

# Käyttöohje

# Lämpö-EXCEL 1.0

# 11.6.2009

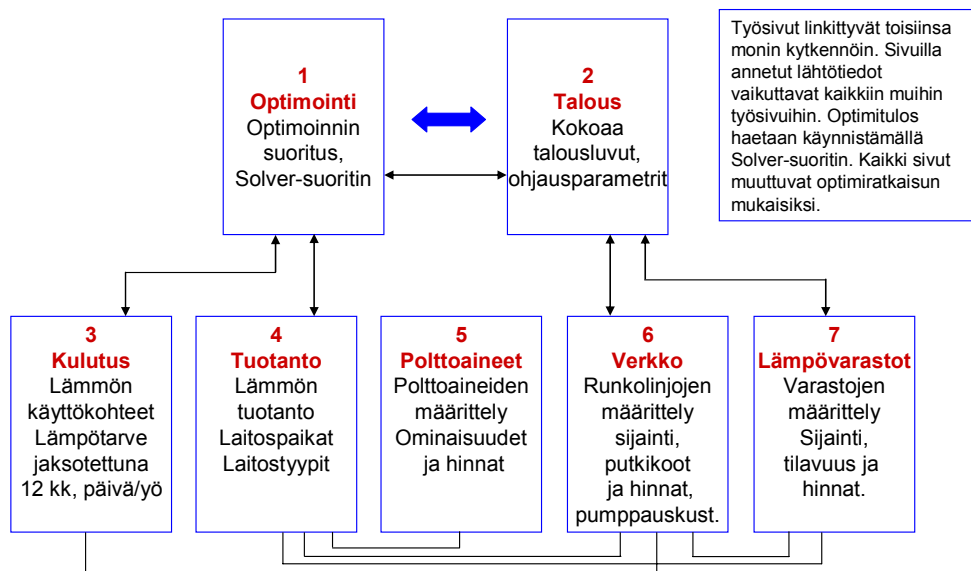
## **Energiateollisuus ry 2009**

Laatinut: Jarmo Söderman, Åbo Akademi, Lämpötekniikan laboratorio

# Lämpö-EXCEL 1.0 Käyttöohje

Tämä käyttöohje kuvaa lyhyesti Lämpö-EXCEL ohjelman rakennetta ja käyttöä. Ohjelma on tarkoitettu kaukolämpöyhtiöiden käyttöön. Sen avulla voidaan nopeasti tehdä mitä-jos-analyysejä pohdittaessa aikaisessa vaiheessa erilaisia vaihtoehtoisia ratkaisuja kaukolämpöverkon laajennuksiin, tuotantolaitosrakenteisiin ja niiden polttoaineisiin ajateltuja muutoksia jne.

## 1. Ohjelman rakenne



**Kuva 1.** Lämpö-EXCEL-ohjelman rakenne.

Ohjelma koostuu useasta EXCEL-työsivusta (worksheet). Pääsivu on "**Optimointi**", jota tukevat muut työsivut. Työsivut linkittyvät toisiinsa monin kytkennöin. Sivulla annetut lähtötiedot vaikuttavat muihin työsivuihin. Optimi haetaan käynnistämällä pääsivulla **Solver-suoritin**. Kun optimiratkaisu löytyy, kaikki sivut muuttuvat optimiratkaisun mukaisiksi. Optimista lisää kohdassa 10.

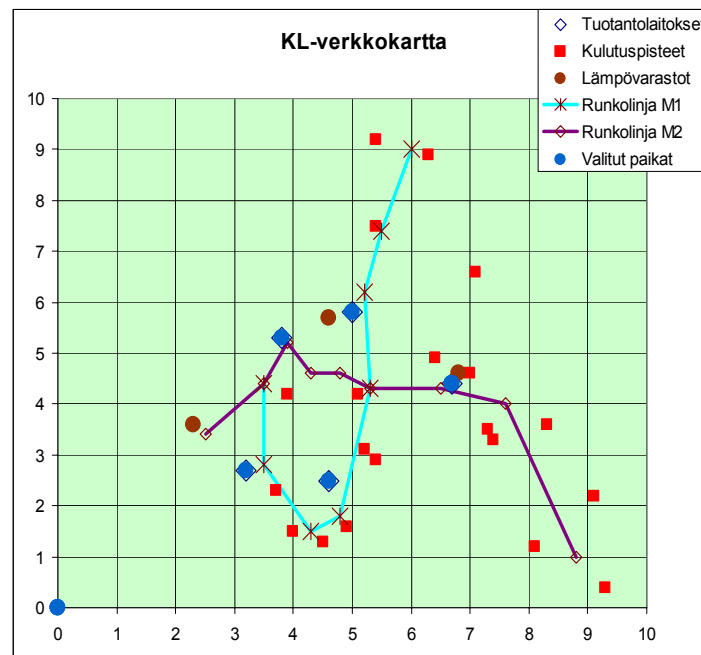
Jotta optimointi voidaan löytää, tarvitaan lähtötietoja. Lähtötiedot annetaan muilla työsivuilla. Tiedot kirjoitetaan työsivuilla oleviin taulukoihin, niiden vaaleansinisiin soluihin.

Seuraavissa ohjeissa selostetaan lyhyesti työsivujen toimintaa ja niillä tarvittavia lähtötietoja.

Lähtötietoja ei tarvitse syöttää uudelleen, kun tarkasteltavan alueen tiedot on kerran syötetty. Vain muutokset, joita halutaan tarkastella, syötetään entisten arvojen tilalle (mitä-jos-analyysit).

## 2. Sijaintitiedot

Alueellinen tarkastelu perustuu tuotantolaitospaikkojen, kulutuspienien, lämpövarastojen ja runkolinjojen reititysten koordinaatteihin. Annetut sijaintitiedot eri työsiivuilta tulevat karttaan, jolla on oma työsiivu "**Kartta**"



**Kuva 2.** Kaukolämpöalueen Lämpö-EXCEL-kartta. Kartta syntyy automaattisesti annettujen koordinaattitietojen mukaan.

Koordinaatit on hyvä valita siten, että ne on helppo määritellä alueen kartoista. Jotta negatiivisia koordinaatteja ei tarvitse käyttää, sijoitetaan alkupiste (origo 0;0) alueen lounaskulmaan sopivaan kohtaan, jonka eteläpuolelta tai länsipuolelta tarkasteluun ei tule kulutuspienet, tuotantolaitoksia, lämpövarastoja eikä runkolinjojen reitityksiä.

Sitä mukaa, kun lähtötietoja annetaan, tulevat karttaan näkyviin lämmönkäyttöalueet, tuotantolaitosten vaihtoehtoiset sijaintipaikat, runkolinjojen reititykset ja lämpövarastot.

Kulutuspienet tulevat karttaan punaisina neliöinä. Tuotantolaitospaikat näkyvät avoimina vinoneliöinä. Lisäksi ne tuotantolaitospaikat, jotka on otettu tarkasteltavan optimointitehtävän vaihtoehtojen joukkoon, saavat vinoneliön sisään sinisen tähtimerkin. Runkolinjareitit kuvataan yhtenäisillä viivoilla. Lämpövarastot tulevat näkyviin ruskeina ympyröinä.

### 3. Kulutus

Tarkasteltavan alueen lämmönkäyttö määritellään työsivulla "**Kulutus**".

#### KP-1 Kulutuspisteiden sijainti ja lämmöntarve

Työsivun ensimmäisessä taulukossa, KP-1, on 50 paikkaa alueen kulutuspisteille eli lämmönkäyttökohteille. Nämä voivat olla lähiöitä tai kiinteistöryhmiä, joille annetaan kullekin sopiva sijaintitieto (x- ja y-koordinaatti) ja maksimi lämmöntarve. Sijaintikoordinaatit voidaan esimerkiksi määrittellä pisteeksi, johon kaukolämpö tuodaan ja josta kaukolämpö voidaan ajatella lähtevän kulutuspisteen eri kiinteistöihin.

Taulukko KP-1 Kulutuspisteiden sijainti ja lämmöntarve			
Anna kulutuspisteiden nimi, sijainti ja maksimilämmöntarve			
Kulutus- piste Nimi	x-koord km	y-koord km	Max. Lämmön- tarve kW
Kotimäki	3.7	2.3	910
Rauhala	3.9	4.2	700
Lamminkulma	4.5	1.3	760
Takaharju	4.9	1.6	720
Ylikylä	5.4	7.5	290
----			
Uittoinen	7.1	6.6	1200
Leivonmäki	6.4	4.9	500
Luolala	7.3	3.5	400
Puistola	5.2	3.1	1500
Peltokangas	5.4	2.9	670
Mäntylähti	9.1	2.2	2100
----			
Haristo	7.4	3.3	1000
----			

**Kuva 3.** Kulutuspisteiden sijainti ja lämmöntarve.

### KP-2 Kulutuspisteiden lämmöntarpeen jako

Kullekin kulutuspisteelle voidaan määritellä 3 eri lämmönkäyttötapaa: huonelämmitys, lattialämmitys ja lämmin käyttövesi. Nämä annetaan prosentteina maksimilämmöntarpeesta.

Käyttötapojen osuudet			Max lämmitysteho					
patteri- lämm.	lattia- lämm.	lämmin käyttövesi	yhteensä	Summa	patteri- lämm.	lattia- lämm.	lämmin käyttövesi	yhteensä
%	%	%	%	100 % ?	kW	kW	kW	kW
89	5	6	100	OK	809.9	45.5	54.6	910
60	25	15	100	OK	420	175	105	700
75		25	100	OK	570	0	190	760
60	30	10	100	OK	432	216	72	720
80		20	100	OK	232	0	58	290
75	13	12	100	OK	825	143	132	1100
50	10	40	100	OK	700	140	560	1400
70	10	20	100	OK	840	120	240	1200

**Kuva 4.** Kulutuspisteiden lämmöntarpeen jako.

### KP-3 Kulutuspisteiden lämmöntarpeen jako kuukausittain päivä/yö kulutukseen

Taulukon KP-3 avulla voidaan tehokkaasti ottaa huomioon vuorokauden ja vuodenaikojen vaihtelut lämmöntarpeessa.

Lämmöntarpeet edellä kuvatuille kolmelle käyttötavalle voidaan määritellä jaksotettuna kuukausikohtaisesti ja erikseen päivä- ja yökulutuksena, yhteensä 24 jaksoa.

Anna päivä- ja yöajan alkamisaika						
Päiväaika alkaa klo	7		päiväaika		14 h	
Yöaika alkaa klo	21		yöaika		10 h	
Käyttökertoimet lämmönkäyttötavoille jaksottain						
	patterilämmitys		lattialämmitys		lämmin käyttövesi	
	päivä	yö	päivä	yö	päivä	yö
Tammikuu	0.75	0.95	0.75	0.95	1	0.2
Helmikuu	0.8	1	0.8	1	1	0.2
Maaliskuu	0.7	0.8	0.7	0.8	1	0.2
Huhtikuu	0.6	0.7	0.6	0.7	1	0.2
Toukokuu	0.4	0.6	0.4	0.6	1	0.2
Kesäkuu	0.1	0.1	0.1	0.1	1	0.2
Heinäkuu	0.1	0.1	0.1	0.1	1	0.2
Elokuu	0.1	0.1	0.1	0.1	1	0.2
Syyskuu	0.4	0.4	0.4	0.4	1	0.2
Lokakuu	0.6	0.6	0.6	0.6	1	0.2
Marraskuu	0.7	0.8	0.7	0.8	1	0.2
Joulukuu	0.75	0.9	0.75	0.9	1	0.2

**Kuva 5.** Kulutusasteiden lämmöntarpeen jako kuukausittain päivä- ja yökulutukseen.

Taulukossa on ylhäällä alue, jossa annetaan päivä- ja yöajan alkukellonaika. Kuvassa 5 on valittu päiväajaksi 7 – 21 eli 14 h, joten yöaika on 10 tuntia.

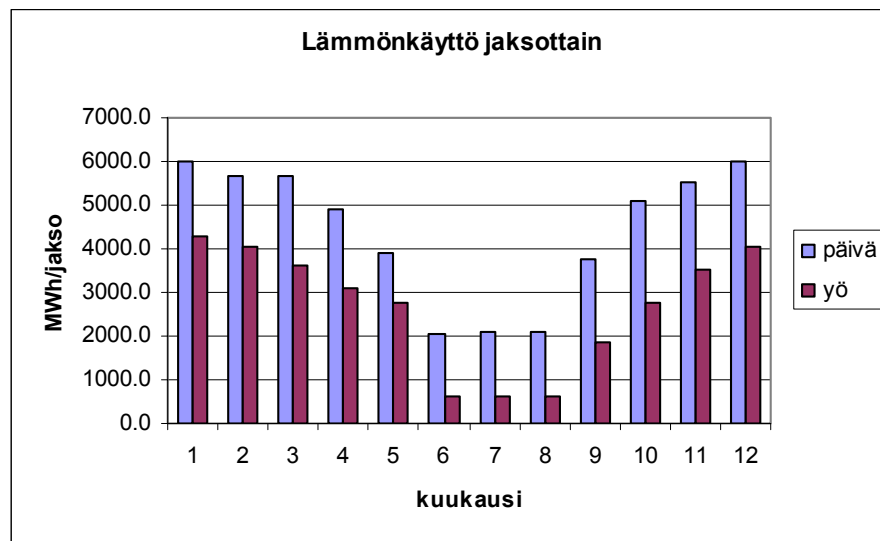
Taulukossa alempana voidaan antaa kunkin kuukauden päivä- ja yöajalle kerroin, jolla taulukon KP-2 käyttötapat kerrotaan. Kuvassa 5 suurin patterilämmitys ja lattialämmitys on annettu helmikuulle yöaikana, eli kerroin = 1. Lämmin käyttövesi on annettu kaikkina kuukausina maksimiksi päiväaikana (kerroin = 1) ja 20 % maksimista yöaikana (kerroin = 0.2), jne.

### Lämmönkäytön taulukot

Työsivulla "**Kulutus**" on lisäksi kunkin lämmönkäyttöalueen lasketut lämmöntarpeet eri käyttötavoille ja kullekin jaksolle, Taulukot KP-4 ... KP-10. Näillä taulukoilla voidaan helposti verrata eri alueiden laskettuja arvoja alueiden tilastotietoihin.

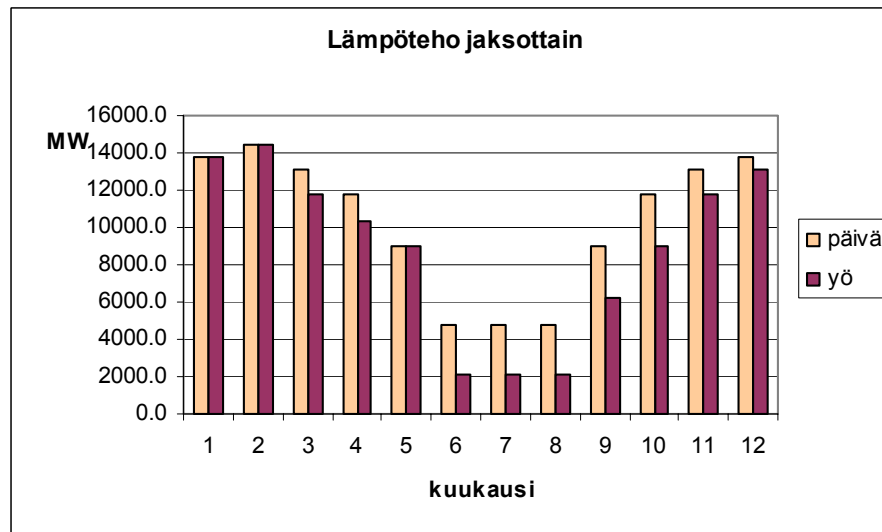
- KP-4 Koko alueen maksimi lämpötehot
- KP-5 Koko alueen jaksokohtaiset lämpötehot ja lämmöntarpeet
- KP-6 Lämpöteho yhteensä (Käyttötavat 1+2+3) kulutusasteissa jaksottain
- KP-7 Käyttötapa 1: Patterilämmitys kulutusasteissa jaksottain
- KP-8 Käyttötapa 2: Lattialämmitys kulutusasteissa jaksottain
- KP-9 Käyttötapa 3: Kuuma käyttövesi kulutusasteissa jaksottain
- KP-10 Lämpöenergia yhteensä jaksottain (Käyttötavat 1+2+3)

Lämmönkäyttö on esitetty myös pylväskaavioina. Kaavio KP-D1 kuvaa lämpöenergian käyttöä koko alueella jaksottain, kuva 6.



**Kuva 6.** Alueen lämpöenergian tarve jaksottain, MWh/jakso. **KP-D1.**

Kaavio KP-D2 kuvaa vastaavasti kaukolämpötehoa koko alueella jaksottain, kuva 7.



**Kuva 7.** Alueen kaukolämpöteho jaksottain, MW. **KP-D2.**

## 4. Lämmön tuotanto

Lämmön tuotanto määritellään työsivulla "Tuotanto".

### TUO-1 Alueen tuotantolaitospaikat

Tarkasteluihin mukaan otettavat mahdolliset tai jo rakennetut laitospaikat määritellään taulukossa TUO-1, kuva 8. Laitospaikan numeroa käytetään paikan tunnuksena seuraavissa määrittelyvaiheissa. Taulukkoon voi määrittellä 10 laitospaikkaa.

Tuotantolaitokset			
Laitospaikan numero	x-koord	y-koord	Laitospaikan Nimi
1	3.2	2.7	Isomäki
2	6.7	4.4	Väinönsuo
3	3.8	5.3	Kostinpelto
4	4.6	2.5	Metsälä
5	5	5.8	Hirvikoski
6			
7			
8			
9			
10			

Kuva 8. Alueen tuotantolaitospaikat.

### TUO-2 Laitostyyppin ja polttoaineen valinta laitospaikoille

Laitospaikalle voidaan valita eri tyyppisiä laitoksia ja näille eri polttoaineita. Nämä määritellään taulukossa TUO-2, kuva 9.

Taulukko TUO-2											
Laitostyyppin ja polttoaineen valinta laitospaikoille											
Rivi nro	Tuotantolaitospaikan nro	Anna	Anna	Tuotantolaitospaikka			Laitoksen Typpi	Polttoaineen			
		Laitoksen Tyypin nro	Polttolaitoksen Tunnuksen nro	x-koord	y-koord	Laitospaikan Nimi		lämpöarvo MJ/kg	Polttolaitoksen hinta €/MWh	Polttolaitoksen hinta €/tonni	
1	1	3	1	3.2	2.7	Isomäki	Lämpökattila	Hilli	25	15	104.17
2	2	1	4	6.7	4.4	Väinönsuo	CHP_05	POR	41	30	341.67
3	2	3	3	6.7	4.4	Väinönsuo	Lämpökattila	Puru	19.4	17	91.61
4	2	3	4	6.7	4.4	Väinönsuo	Lämpökattila	POR	41	30	341.67
5	3	1	9	3.8	5.3	Kostinpelto	CHP_05	Seos D	22.21	13.23	81.61
6	4	2	4	4.6	2.5	Metsälä	CHP_04	POR	41	30	341.67
7	5	4	5	5	5.8	Hirvikoski	CHP_03	Maakaasu	50	30	416.67

Kuva 9. Laitostyyppit ja polttoaineet laitospaikoille.

Kaikkiaan 10 vaihtoehtoista laitosratkaisua voidaan valita. Tässä on kuitenkin huomattava, että laskenta-aika pitenee jyrkästi laitosvaihtoehtoja lisättäessä. On järkevää käyttää taktiikkaa, jossa valitaan aluksi vastakkain vain pieni määrä vaihtoehtoja, joiden joukosta saadaan optimoinnin avulla esille paras. Sen jälkeen



voidaan määritellä uusia vaihtoehtoja ja testata niiden kilpailukykyä löydettyä parasta ratkaisua vastaan, jne.

Kaikki kombinaatiot ovat mahdollisia: sama laitospaikka, laitostyyppi tai polttoaine voidaan valita useaan eri vaihtoehtoon.

Taulukon TUO-2 ensimmäinen sarake, Rivi numero, toimii laitosvaihtoehdon tunnisteena. Polttoaineiden valinnan mukana taulukkoon tulevat polttoaineen lämpöarvo ja hintatiedot työsilvulta "**Polttoaineet**".

### TUO-3 Laitostyypit

Taulukossa TUO-3 voidaan määritellä erilaisia kaukolämmön erillis- ja yhteistuotantoon sopivia vaihtoehtoja. Laitostyypille voidaan antaa vapaasti valittavissa oleva nimi sarakkeessa 2. Hintarakenne määritellään sarakkeissa 3, 4 ja 5. Lisäksi annetaan tieto rakennusasteesta (sähköntuotantoteho suhteessa lämmöntuotantotehoon) ja kokonaishyötysuhteesta sarakkeissa 6 ja 7, kuva 10.

Laitoksen tyyppi Nro	Laitoksen nimi	Lämmön tuotannon		Sähkön tuotannon	Rakennus- aste	Laitoksen Kokonais- hyötysuhde %
		Perushinta k€	laitoshinta €/kW	laitoshinta €/kW		
1	CHP_05	400	200	1500	0.5	70
2	CHP_04	450	200	1400	0.4	75
3	Lämpökattila	600	100	0	0	90
4	CHP_03	800	200	1200	0.3	80
5						
6						
7						

**Kuva 10.** Laitostyypit, niiden hintarakenne, rakennusaste ja kokonaishyötysuhde.

### Laitostyyppin hinta

Laitoshintojen määrittelyyn on hyvä käyttää laitostoimittajien apua, jotta voidaan konseptitason tarkkuudella määritellä tarvittavat hintaparametrit. Laitosten hintarakenne on valittu lineaariseksi ja se voidaan määritellä nopeasti joko kahdella (erillistuotanto) tai kolmella parametrillä (yhteistuotanto).

#### a) Erillistuotantolaitos

Laitoshinta määritellään kahdella parametrillä: perushinta ja lämmöntuotannon yksikköhinta. Perushinta annetaan yksikössä k€ ja lämpötehoon suhteutettu hinta yksikössä €/kW (sama kuin k€/MW).

#### b) Yhteistuotantolaitos

Laitoshinta määritellään kolmella parametrillä: perushinta (k€), lämmöntuotannon yksikköhinta (€/kW) ja lisäksi sähköntuotannon yksikköhinta (€/kW).

Kuvassa 10 vaihtoehto 1 on kuvitteellinen yhteistuotantolaitos, jonka perushinnaksi on annettu 400 k€ (0,4 M€), lämmöntuotannon yksikköhinnaksi 200 €/kW ja

sähkötuotannon yksikköhinnaksi 1500 €/kW. Oletetaan, että laitos tulee optimoinnissa ratkaisuun mukaan lämmöntuotantoteholla 10 MW. Laitokselle on sarakkeessa 6 annettu rakennusaste 0.5, joten sähkötuotantoteho on 5 MW. Laitosinvestointi on tällöin  $(400 + 10 \cdot 200 + 5 \cdot 1500)$  k€ = 9900 k€.

Vastaavasti taulukon vaihtoehto 3 on kuvitteellinen erillistuotantolaitos, jonka perushinta on 600 k€ ja lämmöntuotannon yksikköhinta 100 €/kW. Jos laitoskoko on 8 MW on investointi  $(600 + 8 \cdot 100)$  k€ = 1400 k€.

#### TUO-4 Polttoaineiden tunnusnumerot

Taulukko TUO-4, kuva 11, on aputaulukko polttoaineiden määrittelemiseksi taulukkoon TUO-2. Taulukkoon TUO-4 ei voi tehdä suoraan muutoksia, vaan ne tehdään erillisellä työsivulla "Polttoaineet".

1	Hiili
2	Turve
3	Puru
4	POR
5	Maakaasu
6	seos A
7	Seos B
8	Seos C
9	Seos D
10	Seos E
11	Seos F
12	Seos G
---	---

**Kuva 11.** Polttoaineiden nimet ja tunnusnumerot.

#### TUO-5 Lukitse laitosvaihtoehto

Tuotantolaitosvaihtoehto, joka on määritelty taulukossa TUO-2, voidaan myös haluttaessa lukita. Tämä tarkoittaa, että vaihtoehto pakotetaan mukaan optimaaliseen ratkaisuun. Lukitseminen toteutetaan taulukossa TUO-5, kuva 12. Sarakkeessa 1 kirjoitetaan x sille vaihtoehdolle, joka halutaan lukita. Sarakkeessa 2 annetaan laitoksen teho. Tehoarvo on yläraja: optimointi voi valita ratkaisuun pienemmän tehon, mutta ei suurempaa.

Kuvassa 12 on lukittu vaihtoehto 3 ja rajattu sen lämpöteho 3 MW:iin.

Rivi nro	Lukitse laitos- vaihtoehto	Lukitse lämpöteho MW
	1	
2		
3	x	3
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

**Kuva 12.** Laitosvaihtoehtojen lukitseminen.

### TUO-6 Huoltotyö- ja varaosatarve

Laitosten tarvitsemat huoltotyö- ja varaosatarpeet voidaan ottaa mukaan kustannuslaskentaan yksikkökustannusten avulla taulukossa TUO-6, kuva 13.

Rivi nro	Lämmön- tuotantoon suhteutettu huoltotarve	Tunti- veloitus	Lämmön- tuotantoon suhteutettu varaosatarve	Lämmön- tuotantoon suhteutettu Huoltotyö
	h/MWh	€/h	€/MWh	€/MWh
1	0.05	80	0.6	4
2	0.05	80	0.6	4
3	0.05	80	0.6	4
4	0.05	80	0.6	4
5	0.05	80	0.6	4
6	0.05	80	0.6	4
7	0.05	80	0.6	4
8	0.05	80	0.6	4
9	0.05	80	0.6	4
10	0.05	80	0.6	4

**Kuva 13.** Laitosvaihtoehtojen huoltotyö- ja varaosatarve.

Kuvassa 13 kaikille vaihtoehtoille on annettu samat parametrien arvot: lämmöntuotantoon suhteutettu huoltotyötarve 0,05 h/MWh (sarake 1) ja huoltotyön tuntikustannus 80 €/h (sarake 2). Näistä saadaan sarakkeeseen 4 huoltotyön yksikkökustannus 4 €/MWh. Lisäksi sarakkeessa 3 on annettu lämmöntuotantoon suhteutettu varaosakustannus 0,6 €/MWh.

Alueelta saadut kokemukset ja laitostoimittajien tiedot eri tyyppisistä tuotantolaitoksista ovat tarpeen sopivan huoltotyö- ja varaosatarpeen määrittämiseksi. Yhteistuotantolaitoksen huoltotyö- ja varaosatarpeet määritellään

samalla tavoin kuin erillistuotantolaitokselle eli lämmön ja sähkön tuotannon tarpeet lasketaan yhteen ja suhteutetaan laitoksen lämmöntuotantoon.

### **Ratkaisun tuotantotaulukot**

Optimaalisen ratkaisun mukaisen tuotannon luvut tulevat taulukkoihin TUO-7 – TUO-22. Taulukoiden avulla voidaan helposti verrata oman alueen tilastotietoja optimoinnin ehdottamaan ratkaisuun.

Taulukot TUO-7 – TUO 14 esittävät saadun ratkaisun lämmön ja sähkön tuotantoluvut alueella yhteensä ja laitoskohtaisesti, polttoainekulutuksen, huoltotyö- ja varaosakustannukset, investointikustannukset ja laskennalliset tulot lämmön ja sähkön myynnistä jne.

**TUO-7 Laitoskohtainen lämmön ja sähkön tuotanto**  
**TUO-8 Laitoskohtainen investointikustannus**  
**TUO-9 Laitoskohtainen polttoainekulutus**  
**TUO-10 Huoltotyö- ja varaosakustannukset**  
**TUO-11 Laitosinvestointikustannukset**  
**TUO-12 Laitoskohtaiset lämmön ja sähkön myyntitulot**  
**TUO-13 Alueen lämmön ja sähkön vuosituotanto**  
**TUO-14 Varastoinnin aiheuttama laitosinvestointihinnan alenema**

Taulukoissa TUO-15 – TUO-22 on esitetty ratkaisun luvut jaksoittain eli kullekin kuukaudelle ja päivä- ja yöajalle (yhteensä 24 jaksoa).

**TUO-15 Lämpöteho jaksoittain**  
**TUO-16 Lämmöntuotannon polttoainekulutus jaksoittain**  
**TUO-17 Sähköteho jaksoittain**  
**TUO-18 Sähköntuotannon polttoainekulutus jaksoittain**  
**TUO-19 Lämmöntuotanto jaksoittain**  
**TUO-20 Sähköntuotanto jaksoittain**  
**TUO-21 Lämmön ja sähköntuotannon polttoainekulutus yhteensä jaksoittain**  
**TUO-22 Yhteenvetotaulukko**

## 5. Polttoaineet

Työsivulla "**Polttoaineet**" määritellään eri polttoainevaihtoehdot, joita halutaan ottaa mukaan tarkasteluun, kuva 14. Kullekin vaihtoehdolle on taulukossa tunnusnumero, jota käytetään Tuotanto-työsivun taulukossa TUO-2.

Poltto- aineen tunnus Nro	Poltto- aineen nimi	1 Hiili osuus-%	2 Turve osuus-%	3 Puru osuus-%	4 POR osuus-%	5 Maakaasu osuus-%	Onko summa 100 % ?	Polttoaineen Lämpöarvo MJ/kg	Poltto- aineen hinta €/MWh
1	Hiili	100						25.00	15
2	Turve		100					21.50	12
3	Puru			100				19.40	20
4	POR				100			41.00	30
5	Maakaasu					100		50.00	30
6	seos A	75	15	10			OK	23.92	15.05
7	Seos B	30	60		10		OK	24.50	14.70
8	Seos C		30	70			OK	20.03	17.60
9	Seos D	20	70	10			OK	21.99	13.40
10	Seos E	20		80			OK	20.52	19.00
11	Seos F		10	85	5		OK	20.69	19.70
12	Seos G		35	55	10		OK	22.30	18.20
---									
50									

**Kuva 14.** Polttoaineiden määrittely.

Viisi ensimmäistä riviä on varattu peruspolttoaineille. Näille voidaan antaa nimi, lämpöarvo (MJ/kg) ja hinta (€/MWh).

Seuraavat rivit, 6 – 50 on varattu erilaisille seoksille, joita halutaan tarkastella. Seokset voidaan määrittellä vapaasti. Ohjelma ilmoittaa sanoilla "ei täsmää, osuudet väärin", jos summa sarakkeissa 1, 2, 3, 4 ja 5 ei ole 100 %, tai "OK" jos annetut osuudet ovat yhteensä 100 %. Ohjelma laskee seoksille lämpöarvon ja hinnan peruspolttoaineiden arvoista.

## 6. Verkko

Työsivulla "**Verkko**" määritellään runkolinjojen reititys alueella, runkolinjojen eri osien virtaukset, runkolinjojen mitoitus, investointi ja pumppauskustannukset.

### LIN-1 KL-runkolinjojen reititys

piste nro	Runkolinja M1	x-koord	y-koord	Linjaosan	Linjaosan	yhteensä
				nro	pituus	
					km	km
	Lähtöpiste	3.5	4.4	--	--	11.075
1		3.5	2.8	1	1.600	
2		4.3	1.5	2	1.526	
3		4.8	1.8	3	0.583	
4		5.3	4.3	4	2.550	
5		5.2	6.2	5	1.903	
6		5.5	7.4	6	1.237	
7		6	9	7	1.676	

**Kuva 15.** Runkolinjan reitityksen määrittely.

Runkolinjojen reititys määritellään taulukossa LIN-1, kuva 15, käyttämällä x- ja y-koordinaatteja. Runkolinjoja voidaan määrittellä 2 kpl (M1 ja M2). Molempiin voidaan määrittellä 20 kpl linjaosia. Linjaosat ovat suoria linjan osia kahden runkolinjapisteen välillä.

### LIN-2 Runkolinjojen mitoituslämpötehot LIN-3 Runkolinjojen mitoituslämpötilaerot

Kuvassa 16 on esitetty taulukot LIN-2 ja LIN-3. Kullekin runkolinjaosalle määritellään taulukossa LIN-2 mitoitusaste prosentteina alueen maksimilämpötehosta. Prosenttilukua annettaessa voidaan käyttää apuna kulutuspisteiden sijaintia ja kunkin kulutuspisteen maksimitehoa. Taulukon LIN-3 yhteydessä voidaan antaa koko alueen runkolinjojen mitoitusta varten peruslämpötilaero syöttö- ja paluulinjojen välillä sekä KL-veden ominaislämpökapasiteetti. Lisäksi voidaan haluttaessa antaa linjakohtaisia mitoituslämpötilaeroja. Jos linjaosalle on annettu oma lämpötilaero, mitoitusvirtaus lasketaan tämän avulla, muuten ohjelma käyttää annettua peruslämpötilaeroa.

Linjaosan mitoitus- lämpöteho-%		Linjaosan mitoitus- lämpöteho kW		Linjaosan lämpötilaero °C		Linjaosan lämpötilaero °C		Linjaosan mitoitus- virtaus kg/s
1	50	7246.8	1	30	57.5			
2	50	7246.8	2	30	57.5			
3	50	7246.8	3	30	57.5			
4	50	7246.8	4	30	57.5			
5	40	5797.4	5	40	34.5			
6	30	4348.1	6	30	34.5			
7	20	2898.7	7	30	23.0			

Anna peruslämpötilaero 30 °C  
Anna KL-veden om.lämpökapasiteetti 4.2 kJ/kgK

**Kuva 16.** Runkolinjojen linjaosien mitoituslämpötehot ja -virtaukset.

Kuvassa 16 on esimerkiksi annettu peruslämpötilaero 30 °C, jonka lisäksi linjaosalle 5 on annettu linjaosakohtainen lämpötilaero 40 °C.

#### LIN-4 Linjojen pumppaustehontarve

Kuvassa 17 on esitetty taulukko LIN-4 jossa voidaan määrittellä ensin yleisesti koko alueelle peruslähtöarvoina painehäviö, virtausnopeus ja pumppujen hyötysuhde. Taulukossa voidaan myös antaa linjakohtaisesti painehäviö ja virtausnopeus. Jos linjaosalle on annettu oma painehäviö ja/tai virtausnopeus, pumppausteho lasketaan tämän avulla, muuten ohjelma käyttää annettuja peruslähtöarvoja.

Anna perusvirtausnopeus		2.0 m/s		Anna peruspainehäviö		150 Pa/m		Anna hyötysuhde		0.75 --		Pumppauspituus = 2*linjapituus	
perusvirtaus- nopeus m/s	Anna linjan nopeus m/s	Linjan nopeus m/s	peruspaine- häviö Pa/m	Anna linjan painehäviö Pa/m	Linjan painehäviö Pa/m	Pumppaus- teho W/m	Pumppaus pituus km	Linjan mitoitus- pumpp.teho kW					
2.0		2.0	150		150	11.50	3.200	36.8					
2.0		2.0	150		150	11.50	3.053	35.1					
2.0		2.0	150		150	11.50	1.166	13.4					
2.0		2.0	150		150	11.50	5.099	58.7					
2.0		2.0	150		150	6.90	3.805	26.3					
2.0		2.0	150		150	6.90	2.474	17.1					
2.0		2.0	150		150	4.60	3.353	15.4					

**Kuva 17.** Runkolinjojen linjaosien pumppaustehot.

#### LIN-5 Linjojen hintataulukko

Kaukolämpölinjojen investointikustannusten laskemista varten voidaan taulukossa LIN-5 määrittellä linjojen yksikköhinnat eri kokoluokissa. Yksikköhinta sisältää koko investoinnin eli itse kaksisuuntaisen putkilinjan lisäksi kaikki asennukseen kuuluvat kustannukset kuten maan kaivuun, asennustyöt ja peittämisen jne.

Kuvassa 18 on esitetty hintataulukko, joka perustuu aikaisempaan selvitystyöhön (DO<sup>2</sup>DES – Design of optimal distributed energy systems, Report 2005-1, Åbo Akademi University, Heat Engineering Laboratory.) Pienten putkistojen osalta valmiiksi asennettu yksikköhinta voidaan selvityksen mukaan antaa vakiona, vasta kokoluokan DN 100 jälkeen yksikköhinta lähtee kasvamaan.

Linjahinnat		Linjahinnat	
DN	€/m	DN	€/m
0	130	200	240
25	130	250	340
32	130	300	380
40	130	350	410
50	130	400	440
65	130	500	600
80	130	600	900
100	150	700	1200
125	170	800	1500
150	200	900	2000
		1000	2500

**Kuva 18.** Linjojen yksikköhintojen määrittely.

#### LIN-6 Linjojen pumppausenergia jaksottain

Linjojen pumppausenergiatarve on esitetty jaksoittain (kuukausittain päivä ja yökulutus, yht. 24 jaksoa). Pumppausenergia kullekin verkon linjaosalle lasketaan ottamalla huomioon jakson lämmönkulutus suhteessa maksimilämmönkulutukseen alueella. Laskennassa on käytetty olettamusta että lämpötilaeroa menolämpötilan ja tulolämpötilan välillä pienennetään samassa suhteessa kuin kulutus alenee, jolloin virtausnopeus ja painehäviö verkostossa säilyvät mitoitusarvoissaan.

Pumppausenergiälukuja on hyvä verrata tilastotietoihin vastaavilta alueilta ja tarvittaessa käyttää sopivaa alemmaa painehäviötä tai virtausnopeutta, joiden avulla pumppausenergiäluvut voidaan saattaa vertailukelpoisiksi.

#### LIN-7 Runkolinjojen mitoitus, hinnat ja kustannukset

Runkolinjojen mitoitus tulee taulukkoon LIN-7, kuva 19. Laskennallinen putkikoko lasketaan taulukon LIN-3 virtauksen ja taulukon LIN-4 virtausnopeuden avulla. Ohjelma valitsee sen jälkeen lähimmän suuremman standardikoon ja sille yksikköhinnan taulukosta LIN-5. Taulukkoon voidaan myös haluttaessa antaa linjakohtainen putkikoko sarakkeessa 3 ja yksikköhinta sarakkeessa 6.



	Putkikoko Laskennall. mm	Putkikoko standardi mm	Linjan koko mm	Linjakoko mm	Tauluk- ko- hinta €/m	Anna linjahinta €/m	Linjan investointi k€	Linjan inv.kust. k€/a
1	191.35	200		200	240		384.00	19.20
2	191.35	200		200	240		366.34	18.32
3	191.35	200		200	240		139.94	7.00
4	191.35	200		200	240		611.88	30.59
5	148.22	150		150	200		380.53	19.03
6	148.22	150		150	200		247.39	12.37
7	121.02	125		125	170		284.97	14.25
						<b>yhteensä</b>	<b>2415.05</b>	<b>120.75</b>

**Kuva 19.** Runkolinjojen mitoitus ja investointilaskenta.

### LIN-8 Kulutuspiestelinjojen hinnat ja kustannukset

Runkolinjoilta kulutuspiesteisiin viedyt haarat voidaan mitoittaa taulukossa LIN-8, kuva 20. Ohjelma laskee kulutuspiesteen lyhimmän etäisyyden runkolinjoille ja mitoittaa haaralinjan putkikoon. Linjalle voidaan myös haluttaessa antaa putkikoko, jolloin vastaava putkilinjan yksikköhinta määrää linjainvestoinnin. Lisäksi voidaan antaa erillinen linjakohtainen yksikköhinta sarakkeessa 8, jolloin ohjelma käyttää tätä hintaa. Kulutuspiesteen "sisäisiä" putkilinjoja ohjelma ei huomioi.

	Linjan			Linja-				
Putkikoko Laskennall. mm	Putkikoko standardi mm	koko mm	Linjan koko mm	Taulukko- hinta €/m	hinta €/m	Linjan hinta €/m	Linjan investointi k€	Linjan inv.kust k€/a
67.81	80		80	130		130	22.750	1.32
59.47	65		65	130		130	58.138	3.36
61.97	65		65	130		130	36.770	2.13
60.31	65		65	130		130	29.069	1.68
38.28	40		40	130		130	18.385	1.06
74.55	80		80	130		130	24.751	1.43
84.10	100		100	150		150	45.000	2.60
77.87	80		80	130		130	227.244	13.14

**Kuva 20.** Kulutuspiestiden ja runkolinjojen välisten linjojen mitoitus ja investointilaskenta.

### Yhteenveto

Verkon putkilinjojen hintatiedot ja pumppauskustannustiedot on koottu yhteenvetotaulukkoon, kuva 21.

Yhteenveto	
<b>Runkolinjat, yhteensä</b>	
Pituus	20.76 km
Investointihinta	4446.382 k€
hinta/m	214.19 €/m
Inv.kustannus	257.135 k€/a
Pumppauskustannus	120.373 k€/a
<b>Kulutuspistelinjat, yhteensä</b>	
Pituus	9.86 km
Investointihinta	1321.266 k€
hinta/m	133.97 €/m
Inv.kustannus	76.409 k€/a
Pumppauskustannus	8.54 k€/a
Investointikust., yhteensä	333.544 k€/a
Pumppauskust., yhteensä	128.91 k€/a
Suurin lämpöteho verkossa	14493.52 kW

**Kuva 21.** Yhteenvetotaulukko verkon investointi- ja pumppauskustannuksista.

## **7. Kulutuspisteiden liitynnät verkkoon, KLV**

Ohjelma käyttää KLV-työsivua apuna määriteltäessä kulutuspisteiden etäisyydet lähimmästä runkolinjasta. Ohjelma etsii ensin kulutuspisteen lyhimmän etäisyyden kuhunkin Verkko-työsivulla annetuilla lähtöarvoilla määriteltyyn runkolinjaosaan. Ohjelma käyttää viittä pistettä linjaosalla (alku- ja loppupiste, keskipiste sekä alkuosan ja loppuosan keskipisteet) ja valitsee niistä sen, jolla on lyhin etäisyys kulutuspisteeseen. Mitään lähtötietoja ei tarvitse antaa KLV-työsivulla.

## 8. Tuotanto-Kulutus - linkitys, TK

Pumppauskustannukset voidaan myös määrittellä yksinkertaistuksen avulla työsivulla "TK". Tällöin jätetään huomioimatta annetut runko- ja haaralinjat ja lasketaan kunkin laitospaikkavaihtoehdon suora etäisyys kulutuspisteisiin. Jotta etäisyys vastaisi todellista pumppausmatkaa paremmin, käytetään apuna mutkaisuuskerrointa. Esim. jos annetaan mutkaisuuskertoimen arvoksi 1.5, linjapituus on 1.5-kertainen suoriin etäisyyksiin verrattuna, kuva 22.

Pumppauskustannus, TK		120.99	k€/a
Anna linjojen laskentapainehäviö	$\Delta p$	150	Pa/m
Anna meno- ja paluulinjan laskenta-lämpötilaero	$\Delta T$	30	°C
Anna KL-veden ominaislämpökapasiteetti	$c_p$	4.2	kJ/kgK
Anna linjoille mutkaisuuskerroin k		1.5	

**Kuva 22.** Pumppauskustannuksien laskenta Tuotanto-Kulutus (TK) etäisyyksien avulla, lähtöarvot ja tulos.

Jos optimiratkaisuun tulee useita laitospaikkoja, ohjelma huomioi tämän jakamalla kulutuspisteiden tarvitseman lämpötehon ratkaisun tuotantolaitoksista.

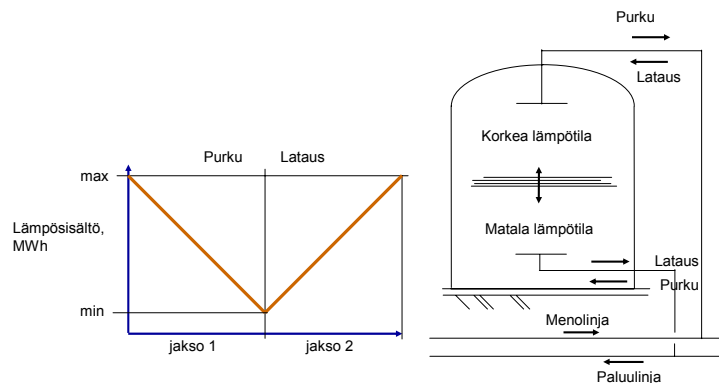
Pumppauskustannusten tarkempaa arviointia voidaan tehdä työsivulla "Verkko".

Valinta, käytetäänkö kustannuksia työsivulta "Verkko" vai "TK", tehdään työsivulla "Talous".

## 9. Lämpövarastot

Kaukolämpöalueelle voidaan sijoittaa lämpövarastoja, joiden mitoitus ja investointikustannukset riippuvat lämmöntarpeen päivä- ja yöajan eroista. Varaston mitoitusperusteena on tehoero, joka voi syntyä kulutushuipun aikana. Varastosta saatavan lämmön avulla voidaan pienentää tuotantolaitosten mitoitustehoa.

Varaston toimintaa on kuvattu kuvassa 23. Varastoon tuodaan lämpöä esim. päiväaikana (jakso 1) siten että runkolinjan menolinjasta tuodaan kuumaa vettä varastoon ylhäältä ja samanaikaisesti poistetaan varastossa ollutta paluuvettä yhtä paljon alhaalta. Seuraavana yönä (jakso 2) varastoa puretaan ottamalla kuumaa vettä ylälinjan kautta menolinjaan ja tuomalla paluuvettä varastoon alhaalta. Varasto pidetään koko ajan täynnä vettä. Kun varaston lämpökapasiteetti on maksimissa, on varasto täynnä kuumaa vettä ja kun kapasiteetti on kokonaan käytetty, on varastossa vain paluuvettä.



**Kuva 23.** Lämpövaraston toimintaperiaate.

### VAR-1 Varastojen hintaparametrit ja lähtötiedot

Varastojen hinta muodostetaan kahden parametrin avulla: kiinteä varaston perushinta ja lineaarinen varastotilavuuteen suhteutettu yksikköhinta, €/m<sup>3</sup>. Nämä annetaan taulukossa VAR-1. Taulukossa määritellään myös varaston kuuman veden ja paluuveden lämpötilaero, joka määrää varaston lämpökapasiteetin tilavuutta kohti, MWh/m<sup>3</sup>.

Lämpövaraston perushinta	200	k€
Tilavuuteen suhteutettu ominaishinta	460	€/m <sup>3</sup>
Varaston lämpötilaero	40	°C
Veden om.lämpökapasiteetti	4.2	kJ/kgK
Veden tiheys	995	kg/m <sup>3</sup>
Lämpökapasiteetti/tilavuus	167.16	MJ/m <sup>3</sup>
Lämpökapasiteetti/tilavuus	0.0464	MWh/m <sup>3</sup>

**Kuva 24.** Lämpövaraston hintaparametrit ja lähtötiedot.

## VAR-2 Varastojen sijaintitiedot, käyttö, mitoitus ja hinta

Taulukossa VAR-2 annetaan tarkasteluun mukaan otettavien varastojen sijaintitiedot. Ohjelma etsii edullisimman varastosijainnin ja käyttöosuuden varastointitarpeesta. Taulukkoon tulee myös varaston lämpökapasiteetti (taulukosta VAR-3), tilavuus ja investointikustannukset. Laskennan apuna käytetään työsivua "TV" (Tuotanto-varasto-linkitys). Taulukon alimmalla rivillä on optimaalisen tuloksen mukainen varastointi.

Varaston nro	Nimi	x-koord	y-koord	Osuus	Varaston	Varaston tilavuus m <sup>3</sup>	Varaston hinta k€	Investoinnin vuosikust k€/a
				varastointi-tarpeesta %	lämpö-energia MWh			
1	Väinönsuo	6.8	4.6	0.0	0.0	0.0		
2	Hirvikoski	4.6	5.7	0.0	0.0	0.0		
3	Vasala	2.3	3.6	100.0	26.4	0.6	200.262	10.013
4				0.0	0.0	0.0		
5				0.0	0.0	0.0		
6				0.0	0.0	0.0		
7				0.0	0.0	0.0		
8				0.0	0.0	0.0		
9				0.0	0.0	0.0		
10				0.0	0.0	0.0		
yhteensä				0.0	0.00	0.0	0.000	0.000

Kuva 25. Lämpövaraston sijaintitiedot, käyttö, mitoitus ja investointikustannukset.

## VAR-3 Varastointitarve kuukausittain

Taulukossa VAR-3 on kuukausittain päivä- ja yöajan lämpötehontarve-erot. Ohjelma etsii kuukauden, jolloin lämpötehon tarve alueella on suurin ja laskee tämän perusteella varastointitarpeen. Ohjelma ottaa huomioon päivä- ja yöajan annetun pituuden.

Lämpöteho		Tammikuu	Helmikuu	Maaliskuu	Joulukuu
Alueen lämpötehontarve	Maksimi kW	13803.30	20467.47	13108.68	13798.90
Kulutusero abs(päivä-yö), maxteho-kk	kW	4.40	5978.35	1376.04	685.82
Maksimilämpöteho kk = 1		0	1	0	0
Päivällä		<b>lataus</b>	<b>lataus</b>		
Päiväaika	14 h			<b>purku</b>	<b>purku</b>
	Teho kW	1.89	2562.15	589.73	293.92
Varastoitava	Energia kWh	26.40	35870.10	8256.24	4114.92
Yöllä		<b>purku</b>	<b>purku</b>		
Yöaika	10 h			<b>lataus</b>	<b>lataus</b>
	Teho kW	2.64	3587.01	825.62	411.49
Varastoitava	Energia kWh	26.40	35870.10	8256.24	4114.92
Varastointitarve	kWh		35870.10		

Kuva 26. Varastointitarve kuukausittain.

#### VAR-4 Varastojen vaikutus laitoskustannukseen

Taulukossa VAR-4 on esitetty vertailu varastointitarpeen vaikutuksesta laitoskustannukseen, sekä laskennallinen varastointitarve että optimoinnin tuloksena saatu varastojen käyttö.

Varastojen vaikutus laitoskustannukseen	150	€/kW
Jos käyttö-% = 100		
vaikutus laitosmitoitukseen	2.64	kW
Vaikutus laitoshintaan	0.396	k€
Vaikutus inv. kustannuksiin	0.023	k€/a
Optimaalinen käyttö	Käyttö-%	0.000 %
vaikutus laitosmitoitukseen	0.00	kW
Vaikutus laitoshintaan	0.000	k€
Vaikutus inv. kustannuksiin	0.000	k€/a

**Kuva 27.** Varastojen vaikutus laitoskustannukseen.

## **10. Tuotanto-Varastointi - linkitys, TV**

Ohjelma käyttää TV-työsivua apuna määriteltäessä mikä tai mitkä annetuista varastoista ovat järkeviä, jos varastoja rakennetaan. Mitään lähtötietoja ei tarvitse antaa työsivulla.

Taulukoissa on esitetty tuotantolaitospaikkojen ja varastopaikkojen väliset etäisyydet ja pumppausmatkat optimiratkaisun laitosten ja varastojen välillä. Varastojen sijaintimatriisissa esitetään mitkä varastot kytkeytyvät mihinkin tuotantolaitokseen ja käyttö-osuusmatriisissa, miten suuri osa varastointitehosta kohdistuu eri varastoille.



## 11. Talous

### TAL-1 Alueen kokonaistalous

Taulukkoon TAL-1, kuva 28, on koottu tarkastelussa mukana olevan alueen lämmön ja sähkön myyntitulot ja kaukolämpöjärjestelmän investointi- ja käyttökustannukset. Luonnollisestikaan taulukko ei sisällä sellaisia tuloja tai kustannuksia, joita ei ole otettu mukaan ohjelmaan.

Kokonaistalous				
Lämmön myynti	84736.56	MWh/a	4236.828	k€/a
Sähkön myynti	42368.28	MWh/a	2542.097	
Myyntitulo yhteensä			6778.925	
KL-investointi- ja käyttökustannukset			4059.492	
Tulos			2719.433	k€/a

**Kuva 28.** Alueen kokonaistalous.

### TAL-2 Kustannuserittely

Taulukkoon TAL-2, kuva 29, on eritelty tarkemmin eri työsiivujen taulukoista saadut tulot ja kustannukset. Sähkön myyntitulot on kirjattu tässä siten että ne alentavat kaukolämpötoiminnan nettokustannuksia. Nettokustannusta minimoidaan "Optimointi"-työsiivulla.

<b>Nettokustannukset yhteensä</b>	<b>1517.395</b>	<b>k€/a</b>
<b>Investointikustannukset</b>	<b>1146.004</b>	<b>k€/a</b>
Verkko	437.562	k€/a
Lämpövarastot	0.000	k€/a
KL-tuotantolaitokset	708.442	k€/a
Varastojen vaikutus laitoskustannuksiin	0.000	k€/a
<b>Käyttökustannukset</b>	<b>2913.488</b>	<b>k€/a</b>
Verkon pumppauskustannukset	0.000	k€/a
Polttoainekulut tuotantolaitoksissa	2414.805	k€/a
Huoltokustannukset	389.788	k€/a
Pumppauskustannukset, TK	108.895	k€/a
<b>Sivutulot</b>	<b>2542.097</b>	<b>k€/a</b>
Sähkön myyntitulot	2542.097	k€/a

**Kuva 29.** Alueen kaukolämpötoiminnan kustannukset.

Talous-työsiivulla annetaan optimoinnin ohjausparametrit, kuten investoinnin pitoaika ja korko-%, sähkön hinta jne. Työsiivulla "Talous" valitaan myös, miten verkon kustannukset halutaan ottaa mukaan (ks. kohta 6 ja 7).

## 12. Optimointi

Työsivu "Optimointi" on varattu pelkästään optimoinnin suorittamiseen. Kuvassa 30 on esitetty työsivun näkymä. Optimointi-työsivulla ei anneta mitään lähtöarvoja. Lähtöarvot annetaan muilla työsivuilla. Jos kuitenkin epähuomiossa muutat sivun soluja, ainoa tapa korjata asia on palata välittömästi takaisin toimivaan sivuun **undo**-nuolella.

Optimoinnin tavoite = minimoi Kaukolämpöjärjestelmän kustannukset						
Kustannukset yhteensä					1517.395	k€/a
Lämmön tarve						
Lämmön tarve					84736.56	MWh/a
Ominaiskustannus					17.91	€/MWh
Keskimäärin lämpöteho					10.592	MW
Lämmön tuotantolaitokset				Binääri- muuttujat	Lämmön tuotanto MWh/a	Laitosten lämpöteho MW
Rivi	Laitokset	Yhteensä		84737	14.494	
1	CHP_04 Puru		0	0	0.000	
2	Lämpökattila Puru		0	0	0.000	
3	Lämpökattila POR		0	0	0.000	
4	CHP_05 Turve		1	84737	14.494	
5	CHP_03 Hiili		0	0	0.000	
6			0	0	0.000	
7			0	0	0.000	
8			0	0	0.000	
9			0	0	0.000	
10			0	0	0.000	
Varastojen käyttö-%					0	
Jos binäärimuuttuja = 1, laitos on mukana optimaalisessa ratkaisussa						
Jos binäärimuuttuja = 0, laitos ei ole mukana optimaalisessa ratkaisussa						

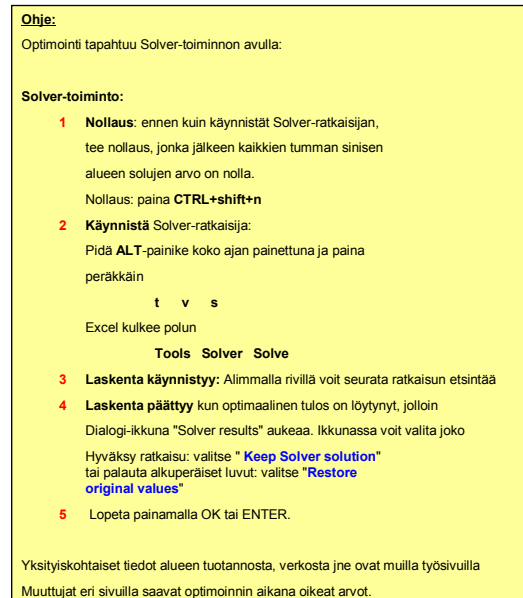
**Kuva 30.** Optimointi-työsivu.

Ohjelma etsii alinta kaukolämpöjärjestelmän kustannusta, jolla annetut lähtöarvot toteutuvat. Se hakee ne tuotantolaitokset, jotka toteuttavat kaukolämpötarpeen edullisimmin annettujen lähtöarvojen puitteissa. Taulukon sinisellä alueella näkyvät optimoinnin tulokset eli mitkä laitosvaihtoehdoista ovat optimiratkaisussa mukana (1 = laitosvaihtoehto on mukana ratkaisussa, 0 = laitosvaihtoehto ei ole mukana ratkaisussa) ja mikä on lämmöntuotanto eri laitoksilla (vuotuinen tuotanto MWh/a ja laitoksen mitoituslämpöteho, MW)

Taulukossa esitetään myös alueen vuotuinen kokonaislämmöntarve, lämmöntuotannon ominaiskustannus €/MWh ja vuotuinen keskimääräinen lämpöteho. Optimaalisten laitosvaihtotietojen alapuolella näytetään lisäksi mikä on optimaalisessa ratkaisussa lämpövarastojen käyttö-%. Optimoinnin perusteena on, että varastoja kannattaa rakentaa, jos ne pienentävät laitojen investointikustannuksia enemmän

kuin niiden rakentamisesta aiheutuu lisäkustannuksia. Jos ratkaisussa varastojen optimaalinen käyttö-% on 0, varastojen rakentaminen on kannattamatonta.

Kuvassa 31 on optimoinnin käynnistämisen ohjetaulu, joka on käyttäjän tukena Optimointi-työsivulla.



**Kuva 31.** Optimoinnin toteutusohje.

Optimointi käyttää Excelin solver-toimintoa. Käyttämällä lyhytvalintakirjaimia (alleviivaukset valikkonimissä) voidaan käynnistys tehdä kätevästi pitämällä **ALT**-painike painettuna ja painamalla peräkkäin **t v s**. (Suomenkielisessä Excel-versiossa vastaava toiminto saadaan pitämällä **ALT**-painike painettuna ja painamalla peräkkäin **ö v s**)

Solver-toiminto löytyy valikosta Tools (Työkalut) ja sieltä kohdasta Solver. Toiminto käynnistyy Solver-kohdassa painamalla Solve. Huom. Jos Tools-valikossa ei ole näkyvissä Solver-sanaa, sen voi ottaa käyttöön Add-ins-kohdasta.

Kun optimitulos on löytynyt, aukeaa dialogi-ikkuna, jossa voidaan valita joko "Keep Solver solution" (pidä saatu tulos) tai "Restore original values"(palauta alkuperäiset luvut). Laskenta lopetetaan painamalla dialogi-ikkunassa "OK".

Ennen Solver-toiminnon käynnistystä voidaan tumman sinisen alueen muuttujien arvot nollata. Nollaus toteutuu painamalla yhtä aikaa CTRL+shift+n. Nollaus varmistaa, että laskenta lähtee liikkeelle aina samalla tavoin.

Optimaalisen tuloksen löydyttyä kaikissa ohjelman työsivujen taulukoissa lukuarvot muuttuvat optimaalisen ratkaisun mukaisiksi. Tuloksen jälkeen on tärkeää käydä läpi tehtyjen lähtöarvojen muutosten vaikutukset taulukoissa. Työkalun avulla voidaan toteuttaa nopeasti, helposti ja hyvin monitahoisesti mitä-jos-analyysyjä eri lähtöarvojen vaikutuksista kaukolämpöjärjestelmään.

### **13. Tulostus**

Ohjelmaan on rakennettu kolme tulostuslomaketta, joissa optimoinnin lähtötiedot, optimoinnin tulos ja yksityiskohtaiset kuukausitaulukot on esitetty kätevässä tulostusmuodossa. Tulostuksia voidaan tehdä sivukohtaisesti. Sivut on valmiiksi määritetty.

Ohjelman eri työsivuilta voidaan tulostaa vapaasti taulukoita ja yksittäisiä tietoja soluista. Kun esimerkiksi tutkitaan jonkun tietyn lähtöarvon vaikutusta, voidaan ohjelmasta poimia tietoja toiseen Excel-tiedostoon (Analyysi-tiedosto), josta voidaan normaaliin tapaan laatia erilaisia graafisia esityksiä, yhteenvetolaskelmia jne.