



VANASADAMA MEREKÜTTE JA - JAHUTUSE UURING

Siim Link, PhD

Mikk Maivel, PhD

Igor Krupenski, PhD



Tänaused teemad

- TS uusarendus
- Uusarenduse soojus- ja külmvarustus
- Ülevaade lahendustest
- Mida on tehtud meil ja mujal selles vallas?
- Mis see kõik maksab?
- Vaade tulevikku

Töö eesmärk

- AS Tallinna Sadam soovib hoonestada ca 15 ha maad Tallinna Vanasadamas
- Vaatluse all oli viis detail-planeeringu ala
- Töö eesmärgiks oli anda ülevaade võimalikest soojus- ja külmvarustuse võimalustest ja maksumustest



Võimalikud lahendused



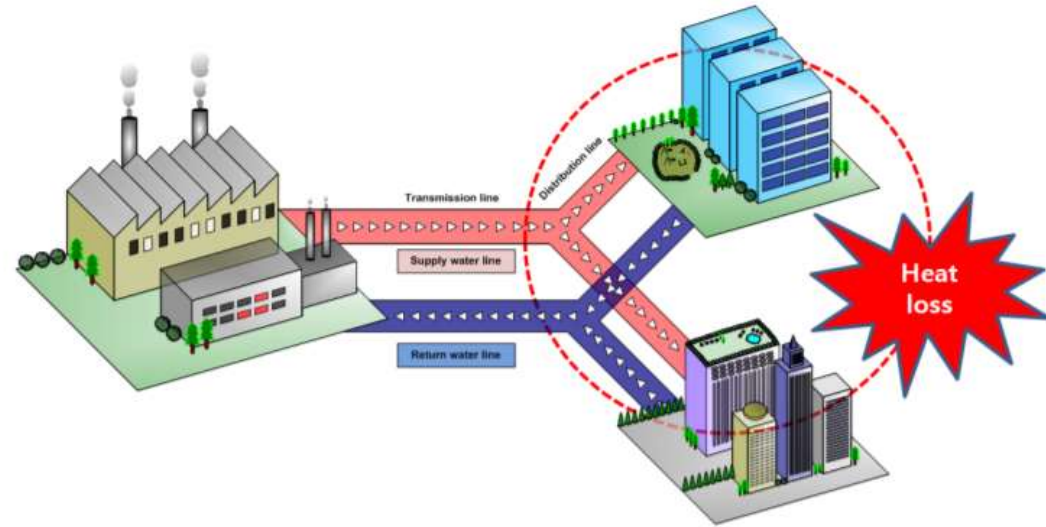
Tehnilised lahendused

- Kaugküte
- Kaugjahutus
- Energiavaiad



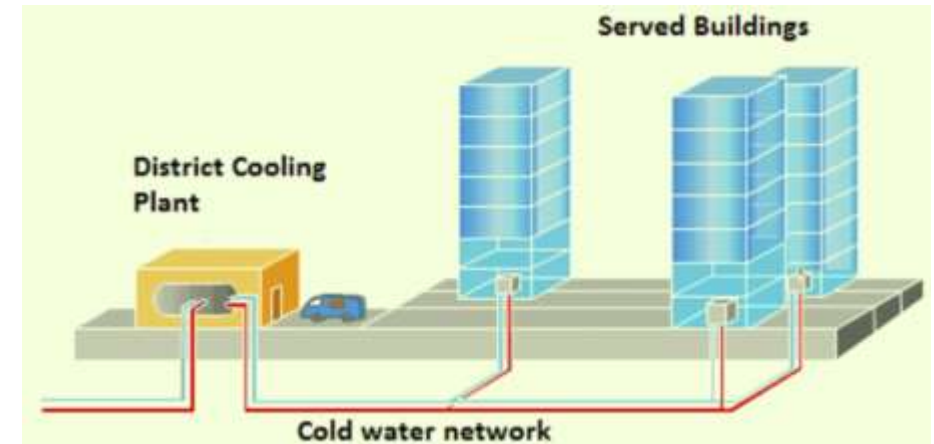
Võimalused

- Ühendamine Utilitas kaugkütte- ja jahutusvõrguga
- Merevee kasutamine
- 4G vs 5G võrk



Kaugküte (130/70 °C)

Kaugjahutus (6/16 °C)



Kaugküte/-jahutus



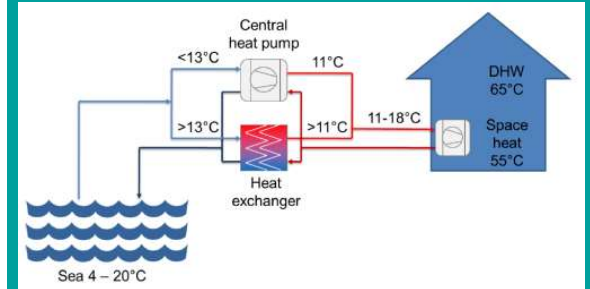
Liitumine Tallinna
kesklinnas asuva
olemasoleva kaugkütte
ja -jahutusvõrguga

Merevee kasutamine



4-nda generatsiooni
kaugkütte- ja
jahutusvõrk

5-nda generatsiooni
kaugkütte- ja
jahutusvõrk



Lennusadam – autonoomne soojus- ja jahutus merevee baasil

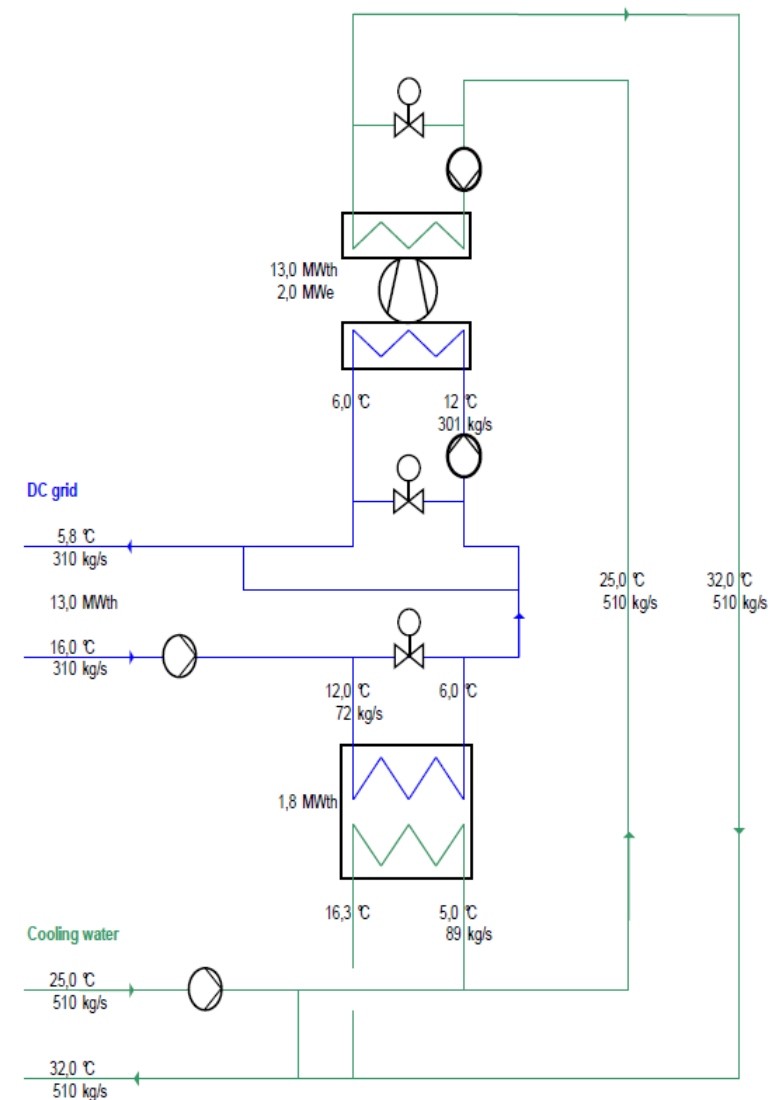
- Merevesi võetakse 7m meetri sügavuselt
- soojuse eraldamine toimub merevee temperatuurini 0,5 °C
- Elekterkütet kasutatakse keskmiselt 2 nädalat aastas
- kolm AlphaInnotec soojuspumpa, küttevõimsus ca 395kW
- Soojusvarustuse soojustegur aastakeskmisena on hinnanguliselt 3.5

- torustiku ummistumine ja kinni kasvamine
- merevee temperatuur langeb liiga madalale ja süsteem läheb häiresse – kui merre tagastatava vee temperatuur on 0 °C
- süsteem on avatud välistele mõjutustele (rüsijää, tugevad tuuled, merepõhja sade).
- peenfiltrite puhastamise vajadus, mida saavad teostada ainult tuukrid



Fortum Tartu – jõevee kasutus kaugjahutuses

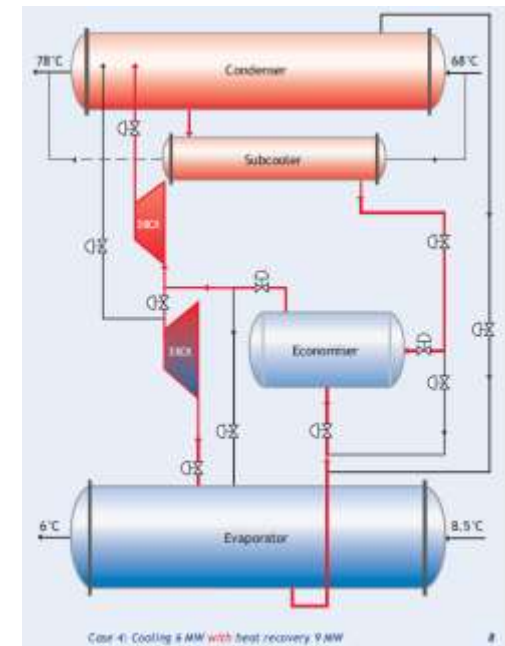
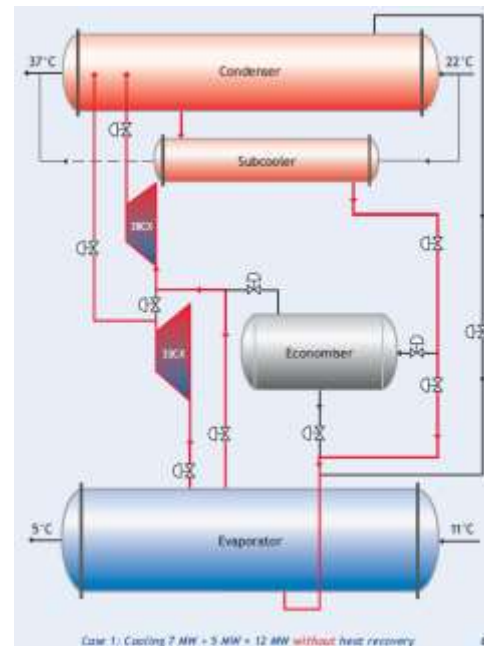
- Baltimaade esimene kaugjahutusjaam, avati 2016.
- Kaugjahutusjaama võimsus on 13 MW
- Emajõe vesi ja kompressorkülmamasinad
- Novembrist märtsini ainult vabajahutust
- Projektijärgne energia efektiivsussuhe EER=9
- Jaamas on lisaks soojuspump, mis võimaldab jahutusklientide juures tekkivat liigsoojus linna kaugküttevõrku suunata



Stockholmi kaugkütte- ja jahutusvõrk

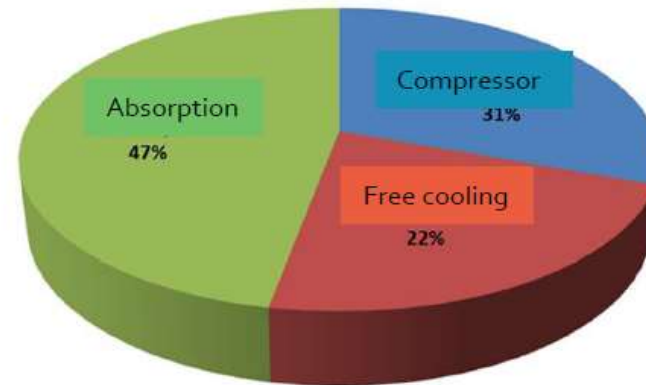
- Friotherm soojuspumbad
- Külmmasinad
- Merevee kasutus, veevõtt 15m sügavusel ja vee temperatuur stabiilselt +3 °C
- Pildil oleval Unitop Turbo seadmel on kaks kompressorit – on võimalik toota ainult külma, ainult sooja, kombineeritult, vabajahutus mereveega
- Stockholmi kaugjahutussüsteemi soojuspumpade aastakeskmise jahutustegur on 6,9

Jaam	Soojusvõimsus, MW	Jahutusvõimsus, MW
Ropsten 1&2	150	0
Ropsten 3	100	110
Nimrod	36	48
Hammarby	230	40
Kista/Alkala	25	48
Vilunda	44	10



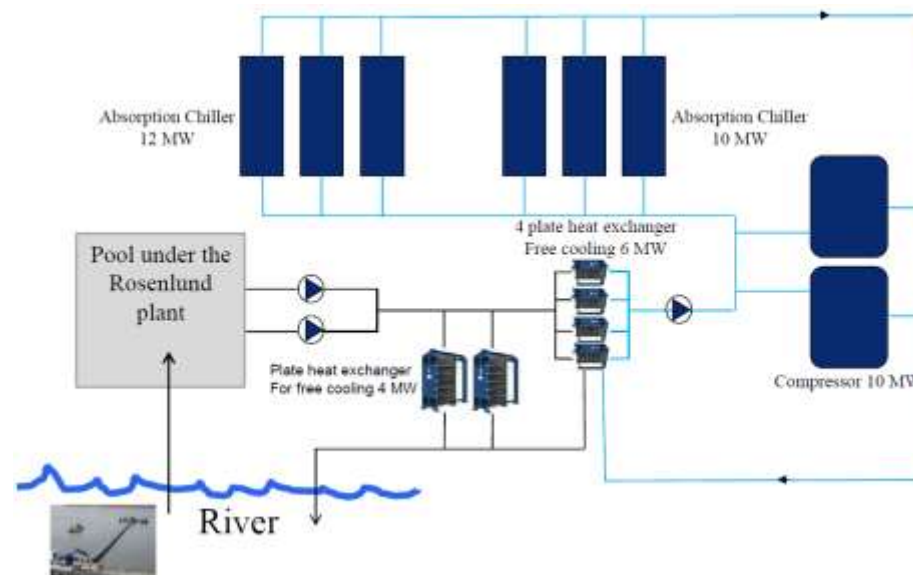
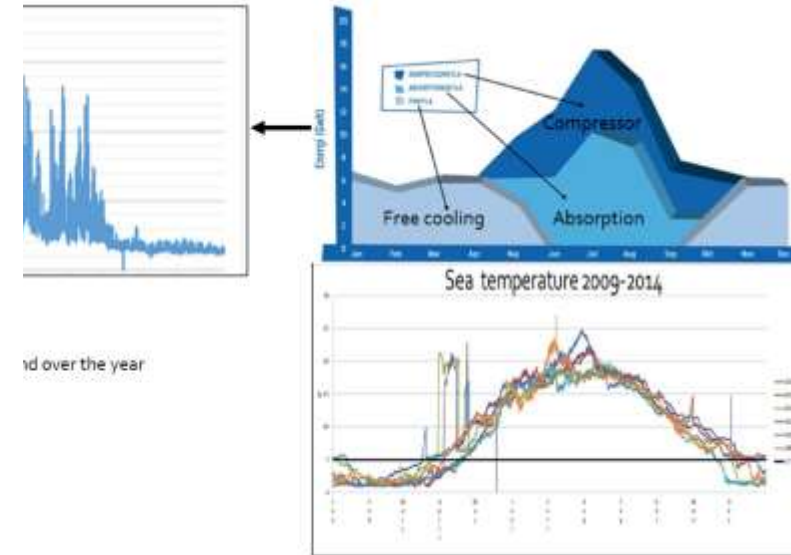
Göteborg'i kaugjahutussüsteem

- Vabajahutus jõeveega või dry-cooleritega
- Kaugküttesoojusega absorptsioonjahutust
- Kompressorkülmajaamad
- Vabajahutus jõeveega lõppeb, kui vee temperatuur tõuseb üle 10 °C
- Soojusvahetitena kasutatakse plaatsoojusvaheteid



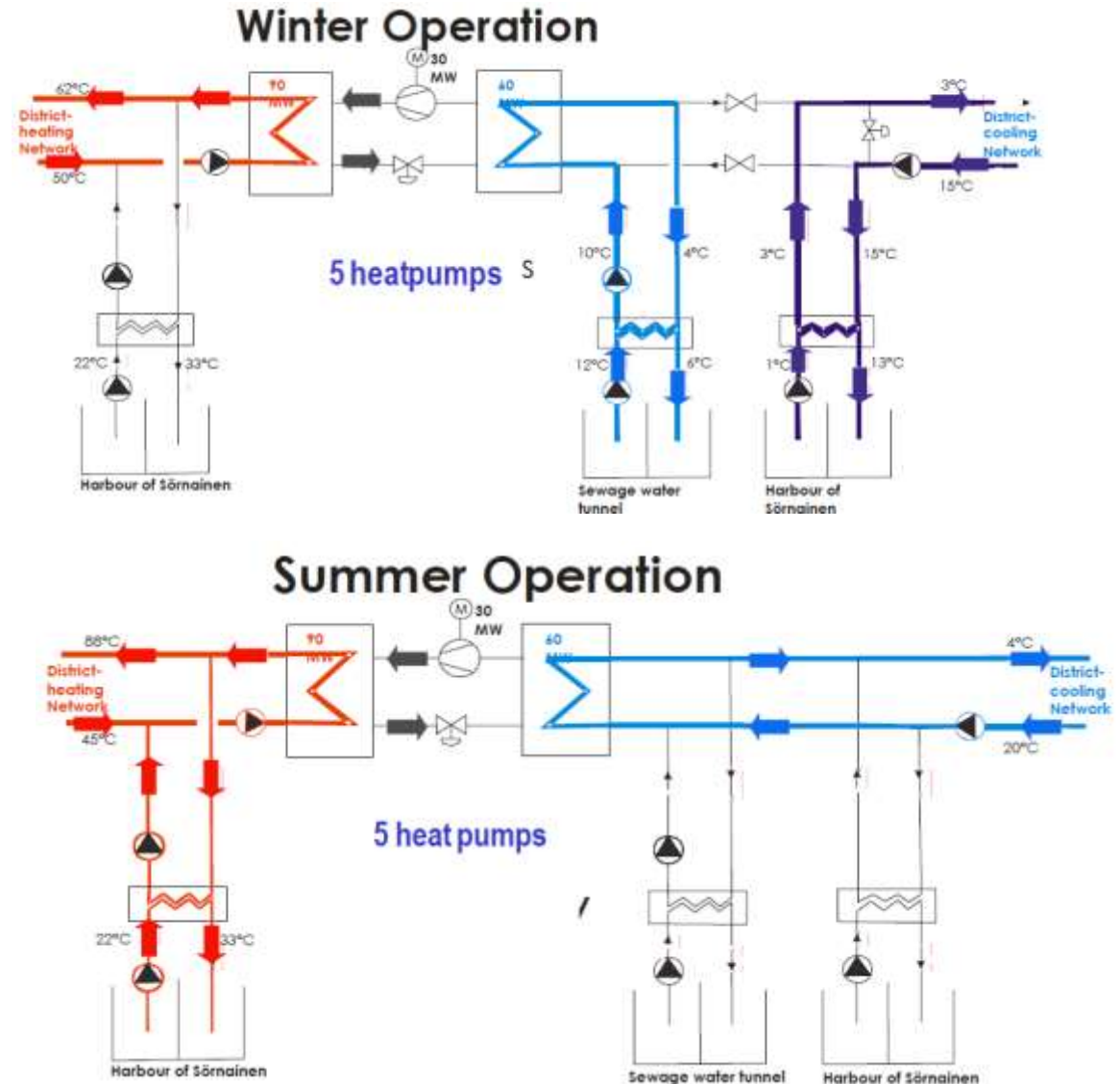
Energy production over the year

 Göteborg Energi



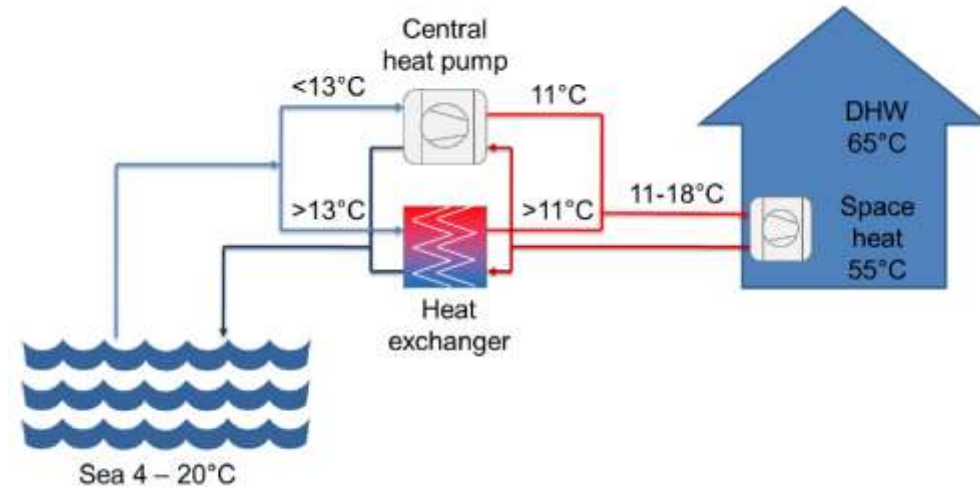
Katri Vala jaam – Helsingi kaugkütte- ja jahutusvõrk

- Maailma suurim jahutuse soojuspumpadega jaam, mis toodab samaaegselt 60MW jahutusvõimsust ka 90MW soojusvõimsust
- Kogu süsteemi summaarne soojus- ja jahutustegur on 5
- Friothersm soojuspumbad
- Soojusvahetitena kasutatakse plaatsoojusvaheteid



Duindrop 5nda põlvkonna kaugküte merevee baasil

- Süsteem koosneb mereveesoojuspumbast, madalatemperatuurilisest võrgust (opereerib vahemikus 11-18 °C) ja individuaalsest vesi-vesi soojuspumbast igas korteris ehk 789 lokaalselt soojupumpa lisaks tsentraalsele soojuspumbale.
- Individuaalne soojuspump kasutab madalatemperatuurset kaugküttevõrku soojusallikana ja tõstab põrandküttevee temperatuuri 45 °C-ni ja tarbevee temperatuuri 55-65 °C-ni.



- Talvel – tsentraalne soojuspump kasutab 6 °C merevett ja tõstab võrguvee temperatuuri 11 °C-ni.
- Suvel – kui merevee temperatuur on kõrgem kui 11 °C, siis kasutatakse soojusvahetit võrguvee tõstmiseks ja tsentraalset soojuspumpa ei ole vaja.

Detailplaneeringu ala hinnanguline soojus- ja jahutuse vajadus ja võimsus

Detailplaneeringu nimi	Soojus, MWh	Külm, MWh	Soojusvõimsus, kW			Jahutusvõimsus, kW
			Ruumi küte	Soe tarbevesi	Kokku	
KOKKU	21 688	5 172	17 373	1 737	19 110	7 674

Merevee kasutamine

- veevõtutoru ja vee tagasilasketoru;
- merevee pump;
- mereveesoojusvaheti;
- soojuspumbad;
- võrgu soojusvahetid;
- kaugkütte- ja –jahutusvõrk.

Mereveetoru

- Talvises kütterežiimis peab arvestama minimaalse vee temperatuuriga 2,5 °C, mida pumbatakse soojusvahetisse.
- Kuni 25m sügavusel on see tingimus enamuse ajast aastas täidetud
- Merevee toruna võib kasutada suure tihedusega polüetüleenist (PE100) toru, mis lastakse merepõhja.
- Veevõtu toru hinnanguline pikkus on kuni 500m (sügavus 25m) ja tagasilasketoru 50-100m.
- Merevee sissevõtutorul tuleb rakendada reste ja filtersüsteemi vältimaks tahkete osakeste sattumist soojusvahetisse. Täpsemad lahendused antakse vastava projektiga sõltuvalt asukohast.

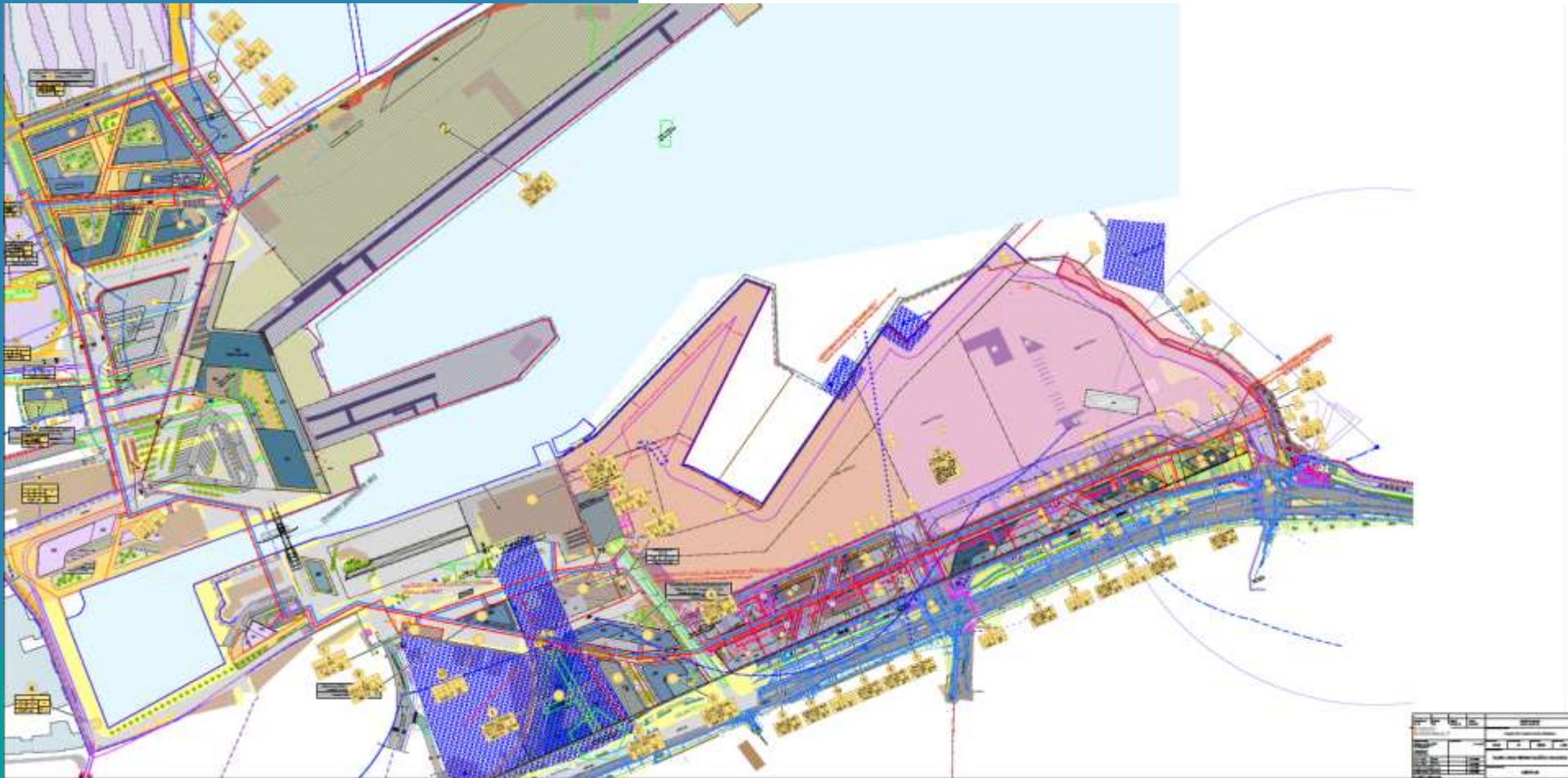


Tootmisvõimsused

- Maksimaalne hoonete soojusvõimsus on hinnanguliselt **19,1 MW** ja jahutusvõimsus **7,7 MW**.
- Soovitav on kasutada kahte soojuspumpkülmamasinat. Mõlemad omaksid kahte kompressorit.
- Tippkoormuse katmiseks on vaja paigaldada täiendav tootmisüksus. Arutelude käigus loobuti õli/gaasi katlamajast ja on otsustatud mahutite kasuks, mida saaks öösel elektriga üles soojendada.

Kaugkütte-jahutustorustik

- 4-nda põlvkonna võrguna kaks eraldi torustikku ehk kokku 4 toru
- Kaugküte – 60/35 temperatuurigraafik
- Kaugjahutus – 12/20 temperatuurigraafik



Torustike läbimõõdud ja pikkused

- Kaugküte

Läbimõõt	Torustiku pikkus, m
DN40	115,8
DN65	50,3
DN80	183,3
DN100	352,2
DN125	140,6
DN150	252,8
DN200	243,3
DN250	322,7
DN300	868,8
DN350	460,1
DN400	96,3
KOKKU	3086.2

- Kaugjahutus

Läbimõõt	Torustiku pikkus, m
DN50	118,7
DN65	94,0
DN80	222,4
DN100	192,8
DN125	284,4
DN150	269,2
DN200	542,7
DN250	700,5
DN300	397,8
DN350	97,7
DN400	86,1
KOKKU	3006.3

Soojus- ja külmvarustuse alternatiivid

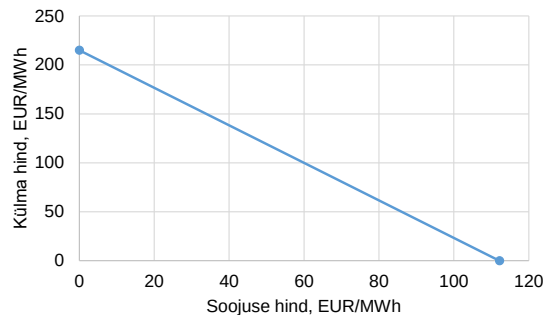
- Individuaalne lahendus - energiavaiad

Kaugkütte- ja jahutuse lahendused:

- Alternatiiv 1 – 4. gen. võrk, tipukoormus akumulatsiooni-paakidega
- Alternatiiv 2 - 4. gen. võrk, tipukoormuse katmine õlikatlaga
- Alternatiiv 3 - 5. gen. võrk, tipukoormus akumulatsiooni-paakidega / energiavaiad

Lahenduste majanduslik võrdlus

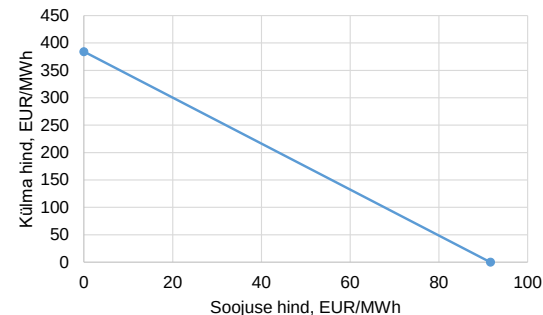
Energiavaiad - näidishoone



Maksumus 168 200 EUR
(ei arvesta vaiade betooni
ja ehitamist)

Näitaja	Väärtus	Ühik
Soojuse maksumus	8 694	EUR/a
Soojuse hind	54	EUR/MWh
Külma maksumus	9 370	EUR/a
Külma hind	112	EUR/MWh

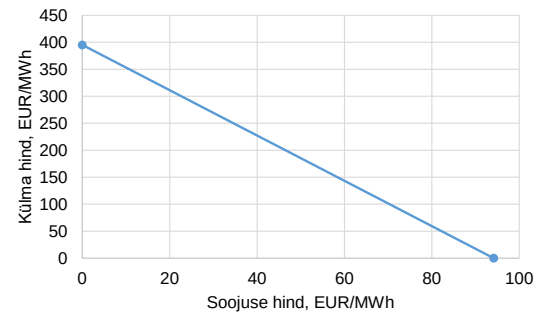
4. gen. võrk, akumulatsioonipaak



Maksumus 15 392 026 EUR

Näitaja	Väärtus	Ühik
Soojuse maksumus	1 171 152	EUR/a
Soojuse hind	54	EUR/MWh
Külma maksumus	815 871	EUR/a
Külma hind	158	EUR/MWh

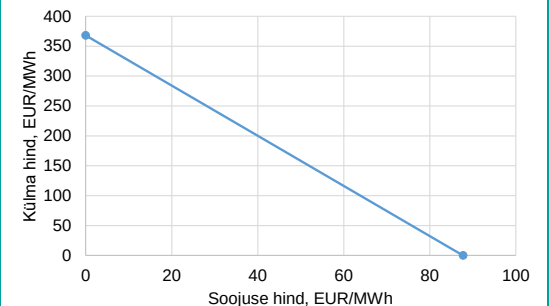
4. gen. võrk, õlikatel



Maksumus 15 401 000 EUR

Näitaja	Väärtus	Ühik
Soojuse maksumus	1 171 152	EUR/a
Soojuse hind	54	EUR/MWh
Külma maksumus	871 605	EUR/a
Külma hind	169	EUR/MWh

5. gen. võrk, akumulatsioonipaak/energiavaiad



Maksumus 17 208 655 EUR

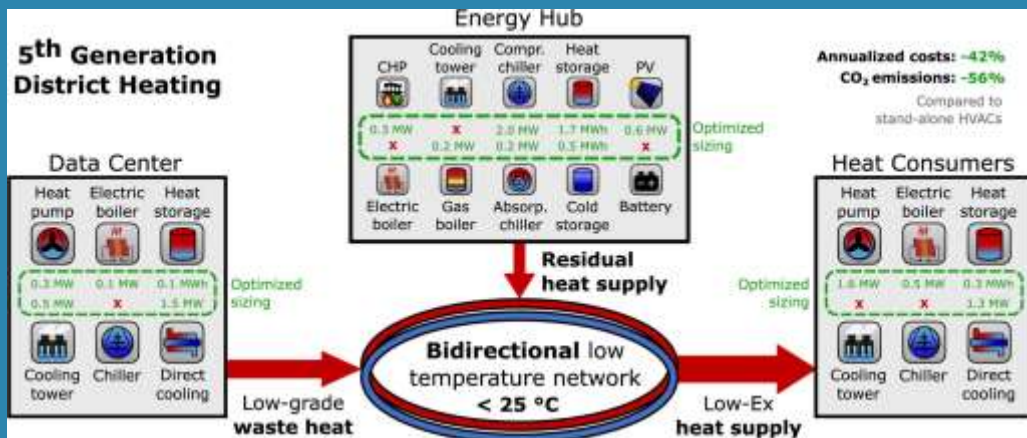
Näitaja	Väärtus	Ühik
Soojuse maksumus	1 171 152	EUR/a
Soojuse hind	54	EUR/MWh
Külma maksumus	731 861	EUR/a
Külma hind	142	EUR/MWh

Laiendatud võrdlustabel

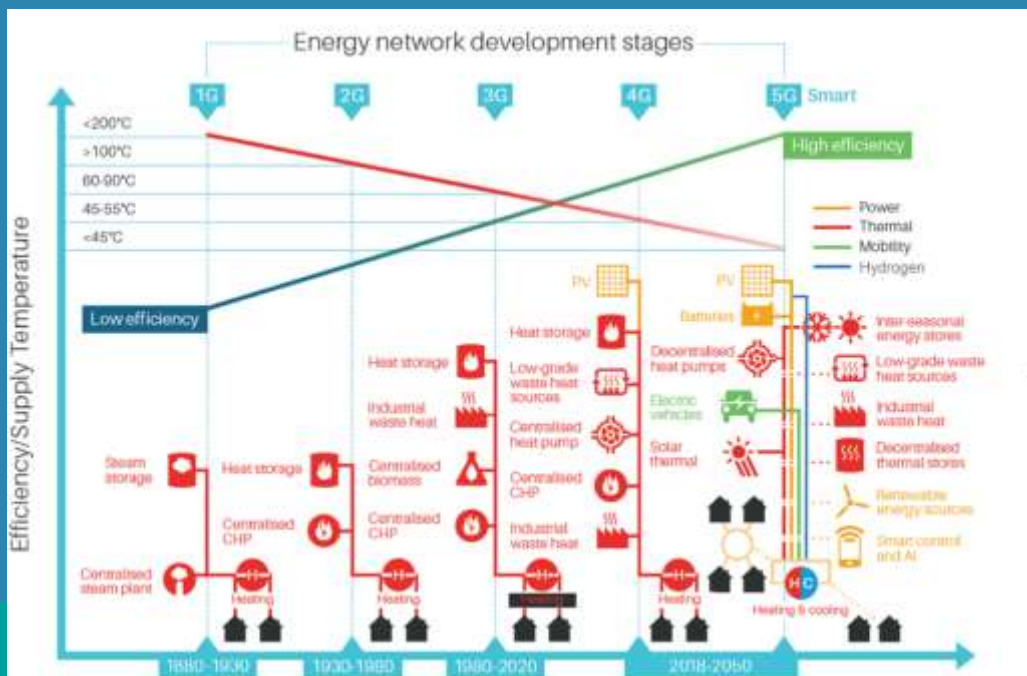
Näitaja	Ühik	Energia- vaiad	Mereveesüsteem			Kaugküte/ -jahutus	Maagaasikatel/ kompRESSORKÜLMA jaam
	a		Alt.1 4G+akupaak	Alt.2 4G+õlikatel	Alt. 3 5G+aku/ vaiad		
Investeering	EUR	22 745 001	15 392 026	15 401 000	17 208 655	1 277 418	6 133 760
Hoonete soojusvajadus	MWh/a	21 688					
Hoonete jahutusvajadus	MWh/a	5 172					
Elektri tarbimine	MWh/a	6 491	9 405	8 252	6 981	1 411	1 108
Kerge kütteõli tarbimine	MWh/a	1 285	0	1 343	0	-	-
Maagaasi tarbimine	MWh/a	-	-	-	-	-	24 098
Hakkpuidu tarbimine	MWh/a	-	-	-	-	28 995	-
Energia hind	EUR/MWh	88	74	76	71	-	-
Soojuse hind	EUR/MWh	54	54	54	54	54	60
Külma hind	EUR/MWh	229	158	169	142	82	63
Elektri CO ₂ heide	t/a	5 596	8 108	7 114	6 018	1 217	955
Kütuse CO ₂ heide	t/a	360	0	376	0	11 308*	5 302
CO ₂ heide kokku	t/a	5956	8 108	7 490	6 018	12 524	6 257

*Arvestab ka puitkütust

Kuidas edasi?



- 5 generatsiooni võrk ja merevesi
- 1 torustik – torustiku koridor kuni 3m, võrra kitsam
- Kui hooned tuleb nii kui nii ehitada vaiadele, siis võib kaaluda tippkoormuse katmiseks mingis ulatuses ainult energiavaiasid ja loobuda nt mahutist - vajab täpsemat analüüsi ja arvutusi
- Merevee süsteemi dimensionimine ja planeerimine vajab läbi mõtlemist (eriti veevõtt)
- Vaja teostada täiendavaid uuringuid
- 5G võrk võimaldab paremini taaskasutada madalatemperatuurset heitsoojust
- See oleks esimene 5G võrk põhjamaades
- 5G võrk on kindlasti kõige keskkonnasõbralikum
- „Metall“ tuleb tööle panna targa automaatikalahendusega



Tallinna Sadam üllatab mitmekulgsuse ja uuendusmeelsusega



FOTO: TALLINNA SADAM

Sadamas luuakse ainulaadseid lahendusi

Personalijuhi sõnul ongi mitmekulgsus, uuendusmeelsus ning tehnoloogia märksõnad, mis eraldi ja kombinatsioonis kõige paremini iseloomustavad tööd Tallinna Sadama kõikides erinevates valdkondades. „Hoiame ennast alati uutele ideedele avatuna ja seetõttu on eriti hea meel, et viimastel aastatel on meile veel juurde tulnud ning kindlasti tulevikuski lisandumas inimesi, kel on palju tarku mõtteid ja ideid, kuidas sadamat ning siinseid teenuseid edasi arendada. Meie eesmärk on anda kõigile väärt ideedele võimalus ja aidata need ellu viia,” ütles Leppoja.

Üks valdkond, kus on viimasel ajal palju toimumas, on energeetika. Sadama energeetikaosakonna juhataja Taavi Tilk kinnitab omalt poolt, et rutiini tema veel tunda saanud ei ole. „Tegeleme siin tõepoolest kõigega alates 110-kilovoldistest elektrivõrkudest ning vee- ja kanalisatsioonivõrkudest ning lõpetades hoonesiseste automaatikaga juhitud tehnovõrkudega. Samas on alati käsil mitmed arendusprojektid, mis nõuavad lahenduste leidmiseks palju juurde õppimist ja pealehakkamist. Sest ega meil väga palju valmislahendusi võimalik kasutada ei ole, peame kõik tehnoloogiad enda jaoks sobivaks kohendama,” kirjeldas Tilk.



Energeetikaosakonna juhataja Taavi Tilk

Täna tähelepanu eest!

Küsimused ja arutelu.