

Helsingin keskustan huoltotunnelin hyödyntäminen energiantuotantoon

Alustava tarkastelu

20.4.2023
v2

Santeri Sirén
Mika Kovanen
Teemu Eeva

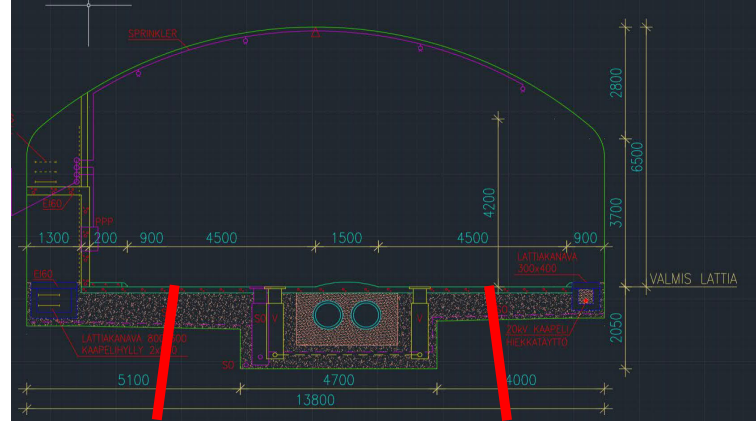


Bright ideas.
Sustainable change.

Energiakaivojen poraaminen huoltotunneliin

- Maalämpökaivojen toteutuksesta tunnelitiloihin haastateltiin Rototec Oy:n asiantuntijaa (*itse hankkeesta ei mainittu mitään Rototecille*).
- Haasteena on tunnelin poikkileikkauksen korkeus, joka asettaa porakalustolle ja poraamiselle rajoitteita.
- Tunneli on niin matala että sinne ei mahdu normaalilla kalustolla.
- Rajoitteista johtuen poraaminen on hitaampaa ja kalliimpaa, ja on erityisen haastavaa porata syviä kaivoja.
- Rototecin mukaan järkevästi voisi olla mahdollista porata 300m kaivoja (tämäkin on jo kallista).
- 400m voisi olla mahdollista jos on "pohjaton kukkaro"
- Tunnelin ympärillä vallitsevaa paineellista pohjavettä ei nähty toteutusta estävänä tekijänä, mutta kaivojen tiiveyteen on kiinnitettävä toteutuksessa erityistä huomiota.
- Lisäksi vedenpoisto tunnelista poraamisvaiheen aikana saattaa vaatia erityisjärjestelyjä ja kasvattaa kustannuksia.

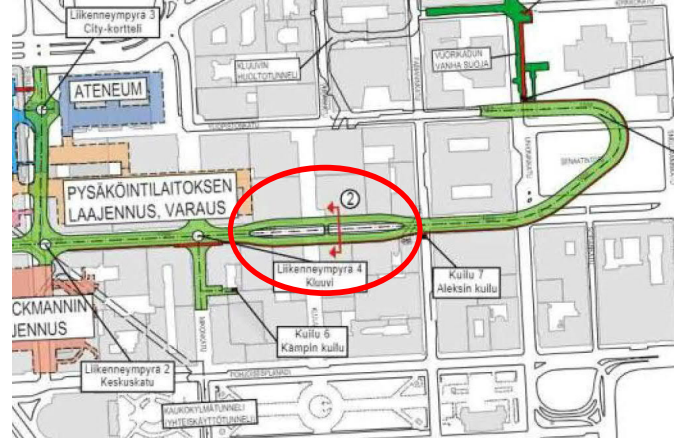
Huoltotunnelin poikkileikkausprofiiliin voitaisiin porata kaksi energiakaivoa (kuvassa punaiset viivat), jotka suunnataan vinoporauksella hieman toisistaan poispäin, siten että kaivojen välinen keskimääräinen etäisyys olisi luokkaa 15m. Tällaisia kaivopareja voitaisiin porata 15 m välein tunnelin pituussuunnassa.



Energiakaivojen poraaminen huoltotunneliin

- Helsingin kaupungin viranomaisten mukaan Kluuvin ruhjeen alueelle ei saa porata lainkaan energiakaivoja.
- Lisäksi huoltotunnelin alapuolella sijaitsee maanalaisia tiloja / tilavarauksia, joiden kohdalle myöskään ei saa porata kaivoja.
- Näistä tilarajoituksista on tehty selvityspyyntö Helsingin kaupungin johtotietopalveluun ja selvityksen tulokset tullaan huomioimaan tässä työssä sitten kun selvitys on valmis.
- Helsingin kaupungin maalämpöohjeiden mukaan, kiinteistön tontin alueelle ei saa porata muiden (kuin kyseisen kiinteistön) käyttöön tulevia kaivoja.
- Poraaminen tunneliin voidaan kuitenkin luultavasti perustella tässä tapauksessa sillä, että tunnelin kohdalle ei kuitenkaan voitaisi maan pinnalta porata energiakaivoja.

Kluuvin ruhjeen sijainti on havaittavissa siinä missä tunneli jakautuu kahdeksi haaraksi.



Kiinteistöjen lämmöntarve Aleksanterinkadun alueella

- Kiinteistöjen lämmitys ja jäähdytysenergiantarpeet on arvioitu karkeasti pohjautuen Aleksanterinkadulla sijaitsevan todellisen kohteen mitattuihin kulutustietoihin.
- Mitattujen kulutusten pohjalta ollaan määritetty ns. "maksimi" lämmitysenergiantarpeeksi 120 kWh/m² ja jäähdytysenergiantarpeeksi 35 kWh/m².
- Näiden lisäksi on arvioitu lämmitys- ja jäähdytysenergiatarpeiden ns. "minimitilanne", joka kuvaa tilannetta jossa kiinteistöjen energiakäyttöä hallitaan älykkäästi ja kohteissa on tehty energiatehokkuustoimia

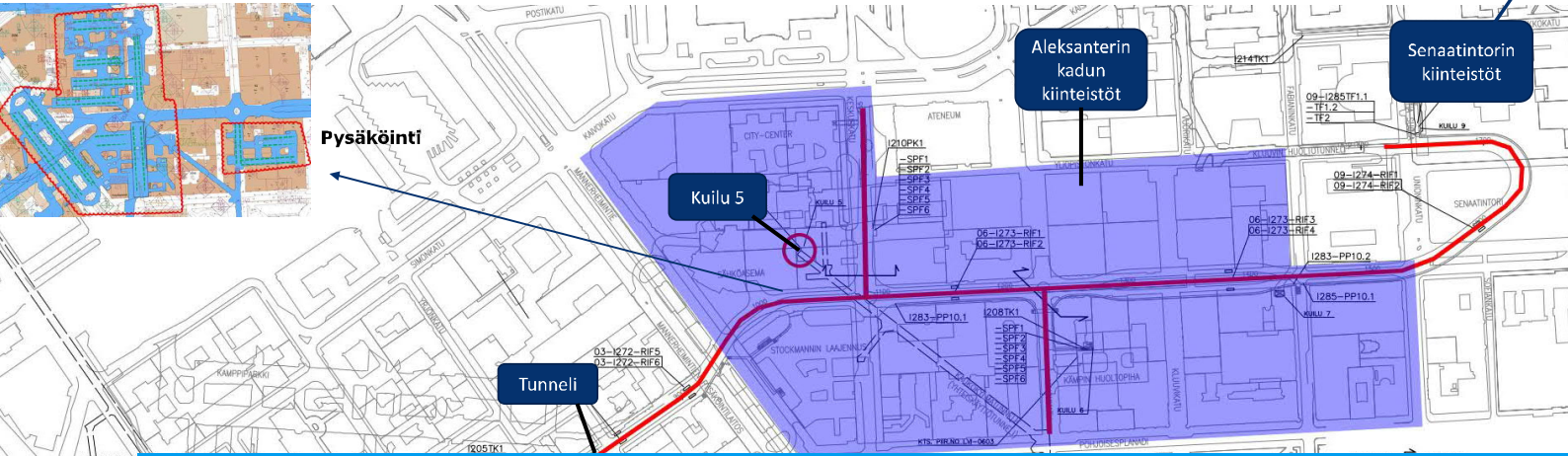


Kiinteistön omistaja	Aleksanterinkadun alueen kiinteistöjen laajuus	Lämmitystarvearvio "maksimi" (120kWh/m ²)	Lämmitystarvearvio "minimi" (85kWh/m ² /v)	Jäähdytystarvearvio "maksimi" (35kWh/m ² /v)	Jäähdytystarvearvio "minimi" (10 kWh/m ² /v)
		GWh	GWh	GWh	GWh
Keva	91 611	10,99	7,79	3,21	1,83
Ilmarinen	140 484	16,86	11,94	4,92	2,81
Sponda	87 935	10,55	7,47	3,08	1,76
Elo	11 603	1,39	0,99	0,41	0,23
Helsingin yliopisto	56 068	6,73	4,77	1,96	1,12
Muut/Omistus epäselvä	164 284	19,71	13,96	5,75	3,29
Keva, Sponda, Ilmarinen yhteensä	320 030	38,40	27,20	11,20	6,40
Kaikki yhteensä	551 985	66,24	46,92	19,32	11,04

Huoltotunnelin ja pysäköintihallien energiantuotantomahdollisuudet

- Alustavien laskelmien pohjalta normaalit (350m) energiakaivot voisivat tuottaa alueen kiinteistöille lämmityksen pohjakuormaa.
 - Huoltotunneliin mahtuisi arviolta 233 energiakaivoa
 - Arvioitu lämmöntuottopotentiali 233 kaivolla on noin 11 GWh ja jäädytyksen tuotanto 1,8GWh
- Tällöin tuotantoprofiili olisi hyvin tasainen vuoden ympäri, mikä mahdollistaa korkean ominaislämmöntuoton (alustava arvio 130 kWh/m).
- Mikäli lämmöntuotto profiili ei ole tasainen, energiantuottopotentiali on selvästi pienempi
- Jäädytyksen ominaistuottona on käytetty 22kWh/m
- Energiakaivojen Lämmön ja jäädytyksen ominaistuottoon[kWh/m] vaikuttaa moni tekijä, ja ne voidaan tarkentaa, kun tarkasteltava skenaario tarkentuu.
- Tarkastelussa on käsitelty teoreettisena konseptina myös keskisyvät energiakaivot (1500m).
 - Keskisyvien kaivojen osalta tarkastelu on hyvin teoreettinen ja on kyseenalaista onnistuuko tällaisten kaivojen poraaminen tunneliin käytännössä lainkaan.
 - 50 keskisyvän lämpökaivon lämmöntuottopotentiali on jopa 35GWh
- Tunnelissa on kaksi ilmanvaihdon poistokuilua joista voidaan ottaa poistoilman lämpöenergiaa talteen.
- Toinen kuilu sijaitsee Kampissa Lastenlehdon puistossa ja toinen City Centerissä, Stockmannin pohjoispuolella.
 - City Centerin lämmöntuottopotentiali on 1,5GWh
 - Lastenlehdon puiston lämmöntuottopotentiali 2,3GWh, mutta etäisyys Aleksanterinkadulle on merkittävä
 - Kuilujen ilmavirroista ja ilman lämpötilasta ei saatu energialaskentaa varten kaupungilta pyydettyjä lähtötietoja, joten ne perustettiin karkeisiin oletuksiin.
- Lisäksi tutkittiin Stockmannin ja Kluuvin pysäköintihallien teoreettista potentiaalia 350m maalämpökaivoille, kaivokentän muoto huomioiden ominaislämmöntuottona käytettiin 100kWh/m ja jäädytyksen tuottona 22kWh/m
 - Stockmannin alueen pysäköintihallit kaivoja yhteensä 146kpl: lämmöntuotto 5,1GWh ja jäädytyksen tuotto 1,12GWh
 - Kluuvin pysäköintihalli 98kpl kaivoja: lämmöntuotto 3,4GWh ja jäädytyksen tuotto 0,75GWh
 - Pysäköintihallien korkeutta ja poraamisolosuhteita ei ole selvitetty tarkemmin

Huoltotunnelin energiantuotantomahdollisuudet



Kiinteistöjen energiatarve

Aleksanterinkadun Kiinteistöt:

Kerrosala: 550 km²
Lämmöntarve maksimi: 66 GWh, minimi: 47GWh
Jäähdytystarve maksimi 20 GWh, minimi: 11GWh

Keva, Sponda, Ilmarinen yhteensä

Kerrosala: 320 km²
Lämmöntarve maksimi 38GWh, minimi 27GWh
Jäähdytystarve maksimi 19 GWh, minimi 11 GWh

Maalämmön potentiaali

Tunnelin maalämpöpotentiaali

Kaivomäärä: 233 kpl
Kaivosyvyys: 350m
Lämmöntuotto potentiaali: 10,6 GWh
Jäähdytyksen potentiaali: 10,6 GWh

Tunnelin keskisyvien kaivojen potentiaali

(teoreettinen)
Kaivomäärä: 50 kpl
Kaivosyvyys: 1500m
Lämmöntuotto potentiaali: 35 GWh

Poistoilman LTO potentiaali

Kuilu 5 (CityCenter) poistoilman LTO:

Mitoitus ilmamäärä: 26 m³/s
Käytönaikainen keskiarvo: 11 m³/s
Lämmöntuottopotentiaali: 1.5 GWh

Kuilu 2 (Albertinkatu) poistoilman

LTO:
Mitoitus ilmamäärä: 40 m³/s
Käytönaikainen keskiarvo: 18 m³/s
Lämmöntuottopotentiaali: 2.3 GWh

Parkkihallien maalämpöpotentiaali:

Stockmannin pysäköinti:

Kaivomäärä 146kpl
Kaivosyvyys 350m
Lämmöntuoton potentiaali 5.1 GWh

Kluuvin pysäköinti:

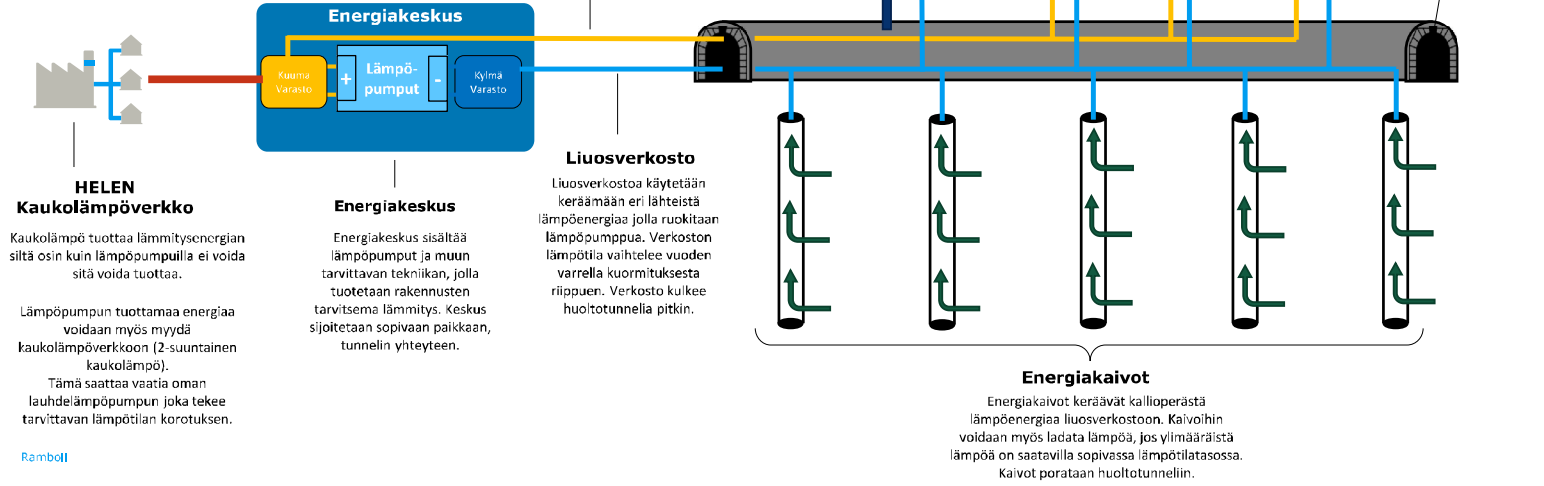
Kaivomäärä 98kpl
Kaivosyvyys 350m
Lämmöntuoton potentiaali 3,4 GWh

Energiatuotannon skenaariot

Seuraavassa on koottuna kolme mahdollista energiatuotantoskenaariota ja arvioitu kuinka paljon tuotetulla energialla voidaan kattaa Kevan, Spondan ja Ilmarisen kiinteistöjen energiatarpeesta Aleksanterinkadun alueella. Luvut pohjautuvat karkeisiin tyyppiarvoihin ja niitä voidaan tarkentaa kiinnostavimmille skenaarioille.

Kevan, Spondan ja Ilmarisen kiinteistöt Aleksanterinkadun alueella						
Energiatuotantoskenaariot	Lämmöntuotto yhteensä GWh	Jäähdytyksen tuotto yhteensä GWh	Maksimitilanne		Minitilanne	
			Osuus lämmitystarpeesta (120 kWh/m ² /v)	Osuus jäähdytystarpeesta (35kWh/m ² /v)	Osuus lämmitystarpeesta (85kWh/m ² /v)	Osuus jäähdytystarpeesta (10 kWh/m ² /v)
Skenaario 1: Huoltotunneli 233kpl 350m maalämpökaivoja sekä City Centerin poistoilman LTO	12,13	1,8	31,58 %	9,32 %	44,58 %	16,30 %
Skenaario 2: Huoltotunneli 233kpl 350m maalämpökaivoja, City Centerin poistoilman LTO, Stockmannin ja Kluuvin pysäköinti 244kpl kaivoja	20,67	3,68	53,81 %	19,04 %	75,97 %	33,32 %
Skenaario 3: Huoltotunneli 50kpl keskisyviä 1500m maalämpökaivoja, City Centerin poistoilman LTO, Stockmannin ja Kluuvin pysäköinti 244kpl kaivoja	45,05	4,33	117,31 %	22,41 %	165,61 %	39,22 %

Alustava ajatus
huoltotunnelin
energiaratkaisun
toimintaperiaatteesta.



Suuntaa-antava kustannustarkastelu (1/2)

Tarkastelussa käsitelty normaalit energiakaivot sekä keskisyvät energiakaivot, lämmön tuotantoon kiinteistöille.

Suuntaa-antava kustannustarkastelu (normaalit energiakaivot)

Energiakaivojen lkm. Yhteensä	233	kpl
Kaivon syvyys	350	m
Porametrit yhteensä	81 667	m
Kaivot + infra, investointi	55	€/m
Kaivot + infra, investointi	4,5	M€
Lämpöpumppujen mitoitusteho	2,5	MW
Lämpöpumppukeskuksen investointi	3,0	M€
Investointi, yhteensä	7,5	M€
Järjestelmän lämmitysenergian tuotto	10,6	GWh/v
Lämpöpumppujen sähkönkulutus	3,8	GWh/v
Sähkön hinta	100	€/MWh
Sähkön hankintakustannus	0,4	M€/v
Kate	10 %	
Hallinnolliset kulut	0,1	M€/v
Kustannukset, 20v	17,1	M€
Tuotettu lämpöenergia, 20v	212	GWh
Tuotetun lämmön hinta, 20v	88	€/MWh

Suuntaa-antava kustannustarkastelu (keskisyvät energiakaivot)

Energiakaivojen lkm. Yhteensä	50	kpl
Kaivon syvyys	1 500	m
Porametrit yhteensä	75 000	m
Kaivot + infra, investointi	50,0	M€
Lämpöpumppujen mitoitusteho	15,0	MW
Lämpöpumppukeskuksen investointi	15,0	M€
Investointi, yhteensä	65,0	M€
Järjestelmän lämmitysenergian tuotto	35,0	GWh/v
Lämpöpumppujen sähkönkulutus	10,6	GWh/v
Sähkön hinta	100	€/MWh
Sähkön hankintakustannus	1,1	M€/v
Kate	10 %	
Hallinnolliset kulut	0,1	M€/v
Kustannukset, 20v	88,2	M€
Tuotettu lämpöenergia, 20v	700	GWh
Tuotetun lämmön hinta, 20v	139	€/MWh

Suuntaa-antava kustannustarkastelu (2/2)

Tarkastelussa käsitelty normaalit energiakaivot sekä keskisyvät energiakaivot, lämmön tuotantoon kiinteistöille.

Suuntaa-antava kustannustarkastelu (normaalit energiakaivot) + pysäköinti

Energiakaivojen lkm, Yhteensä	477	kpl
Kaivon syvyys	350	m
Parametrit yhteensä	166 950	m
Kaivot + infra, investointi	55	€/m
Kaivot + infra, investointi	9,2	M€
Lämpöpumppujen mitoitusteho	5,0	MW
Lämpöpumppukeskuksen investointi	5,0	M€
Investointi, yhteensä	14,2	M€
Järjestelmän lämmitysenergian tuotto	21,7	GWh/v
Lämpöpumppujen sähkönkulutus	7,8	GWh/v
Sähkön hinta	100	€/MWh
Sähkön hankintakustannus	0,8	M€/v
Kate	10 %	
Hallinnolliset kulut	0,1	M€/v
Kustannukset, 20v	31,7	M€
Tuotettu lämpöenergia, 20v	434	GWh
Tuotetun lämmön hinta, 20v	80	€/MWh