	73	2,3	8,4	60,3/125	8,2	12,8	17,3	21,9	26,4	
1006	65	76,1	2,9	140	12	89	3,9	11,3	76,1/140	9,7	15,0	20,4	25,8	31,2	
1007	80	88,9	3,2	160	12	113	5,3	14,7	88,9/160	10,0	15,6	21,2	26,8	32,3	
1008	100	114,3	3,6	200	12	163	9,0	22,6	114,3/200	10,6	16,4	22,3	28,2	34,0	
1009	125	139,7	3,6	225	12	205	14,0	30,9	139,7/225	12,2	19,0	25,8	32,6	49,4	
1010	150	168,3	4,0	250	12	266	20,0	42,4	168,3/250	14,5	22,5	30,6	38,6	46,7	
1011/1031	200	219,1	4,5	315	12/16	396/528	35,0	67,7	219,1/315	15,8	24,5	33,3	42,0	50,8	

Kuva 9. I-eristeisten hitsattujen teräksisten yksiputkijohtojen (2Mpuk) tiedot



Tuote nro	Teräsputki			suojakuori ulko ø mm.	Pituus m	Paino kg/putki	Tilavuus dm³/m	Vedellä täytetty putki kg/m	Halkaisija Ø mm	Virtaus- putken väli mm	Lämpöhäviö W/mputki			
	DN	ulko ø mm.	S								40° C	60° C	80° C	100° C
4000	2x20	26,9	2,0	125	6	27	0,8	5,6	2x26,9/125	19				
4001/4011	2x25	33,7	2,3	140	6/12	36/72	1,2	7,2	2x33,7/140	19				
4002	2x32	42,4	2,6	180	12	105	2,2	10,9	2x42,4/180	19				
4003	2x40	48,3	2,6	180	12	112	3,0	12,4	2x48,3/180	19				
4004	2x50	60,3	2,9	200	12	148	4,7	17,1	2x60,3/200	20				
4005	2x65	76,1	2,9	250	12	204	7,8	24,7	2x76,1/250	20				
4006	2x80	88,9	3,2	280	12	259	10,7	32,3	2x88,9/280	25				
4007/4017	2x100	114,3	3,6	355	12/16	391/521	18,0	50,5	2x114,3/355	35				
4008/4018	2x125	139,7	3,6	400	12/16	482/642	27,6	68,0	2x139,7/400	40				
4009/4019	2x150	168,3	4,0	450	12/16	624/832	40,4	92,0	2x168,3/450	40				
4010/4020	2x200	219,1	4,5	560	12/16	930/1241	70,0	147,0	2x219,1/560	45				

Kuva 10. Teräksisten hitsattujen kaksiputkijohtoelementtien (Mpu) tiedot

7 SIMULOINTI

Verkon simuloinnin tehtävänä on selvittää painetasot sekä virtaukset verkoston eri osissa. Simulointia käytetään hyväksi tarkasteltaessa verkoston kapasiteetin riittävyyttä eri käyttötilanteissa. Simulointiohjelmaa voidaan hyödyntää myös silloin, kun verkostoon suunnitellaan uutta osaa. GRADES Heating -ohjelmalla voidaan nähdä mm. solmupisteiden paine- ja lämpötilatasot, putkilinjojen erilaiset virtaukset sekä lämpö- ja painehäviöt.

7.1 Mallin tyypikirjasto

Mallin tyypikirjasto pitää sisällään laskennan kannalta tärkeiden komponenttien tiedot. Tarvittavien tietojen lukumäärä vaihtelee objektityypeittäin. Lisäksi komponenteille voidaan syöttää hintatietoja.

7.1.1 Pumput

Pumpuille syötetään tyyppikirjastoon pumpun ominaiskäyrä ja hyötysuhdekäyrä, maksimi nostokorkeus, maksimi tilavuusvirta sekä mitoitus- ja maksimikierrosnopeudet.

7.1.2 Venttiilit

Venttiileille tyyppikirjastoon syötetään käyrä, joka kuvaa venttiilin avonaisuutta kaaran asentoon nähden.

7.1.3 Putket

Putkille syötetään sisähalkaisija, sisäpinnan karheus, lämmönjohtavuus, mitoituspainne, maksimi painehäviö ja maksimi virtausnopeus.

7.1.4 Jäähdytysregressio

Jäähdytysregressio kuvaa kaukolämpöveden jäähdytystä suhteessa ulkolämpötilaan. Mallin tyyppikirjastoon annetaan kyseistä asiaa kuvaava kuvaaja.

7.1.5 Solmupisteet

Solmupiste on simulointiohjelmassa esimerkiksi piste, jossa putket haarautuvat, putkikoko muuttuu, joka on korkeusasemaltaan kriittisessä kohdassa verkkoa tai on kriittisessä paikassa jonka vuoksi verkon käyttäytymistä solmun kohdassa halutaan seurata. Solmupisteille täytyy simulointiohjelmassa aina antaa korkeusasema. Solmupisteet voidaan määritellä joko tavalliseksi solmukohdaksi, kuluttajaksi tai syöttöpisteeksi. Solmupisteiden määrää ei ole rajoitettu, mutta yhdessä verkossa voi olla vain yksi säätävä syöttöpiste.

7.1.6 Syöttöpisteet

Syöttöpiste on simulointiohjelmaan laitettava lämpöä verkostoon tuottava solmukohta, eli voimalaitos tai lämpökeskus. Syöttöpisteille täytyy antaa korkeusasema, kaukolämmön lämpötilaohje, minimi sekä maksimi teholumema, kiinniolotilan kulutuksen teholumema sekä kaukolämpöpumpun tiedot, joko luomalla uusi pumppu tai valitsemalla mallin tyyppikirjastosta sinne luotu pumppu.

Verkoston syöttöpisteet sekä niiltä saatava kaukolämpöteho:

- Voimalaitos, kiinteän polttoaineen laitos (18MW)
- Voimalaitos, öljykattilat (13MW)
- Kangasmoisionkadun lämpökeskus (8MW)
- Soikanpuiston lämpökeskus (6MW)
- Tapalankadun lämpökeskus (1,2MW)
- Kelankaaren lämpökeskus (2MW)
- Niinisalon lämpökeskus (7,6MW)

Voimalaitoksella sijaitsevat öljykattilat laitettiin simulointiohjelmaan omaksi syöttöpisteekseenä kpa-laitoksen välittömään läheisyyteen. Kummallekin annettiin omat pumpputietonsa.

7.1.7 Kuluttajat

Jokaiselle kuluttajalle määritettiin simulointiohjelmaan asiakasnumero, nimi, rakennusvuosi, liittymisteho sekä korkeusasema. Kuluttajia verkossa on yhteensä 337 kappaletta.

7.2 Muut asetukset

Tässä listattuna olevat kohdat löytyvät GRADES Heating -ohjelman Asetukset -välilehden alta.

7.2.1 Lämpötilojen jaksotus

Lämpötilojen jaksotus ilmoitetaan aika-askeleen mukaisina lämpötiloina. Eri aika-askeleita voi valita aina tunnista kuukauteen ja jakson kokonaispituuden päivästä vuoteen. Tässä jakson kokonaispituudeksi valittiin vuosi ja aikavälin pituudeksi kuukausi. Tällöin joka kuukaudelle syötetään ulkolämpötilaa sekä maanpinnan lämpötilaa kuvaava arvo. Lämpötiloista ja aika-askeleista syntyy kuvaaja joka kuvaa lämpötiloja eri kuukausina. Ajo-ikkunasta voidaan valita päivämäärä, jonka mukaisia lämpötiloja kyseinen simuloinnin tulos käyttää.

7.2.2 KL-laskenta

Verkoston kiinteäksi paineeksi asetettiin voimalaitokselle tulevan paluueden paine, koska ohjelmassa ei ollut vaihtoehtoa käyttää jonkin pisteen paine-eroa. Paluupaineen arvoksi asetettiin 3,0bar. Kiinteä paine on arvo, jonka suuruisella paineella verkostoa simulointiohjelmassa ajetaan. Maanpinnan 0-taso asetettiin 0,0 metriin, jonka seurauksena jokaiselle objektille asetetaan korkeusasema suhteessa merenpinnan tasoon. KL-laskennan asetukset -ikkunan Vakiot -välilehden takaa löytyy paikat vakiolle ulkolämpötilalle ja maanpinnan lämpötilalle, mikäli niitä haluaa suoraan käyttää jaksottaisten lämpötilakäyrien sijasta.

7.2.3 Menoveden lämpötilaohje

Menoveden lämpötilaohje kuvaa lähtevän kaukolämpöveden lämpötilaa suhteessa ulkolämpötilaan.

7.2.3 Kulutuksen skaalaus

Kulutuksen skaalaus on kaukolämmön kulutuksen suhde ulkolämpötilaan. Mitoitettavassa lämpötilassa (-29°C) kulutuksen skaalauskerroin on 1, eli sitä lämpimämmällä säällä skaalauskerroin on alle 1.

7.2.4 Laitosten tilan laskenta

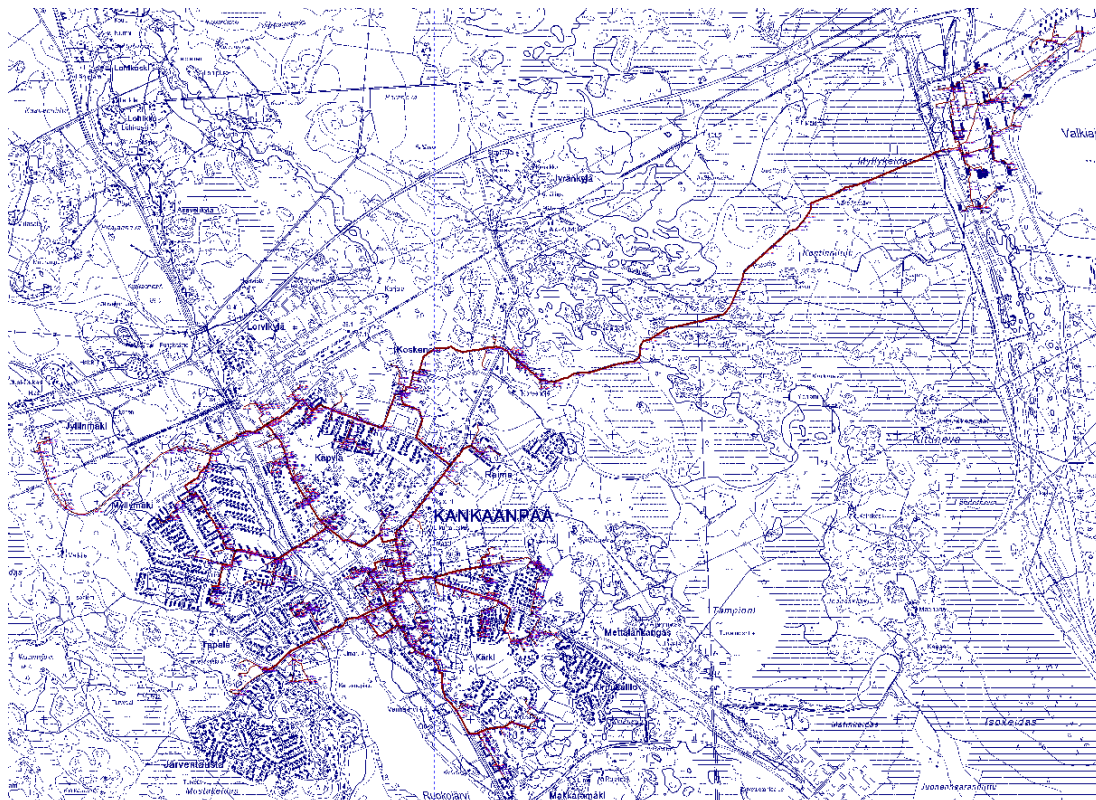
Laitosten tilan laskennassa voidaan muuttaa syöttöpisteiden ajojärjestystä. Viimeisin tehoa verkostoon syöttävä laitos toimii säätävänä laitoksena.

7.2.5 Iteraatiot

Iteraatioasetuksiin voidaan syöttää tieto kuinka monta kertaa simulointiohjelma suorittaa simuloinnin tuloksena saataviin lukuihin vaadittavat laskutoimitukset. Arvojen annettiin olla niin kuin ne vakiona olivat.

7.3 Verkoston mallinnus simulointiohjelmaan

Verkoston kartoituksessa käytetty GPS Pathfinder Office ja simulointiohjelma GRADES Heating eivät suoraan osaa keskustella keskenään. Pathfinder Officesta saa vietyä dataa ulos monen laisissa muodoissa, mutta käytössä ollut simulointiohjelma ei niitä ymmärtänyt. Verkosto päädyttiin mallintamaan piirtämällä karttapohjan päälle Pathfinder Officessa avoinna olevasta verkostokuvasta kahta vierekkäin olevaa monitoria hyväksi käyttäen. Verkosto saatiin piirrettyä riittävällä tarkkuudella simulointiohjelmaan. Piirtämisestä aiheutui vain maan tason suuntaista virhettä, sillä solmupisteiden korkeusasemat syötettiin manuaalisesti samaksi, jotka tiedonkeruulaitteella oli saatu kerättyä. Maan tason suuntainen virhe pyrittiin minimoimaan kopiaamalla verkosto mahdollisimman tarkasti. Kopiointitavasta aiheutuva vääristymä simuloinnissa on hyvin marginaalinen.



Kuva 11. Vatajankosken Sähkön kaukolämpöverkko simulointiohjelmassa nähtynä

7.4 Simuloinnin tulokset

Simuloinnin tuloksia voi tarkastella monella eri tavalla.

Karttaa selaamalla nähdään putkilinjojen, kulutus- ja syöttöpisteiden tärkeimpiä tietoja, jotka on valmiiksi määritelty näkymään. Kartalla näkyviä tietoja voi vapaasti lisätä tai vähentää. Valitsemalla kartalta objekteja pääsee käsiksi erittäinkin pikkutarkkoihin tietoihin. Väriskaalauksia asettamalla saa nopeasti yleiskuvan millainen verkoston missäkin osassa esimerkiksi menoveden lämpötila tai paine-ero erilaisissa ajotilanteissa on.

Simulointiohjelmasta tulostettiin laskentareportit erilaisista ajotilanteista. Laskentareportti sisältää tiedot kaikista verkoston komponenteista eri kriteereittäin listattuna. Raportista voidaan nopeasti nähdä kriittisiä tietoja eri verkoston kohdista.

8 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli kartoittaa kaukolämpöverkko ja tehdä siitä digitaalinen kartta sekä saattaa verkko kaukolämpöverkon simulointiin tarkoitettuun ohjelmaan. Lisäksi työhön kuului käyttöhenkilökunnan ohjeistus käytössä olleiden ohjelmistojen käyttöön.

Digitaalisen kartan muodostus tapahtui ottamalla verkoston GPS-koordinaatit ylös hyödyntäen kaapelitutkaa sekä paperikarttoja linjojen etsimiseen. Koordinaatit kerättiin GPS- sekä GLONASS-sateliitteja hyödyntävällä tiedonkeruulaitteella, josta tiedot purettiin tietokoneelle. Kerätystä paikkadatasta syntyi kaukolämpöverkoston digitaalinen kartta.

Verkosto mallinnettiin simulointiohjelmaan piirtämällä digitaaliselta kartalta kahta vierekkäin asetettua näyttöä hyväksikäyttäen. Simulointiohjelman luotettavaa toimintaa varten täytyi ottaa selvää erinäisistä ohjelman vaatimista lähtö- ja vakioarvoista, esimerkiksi eri kokoluokkaa olevien putkilinjojen tai kuluttajien ominaisuudet. Simulointiohjelman antamat tulokset ovat hyvin lähellä todellisuutta. Tuloksia voidaan selailla ohjelmassa tai tulostaa erilaisia raportteja tai karttoja ajotilanteista.

Henkilökunnan ohjeistusta varten on tehty kuvilla selkeytetyt ja helppolukuiset Powerpoint -ohjeet, jotka opastavat käyttöhenkilökuntaa ohjelmilta ja laitteilta vaadittavien toimintojen käyttöön digitaalisen kartan sekä simulointiohjelman ajantasaisena pitämiseksi. Käyttöhenkilökunnan kanssa käytiin ohjelmien sekä laitteiden toimintaa ja Powerpoint -ohjeita läpi koulutustilaisuuksissa muutamana päivänä. Lisäksi koko verkoston mallinnusprosessi käytiin läpi harjoitustyö-tyyppisesti Tampion teollisuusalueen erillisverkon kanssa. Koulutusmateriaaliksi tehdyt Powerpoint-ohjeet ovat opinnäytetyön liitteinä.

LÄHTEET

Kaukolämmön käsikirja 2006. Helsinki: Energiateollisuus ry

Kaukolämpökäsikirja 2003. Saarijärvi: Alstom Power Systems Oy

Vatajankosken Sähkö Oy vuosikertomus 2012. 2013.

Huovilainen R. T. & Koskelainen L. Kaukolämmitys 1982. Lappeenranta: Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu

Wikipedia 2012. Viitattu 4.11.2012. <http://en.wikipedia.org/>

Pihlajamäki, J. 2012. Kaukolämpöpäällikkö, Vatajankosken Sähkö Oy. Kankaanpää. Henkilökohtainen tiedonanto 2012.

PIKAOHJE TRIMBLE GEOXH TIEDONKERUULAITTEEN KÄYTTÖÖN

ALOITUS (1/5)

- Käynnistä laite painamalla vihreää virtanäppäintä.



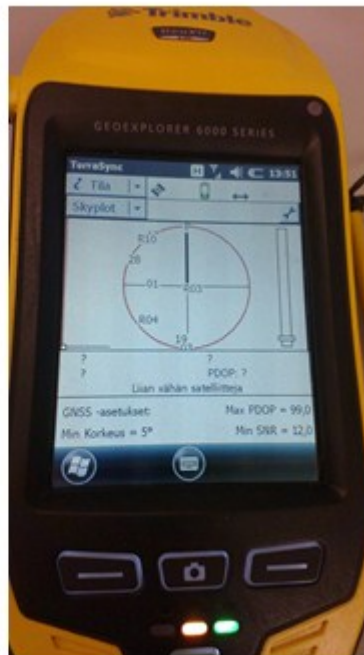
ALOITUS (2/5)

- Laitteen kysyessä PIN-koodia syötä 1234 jonka jälkeen painetaan Enter. Tämän vaiheen voi myös ohittaa painamalla Cancel.



ALOITUS (3/5)

- Laitteen käynnistyttyä paina oikealta alhaalta GNSS -painiketta, jolloin tietojen keruuseen tarkoitettu Terrasync -ohjelmisto käynnistyy.
- Terrasyncin käynnistyessä kuuluu äänimerkki mikäli satelliittivastaanotin on onnistuneesti kytketty päälle. Jos näin ei tapahdu, sammuta ohjelma painamalla vasemmalta ylhäältä Tila -painiketta ja valitsemalla Sulje. Käynnistä ohjelma uudelleen.



ALOITUS (4/5)

- Ohjelman käynnistyttyä painamalla vasemmalta ylhäältä Tila -painiketta aukeaa valikko, josta valitaan Mittaus.



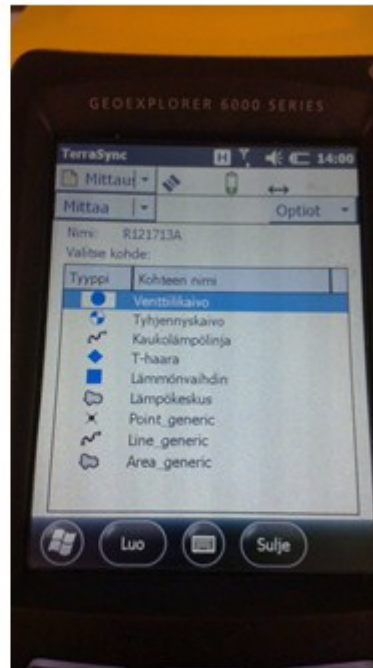
ALOITUS (5/5)

- Mittaus -ikkunan avautuessa ohjelma tarjoaa automaattisesti uuden tiedoston luomista. Ruudulle ilmestyvän näppäimistön saa pois tai päälle painamalla alapalkissa keikellä sijaitsevaa näppäimistöä kuvaavaa painiketta.
- Uutta mittaus-tiedostoa luotaessa painetaan alhaalta Luo -painiketta. Siirry uuden tiedoston luontiin. Uuden tiedoston oletusnimi viittaa päivämäärään ja kellonaikaan.
- Jos taas halutaan jatkaa vanhaa tiedostoa, niin painamalla vasemmalta ylhäältä Uusi-painiketta aukeaa ikkuna josta valitaan Vanha tiedosto. Halutun tiedoston kohdalla painetaan alhaalta vasemmalta Avaa. Siirry vanhan tiedoston muokkaukseen.
- Ohjelman kysyessä antennikorkeutta hyväksytään oletuskorkeus ja painetaan OK.



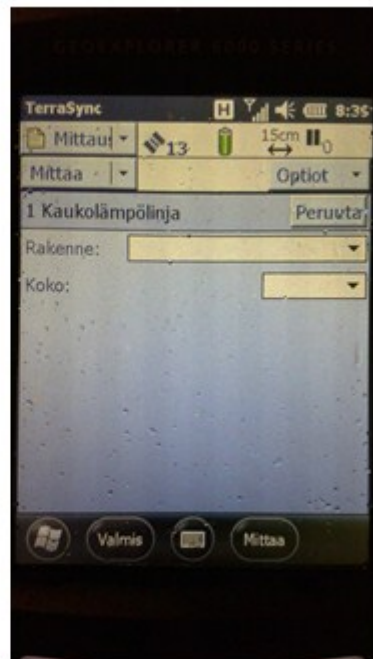
UUDEN MITTAUSTIEDOSTON LUONTI (1/8)

- Uutta linjaa mitattaessa valitaan kohteeksi listasta Kaukolämpölinja ja painetaan alhaalta Luo. Muut kohteet lämpökeskusta lukuun ottamatta voidaan upottaa linjaan mittauksen lomassa.
- Valitaan alasetusvalikoista linjalle rakenne sekä koko.
- Mikäli ei ole tarkoitus mitata kaukolämpölinjan sijaintia ollenkaan, niin voidaan valita jokin muu tyyppi.



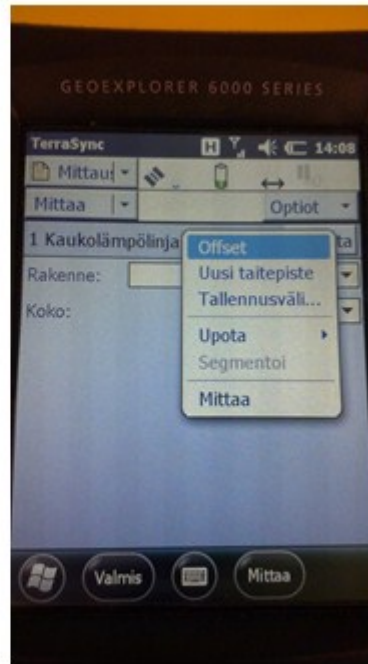
UUDEN MITTAUSTIEDOSTON LUONTI (2/8)

- Valitaan mitattavalle kaukolämpölinjalle kirjastosta rakenne sekä koko.
- Laite näyttää koko ajan käytävissä olevien satelliittien määrän sekä tarkkuuden johon koordinaattien korjauksen jälkeen päästään.



UUDEN MITTAUSTIEDOSTON LUONTI (3/8)

- Mitattavan pisteen kohdalla valitaan Optiot –painikkeen alta Uusi taitepiste, jonka jälkeen laite alkaa keräämään koordinaattipisteitä sekunnin välein.



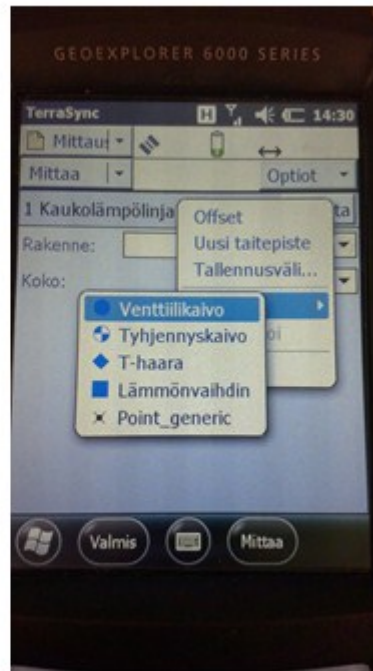
UUDEN MITTAUSTIEDOSTON LUONTI (4/8)

- Koordinaattipisteitä kerätessään laite näyttää satelliittien lukumäärän, tarkkuuden johon koordinaattien korjauksen jälkeen päästään sekä montako koordinaattipistettä laite on kyseisestä kohdasta kerännyt. Mielestään riittävän tarkkuuden jälkeen painetaan alhaalta Valmis, jolloin kyseinen piste on otettu ylös ja tallennettu.
- Mikäli piste otetaan väärässä kohdassa tai vahingossa, painetaan taitepistettä mitattaessa Peruuta ja hyväksy peruutus.



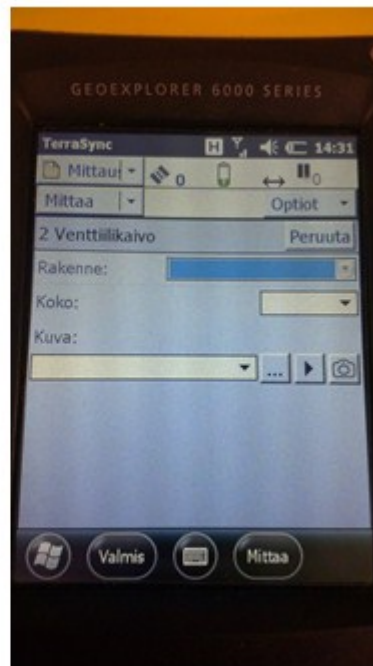
UUDEN MITTAUSTIEDOSTON LUONTI (5/8)

- Kaukolämpölinjaa mitattaessa voi mittauspisteiden väliin upottaa muita kohteita.
- Upotus tapahtuu painamalla Optiot – painiketta ja valitsemalla sieltä Upota –kohta. Tämän jälkeen valitaan upotettavan kohteen tyyppi.



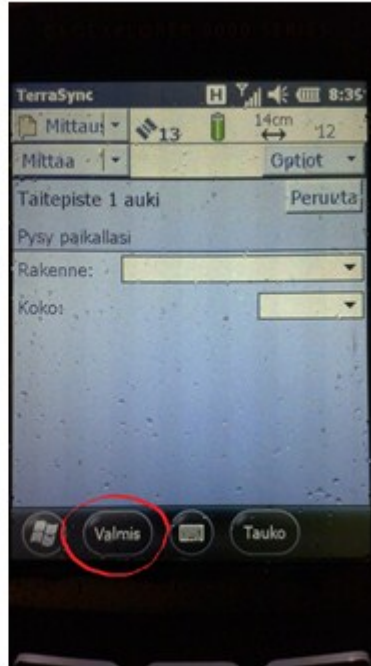
UUDEN MITTAUSTIEDOSTON LUONTI (6/8)

- Esimerkiksi venttiilikaivoa upottaessa tulee ruutuun venttiilikaivon ikkuna. Valitaan kaivolle tiedot ja painetaan alhaalta Mittaa, jolloin laite alkaa keräämään koordinaatteja vastaavasti kuin kaukolämpölinjan pistettä mitattaessa. Lopetettaessa mittaus paina alhaalta Valmis. Ohjelma palaa automaattisesti alun perin mitattavana olleeseen kaukolämpölinjan ikkunaan.



UUDEN MITTAUSTIEDOSTON LUONTI (7/8)

- Putkikokoa vaihdettaessa tai kun linja on saatu mitattua valmiiksi, painetaan alhaalta viimeisen mittauspisteen ottamisen jälkeen Valmis - painiketta.
- Putkikoon muuttuessa aloitetaan uusi linja ottamalla ensimmäinen taitepiste samasta kohdasta mihin edellinen loppui.
- Linjat olisi hyvä mitata valmiiksi, sillä haluttaessa jatkaa linjaa vanhaan tiedostoon ei sen jatkaminen jostain syystä aina ole mahdollista, ja ohjelma tarjoaa vain vanhan linjan korvaamista uudella.

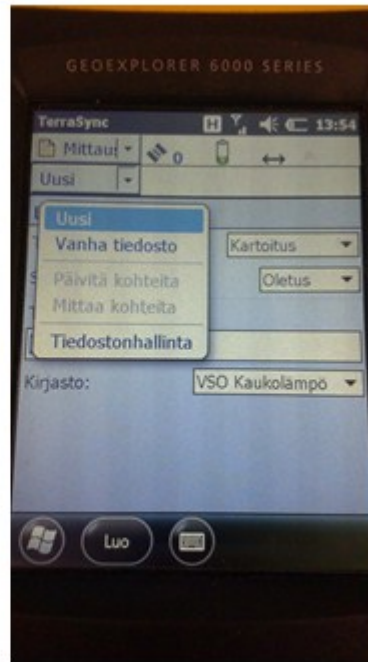


UUDEN MITTAUSTIEDOSTON LUONTI (8/8)

- Viimeisten mittausien jälkeen lopetetaan mittaus. [Siirry lopetukseen.](#)

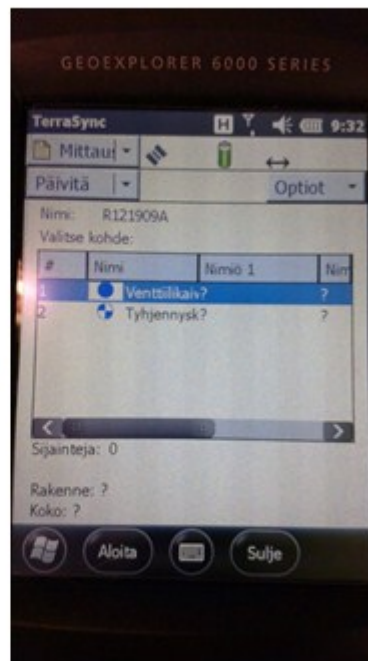
VANHAN MITTAUSTIEDOSTON MUOKKAAMINEN (1/4)

- Ylhäältä Uusi-painikkeesta valitaan Vanha tiedosto -kohta, jonka jälkeen ohjelma kysyy mitä tiedostoa halutaan jatkaa. Valitaan listasta tiedosto ja painetaan alhaalta Avaa. Hyväksytään antennin korkeusasema.
- Valmista koko kaukolämpöverkon kartan sisältävää tiedostoa tai muuta koordinaattikorjattua tiedostoa ei saa jatkaa tai muokata laitteen kautta!



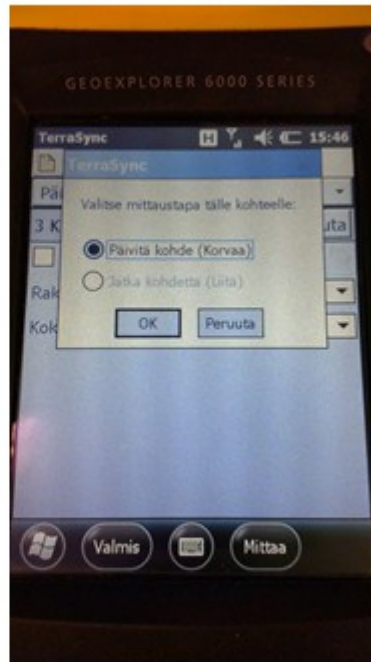
VANHAN MITTAUSTIEDOSTON MUOKKAAMINEN (2/4)

- Ohjelma menee automaattisesti Päivitä kohteita tilaan, jolloin ylhäällä vasemmalla pitäisi lukea Päivitä. Vanhaa linjaa jatkettaessa valitaan listasta jatkettava linja ja painetaan alhaalta Aloita.



VANHAN MITTAUSTIEDOSTON MUOKKAAMINEN (3/4)

- Mitattavan pisteen kohdalla painetaan Optiot -painiketta ja sieltä Uusi taitepiste. Ohjelma kysyy halutaanko jatkaa vanhaa kohdetta vai korvata vanha kohde uudella. Linjan jatkaminen ei kuitenkaan aina ole mahdollista, vaan ohjelma tarjoaa vain vaihtoehtoa korvata vanha uudella. Tällöin jatkaminen tapahtuu luomalla vanhaan tiedostoon uusi linja, ja aloittamalla se siitä pisteestä johon vanha loppui.



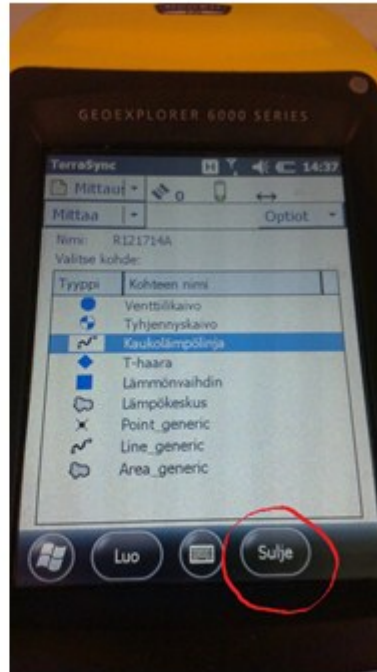
VANHAN MITTAUSTIEDOSTON MUOKKAAMINEN (4/4)

- Mikäli halutaan vain jatkaa mittapisteiden keräämistä vanhaan tiedostoon, valitaan ylhäältä vasemmalta Päivitä -painikkeen takaa Mittaa kohteita. Ruutuun tulee sama ikkuna kuin uuden tiedoston luonnissa uusia kohteita mitattaessa. Mittaus jatkuukin samalla tavalla. [Siirry uusien kohteiden mittaukseen.](#)
- Viimeisten mittausten jälkeen lopetetaan mittaus. [Siirry lopetukseen.](#)



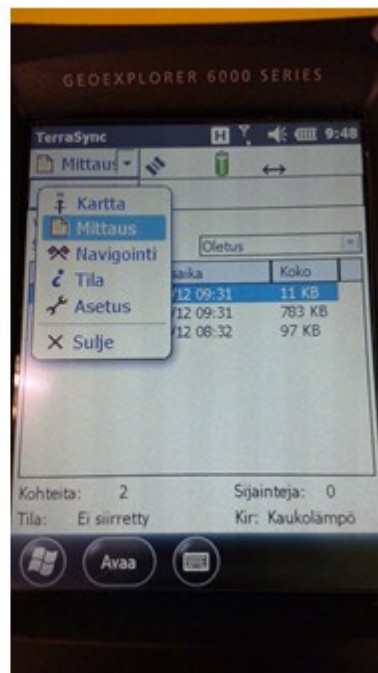
LOPETUS (1/3)

- Lopeteltaessa mittausta paina viimeisten mittausten jälkeen Mittaus -ikkunan päävalikossa alhaalta Sulje, jolloin ohjelma tallentaa tiedostoon tehdyt muutokset sekä sulkee mittaustiedoston.



LOPETUS (2/3)

- Paina vasemmalta ylhäältä Mittaus -painiketta ja Sulje sulkeaksesi koko ohjelman. Laite palautuu käyttöjärjestelmän työpöydälle.



LOPETUS (3/3)

- Mittauksien jatkuessa myöhemmin on hyvä laittaa taukojen ajaksi laite virransäästötilaan. Siirryttäessä virransäästötilaan painetaan vain kerran vihreää virtanäppäintä, jolloin näyttö menee pois päältä, mutta itse laite ei sammu.
- Sammutettaessa laite kokonaan painetaan Terrasync-ohjelman sulkeuduttua vihreää virtanäppäintä pohjassa muutama sekunti, jolloin laite kysyy mitä halutaan tehdä. Valitaan listasta Shutdown, laite sammuu.



PIKAOHJE GPS PATHFINDER OFFICEN KÄYTTÖÖN

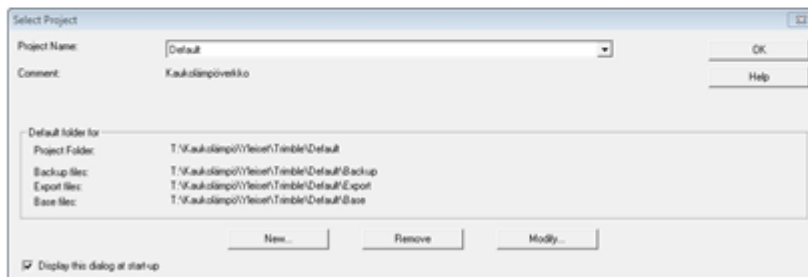
ALOITUS (1/6)

- Yhdistä päälle kytketty Trimble GeoXH-tiedonkeruulaite USB-kaapelilla tietokoneeseen. Kaapeli kytketään tiedonkeruulaitteen pohjaan. Tietokoneen ruutuun pitäisi tulla Windows Mobile Device Center-ikkuna. Valitse alempi vaihtoehto, muodosta yhteys määrittämättä laitteen asetuksia. Sulje ikkuna.



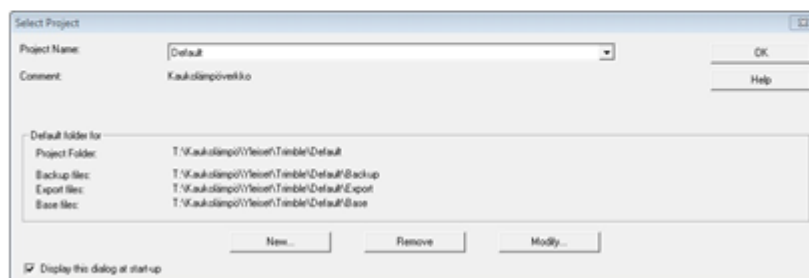
ALOITUS (2/6)

- Käynnistä GPS Pathfinder Office ohjelmisto.
- Jos kyseessä on ohjelman ensimmäinen käynnistyskerta, kysyy ohjelma erilaisia asetuksia. Ohjelman pitäisi näyttää oikeisenlaisia kuvia. Jos projektin polku näyttää samalta kuin kuvassa, paina OK.
- Jos ohjelma on käynnistetty aikaisemmin ja asetukset määritetty, paina OK ja [siirry tästä klikkaamalla eteenpäin](#).



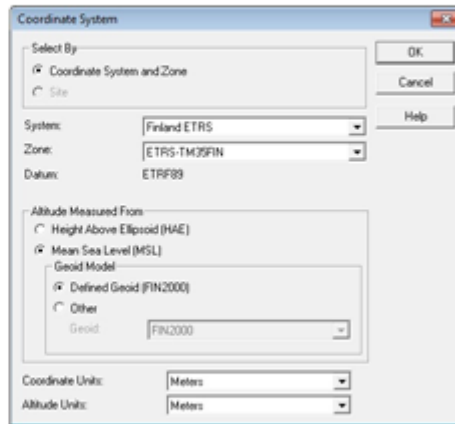
ALOITUS (3/6)

- Avattavan projektin sijainniksi täytyy asettaa kuvassakin näkyvä T:\Kaukolämpö\Yleiset\Trimble\Default, jotta ohjelma osaa avata tiedostoja oikeasta paikasta.
- Polun valinta tapahtuu painamalla ikkunan Modify-painiketta ja Project Folder-kentän kohdalta Browse.



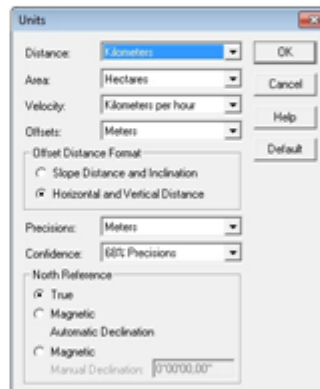
ALOITUS (4/6)

- Ohjelman pääikkunan auettua valitaan koordinaattijärjestelmä. Klikataan yläpalkista Options ja sieltä Coordinate System. Suoritetaan valinnat kuvan mukaiseksi, ja painetaan OK.



ALOITUS (5/6)

- Asetetaan ohjelman käyttämät yksiköt oikeiksi. Klikkaa ylhäältä Options ja sieltä Units. Aseta yksiköt kuvan mukaisiksi.

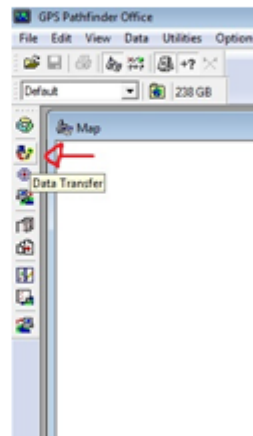


ALOITUS (6/6)

- Mikäli tarkoitus on siirtää tiedonkeruulaitteesta dataa tietokoneelle, siirry datan tuontiin [klikkaamalla tästä](#).
- Mikäli tarkoitus on tarkastella karttaa, ottaa siitä tulosteita, ym., siirry eteenpäin [klikkaamalla tästä](#).

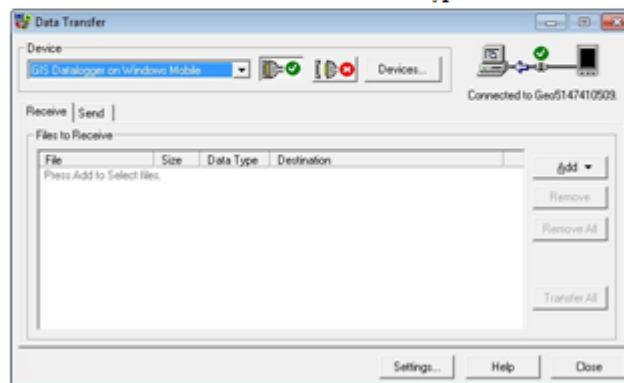
DATAN TUONTI TIETOKONEELLE (1/16)

- Aloita siirtämällä mittaustiedosto tietokoneelle.
- Paina vasemman sivupalkin toiseksi ylintä kuvaketta. Kun hiiren vie kuvakkeen kohdalle tulee ruutuun teksti Data Transfer.



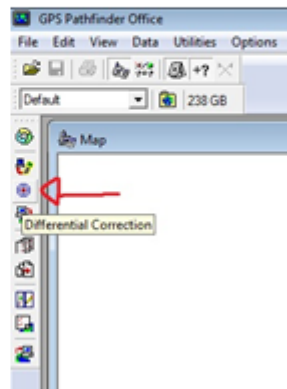
DATAN TUONTI TIETOKONEELLE (2/16)

- Data Transfer-ikkunan auettua valitse välilehti Receive, ellei se jo ole valittuna, jonka jälkeen Paina oikealta Add, ja Data File.
- Valitse aukeavasta listasta tiedonkeruulaitteella mitattu tiedosto ja paina Open, tiedoston pitäisi ilmestyä Data Transfer-ikkunan listaan. Aloittaaksesi siirron, paina Transfer All.



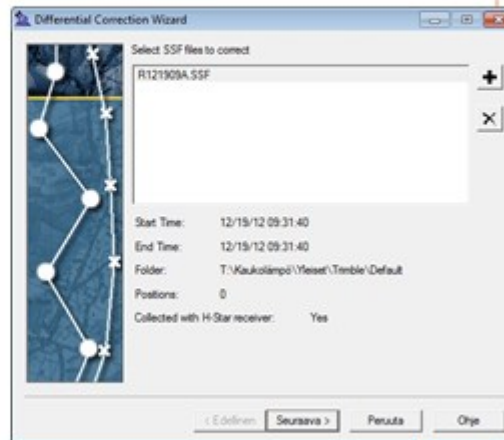
DATAN TUONTI TIETOKONEELLE (3/16)

- Tiedoston siirron jälkeen korjataan tiedoston koordinaatit. Paina vasemman sivupalkin kolmatta kuvaketta. Kun hiiren vie kuvakkeen kohdalle tulee ruutuun teksti Differential Correction.



DATAN TUONTI TIETOKONEELLE (4/16)

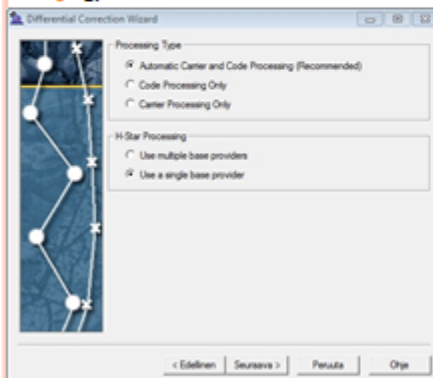
- o Aukeavassa ikkunassa pitäisi listassa näkyä juuri siirretty tiedosto. Jos listassa on ylimääräisiä tiedostoja, poista ne painamalla listan oikealta puolelta x-näppäintä ensin valittuasi poistettavan tiedoston. Jos lista on tyhjä, paina +-näppäintä, ja valitse aukeavasta listasta haluttu tiedosto, paina Avaa.
- o Paina alhaalta Seuraava.



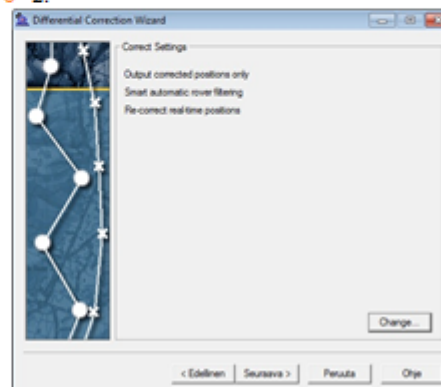
DATAN TUONTI TIETOKONEELLE (5/16)

- o Valitse vaihtoehdot kuvien mukaiseksi ja paina Seuraava.

o 1.

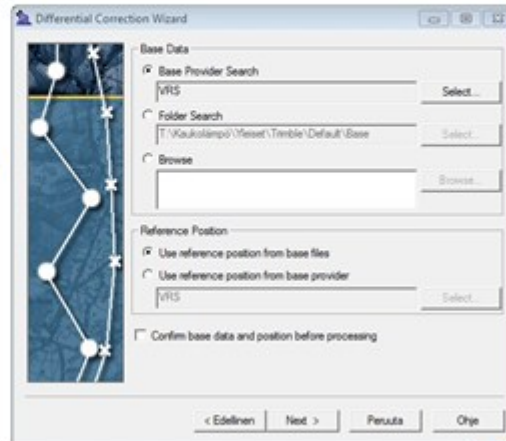


o 2.



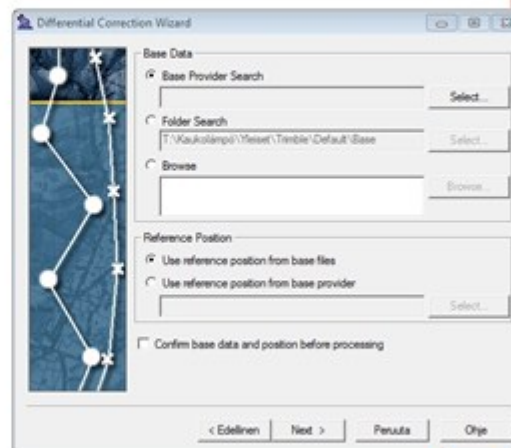
DATAN TUONTI TIETOKONEELLE (6/16)

- Jos VRS-koordinaattikorjauksen asetukset on määritelty aikaisemmin, tulisi ikkunan näyttää tältä. Mikäli näin on, paina Next ja [klikkaa tästä](#) ohittaaksesi asetusten määrittämisen.
- Määrittääksesi asetukset siirry seuraavaan diaan.



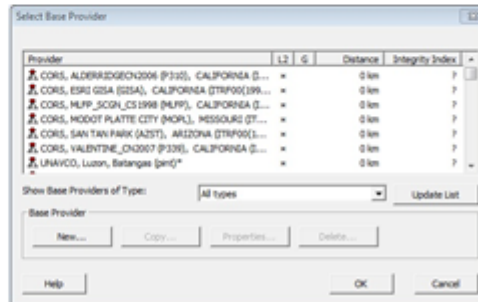
DATAN TUONTI TIETOKONEELLE (7/16)

- Määrittääksesi VRS-asetukset, paina Base Provider Search:n kohdalta oikealta Select-näppäintä.



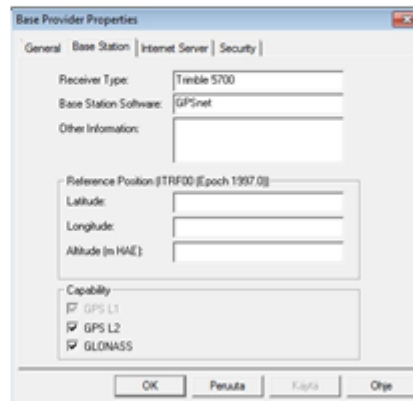
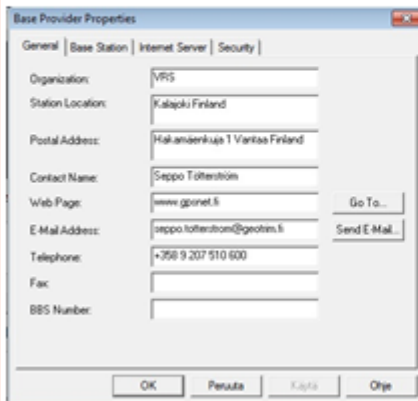
DATAN TUONTI TIETOKONEELLE (8/16)

- Select-näppäintä painettua aukeaa ikkuna, jossa on listattuna eri referenssiikohteita korjaukselle.
- Jos aukeavan listan lopussa on vaihtoehto VRS, valitse se, paina OK ja Next. Tässäkin tapauksessa voit ohittaa asetusten määrittämisen [klikkaamalla tästä](#).
- Mikäli VRS-vaihtoehtoa ei löydy, paina alhaalta New.
- Aseta avautuvan ikkunan välilehtien ominaisuudet seuraavana esitettyjen kuvien mukaisiksi.



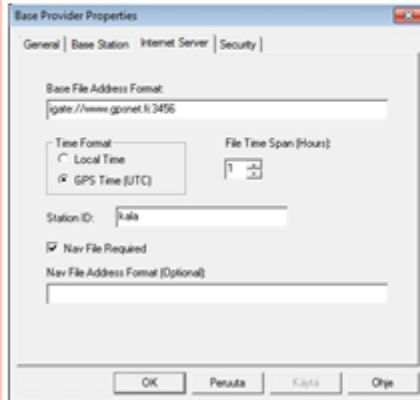
DATAN TUONTI TIETOKONEELLE (9/16)

- General-välilehti
- Base Station -välilehti



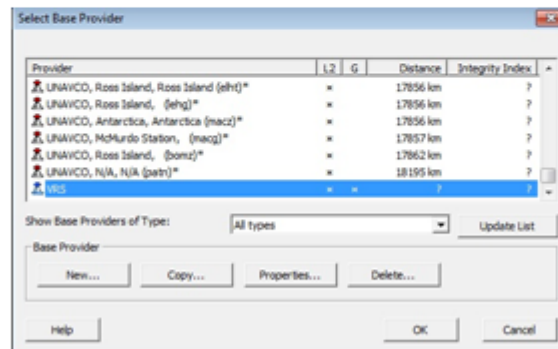
DATAN TUONTI TIETOKONEELLE (10/16)

- o Internet Server -välilehti
- o Security -välilehti



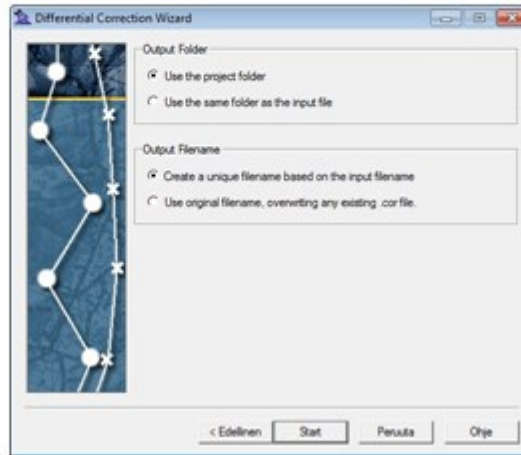
DATAN TUONTI TIETOKONEELLE (11/16)

- o Asetusten tekemisen jälkeen paina OK, valitse listasta äsken tehty VRS, paina OK ja Next.



DATAN TUONTI TIETOKONEELLE (12/16)

- o Tee valinnat kuvan mukaisiksi ja paina Start.



DATAN TUONTI TIETOKONEELLE (13/16)

- o Ohjelma ottaa nyt yhteyden VRS-palveluntarjoajaan, ja lataa referenssitiedoston internetistä. Yhteyden muodostaminen voi kestää kauan. Referenssitiedoston saataville tuleminen kestää tyypillisesti noin 20 minuuttia mittausten loppumisesta, joten sitä ei välttämättä heti ole saatavilla. Tässä tapauksessa yritetään kohta uudelleen palaamalla edelliseen vaiheeseen painamalla Edellinen -näppäintä ja sen jälkeen uudelleen Start.
- o Ohjelma korjailee aikansa koordinaatteja, ja kun korjaus on valmis, tulee ikkunaan teksti Correction Complete. Paina Close.

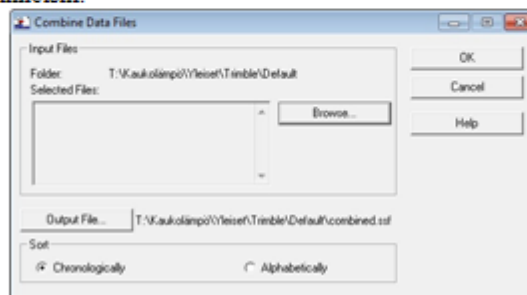
DATAN TUONTI TIETOKONEELLE (14/16)

- Seuraavaksi yhdistetään korjattu tiedosto koko verkon sisältävään tiedostoon.
- Klikkaa vasemmalla olevan sivupalkin kuudetta kuvaketta. Kun hiiren vie kuvakkeen kohdalle tulee ruutuun teksti Combine.



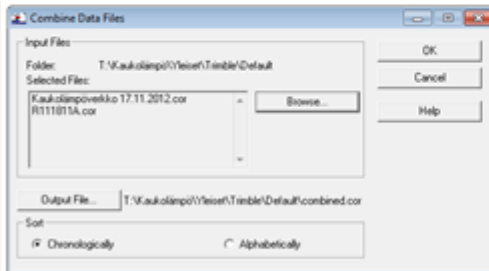
DATAN TUONTI TIETOKONEELLE (15/16)

- Aukeavassa ikkunassa valitse yhdistettävät tiedostot painamalla Browse-näppäintä.
- Valitse listasta sekä korjattu tiedosto että koko verkon sisältävä tiedosto. Verkon sisältävä tiedosto on nimetty tyyhällä Kaukolämpöverkkoja päiväys milloin tiedosto on luotu. Valitse viimeisin.
- Valitse tiedostot ensin valitsemalla yksi tiedosto, jonka jälkeen tulevat tiedostot valitaan painamalla ensin Ctrl-näppäin pohjaan ja klikkaamalla hiirellä tiedoston nimeä. Tämän jälkeen paina Avaa.



DATAN TUONTI TIETOKONEELLE (16/16)

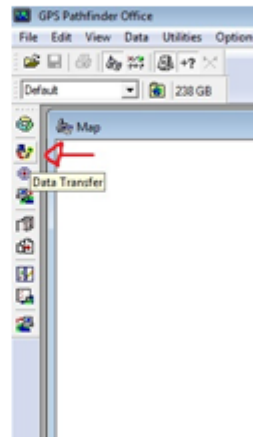
- Yhdistettävien tiedostojen valitsemisen jälkeen paina Output File –näppäintä antaaksesi yhdistämisen lopputuloksena syntyvälle tiedostolle nimen.



- Kirjoita Tiedostonimi –kenttään Kaukolämpöverkko ja kyseisen päivän päivämäärä. Näin tiedostot ei mene sekaisin keskenään ja se on jatkossa helppo löytää. Paina Tallenna ja OK. Ennen kuin ohjelma alkaa yhdistämään tiedostoja, muistuttaa se erilaisista asioista. Hyväksy kaikki ja tiedostojen yhdistäminen alkaa. Tiedostojen yhdistäminen vie todella kauan aikaa, ja ikkuna saattaa näyttää ”Ohjelma ei vastaa” –tekstiä. Yhdistäminen kuitenkin pyörii koko ajan vaikka ikkuna niin saattaakin herjata. Yhdistämisen päätteeksi ohjelma ilmoittaa että toimenpide on suoritettu.

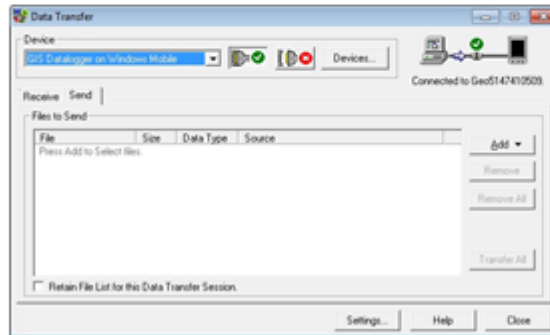
DATAN SIIRTO TIEDONKERUULAITTEELLE (1/2)

- Tiedostojen yhdistämisen jälkeen siirretään yhdistetty tiedosto tiedonkeruulaitteelle.
- Tiedoston siirto aloitetaan klikkaamalla vasemman sivupalkin toiseksi ylintä kuvaketta. Kun hiiren vie kuvakkeen kohdalle tulee ruutuun teksti Data Transfer.



DATAN SIIRTO TIEDONKERUULAITTEELLE (2/2)

- Aukeavassa ikkunassa valitse välilehdeksi Send vakiona auki olevan Receive -välilehden sijaan.
- Klikkaa oikealta Add ja Datafile. Valitse listasta siirrettävä tiedosto ja paina Avaa.
- Ohjelma kysyy siirretäänkö tiedoston mukana viitetiedostoja. Hyväksy klikkaamalla Yes All. Tiedosto ilmestyy listaan, klikkaa Transfer All, siirto alkaa. Siirron valmistuttua sulje ikkuna.

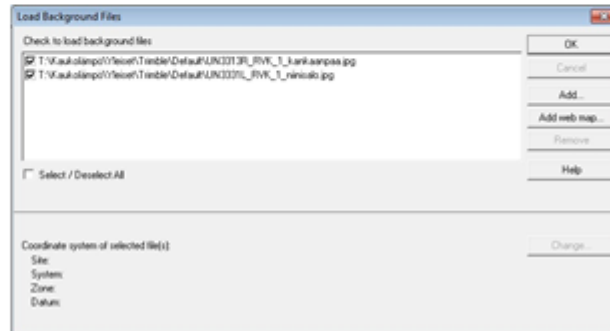


KARTAN TARKASTELU (1/6)

- Paina ohjelman pääikkunassa yläpalkista File ja Open.
- Avautuu ikkuna, josta valitaan avattava tiedosto. Koko verkkoa tarkasteltaessa valitaan listasta viimeisin Kaukolämpöverkko-niminen tiedosto ja painetaan Avaa.
- Ruudulle pitäisi aueta sinisävyinen verkostoa kuvaava kartta. Seuraavaksi avataan taustakartta.

KARTAN TARKASTELU (2/6)

- Taustakartta avataan painamalla yläpalkista File ja Background. Kuvan mukainen ikkuna aukeaa.
- Mikäli listattuna näkyy kuvan kaltaiset kaksi karttatiedostoa, ruksitaan ne päälle ja painetaan OK. [Klikkaa tästä ohittaaksesi karttojen haun.](#)
- Jos lista on tyhjä, lisätään kartat listaan. Paina Add -näppäintä.

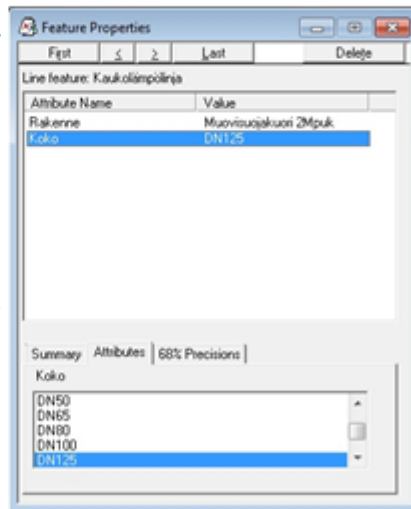


KARTAN TARKASTELU (3/6)

- Ruutuun ilmestyvästä ikkunasta haetaan polku T:\Kaukolämpö\Yleiset\Trimble\Default, josta valitaan kaksi .jpeg kuvatiedostoa nimiltään UN3313R_RVK_1_kankaanpaa ja UN3331L_RVK_1_niinisalo.
- Kuvatiedostojen mukana ohjelma lataa kuvien koordinaattitiedostot, joten kansioista ei saa poistaa mitään karttoihin viittaavia tiedostoja!
- Valitse kummatkin tiedostot ja paina Avaa. Kun kummatkin tiedostot on Load Background Files -ikkunassa, ruksi ne käyttöön ja paina OK.
- Ohjelma alkaa lataamaan taustakarttoja.

KARTAN TARKASTELU (4/6)

- Karttaa voi liikutella ja tarkentaa hiirellä mielensä mukaan.
- Klikkaamalla jotain objektia kartalla tulee oikealla olevaan Feature Properties –ikkunaan tiedot objektista, esim. kaukolämpölinjalle sille mittausvaiheessa annettu rakenne ja koko.
- Mikäli rakennetta ei mittausvaiheessa ole annettu, voi sen samaisen ikkunan Attributes –välilehdestä muokata.
- Edellisen ikkunan alapuolella olevaan Position Properties –ikkunaan tulee pisteen positiotiedot, mm. korkeusasema.



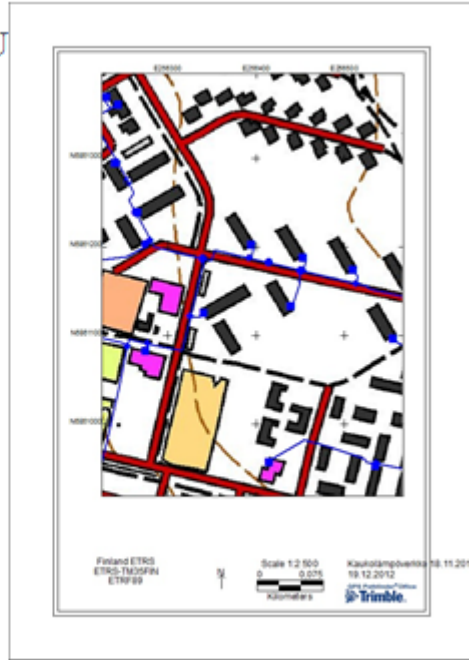
KARTAN TARKASTELU (5/6)

- Tehtäessä tulosteita kartasta tarkennetaan kuva sille alueelle josta tuloste halutaan ottaa.
- Kun haluttu alue on ruudussa, painetaan yläpalkista File ja Plot Map.
- Mittakaava voidaan asettaa itse halutuksi tai käyttää ohjelman sopivaksi näkemää, miten nyt haluaa.
- Setup –näppäimestä pääsee muokkaamaan tavallisia tulostusasetuksia, kuten valitsemaan tulostimen, paperin sekä miten päin kuva paperiin tulostuu.



KARTAN TARKASTELU (6/6)

- Painamalla Preview -näppäintä pitäisi ohjelman näyttää mitä valmis tuloste näyttäisi nykyisillä asetuksilla.
- Ruutuun pitäisi tulla oheisen kuvan tapainen ikkuna.
- Pois tulostuksen esikatselusta pääsee painamalla kuvan yläpuolelta Close.
- Tulostus käynnistyy painamalla Plot Map -ikkunasta OK, tai esikatselun ikkunasta ylhäältä Print.



OHJELMAN SULKEMINEN

- Ohjelman voi sulkea painamalla ruksia oikeasta ylänurkasta.
- Mikäli edellisen tallennuksen jälkeen on tehty muutoksia tiedostoihin, kysyy ohjelma tallennetaanko ne.



PIKAOHJE GRADES HEATINGIN KÄYTTÖÖN

ALOITUS

- Ohjelman käynnistyttyä klikkaa yläpalkista vasemmalta Tiedosto ja Avaa. Aseta poluksi T:\Kaukolämpö\Yleiset\GRADES Heating\KAUKOLÄMPÖVERKKO\, ja valitse KL-Verkko_Voimalaitoksen_paineilla.top tai KL-Verkko_Tampion_paineilla.top niminen tiedosto sen mukaan kumpaa verkkoa halutaan tarkastella. Ohjelma ei ymmärrä kuin yhden paineen ajoarvon vaikka verkot ovatkin erilliset.
- Kartan ohella ruutuun pitäisi aueta Muokkaus, Verkosto, Ajo sekä Katselu – työkaluikkunat. Ikkunoita saa avattua tarvittaessa myös klikkaamalla yläpalkista Työkalut, ja valitsemalla sieltä haluamansa työkalut.

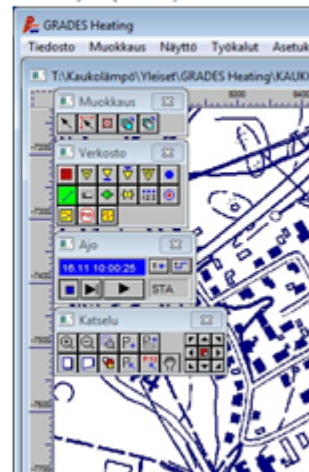


ALOITUS

- Työkaluikkunoiden tärkeimmät toiminnot: [klikkaa tästä](#).
- Tyypikirjaston asetukset: [klikkaa tästä](#).
- Laskennan asetukset: [klikkaa tästä](#).
- Verkoston osien lisäys/muokkaus: [klikkaa tästä](#).
- Simulointi: [klikkaa tästä](#).

TYÖKALUIKKUNAT (MUOKKAUS) (1/4)

- Muokkaustyökalun ensimmäinen kuvake (hiiren osoittimen kuva) on työkalu, jota käyttämällä voidaan valita objekteja kartasta ja tarkastella niiden ominaisuuksia ja avata simuloinnin yhteydessä objektien säätöikkunoita. Työkalu lienee koko ohjelman tärkein työkalu. Muita työkaluja kyseisestä ikkunasta ei juurikaan tarvita.



TYÖKALUIKKUNAT (VERKOSTO) (2/4)

- o Verkosto-ikkunalla lisätään uusia komponentteja verkostoon. Ikkunan työkaluja tarvitaan vain kun lisätään uusia osia verkkoon.
- o Ikkunan tärkeimmät komponentit ovat yläriviltä ensimmäisenä oleva lämpökeskus, toisena oleva suljettu kuluttaja sekä kolmantena oleva solmu ja toiselta riviltä ensimmäisenä oleva putkilinja, kolmantena oleva pumppu, neljäntenä oleva venttiili sekä viimeisenä oleva kiinteän paineen solmu. Kiinteän paineen solmu asetetaan johonkin jo kartalla olevaan solmupisteeseen (lämpölaite, kuluttaja tai solmupiste), ja niitä voi olla verkossa kerrallaan vain yksi.



TYÖKALUIKKUNAT (AJO) (3/4)

- o Ajo-ikkunasta käynnistetään simuloinnin kannalta oleellinen laskutoimitusten suoritus. Ikkuna näyttää päivämäärää johon simuloinnin ajankohta sijoittuu. Päiväyksen vieressä oikealla olevasta napista [T←] saa kalenterista asetettua haluamansa päivämäärän. Alhaalla ikkunassa on ensimmäisenä Stop-nappi, joka pysäyttää laskennan jos käytössä on jatkuva laskenta. Toisena on vaihtoehto [▶ |], jossa ohjelma suorittaa yhden aika-askeleen, eli laskee laskuprosessin vain kerran ja lopettaa tämän jälkeen. Kolmantena on jatkuvan laskennan nappi [▶], joka nimensä mukaisesti suorittaa uuden laskennan heti kun edellinen on saatu loppuun ja lopettaa suorittamisen vasta kun se Stop-näppäimestä pysäytetään.



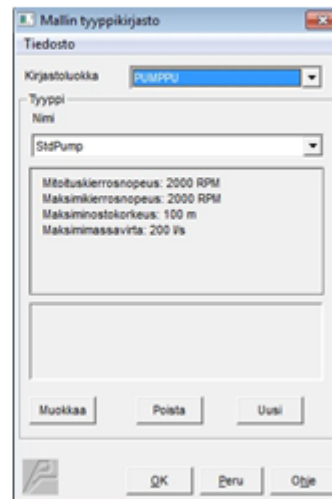
TYÖKALUIKKUNAT (KATSELU) (4/4)

- Katselu –ikkunan kautta tapahtuu siirtyminen kartalla.
- Ensimmäisellä rivillä on zoomaus sisään, zoomaus ulos sekä zoomaus alueen sisään. Alueen sisään zoomaus tapahtuu valitsemalla työkalu ja piirtämällä karttaan sen avulla suorakulmionjohon zoomataan.
- Toisella rivillä olevasta käden kuvasta voidaan kartalla liikkua hiirellä raahaamalla. Oikealla olevista nuolien kuvista voidaan liikuttaa kuvaa haluttuun suuntaan yhden askeleen verran



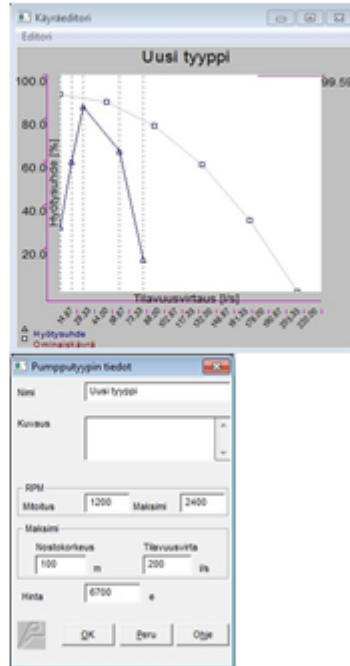
TYYPPIKIRJASTO (1/3)

- Tyypikirjastoon luodaan kaikki Verkostossa käytetyt putkilinjatyypit ja pumput. Kirjastoon luotuja malleja voi jatkossa helposti käyttää kun suunnitellaan uusia osia verkkoon tai vanhaa muokataan.
- Tyypikirjastoon pääsee käsiksi klikkaamalla yläpalkista Tiedosto –näppäintä ja valitsemalla Mallin kirjaston. Muokkaukset tyypikirjastoon täytyy tallentaa erikseen, sillä ne ei tallennu muun verkoston tallennuksen yhteydessä. Tallennus tapahtuu klikkaamalla Tyypikirjasto –ikkunan tiedosto –näppäintä ylhäältä ja valitsemalla Tallenna.



TYYPPIKIRJASTO (2/3)

- Uutta pumpua luotaessa annetaan sille hyötysuhde- ja ominaiskäyrät sekä mitoitus- ja maksimikierronnopeus, maksimi nostokorkeus sekä tilavuusvirta.
- Kirjastoon luotuja pumpputyyppejä on kaikkien lämpölaitosten kl-pumput sekä Niinisalon lisäpumput.



TYYPPIKIRJASTO (3/3)

- Uutta putkityyppiä luotaessa annetaan tiedot ainakin sisähalkaisijasta, sisäpinnan karheudesta ja lämmönjohtavuudesta.
- Kirjastoon on luotu putkityypit:
Mpuk väliltä DN20-DN80
2Mpuk väliltä DN20-DN300
Epu DN200
Niinisalon Emv DN40-DN200

The screenshot shows the 'Putkielementityypin tiedot' (Pipe element type information) dialog box. The type is 'StdPipe'. The name is 'Uusi tyyppi'. The diameter is 100 mm, roughness is 0.5 mm, thermal conductivity is 0.4 W/(mK), design pressure is 16 bar, unit price is 150 €/m, installation price is 900 €/m, maximum head is 1 bar/m, and maximum flow rate is 3 m³/s. There are four radio buttons for calculation methods: 'Älä käytä mitoituksessa' (Not used in calculation), 'Mitoita painehäviön mukaan' (Calculate according to head loss), 'Mitoita virtausnopeuden mukaan' (Calculate according to flow velocity), and 'Mitoita painehäviön ja nopeuden mukaan' (Calculate according to head loss and velocity), which is selected. Buttons for 'OK', 'Apply', 'Peru' (Cancel), and 'Ole' (Apply) are visible.

VERKOSTON MUOKKAUS (1/11)

- Avataan toiselle näytölle GPS Pathfinder Office –ohjelma ja avataan tiedonkeruulaitteella mitattu tarkka kartta.
- Asetetaan sekä Pathfinder Office, että GRADES Heating zoomailemalla suurin piirtein samaan mittakaavaan, jotta piirtäminen toisesta ruudusta toiseen olisi helpompaa, ja kopiointitavasta aiheutuva vääristymä vähäisempi. Havainnoiva kuva kahdesta näytöstä alhaalla. Vasemmalla Pathfinder Office ja oikealla GRADES Heating.



VERKOSTON MUOKKAUS (2/11)

- Valitaan Verkosto –työkaluikkumasta komponentti, jollainen halutaan piirtää. Kuvassa vihreänä loistava käytössä oleva työkalu on putkilinja.
- Putkilinjaa voi aloittaa vetämään solmupisteestä, tai tyhjästä kohdasta, johon ohjelma automaattisesti luo solmupisteen. Putkilinjan suunnanmuutoksissa klikkaa mutkan kohdalla hiiren vasemmalla kerran, jolloin ohjelma tallentaa mutkan pisteen, jatka linjan piirtämistä. Piirto tapahtuu siis periaatteessa suoraa pätkää vetämällä. Kahden solmupisteen välissä oleva linja on aina yhden tyyppistä. Esim. putkikoon muuttuessa laitetaan muutoskohtaan solmupiste, josta jatketaan sitten eri putkikoolla.
- Piirtäminen lopetetaan klikkaamalla viimeisen pisteen kohdalla ensin hiiren vasenta ja tämän jälkeen oikeaa näppäintä, jolloin linjan loppukohtaan ohjelma tekee solmupisteen.



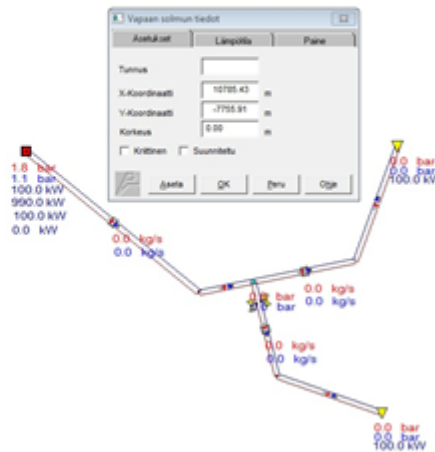
VERKOSTON MUOKKAUS (3/11)

- Uusien verkosto-osien piirtäminen tapahtuu samalla tavalla kuin oheisen esimerkkiverkon tapauksessa.
- 1. Piirretty putkilinja piirtyy aluksi kartalle harmaana.
- 2. Lisätään verkkoon välille yksi solmupiste ja toiseen päähän lämpölaitos, eli syöttöpiste sekä toiseen päähän kuluttaja. Piirretään uudesta solmupisteestä pieni pätkä linjaa ja lisätään päähän toinen kuluttaja ja toiseen haaraan venttiilit.
- Venttiilit sekä pumput lisätään meno- ja paluuputkeen kumpaankin erikseen klikkaamalla. Virheelliset komponentit voi poistaa ottamalla käyttöön Muokkaus-ikkunan valintatyökalun (hiiren osoitin), klikkaamalla virheellistä komponenttia ja painamalla näppäimistöä Delete.



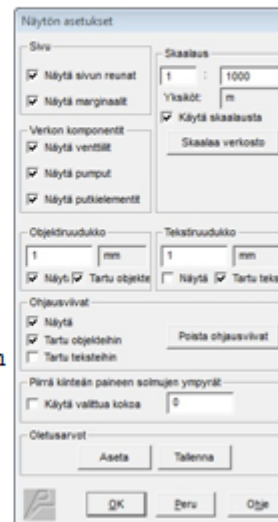
VERKOSTON MUOKKAUS (4/11)

- Kun verkon uusi osa on valmis, klikataan yläpalkista Työkalut ja Luo malli, uusi osa muuttuu värilliseksi ja verkko saa monitorointitiedot. Ennen ajoa ne eivät kuitenkaan näytä mitään järkevää.
- Kaikille uusille solmupisteille (myös kuluttajat ja lämpölaitokset) täytyy nyt asettaa korkeusasema. Klikkaa hiiren oikealla kohdetta, ja valitse Ominaisuudet. Korkeusaseman saa helpoiten kun katsoo GPS Pathfinder Officesta vastaavan pisteen satelliittien kautta mittausvaiheessa saadun korkeuden.



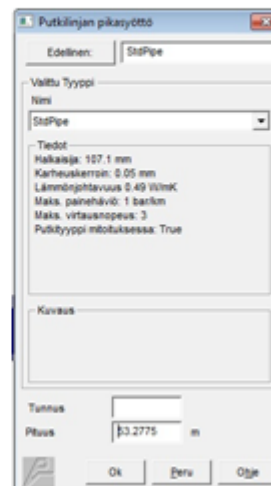
VERKOSTON MUOKKAUS (5/11)

- Kun korkeusasemat on jokaiselle uudelle solmupisteelle määritetty, suoritetaan putkilinjojen mitoitus.
- Klikkaa yläpalkista Näyttö ja Näytön asetukset. Aukeaa oikean kaltainen ikkuna.
- Tarkista, että asetukset on vastaavat kuin kuvassa, ja paina Skaalaa verkosto -näppäintä. Linjat skaalataan kartan mittakaavaan, jonka jälkeen ne saavat oikean pituutensa. Skaalauksen jälkeen paina alhaalta OK.
- Klikkaamalla putkilinjaa hiiren oikealla ja valitsemalla Ominaisuudet, voi tarkastaa että pituus on oikea. Samasta ikkunasta merkitään myös jos linja on päälinja tai vasta suunnitteluasteella. Suunnitelluiksi määritetyt verkoston osat voidaan helposti kytkeä simuloinnista pois jätettäväksi.



VERKOSTON MUOKKAUS (6/11)

- Putkilinjoille annetaan koko klikkamalla hiiren oikealla linjaa ja valitsemalla Ominaisuudet (pika).
- Tyypikirjastosta voi valita linjatyyppin avaamalla alasvetovalikon ja valitsemalla oikean tyyppin listasta. Linjatyyppin valinta vaikuttaa aina kahden solmupisteen välillä olevalle linjalle. Jokaisen solmupisteen jälkeen alkavalle uudelle linjalle täytyy valita aina erikseen linjatyyppi.



VERKOSTON MUOKKAUS (7/11)

- Syöttöpisteen tietojen antaminen tapahtuu samalla tavalla kuin solmupisteenkin, mutta syötettävää tietoa on enemmän.
- Asetukset välilehteen syötetään korkeusaseman lisäksi Jokin tunniste, esim. nimi sekä tuotantokustannukset.
- Lämpötila –välilehteen syötetään tiedot ajaako laitos päällä ollessaan kiinteälämpötilaista vettä verkkoon vai onko lämpötila ulkolämpötilasta riippuva. Lisäksi syötetään montako astetta laitos kiinni ollessaan jäähdyttää kaukolämpöväettä.

Asetukset	Lämpötila	Teho	Paine
Tunnus		Vuosi	1995
X-Koordinaatti	10742.00 m		
Y-Koordinaatti	-7721.00 m		
Korkeus	80.00 m		
Hinta	30.00 €/kWh		
<input type="checkbox"/> Kiinteä	<input type="checkbox"/> Suunniteltu		

Asetukset	Lämpötila	Teho	Paine
<input type="checkbox"/> Pakallinen ohje...	120.00 C	<input checked="" type="checkbox"/> Yleisohje...	120.00 C
<input type="checkbox"/> Käytä			
Minä	100.00 C	Päisy	75.00 C
		Nollatilan jäähdytys	50.00 C

VERKOSTON MUOKKAUS (8/11)

- Teho –välilehteen syötetään laitoksen tehotiedot.
- Paine –välilehteen syötetään laitoksen pumpputiedot. Klikkaamalla ikkunassa alhaalla olevaa Pumppu –näppäintä, aukeaa Pumpun tiedot –ikkuna. Avaamalla ikkunan Tyyppi –välilehden ja painamalla sieltä Valitse –näppäintä voi pumpuksi valita suoraan tyyppikirjastoon aikaisemmin luodun pumpun. Tällöin ei tarvitse määritellä pumpun ominaisuuksia.
- Välilehdet eivät näytä arvoja oikein ennen kuin ajo on suoritettu ainakin kerran.

Asetukset	Lämpötila	Teho	Paine
Minä	Maksimi	Tuotettu	Massavirta
10.00	1000.00	100.00 kW	0.00 kg/s
<input type="radio"/> Teho kiinteä...		100.00 kW	
<input checked="" type="radio"/> Säätöaste...		100.00 %	
<input type="radio"/> Nollatilan kulutus...		Kinnettävän kulutus	
		0.00 kW	

Asetukset	Lämpötila	Teho	Paine
Minä	Päisy	Ero	
-4.72	-4.55 bar	0.83 bar	
Nollatila			
1.00	1.10 bar		
Suhteellinen paine			
1.00	1.10 bar		
Pumppu		Maksipaine	
		10.00 bar	

VERKOSTON MUOKKAUS (9/11)

- Kuluttajien tietojen antaminen tapahtuu samalla tavalla kuin solmupisteenkin, mutta syötettävää tietoa on enemmän.
- Asetukset välilehteen annetaan korkeusaseman lisäksi tunnistetietoja, esim. kuluttajanumeroja nimi.
- Lämpötila -välilehteen annetaan kuluttajan jäähdytystiedot. Asetetaan vakiojäähdytyksen tilalle lämpötilariippuva jäähdytys.

Asetukset	Lämpötila	Paine	Teho	Tyyppi
Tunnus				
Vuosi	1995			
Kuvaus				
X-Koordinaatti	10010.00 m			
Y-Koordinaatti	-7701.00 m			
Korkeus	85.00 m			
<input type="checkbox"/> Käytetty				
<input type="checkbox"/> Suunniteltu				

Asetukset	Lämpötila	Paine	Teho	Tyyppi	
Meno	100.00	Paine	75.00 C	Jäähdytys	60.00 C
<input checked="" type="checkbox"/> Vakiojäähdytys					
<input type="checkbox"/> Lämpötilariippuva jäähdytys					
Käytetty: StdConsumer					60.00 C
<input type="checkbox"/> Jäähdytys alisarjoista					

VERKOSTON MUOKKAUS (10/11)

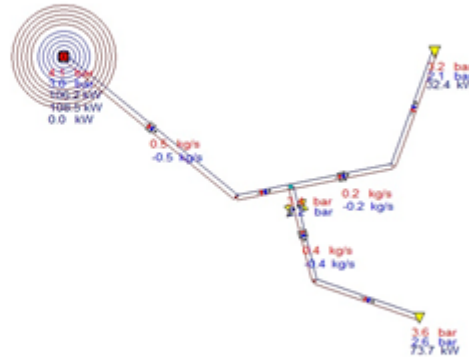
- Paine -välilehti ilmoittaa kuluttajan painetiedot.
- Teho -välilehteen syötetään Mitoitus -kenttään kuluttajan mitoitusteho, joka saadaan Lämpökanta -ohjelmasta.
- Välilehdet eivät näytä oikein ennen kuin ajo on suoritettu ainakin kerran.

Asetukset	Lämpötila	Paine	Teho	Tyyppi	
Meno	-7.99	Paine	-8.12 bar	Ero	0.14 bar
Nollataso	0.00 bar				
Suhteellinen paine	0.00 bar				
Minimipaine	0.50 bar				
Maksimipaine					10.00 bar

Asetukset	Lämpötila	Paine	Teho	Tyyppi	
<input checked="" type="checkbox"/> Mitoitus	100.00	Käyttö	0.50	Pakat	1.00
<input type="checkbox"/> Käytetty: StdTempConsumer					100.00 %
<input type="checkbox"/> Jäähdytys alisarjoista					0.00

VERKOSTON MUOKKAUS (11/11)

- Uusien kohteiden tietojen syöttämisen jälkeen voidaan suorittaa ajo. Suorita Ajo – työkaluikkunasta laskenta. Verkoston monitoroimien sekä solmupisteiden välilehtien pitäisi nyt näyttää järkeviä lukemia.
- Uusien osien lisääminen verkostoon tapahtuu samalla tavalla kuin tässä esimerkissä.



LASKENNAN ASETUKSET (1/6)

- Laskentaan vaikuttavia asetuksia löytyy yläpalkin Asetukset valikon takaa.
- Mitkään asetuksiin tehdyt muutokset eivät tule näkyviin ennen kuin laskenta on suoritettu uudelleen.



LASKENNAN ASETUKSET (2/6)

- KL-laskenta pitää sisällään verkoston simuloinnin kannalta tärkeimmät kohdat.
- Yleistä -välilehti pitää sisällään paineet, jolla verkostoa ajetaan. Paine-eron perusteella ei verkostoa voi ajaa, joten kiinnitetty paine on asetettu paluupaineeksi.
- Mikäli ei suunnitelluiksi asetettuja verkoston osia halua ottaa mukaan simulointiin, otetaan ruksi pois Laske myös suunnitellut -kohdasta.

KL-laskennan asetukset

Yleistä Skaalaukset Valit Laskenta

Laskennan asetukset

Käytä reduktiota Laske myös suunnitellut

Arvioida reduktioajan paine-eroväikutys

Paineet

Kiinnitetty paine 3.00 bar

Paluu Meno Keskiarvo

Minipainin taso 0.00 m

Minipaine-ero 1.000 bar

Kuluttajakohtainen minipaine-ero

Lämmitys

Käyttövesi 60.00 °C

50.00 °C Aseta kaikkiin

Aseta OK Etenä Objekt

LASKENNAN ASETUKSET (3/6)

- Skaalaukset -välilehti pitää sisällään verkoston ja putkiston tehoskaalaukset. Mikäli tehon kulutus on lämpötilariippuvainen, valitaan vakion sijaan käyrä. Tehon skaalauskerroimen ohjelma ottaa Kulutuksen skaalaus -käyrältä, jossa mitoituslämpötilalle -29°C on annettu kerroin 1. Ohjelma skaalaa kuluttajien teholuokemat samaisen käyrän avulla asetetusta lämpötilasta riippuen.

KL-laskennan asetukset

Yleistä Skaalaukset Valit Laskenta

Tehoskaalaukset

Vakio 1.000

Käyrä 0.590

Yhdenaikaisuus 1.000

Kokonaiskaalaus 0.590

Käyttövesi 1.000

Putkiston skaalaukset

Keräuskerroin 1.000

Lämmönjohtavuus 1.000

Keräusaste menopuoli 0.000 Muokkaa

Keräusaste paluupuoli 0.000 Muokkaa

Aseta OK Etenä Objekt

LASKENNAN ASETUKSET (4/6)

- KL-laskennan Vakiot – välilehdeltä löytyy asetukset lämpötilatiedoille.
- Ulkolämpötilaan voi vaikuttaa muuttamalla Ajo – työkaluikkunan päivämäärää, tai syöttämällä tähän ikkunaan vakio ulkolämpötila sekä maanpinnan lämpötila ja ruksimalla ne käyttöön.

The screenshot shows the 'KL-laskennan asetukset' dialog box with the 'Vakiot' tab selected. The dialog has four tabs: 'Yleistä', 'Skalaukset', 'Vakiot', and 'Laskenta'. The 'Vakiot' tab contains the following settings:

Ulkolämpötilä	-7.39	C
<input type="checkbox"/> Käytä vakiota	-29.00	C
Maanpinnan lämpötilä	-2.44	C
<input type="checkbox"/> Käytä vakiota	-29.00	C
Veden omin lämpökap.	4.2000	KJ/kgK
Graviteetti	9.8066	kg/mvs2
Läilyttöveden lämpötilä	20.00	C
Veden viskositeetti, meno		1e-6 m2/s
Veden viskositeetti, paluu		1e-6 m2/s
Veden sheys, meno		kg/m3
Veden sheys, paluu		kg/m3

There is a checked checkbox labeled 'Lasketaan viskositeetti ja sheys'. At the bottom, there are buttons for 'Aseta', 'OK', 'Peru', and 'Ohje'.

LASKENNAN ASETUKSET (5/6)

- Iteraatioasetuksista voidaan muuttaa laskentaprosessin asetuksia. Asetukset on samat kuin ohjelmassa vakiona.

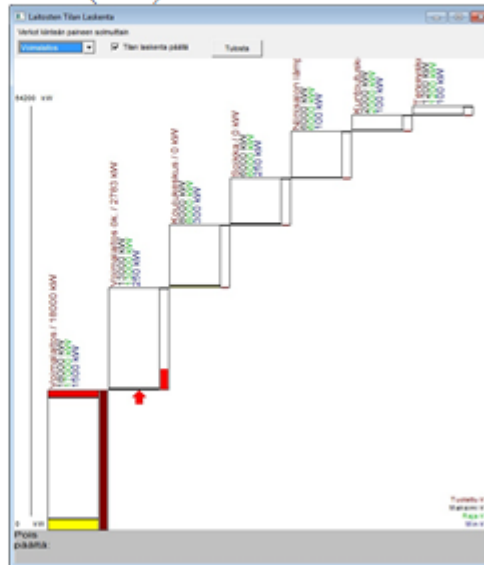
The screenshot shows the 'Iteraatioasetukset' dialog box. It contains the following settings:

Maksimi-iteraatiot	50
Kokonaisteraatiot	100
Paine-massavirta-iteraatiot	100
Lämpötila-iteraatiot	100
Iteraatioiden lopetusehdot	
Paine-massavirta-iteraatiot	0.0100000 kg/s
Laitosten massavirta-iteraatiot	0.5000000 kg/s
Lämpötila-iteraatiot	0.0500000 C
Pienin massavirta lämpötilaeroinnassa	0.0001000 kg/s
Maksimi ulkolämpötilan muutos	5.00 C
Toteutuneet iteraatiot	
Kokonaisteraatiot	1
Lämpötila-iteraatiot	1
Paine-massavirta-iteraatiot	1
Laskenta-aika	1295 ms

At the bottom, there are buttons for 'Aseta', 'OK', 'Peru', and 'Ohje'.

LASKENNAN ASETUKSET (6/6)

- Laitosten tilan laskennasta voidaan vaihtaa laitosten ajojärjestystä. Lisäksi nähdään nopeasti paljonko lämpöä mikäkin laitos verkkoon tuottaa.



VERKOSTON SIMULOINTI (1/6)

- Simulointi aloitetaan aina suorittamalla ainakin yhden aika-asteleenlaskenta. Muuten tulokset ovat mitä sattuu.
- Simuloinnin tulosten kannalta merkittävän muutoksen tuo ulkolämpötilatiedot. Ulkolämpötilaan voi vaikuttaa muuttamalla Ajo - työkaluikkunan päivämäärää, tai avaamalla yläpalkista Asetukset ja sieltä KL-laskenta -ikkunan, jonka jälkeen syötetään Vakiot - välilehdelle haluttu ulkolämpötila sekä maanpinnan lämpötila ja ruksitaan ne käyttöön.
- KL-laskennan asetuksista voidaan myös nopeasti valita halutaanko suunnitelluiksi merkityt verkoston osat ottaa mukaan simulointiin.

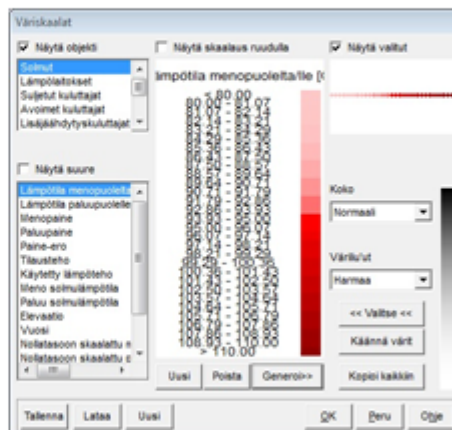


VERKOSTON SIMULOINTI (2/6)

- Kun laskentaprosessi on ainakin kerran suoritettu, voidaan simuloinnin tuloksia tutkia monella tavalla.
- Väriskaalauksilla saadaan nopeasti yleiskuva verkostosta.
- Komponenttien vieressä näkyvistä monitoroinneista sekä Ominaisuudet – ikkunoista saadaan yksittäisten kohteiden pikkutarkkoja tietoja.
- Käytön tuloksista voidaan seurata lämmöntuotannon sekä kustannusten tietoja.
- Kriittisten suureiden listasta saadaan nopeasti näkyviin minimi tai maksimi arvot eri kriteereillä sekä näiden pisteiden sijainnit.

VERKOSTON SIMULOINTI (3/6)

- Väriskaalauksia saadaan muokattua ja otettua käyttöön klikkaamalla yläpalkista Näyttö ja Väriskaalauksen asetukset.
- Väriskaaloja voidaan asettaa useille eri komponenttityypeille useilla eri kriteereillä.
- Väriskaalojen asetus tapahtuu painamalla Generoi, antamalla haluamansa minimin sekä maksimiarvon ja moneenkoeri pykälään jako tehdään.
- Väriskaalaus tulee käyttöön kun Väriskaalat ikkunassa klikataan halutun kriteerin yläpuolelta Näytä suure -kohta käyttöön.
- Väriskaalauksen saa vastaavasti pois klikkaamalla saman Näytä suure -kohdan pois käytöstä.



VERKOSTON SIMULOINTI (4/6)

- Komponenttien Ominaisuudet-ikkunoista sekä kartalla näkyvistä monitoroinneista saadaan monenlaisia pikkutarkkoja tietoja. Ohessa ikkuna yhden putkilinjan tiedoista.
- Ruudulla näkyviä monitorointeja voi muokata klikkaamalla yläpalkista Näyttö ja sieltä Monitoroinnin asetukset. Jostakin syystä objektiokohtaiset asetukset on ruotsiksi, vaikka muuten ohjelma suomenkielinen onkin.

Parametri	Meno	Paluu	Yksikkö
Vuosi	1995		
Läivävuodot	0.00	0.00	
Keräysvuodot	0.00	0.00	
Pisuus	166.9	166.9	m
Tiivisyys	0.88	0.88	m ³
Massavirta	1.429	-1.429	kg/s
Tiivisyysvirta	5.349	-5.204	m ³ /h
Virtausnopeus	0.282	-0.273	m/s
Lämpöteho	-0.55	-0.89	C
Lämpövoimat	3.292	1.732	kW
Painehäviöt	0.0167	0.0180	bar
Painehäviöt	0.1001	0.1077	bar/cm
Tiheyys	961.67	966.70	kg/m ³
Vakotehti	0.31	0.57	1e-6 m ² /s
Läpivirtausaika	279.43		s

Buttons: Aseta, OK, Peru, Otse

VERKOSTON SIMULOINTI (5/6)

- Käytön tuloksista voi seurata mm. lämmöntuotantoa ja kustannuksia.
- Käytön tulokset saa auki klikkaamalla yläpalkista Tulokset ja Käyttö.

Lämmöntuotanto		Lämmönkulutus	
Säädettävät	2781.60	Lämmitys	19675.48
Kieleet	10000.00	Käyttövesi	0.000
Lämmönsäil	0.000	Lämmönsäil	0.000
Yhteensä	20781.60 kW	Yhteensä	19675.48 kW

Massavirta		Lämpövoimat	
Lämmitys	96.181	Meno	1161.50
Käyttövesi	0.000	Paluu	544.619
Yhteensä	96.181 kg/s	Yhteensä	1706.12 kW
		Lämpövoimat	298.572 1000e

Kustannukset yhteensä	
Käyttökäita	3500.00 h
Lämmöntuotanto	2376.78 1000e
Pumppaus	22.330 1000e
Yhteensä	2399.11 1000e

Pumppausaika	
Pumppausaika	91.142 kW

Buttons: Päytä, OK, Otse

VERKOSTON SIMULOINTI (6/6)

- Kriittiset suureet –listaus saadaan auki klikkaamalla yläpalkista Tulokset ja sieltä Kriittiset suureet. Listassa saadaan näkymään eri kriteereillä objektien minimi tai maksimit arvot. Klikkaamalla listasta jonkin suureen saa näkyviin kyseisen suureen arvot. Laittamalla ruksin Palauta poistuttaessa – kohtaan lopettaa ohjelma näyttämästä kriittisten arvojen sijainnit kartalla. Klikkaamalla listasta valitun objektin kohdalla Vie valittuun objektiin –näppäintä, zoomaa ohjelma suoraan kyseiseen kohteeseen.

Suureet	Kriittiset arvot
Tilaukset	1.00 bar (5312)
Lämpötehot	1.11 bar 97
Käyttöveden tehot	1.11 bar 77
Korkeudet	1.13 bar 156
Paineet, meno	1.14 bar 153
Paineet, paluu	1.15 bar 153
Paine-erot	1.18 bar Terveykkest.
Lämpötilat, meno	1.19 bar 175
Lämpötilat, paluu	1.41 bar 106
Lämpötehoerot	1.55 bar 109
Massavirrat, meno	1.59 bar 288
Massavirrat, paluu	1.60 bar 288
Virtausnopeudet, meno	1.60 bar 276
Virtausnopeudet, paluu	