

## Ydinkaukolämpöselvitys

Kirjoittajat: Ville Tulkki VTT  
Mona Arnold VTT  
Jaakko Leppänen VTT  
Olli Soppela VTT  
Juhani Hyvärinen LUT

Luottamuksellisuus: Julkinen

Versio: 21.12.2022

<b>Raportin nimi</b>	
Ydinkaukolämpöselvitys	
<b>Asiakkaan nimi, yhteyshenkilö ja yhteystiedot</b>	<b>Asiakkaan viite</b>
Lappeenrannan Energia Oy, Lahti Energia Oy, Tampereen sähkölaitos Oy, Oulun Energia Oy, Kuopion Energia Oy, Alva Oy, Pori Energia Oy, Imatran Lämpö Oy, Rauman Energia Oy, Fortum Power and Heat, Helen Oy, Lappeenrannan Kaupunki	
<b>Projektin nimi</b>	<b>Projektin numero/lyhytnimi</b>
Ydinkaukolämpöselvitys	134659
<b>Tiivistelmä</b>	
<p>Lappeenrannan kaupunki yhdessä 11 energiayhtiön kanssa tilasivat VTT:ltä ja LUT-yliopistolta selvityksen mahdollisuuksista kaukolämpöä tuottavan pienreaktoripilottiprojektin edistämiseen usean yhtiön yhteistyöllä. Projektissa myös tarkoituksena oli jakaa tietoa pienreaktoreiden tilanteesta osallistuneiden organisaatioiden kesken, sekä tuottaa informaatiota kaukolämpöön soveltuvia konsepteja kehittäville tutkimusorganisaatioille. Projekti suoritettiin vuoden 2022 syksyllä ja koostui seuraavista osista:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kartoitus mukana olevien energiayhtiöiden kiinnostuksesta ja yhteistyön tavoista</li> <li>2. Teknitaloudelliset vaihtoehdot</li> <li>3. Etenemisen vaihtoehdot ja niiden arviointi</li> </ol> <p>Haasteina nähtiin kokemuksen puute ja tulevan säätelyn epävarmuus sekä soveltuvan teknologian matala kypsyyssaste. Suomalainen teknologiakehitys vaatii sitoutumista ja panostuksia, mutta mahdollistaisi kotimaisiin tarpeisiin soveltuvat laitokset. Tuontiteknologiaa tulee kaupallisesti saataville lähivuosina. Mikäli teknologiat kypsyvät niin että kaupallisetkin lupaukset pitävät, pystyy keskikokoinen suomalainen kunnallinen energiayhtiö periaatteessa investoimaan itselleen kokoluokan 50–100 MWth ydinkaukolämpölaitoksen.</p> <p>Tarve nykyisten laitosten korvausinvestoinneille vaihtelee energiayhtiöiden välillä, mutta 2030-luvulla pitäisi useassa suomalaisessa kunnassa korvata nykyistä kapasiteettia. Tämä asettaisi kunnianhimoisen aikataulun pilottiprojektille, jotta ydinenergiasta muodostuu vakavasti otettava vaihtoehto näille korvausinvestoinneille.</p>	
Espoo 22.12.2022	
<b>Laatija</b>	<b>Tarkastaja</b>
Ville Tulkki Lead, SMR Technologies	Tapani Rynänen, Senior Scientist
<b>Confidentiality</b>	Julkinen
<b>VTT:n yhteystiedot</b>	
<b>Jakelu (asiakkaat ja VTT)</b>	
Asiakkaat, VTT arkisto	
<p><i>VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.</i></p>	

## Hyväksyminen

### TEKNOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS VTT OY

Päivämäärä: 22.12.2022

Allekirjoitus:

Nimi: Tommi Nyman

Asema: Ydinenergia tutkimusalueen johtaja

## Sisällysluettelo

---

1.	Toimeksiannon kuvaus ja tavoitteet .....	4
2.	Haastattelut .....	4
2.1	Haastattelujen kuvaus .....	4
2.2	Kyselyn tulokset.....	4
2.2.1	Nykytilanne ja nähtävissä olevat muutokset .....	4
2.2.2	Alustavat näkemykset pienreaktoreista .....	5
2.3	Haastattelujen yhteenveto .....	6
2.3.1	Ydinkaukolämpö.....	7
2.3.2	Ydinkaukolämpölaitoksen laitospaikka .....	8
3.	Soveltuvat teknologiat ja rahoitusvaihtoehdot .....	9
3.1	Teknologiat.....	9
3.2	Ydinkaukolämpö ja LDR-50 -projekti.....	11
3.3	Kaasujäähdytteiset reaktorit .....	12
3.4	Rahoitusmallit.....	13
4.	Mahdolliset jatkotoimenpiteet.....	13
5.	Johtopäätökset ja yhteenveto .....	16

## 1. Toimeksiannon kuvaus ja tavoitteet

---

Suomessa pääosa kaupunkien lämmityksestä tehdään kaukolämmöllä, ja kaukolämmön käytössä Suomi on Pohjoismaiden suurin väkilukuun suhteutettuna. Perinteisesti kaukolämpö on tuotettu polttolaitoksissa joko osana lämmön ja sähkön yhteistuotantoa tai vain lämpönä. Ilmastotavoitteet ovat viime vuosikymmeninä muuttaneet tuotantorakennetta pois fossiilisista kohti uusiutuvia polttoaineita ja sähköistymistä. Yksi mahdollisuus tulevaisuuden kaukolämmön tuotantoon on ydinenergia, ja varsinkin niin kutsutut pienydinreaktorit voisivat olla soveltuvia paikalliseen energiantuotantoon. Ydinenergia tarjoaa lämmöntuotantoon muille vähähiilisille teknologioille rinnakkaisen vaihtoehdon, jonka tuotanto on riippumaton esimerkiksi sähkön hintavaihteluista sekä biopolttoaineiden saatavuudesta. Kaukolämmön tuottaminen ydinvoimalla säästäisi sähköä ja biotuoteteollisuuden raaka-aineita arvokkaampiin käyttökohteisiin.

Lappeenrannan kaupunki yhdessä 11 energiayhtiön kanssa tilasivat VTT:ltä ja LUT-yliopistolta selvityksen mahdollisuuksista kaukolämpöä tuottavan pienreaktoripilottiprojektin edistämiseen usean yhtiön yhteistyöllä. Projektissa myös tarkoituksena oli jakaa tietoa pienreaktoreiden tilanteesta osallistuneiden organisaatioiden kesken, sekä tuottaa informaatiota kaukolämpöön soveltuvia konsepteja kehittäville tutkimusorganisaatioille. Projekti suoritettiin vuoden 2022 syksyllä ja koostui seuraavista osista:

1. **Kartoitus mukana olevien energiayhtiöiden kiinnostuksesta ja yhteistyön tavoista**
2. **Teknicaloudelliset vaihtoehdot**
3. **Etenemisen vaihtoehdot ja niiden arviointi**

VTT toimi vastuuorganisaationa kokonaisprojektista sekä osioista 1) ja 3), LUT-yliopisto osiosta 2). Pääasialliset tulokset esitettiin Lappeenrannassa järjestetyssä Future Energy Solutions -konferenssissa 9.11.2022. Työn asiakkaina olivat Lappeenrannan Energia Oy, Lahti Energia Oy, Tampereen sähkölaitos Oy, Oulun Energia Oy, Kuopion Energia Oy, Alva Oy, Pori Energia Oy, Imatran Lämpö Oy, Rauman Energia Oy, Fortum Power and Heat, Helen Oy, sekä Lappeenrannan Kaupunki.

## 2. Haastattelut

---

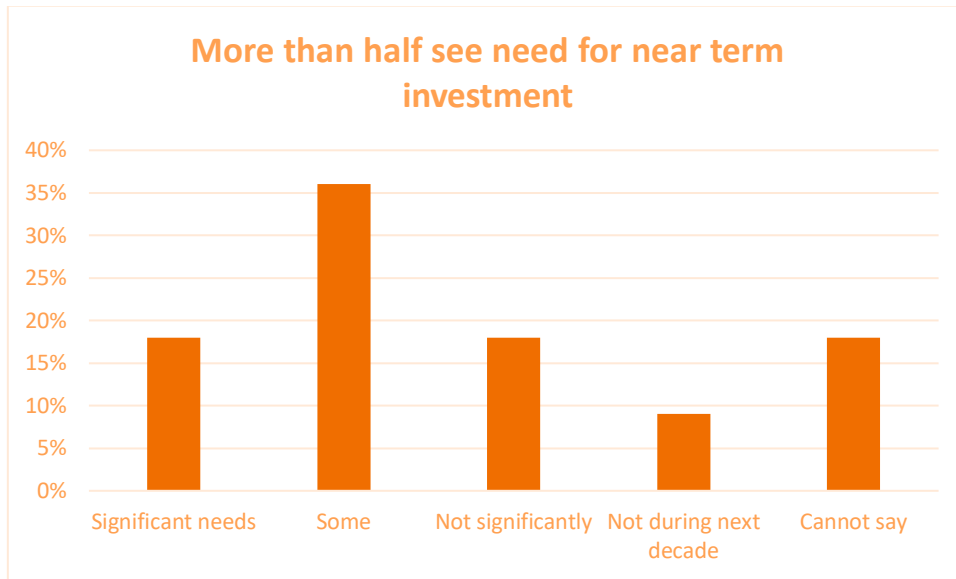
### 2.1 Haastattelujen kuvaus

Osallistujaorganisaatioiden tilanteen kartoitus tehtiin kaksivaiheisena. Ensin kaikille organisaatioille lähetettiin lyhyt kysely nykytilanteesta sekä tulevaisuuden näkymistä, sekä näkemyksistä ydinenergian käytölle. Vastausten perusteella haastateltiin kuutta yhtiötä, jotka olivat ilmoittaneen valmiudesta harkita ydinlämpölaitoksen selvittämistä oman verkkonsa osaksi.

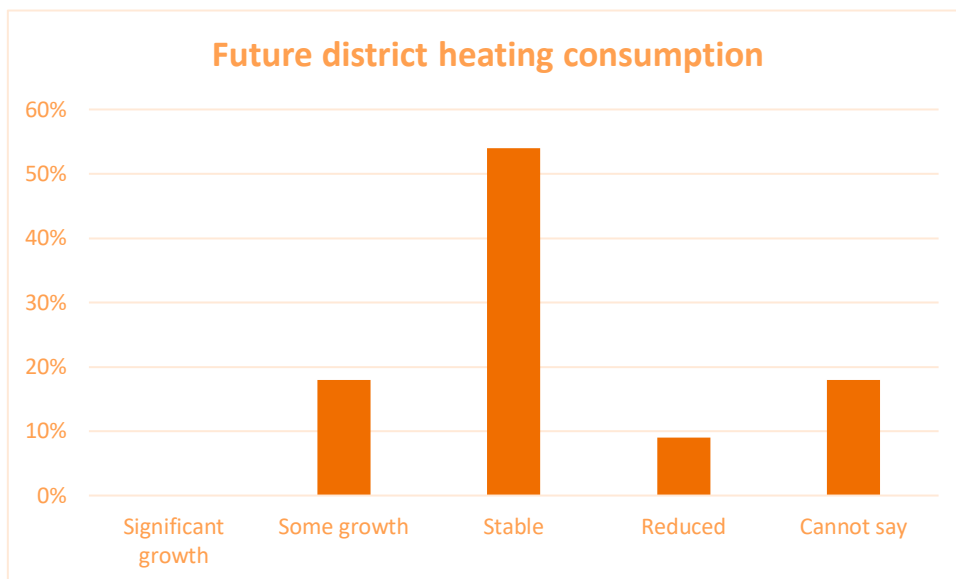
### 2.2 Kyselyn tulokset

#### 2.2.1 Nykytilanne ja nähtävissä olevat muutokset

Selvityksessä olevien yritysten kaukolämpöhankinnan koko vaihtelee pienimmän toimijan noin 200 GWh/a tuotannosta suurimman noin 7000 GWh/a tuotantoon. Suurin osa yrityksistä (6/11 vastaajista) arvioi kaukolämmön tarpeen tulevaisuudessa pysyvän samana, kun taas 2 vastaajista olettaa sen kasvavan kun taas 1 vastaaja vähenevän. Nykyiselle tuotantokapasiteetille näkee "lähitulevaisuuden merkittäviä korvaustarpeita" 2/11 vastaajasta, "jonkin verran" 4/11 vastaajasta, ja "vähän tarpeita" 3/11 vastaajasta. Yhtiöiden päästövähennystavoitteet kohdistuvat pääosin tälle vuosikymmenelle ja pisimmillään vuoteen 2030; muutama yrityksistä on jo saavuttanut hiilineutraalin toiminnan pääosin nojaten bioenergian käyttöön. Yleisimmät tulevaisuuden investointisuunnitelmat kaukolämmön tuotannon hiilipäästöjen vähentämiseksi liittyvät hukkalämmön talteenottoon, lämpöpumppeihin, energiatehokkuuteen sekä bioenergiaan, lisäksi jotkin yritykset olivat investoineet tuuli- ja aurinkoenergiaan sekä vetytalouteen ja energiavarastoihin.



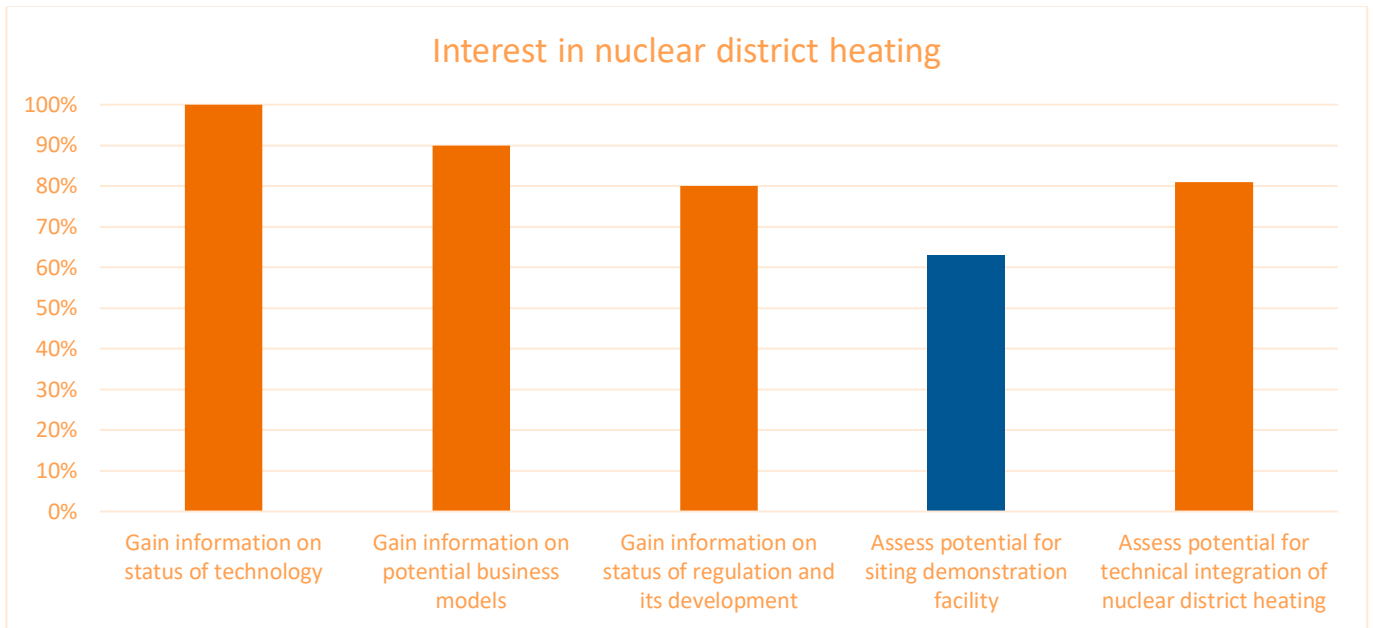
*Kuva 1: Kysyttäessä arvioita investointitarpeista kaukolämmön tuotantoon lähiaikoina, noin puolet vastanneista ilmoitti sellaisia olevan lähitulevaisuudessa.*



*Kuva 2: Kysyttäessä näkemyksiä kaukolämmön kulutuksen tulevaisuuden kehityksestä, noin puolet vastaajista arvioi kulutuksen pysyvän vakaana*

### 2.2.2 Alustavat näkemykset pienreaktoreista

Kyselyyn osallistuneista valtaosa (7/11 vastanneista) oli kiinnostunut arvioimaan mahdollisuuksia tarjota sijoituspaikkaa pilottilaitokselle, vaikkakin yleisesti tiedostettiin että tämänhetkinen tiedon taso pilottilaitoksesta ei riitä päätösten tekemiseen. Tiedonsaanti niin teknologiasta, liiketoimintamalleista sekä sääntelyn kehityksestä nähtiin oleellisena. Mahdollisen yhteishankkeen oleellisiksi kumppaneiksi mainittiin eri vastauksissa niin teknologiatoimittajia, valmistava teollisuus, viranomaiset (ELY, kaupungit, STUK, TEM), tahoja joilla on ydintekninen erikoisosaaminen, tutkimuslaitokset sekä valtio strategisena pilottiohjelman rahoittajana.

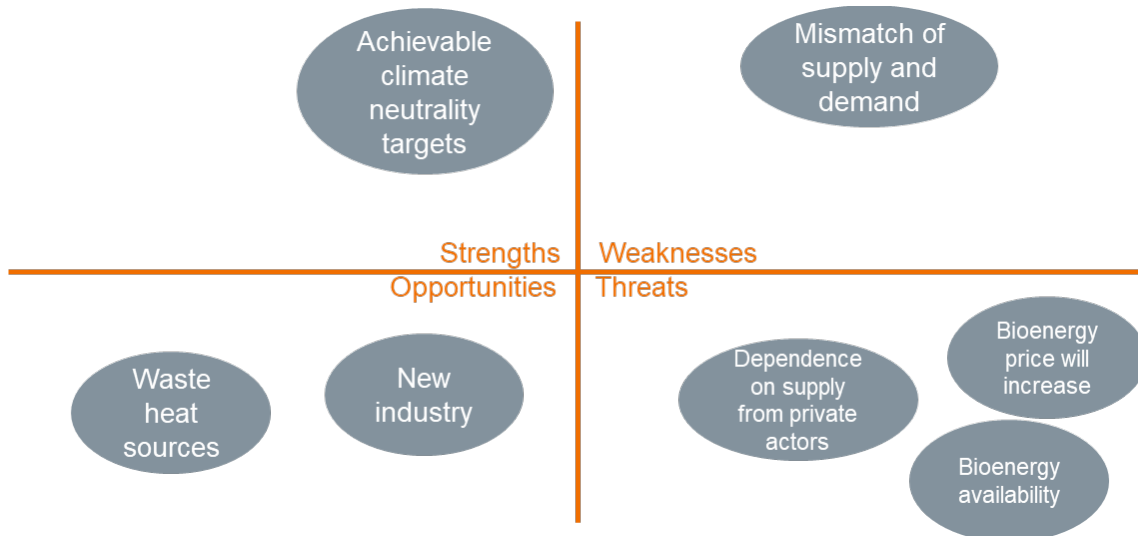


*Kuva 3: Kysyttäessä motivaatiosta osallistua selvitysprojektiin ydinenergian käytöstä kaukolämmön tuotantoon, valtaosa oli kiinnostunut selvittämään nykytilaa sekä teknologian tulevaisuutta. Keskusteluun mahdollisen pilottilaitoksen osalta kiinnostuksen ilmoitti 7/11 vastaajista.*

## 2.3 Haastattelujen yhteenveto

Kyselyiden perusteella haastateltiin tarkemmin seitsemää yhtiötä tämän hetken näkymistä sekä pilottilaitoksesta. Tekstissä kuvataan yleisellä tasolla saatuja kantoja sekä nostetaan haastateltujen huomioita.

Kaukolämmön tuottaminen on yhtiöiden ydintehtävää, ja ilmastotavoitteet nähtiin saavutettavissa oleviksi. Uusia mahdollisuuksia nähtiin hukkalämpöjen hyödyntämisessä, etenkin uusien teollisuudenalojen kuten nähtävissä olevien vetyteollisuusinvestointien myötä. Toisaalta teollisuusyritysten lämmöntuotannon hyödyntäminen, vaikka hyvin taloudellista, nähtiin myös riskinä toiminnalle sillä ei ole takuuta teollisuuden pysymisestä. Useammalla paikkakunnalla teollisuutta oli myös poistunut, ja tämän myötä saattoi infrastruktuuri olla ylimitoitettu nykyisiin tarpeisiin. Yleisenä haasteena nähtiin bioenergian saatavuus ja hinta jatkossa: biomassan käytölle on kasvavaa kysyntää Euroopan energiamarkkinoilla sekä valmistavassa teollisuudessa, poliittiset päätökset saattavat jatkossa rajoittaa sen saatavuutta ja päästöoikeuskohtelua, tuonti Venäjältä on nyt loppunut – kaikki nämä voivat nostaa bioenergian hintaa.



Kuva 4: Näkökulmia kaukolämmön tuotantoon SWOT-kartalla.

### 2.3.1 Ydinkaukolämpö

Kaukolämmöntuotannon teknologiavalintojen pohjalla ovat taloudelliset reunaehdot. Ydinenergia nähtiin mahdollisesti edullisena tapana tuottaa lämpöä johtuen matalista polttoainekustannuksista sekä riippumattomuudesta sähkön hintaan. Yhtiössä investoidaan useisiin erilaisiin energianlähteisiin, ja hajautus tuotantomuodoissa koettiin osaltaan aiheelliseksi.

Ydinkaukolämpölaitos voisi korvata nykyisiä tuotantolaitoksia vastaavalla toimintatavalla toimivana laitoksena. Tällä hetkellä vastaavaa tuotantotapaa edustavat bioenergialla toimivat laitokset, ja niiden polttoaineen hankinta on kallistunut. Mahdollisen ydinkaukolämpölaitoksen nähtiin vähentävän bioenergian käyttöön liittyviä paineita muuallakin kuin käyttöpaikkakunnallaan.

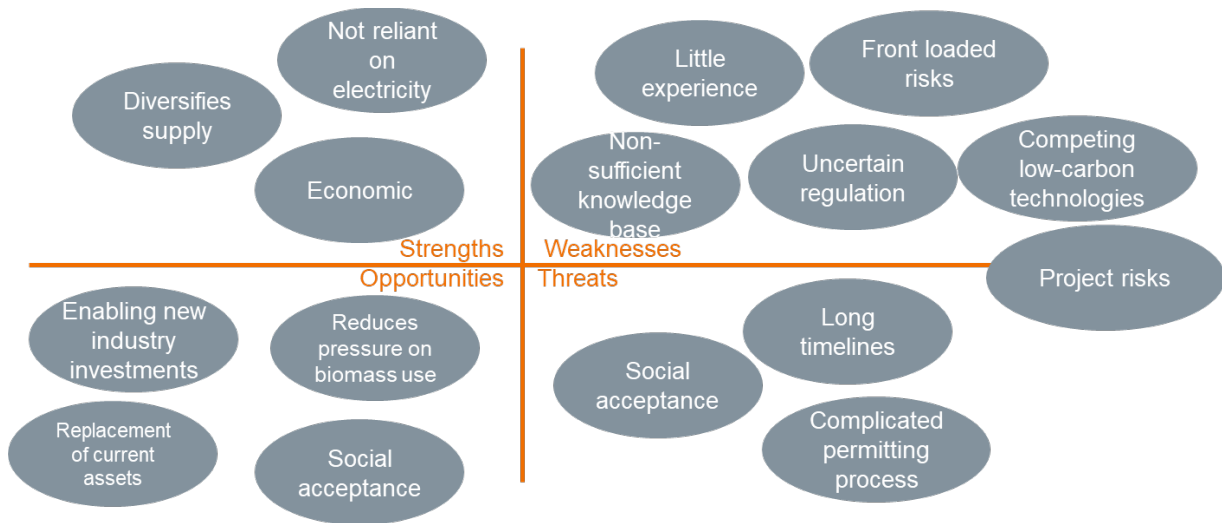
Ydinkaukolämpölaitoksen nähtiin osassa haastatteluita mahdollistavan muuta teollista toimintaa vähäpäästöisen energian toimittajana. Tässä eri ydinenergiateknologiat myös vaikuttavat teollisiin mahdollisuuksiin, sillä käytettävissä olevat höyrynarvot ovat eri teknologioilla (kaukolämpölaitos, perinteinen painevesiteknologia, korkean lämpötilan kaasujäähdytteinen reaktori) eri.

Ydinlaitosprojektin nähtiin mahdollistavan suomalaista teollisuutta valmistuksen suhteen, varsinkin suomalaisen kaukolämpöreaktoriteknologian kehittämisen osalta. Uusi projekti voisi mahdollisesti kehittää paikallista teollisuutta.

Ydinenergiaan liittyy voimakkaita mielikuvia ja mielipiteitä. Haastattelijat mainitsivat nämä sekä mahdollistajina että haasteina. Ydinteknologian positiivinen kuva oli mahdollistajana paikkakunnilla, joissa on ydinenergiaan liittyvää toimintaa kuten teollisuutta tai tutkimusta, kun taas mahdollisesti haasteena paikkakunnilla, joissa ydinenergia ei ole tuttua.

Haasteina ydinkaukolämpöprojektin aloittamisesta pidettiin vähäistä tiedon määrää sekä vähäistä kokemusta kaukolämmön tuottamisesta ydinenergialla. Riskit ovat etupainotteisia, pääosin paikallisessa hyväksyttävyydessä sekä projektiriskit ensimmäisen laitoksen toteuttamisessa. Viranomaisten vaatimukset kaukolämpölaitokselle koettiin epävarmoiksi, jonka nähtiin hankaloittavan projektin aloittamista. Toisaalta kilpailevia ratkaisuja otetaan käyttöön ja mahdollisten ydinenergiaprojektien pitkä aikajänne nähtiin haasteellisena päätösten tekoaikataulun takia.





Kuva 5: Näkökulmia ydinenergian käyttöön kaukolämmön tuotannossa SWOT-kartalla.

Ydinkaukolämpölaitoksesta tarvittava tehomäärä riippuu verkon koosta muutamasta kymmenestä muutama sataan megawattiin lämpötehoa. Kausivaihtelun vuoksi laitoksen tulisi voida toimia myös vajaateholla kesäisin. Osa toimijoista käyttää ja huoltaa itse omia laitoksiaan, mutta ydinlaitoksen osalta haastattavat näkivät, että laitoksen operointi ja huolto voitaneen ulkoistaa, kunhan tuotannon toimitusvarmuus on turvattu.

Ydinvoimalan lisenssinhaltija on nykykäytännössä myös sen omistaja ja käyttäjä, joka on myös vastuussa jätehuollosta. Hyvin pienillä ydinlaitoksilla erillisten vastuullisten organisaatioiden luominen operoimaan yksittäisiä laitoksia todennäköisesti ei ole mahdollista, vaan uusia liiketoimintamalleja sekä niitä mahdollistavaa säätelyä tarvitaan. Tätä on viime aikoina tutkittu Suomessa esimerkiksi EcoSMR-projektissa laitosten lisensoinnin<sup>1</sup>, jätehuollon<sup>2</sup> sekä liiketoimintamallien<sup>3</sup> näkökulmasta, sekä VN TEAS-hankkeessa PIEMOS<sup>4</sup>.

Osa yrityksistä on investoinut lähiaikoina tuotantolaitoksiin, jolloin korvausinvestoinnit ovat pitkällä tulevaisuudessa. Nykyisin käytössä olevasta kapasiteetista useammassa kunnassa on korvausinvestointitarpeita 2030-luvulla. Haastatteluissa toisaalta myös tunnistettiin, että uusia investointeja voidaan tehdä, jos toiminta olisi taloudellisesti kannattavaa, tai jos nykyistä tuotantoa ei poliittisten linjausten takia ole mahdollista jatkaa.

### 2.3.2 Ydinkaukolämpölaitoksen laitospaikka

Nykyiset kaukolämpöä tuottavat laitokset ovat usein joko keskellä vuosikymmenten aikana laajentunutta kaupunkirakennetta, lähellä kaupunkirakennetta, tai osana laajempaa teollisuusaluetta. Ydinkaukolämpölaitoksen sijoittaminen lähelle nykyisiä tuotantolaitoksia nähtiin hyödyllisenä, jos mahdollista, mutta ei pakollisena. Sijoittaminen kauemmaksi olemassa olevasta kaukolämpöverkosta toisi lisäkustannuksia verkon rakentamisen kautta. Toisaalta mahdollinen tuotetun lämmön teollisuuskäyttö rajoittaisi mahdollisia sijoituspaikkoja.

Sijoittaminen olemassa olevalle laitospaikalle tai teollisuusalueelle ei nykykäytännöllä ole mahdollista, mutta pienreaktoreiden suhteen on käyty kansainvälisesti keskustelua suoja- ja varautumisvyöhykkeiden

<sup>1</sup> [https://www.ecosmr.fi/finalseminar/ecosmr/Hyvarinen\\_EcoSMR\\_finalseminar\\_2022.pdf](https://www.ecosmr.fi/finalseminar/ecosmr/Hyvarinen_EcoSMR_finalseminar_2022.pdf)

<sup>2</sup> [https://www.ecosmr.fi/finalseminar/finaljointsession/Keto\\_dEComm\\_EcoSMR\\_final\\_joint\\_session.pdf](https://www.ecosmr.fi/finalseminar/finaljointsession/Keto_dEComm_EcoSMR_final_joint_session.pdf)

<sup>3</sup> [https://www.ecosmr.fi/finalseminar/ecosmr/Ylatalo\\_EcoSMR\\_finalseminar\\_2022.pdf](https://www.ecosmr.fi/finalseminar/ecosmr/Ylatalo_EcoSMR_finalseminar_2022.pdf)

<sup>4</sup> [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164168/VNTEAS\\_2022\\_43.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164168/VNTEAS_2022_43.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

koon määrittelystä. Suomalaisessa nykylainsäädännössä ydinvoimalaitosta ympäröi viiden kilometrin päähen ulottuva suojavyöhyke, jonka alueella ei saa olla merkittävää toimintaa, joka voisi vaarantua ydinvoimalasta johtuen tai vaarantaa laitoksen toimintaa. Kansainvälisesti pienreaktoritoimittaja NuScale Power on esittänyt Yhdysvalloissa todennäköisyyspohjaiseen analyysiin pohjautuvan metodin varautumisvyöhykkeen määrittämiseksi<sup>5</sup>, joka saattaa pienentää sitä huomattavasti. Ydinkaukolämpölaitoksen sijoittaminen vaatisi vastaavanlaisia päätöksiä Suomessa.

Mahdollisilla jo olemassa olevaan infrastruktuuriin sijoittuville laitoksille (ns. "brownfield site") olisi ympäristössä eri kuntien alueella hyvin samanlaisia alueita. Laitospaikoille on usein sijoittunut myös muuta teollisuutta. Niiden lähellä voi olla alueellisia liikenteen pääväyliä. Asutus usein alkaa noin puolen kilometrin päässä nykyisiltä laitospaikoilta. Usein nykyisillä tuotantopaikoilla on myös tilaa uusille laitoksille. Yhtenä kiinnostavana vaihtoehtona on esitetty myös olemassa olevien maanalaisten tilojen hyödyntämistä (esimerkiksi käytöstä poistettuja aiempia huoltovarmuusvarastoja). Molemmista näissä yhdeksi haasteeksi tulee olemassa olevien rakenteiden kestävyden osoittaminen.

Riskit ensimmäisenä liikkeelle lähtevälle yritykselle pidettiin suurina, ja eri mielipiteitä esitettiin tavoista vähentää taloudellista ja teknologista riskiä. Yksi mahdollisuus nähtiin valtion panostuksessa uuden teknologian käyttöönottoon, toisaalta riskin jakaminen laajan joukon yhteisprojektin kautta jakoi mielipiteitä.

### 3. Soveltuvat teknologiat ja rahoitusvaihtoehdot

---

#### 3.1 Teknologiat

IAEA:n Advanced Reactor Information System (ARIS) -tietokannassa on runsas 70 erilaista "pientä" modulaarista reaktorikonseptia. Sekä perusteknologiat että tekninen kypsyys vaihtelevat suuresti. Vesijäähdytettyjä tavanomaiseen voimalaitoskäyttöön ajateltuja konsepteja on tietokannassa 25, laivareaktoreita 8, kaasujäähdytettyjä korkealämpötilareaktoreita on 17, metallijäähdytettyjä nopeita reaktoreita on 8, sulasuolareaktoreita 13 ja ns. mikroreaktoreita 12. Mikroreaktorien sähköteho on tyypillisesti enintään 10 MW; toisen ääripään muodostavat isot SMR-reaktorit, joiden lämpö- ja sähkötehot vastaavat nykyisin käytössä olevia vanhimpia laitoksia, eli kokoluokka 500 MWe, 1500 MWth.

Eryteisesti kaukolämpökäyttöön suunniteltuja reaktorikonsepteja on kehitetty Venäjällä (RUTA-70, 70 MWth) ja Kiinassa (DHR-200 ja DHR-400, 200 ja 400 MWth). Ruotsissa 1980-luvulla kehitetty SECURE-reaktori oli loppuvaiheessa myös kokoluokkaa 400 MWth. Vallitsevassa maailmantilanteessa näistä mikään ei ole Suomessa realistinen vaihtoehto.

Suomessa on kehitetty kaksikin esikonseptivaiheen suunnitelmaa pieneksi kaukolämpöreaktoriksi. LUT Yliopiston LUTHER on suunniteltu 24 MWth tehotasolle, VTT:n LDR50 50 MWth teholle. Kumpikin on suunniteltu lähtölämpötilaltaan (enintään 120 °C) yhteensopivaksi olemassa olevien kaukolämpöjärjestelmien kanssa. Jatkossa kotimainen lämpöreaktorin kehitystyö tulee jatkumaan LDR50:n pohjalta. Konseptin tuotteistaminen ja tuotteen kaupallistaminen ovat vielä kesken.

Lähivuosina kaupallisen kypsyyden saavuttavat todennäköisimmin kevytvesipohjaiset teknologiat, kuten NuScale (noin 70 MWe per yksikkö, laitoksessa 4–12 yksikköä), BWRX-300 (300 MWe per yksikkö, laitoksessa 1 yksikkö) ja UK SMR (470 MWe per yksikkö, laitoksessa 1 yksikkö). Ranskassa kehitteillä oleva Nuward (170 MWe per yksikkö, laitoksessa 2 yksikköä) on suunniteltu kypsyymään Euroopan markkinoille 2030-luvun puolivälin jälkeen.

---

<sup>5</sup> <https://www.ans.org/news/article-4441/acrs-backs-nuscales-smaller-prainformed-emergency-planning-zone/>

Lähes kaikki kevytvesi-SMR:t on ajateltu ensisijaisesti sähkön tuotantoon. Reaktorin käyttöpaine on 12–15 Mpa ja tuorehöyryn lämpötila suurimmillaan noin 300 °C. Höyryvoimalaitosprosessi voidaan aina sovittaa sähkön ja lämmön yhteistuotantoon, mutta sähköntuotantoa menetetään pyöreästi 1 MW jokaista viittä lämpötehomegawattia kohti. Yleisin yhteistuotannon perustelu, jota valmistajat itse käyttävät, on suolanpoisto merivedestä (desalinaatio). Useimmat suolanpoistoprosessit toimivat jokseenkin kaukolämpöverkon tarpeita vastaavalla käyttölämpötilalla.

Useimpien kevytvesi-SMRien suunniteltu käyttöikä on 40–60 vuotta ja tyypillinen latausjakson pituus 1–2 vuotta. Polttoaineen laatu ja määrä samoin kuin käytöstä syntyvän jätteen määrä vastaavat nykyisiä isoja laitoksia ja skaalautuvat suunnilleen tehojen suhteessa. Suomessa kaukolämmön koko vuotuinen kulutus, 36–39 TWh, on melkein sama kuin Olkiluoto 3 -kokoluokan reaktorin vuoden aikana tuottama lämpöenergia (noin 35 TWh).

Kaupallisesti vakavasti otettavien kevytvesireaktorivaihtoehtojen prototyypilaitoksia aletaan rakentaa seuraavan 1–3 vuoden aikana lähinnä Pohjois-Amerikassa, mahdollisesti myös Iso-Britanniassa.

SMR-rintamalla ulkomailla kehitellään myös kaasujäähdytettyjä grafiittimoderoituja reaktoreita (mm. yhdysvaltalainen USNC:n Micro Modular Reactor, 15 MWth), sulametallijäähdytettyä nopeaa reaktoria (ruotsalainen SEALER, eri versiota sähkötehoiltaan 3, 10 tai 55 MWe käyttökohteen mukaan) sekä sulasuolareaktoreita. Kaasujäähdytetyistä grafiittimoderoiduista reaktoreista on eniten käyttökokemuksia aiemmilta vuosikymmeniltä. Lyijyjäähdytys- ja sulasuolateknologiat on myös demonstroitu laitokseen mittakaavassa (suuruusluokassa 100 MWth) mutta näihin teknologioihin perustuvia reaktorilaitoksia ei ole tuotteistettu.

Kaasujäähdytetyille, metallijäähdytetyille ja sulasuolareaktoreille on yhteistä se, että lämpöä voidaan toimittaa korkeassa prosessilämpötilassa, luokkaa 500 °C tai enemmänkin. Mikäli tällaisia tuotteita olisi saatavilla, korkea-arvoista lämpöä kannattaisi käyttää ensi sijassa lämmön ja sähkön yhteistuotantoon, koska energianmuuntoprosessissa on mahdollista saavuttaa erittäin hyvä hyötysuhde. Korkean lämpötilan lämpöä voidaan käyttää myös monien teollisten prosessien energianlähteenä.

Ensimmäisten laitosten rakentamiskustannukset tulevat olemaan verrattain korkeita, hankkeisiin liittyvien epävarmuuksien tähden. Luotettavia kustannusarvioita aletaan saada vasta kun nähdään hankkeiden toteutuvan ilman odottamattomia useiden vuosien viiveitä, joita on nähty isojen laitosten rakentamishankkeissa (AP1000-laitokset Kiinassa ja Yhdysvalloissa, EPR-reaktorit Euroopassa).

Uusien ydinvoimalaitosten yön yli -hinta-arviot<sup>6</sup> vaihtelevat. Kevytvesi-SMR-valmistajat ovat ilmoittaneet julkisuudessa tavoitearvoja haarukassa 2300–4600 €/kWe, isojen laitosten toteutuneiden kustannusten mukainen hinta on karkeasti 4000–6000 €/kWe. Pelkässä lämmöntuotannossa hinta lämpötehokilowattia kohti on enintään kolmasosa sähkökilowatin hinnasta; lämmön tuotantoon riittää pelkkä reaktorilaitos. Turbiinilaitoksen osuus ison sähköä tuottavan voimalaitoksen hinnasta on noin 30 %. On epätodennäköistä, että ydinkaukolämpölaitosta tarjottaisiin kalliimmalla kuin 2000 €/kW(lämpöä).

Suuruusluokaltaan ydinsähkön tasoitettu hinta<sup>7</sup> tulee liikkumaan haarukassa 50–100 €/MWh(sähkö). Ydinlämmön tasoitettu hinta on alimmillaan noin kolmasosa sähkön hinnasta, eli 15–35 €/MWh(lämpö). Kustannus on herkkää lainarahoituksen osuudelle, käytetyille korkokannalle, käyttökustannuksille, käyttö-kertoimelle sekä rakentamisajalle.

<sup>6</sup> Yli yön -hinta on teoreettinen hinta, jonka laitos maksaisi kertamaksulla maksettuna. Käytännössä laitosten maksut jakautuvat projektin toteutusajan yli asiakkaan ja toimittajan sopimilla jaksotuksilla.

<sup>7</sup> Tasoitettu hinta kattaa sekä pääoma- että käyttökulut ja huomioi myös rahoituksen korkotason. Tasoitettu hinta tavataan laskea toimitetulle tuotannolle toimitushetkellä laitoksen verkkoon kytkentäpisteessä.

## 3.2 Ydinkaukolämpö ja LDR-50 -projekti

Ajatus ydinenergian käytöstä kaukolämmöntuotantoon ei ole sinänsä uusi. Öljykriisien jälkeisenä aikana Suomessa ja muissa pohjoismaissa selvitettiin laajasti ydinkaukolämmön mahdollisuuksia, sekä kehitettiin tarkoitukseen soveltuvaa reaktoriteknologiaa. Ruotsissa vuosina 1964–1974 toiminut Ågestan voimalaitos tuotti 10–12 MW sähkötehon lisäksi noin 50 megawattia kaukolämpöä Tukholman esikaupunkialueella. Venäläisvalmisteisista VVER-sarjan painevesireaktoreista lähes jokainen on suunniteltu toimimaan yhteistuotantokäytössä (Loviisa on tähän sääntöön poikkeus). Pelkästään kaukolämmöntuotantoon tarkoitettua reaktoriteknologiaa on kehitetty myös Kiinassa. Aihetta on tarkasteltu yleisellä tasolla vuonna 2018 valmistuneessa VTT:n raportissa<sup>8</sup>.

Kiinnostus ydinkaukolämpöä kohtaan on heräämässä uudelleen. VTT:llä käynnistettiin keväällä 2020 oman kaukolämmöntuotantoon tarkoitettun pienreaktorin kehitystyö. Tämä LDR-50 -nimellä kulkeva reaktorikonsepti on suunniteltu tuottamaan 50 megawattia lämpötehoa tyypillisen suomalaisen kaukolämpöverkon toimintalämpötilassa (65–120 °C). Reaktori soveltuu sekä peruskuorma- että kuormanseuranta-käyttöön, ja se toimii yhdellä polttoainelatauksella noin kaksi vuotta. Voimalaitosprosessiin ei kuulu lainkaan turbiinikiertoa tai generaattoria.

Kaukolämpölaitos voi muodostua yhdestä tai useammasta reaktoriyksiköstä. Suunnittelussa on tarkasteltu useampaa sijoitusvaihtoehtoa. Reaktoriyksiköt voidaan sijoittaa maanpäälliseen laitokseen tai maan alle louhittuun kallioluolaan. Myös asennus olemassa olevan teollisuuslaitoksen tiloihin voi olla teknisesti mahdollista, mutta sijoitusvaihtoehtoja rajoittaa tällöin käytettävissä olevan tilan määrä, sekä turvalliselle käytölle asetetut vaatimukset esimerkiksi lentokonetörmäysten suhteen.

LDR-50 -reaktorikonsepti yhdistää perinteistä painevesireaktoriteknologiaa innovatiiviseen passiiviseen turvallisuusajatteluun. Suunnittelu perustuu mahdollisimman yksinkertaiseen ja hyvin tunnettuun teknologiaan, välttämättä tavanomaisesta poikkeavia monimutkaisia ratkaisuja, materiaaleja ja valmistusmenetelmiä. Polttoainetta ja muita ydinteknisiä komponentteja lukuun ottamatta valmistuksessa voitaisiin hyödyntää kotimaista teollisuutta. Reaktorin polttoainekierto on suunniteltu yhteensopivaksi suomalaisen ydinjätteen loppusijoituskonseptin kanssa.

Turvallisuudelle asetetun vaatimustason osalta LDR-50 tai muutkaan pienreaktorit eivät poikkea perinteisistä suurista ydinvoimalaitoksista. Korkea turvallisuustaso saavutetaan kuitenkin yksinkertaisemmalla passiivisella teknologialla. Tämä tarkoittaa erityisesti sitä, että turvallisuuden kannalta välttämättömät jäähdytysjärjestelmät perustuvat sähkötoimisten pumppujen sijaan veden luonnolliseen kiertoon lämpötilaeron vaikutuksesta. VTT:n reaktorikonseptissa jäähdytystoiminto on toteutettu täysin ilman mekaanisia liikkuvia osia.

Lämmöntuotantokäytössä yksi turvallisuussuunnittelun haasteista on reaktorilaitoksen sijoittaminen kaukolämpöverkon alueelle. Perinteisesti ydinvoimalaitosten ympärille on asetettu laajat suojavyöhykkeet ja varautumisalueet, joilla pyritään vähentämään onnettomuustilanteessa väestöön kohdistuvaa säteilyhaittaa. Käytäntö liittyy nk. syvyysuuntaisen puolustuksen periaatteeseen.

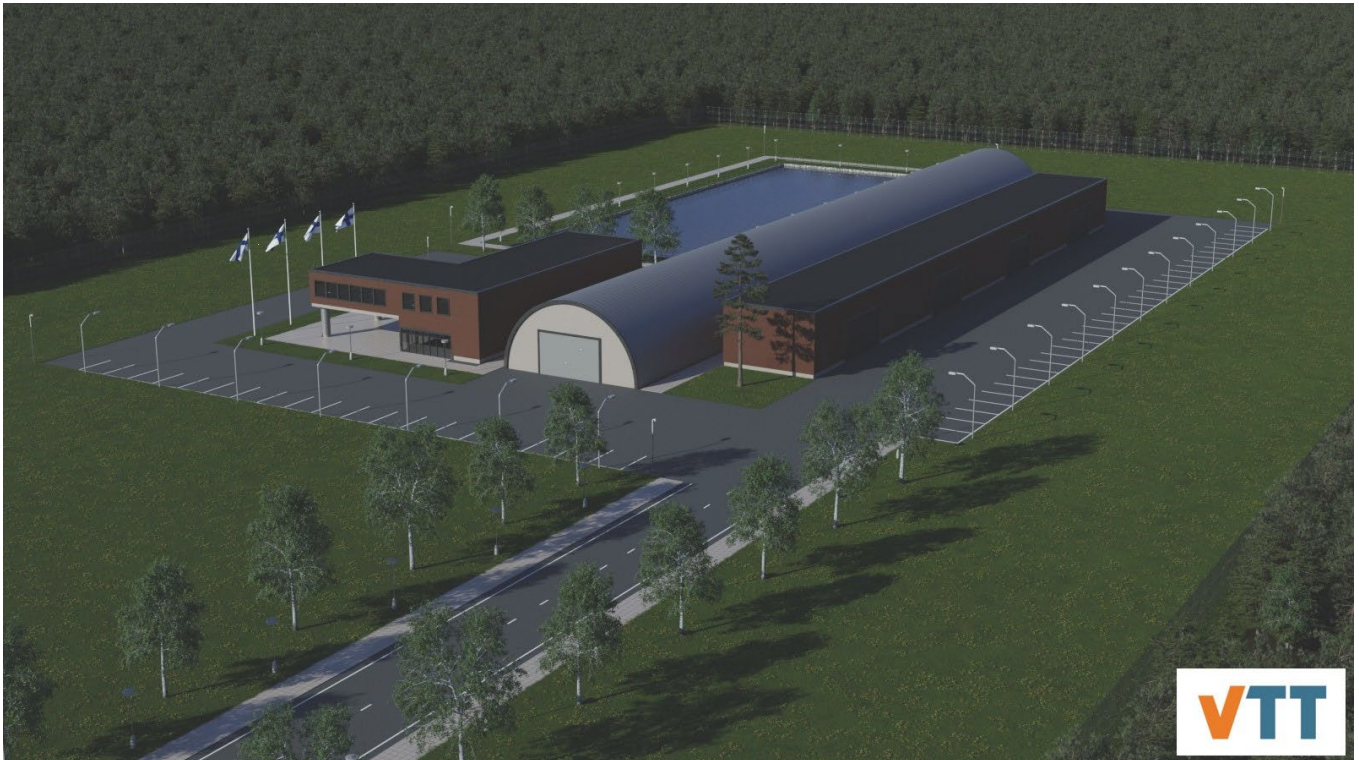
Kaukolämpökäytössä väestöön kohdistuva riski on saatava vastaavalle tasolle muilla keinoin. Käytännössä pienempiä suojavyöhykkeitä puoltavat reaktorin vaatimattomat toimintaolosuhteet (matala paine ja lämpötila), sekä pieni yksikkökoko, joka vaikuttaa suoraan reaktorissa olevien radioaktiivisten aineiden määrään. Olkiluoto 3 -reaktori on lämpöteholtaan 4300 megawattia. Kaavoituksessa osoitettu suojavyöhyke ulottuu viiden kilometrin etäisyydelle laitoksesta. LDR-50:n kokoluokkaa vastaavia tutkimusreaktoreita on puolestaan rakennettu yliopistojen yhteyteen tiheästi asutuille kaupunkialueille, esimerkiksi Ranskan Grenoblessa ja Saksan Garchingissa.

---

<sup>8</sup> J. Leppänen. "A Review of District Heating Reactor Technology." VTT-R-06895-18, 2018. [[https://cris.vtt.fi/ws/portafiles/portal/24936486/VTT\\_R\\_06895\\_18.pdf](https://cris.vtt.fi/ws/portafiles/portal/24936486/VTT_R_06895_18.pdf)]

Ydinenergi laki ja viranomaiskäytännöt on aikanaan laadittu perinteisiä toisen sukupolven ydinvoimalaitoksia silmällä pitäen. Vaatimukset eivät nyky muodossaan sulje pois pienreaktoreiden rakentamista, mutta eivät toisaalta myöskään huomioi kaikkia niiden erityispiirteitä. Meneillään olevassa ydinenergi lain kokonaisuudistuksessa käytännöt on määrä tuoda nykyteknologiaa vastaavalle tasolle.

LDR-50 kaukolämpöreaktorin kehitys on siirtymässä kohti seuraavaa vaihetta, jossa suunnittelutyötä lähdetään laajentamaan VTT:n ulkopuolelle. Ensimmäisen demolaitoksen on määrä valmistua vuosikymmenen vaihteessa, jolloin teknologia voisi olla laajamittaisessa kaupallisessa käytössä 2030-luvulla.



*Kuva 6: LDR-kaukolämpölaitoksen havainnekuva. Reaktorihalli on pitkulainen kaareva rakennus, ja vieressä ovat apurakennukset, joissa ovat mm. lämmönvaihtimet kaukolämpöverkon suuntaan.*

### 3.3 Kaasujäähdytteiset reaktorit

Kevytvesiteknologian lisäksi kansainvälisesti kehitetään myös muita reaktoriteknologioita. Yksi erityisesti teollisuuden energianlähteeksi tarkoitettu teknologia ovat kaasujäähdytteiset reaktorit, jotka voisivat tuottaa höyryä viidestäsadasta celsiusasteesta ylöspäin. Näissä reaktoreissa polttoaine on pieninä TRISO-partikkeleina upotettuna grafiittimatriisiin. TRISO-partikkeleissa uraanikeskiö on useamman kuoren sisällä, ja nämä kuoret toimivat radioaktiivisten aineiden leviämisestään. Grafiitin hiili toimii neutronien hidastimena, ja lämpö viedään reaktorista heliumkaasun avulla. Koska kaasujäähdytteisissä reaktoreissa toimintatila ei rajoitu veden kiehumispisteeseen, niillä voidaan päästä hyvin korkeisiin lämpötiloihin. Tämä mahdollistaa mm. tehokkaan yhdistetyn lämmön- ja sähköntuotannon. Haasteina kaasujäähdytteisissä reaktoreissa ovat teknologian erot kevytvesiteknologiaan nähden, materiaalien pitkän aikavälin kestävyys, sekä kevytvesireaktoreista eroavat jätevirrat. Tällä hetkellä TRISO-polttoainetta käyttävä kaasujäähdytteinen reaktori HTR-PM on vastikään nostettu täydelle teholle Kiinassa, tuottaen 210 MW sähkötehoa.

Useita mikroloukan, eli kymmenien megawattien tehoisia, kaasujäähdytteisiä reaktoreita on kehitteillä. Ne periaatteessa soveltuisivat paikalliseen lämmön- ja sähköntuotantoon, tosin pienuus saattaa osoittautua myös taloudelliseksi haasteeksi. Länsimaissa laitoksia suunnittelevat muun muassa:

- Ultra Safe Nuclear Corporation Yhdysvalloissa kehittää reilun kymmenen megawatin tehoista Micro Modular Reactoria, jonka ensimmäisiä kohteita olisi demonstraatio kanadalaisen tutkimuskeskuksen alueella, sekä yliopistoreaktori Yhdysvalloissa.
- U-Battery kehittää britannialainen konsortio, jossa on mukana muun muassa ydinpolttoainetta tuottava Urenco. Aiemmin kohdesovellus olivat kaukaiset asutukset ja kaivokset, mutta tällä hetkellä U-Battery tähtää noin sadan megawatin teollisuusreaktoriin kehittämiseen. Yhdistyneiden kuningaskuntien hallitus julkisti juuri rahoitushaun kaasujähdytteisten reaktoreiden demonstrointiin tällä vuosikymmenellä, ja U-Battery on vahva kandidaatti tälle rahoitukselle.
- X-Energyn Xe-100-reaktori on kaasujähdytteinen 80 MW sähkötehoa tuottava reaktori, joka on toinen Yhdysvaltojen Advanced Reactor Demonstration Programmen laitoksista. Liittovaltio on luvannut panostaa useamman miljardin vastinrahaa näiden kahden laitoksen demonstrointiin jos teollisuus investoi myös ja laitokset ovat käytössä vuonna 2028.

### 3.4 Rahoitusmallit

Tyypilliset suomalaiset kaupunkien energiayhtiöt toimivat vuosiliikevaihdolla 100–300 M€, ja tämä vastaa suunnilleen suurinta kertainvestointia, joka voisi olla näiden yhtiöiden kantokyvyn rajoissa. Kaupunkiyhtiöiden isot energialaitosinvestoinnit suunnitellaan kannattaviksi 10–15 vuoden takaisinmaksuajalla, mutta investoinnin teknisen käyttöiän odotetaan olevan 20–30 vuotta.

Yli yön -hintatasolla 2000 €/kWth suomalaisella keskikokoisella energiayhtiöllä olisi periaatteessa riittävät rahkeet investoida ydinkaukolämpöön kokoluokassa 50–100 MWth.

”Tavanomaiset” energiainfrastruktuuri-investoinnit rahoitetaan osin yhtiöiden taseesta ja osin lainalla, jota haetaan rahoitusmarkkinoilta. Lainan hinta riippuu voimakkaasti hankkeen riskeistä, joten riskien minimointi ja hallinta on rahoituskustannusten kurissa pitämisen kannalta tärkeää.

Riskejä yksittäiselle toimijalle voidaan pienentää jakamalla investoinnin omistajuutta useiden osapuolien kesken, esimerkiksi Mankala-mallin mukaisella yhtiöjärjestelyllä, jossa osakkaat jakavat hankkeen kulut ja tuotot ja siten myös riskit omistusosuksiensa suhteessa. Mankala-osakkaina voi olla useita kaupunkiyhtiöitä tai kaupunkiyhtiö ja seutukunnalla toimiva teollisuusyhtiö.

Suora investointituki Business Finlandilta tai elpymisrahoituksesta edellyttäisi, että hankkeella olisi teollisuuspoliittista merkitystä paikallisen energiantuotannon lisäksi. Esimerkiksi kotimaisen lämmitysreaktorin kaupallinen demonstraatio viennin edistämiseksi voisi mahdollisesti saada julkista tukea. Todettakoon samalla, että suora julkinen tuki ydinvoimainvestoinneille kotimaan energiantuotantoon ei aikaisemmin ole ollut poliittisesti hyväksyttävää. Kirjoitushetken ilmapöytäkirjassa asia on epäselvä.

Ulkomaisen reaktoriteknologian hankinnassa teknologian kotimaa tyypillisesti myöntää rahoitusta edullisen vientiluoton muodossa. Vientiluotoksella voidaan pienentää rahamarkkinoilta haettavan rahoituksen volyyymiä ja hintaa, koska rahoittajan riski pienenee. Vientiluoton osuus hankkeen koko kustannuksista voi tyypillisesti olla 25–30 %.

## 4. Mahdolliset jatkotoimenpiteet

Paikallisten energiayhtiöiden rooli ydinkaukolämpöliiketoiminnassa on asiakkaan ja mahdollisesti omistajan rooli; teknologiasta vastaa joko mahdollinen suomalainen tätä tarkoitusta varten kehitettävä konsortio tai ulkomainen teknologiatoimittaja, ja laitosten operointiin todennäköisesti tarvitaan ydinenergiatoimintaan erikoistunut palveluntarjoaja.

Ydinenergiaprojekteissa yhteiskunnan kokonaisuus ja yleinen hyväksyttävyyden on toiminnan edellytys. Kuvassa 7 kuvataan joitain oleellisia sidosryhmiä ydinkaukolämpöprojektille. Näitä kuvataan lyhyesti seuraavissa kappaleissa. Varsinaisessa periaatepäätösprosessissa kuullaan laajaa joukkoa eri sidosryhmiä, ja tästä esimerkkinä voi katsoa esimerkiksi Olkiluoto 3 periaatepäätökseen kuultuja tahoja.<sup>9</sup>

Laitosprojekti tarvitsee sekä tahon joka toimittaa laitoksen ("laitostoimittaja") että tahon joka käyttää sitä ("lisenssinhaltija"). Näiden ympärille muodostuu myös joukko komponentteja ja palveluita toimittavia alihankkijoita. Eri tahot rahoittavat tutkimusta ja kehitystä sekä investointeja, näihin kuuluvat niin pankit, kuntaliitto, valtion eri rahoitusmuodot kuin EU-tason rahoituskin.

Ydinenergian käyttöä säätelee Työ- ja elinkeinoministeriö ja sen käyttöä valvoo STM:n alainen Säteilyturvakeskus. Lisäksi oleellisia sidosryhmiä ovat muut viranomaistahot liittyen niin ympäristövaikutuksiin, eri tasoisten kaavoitukseen, kuin esimerkiksi pelastustoimeen. Suomen valtio on oleellinen toiminnan mahdollistaja niin kansallisilla päätöksillä kuin osana EU:n päätöksentekoprosesseja.

Paikallinen hyväksyntä on ydinenergian käytössä oleellista, ja kuntalaisten sekä kunnan päättäjien (niin poliittisten kuin viranhaltijoiden) osallistaminen varhaisessa vaiheessa on tärkeää. Lämpölaitoksella voi alueesta riippuen olla yksi tai useampi asiakas lämmölle, ja näiden tarpeet tulee ottaa huomioon. Ydinenergiaprojektissa myös naapurikuntia on kuultava osana prosessia. Ydinenergian käytön on oltava yhteiskunnan kokonaisuuden mukaista, ja tämä poliittinen keskustelu käydään kansallisella tasolla.

Tutkimuslaitokset, yliopistot ja konsultti- ja insinööritoimistot sekä kouluttavat että tuottavat tietoa ja ratkaisuja eri toimijoiden tarpeisiin. Tämä voi olla niin tietoa päätöksenteon tueksi kuin esimerkiksi lakisääteisen ympäristövaikutusarvion tekemistä tulevan projektin tarpeisiin. Tyypillisesti myös tutkimustahot ovat osallistuneet ydinlaitosprojekteihin tukemalla lisenssinhaltijan ja viranomaisten tietotarpeita.

## Oleellisia sidosryhmiä



Kuva 7: Pilottiprojektin sidosryhmiä.

Ydinkaukolämpölaitoksen erityispiirteet verrattuna perinteisiin ydinvoimaloihin sekä sähköä tuottaviin pienreaktoreihin tulevat tarpeesta sijoittaa se verrattain lähelle asutusta sekä pienestä tehosta. Jotta nämä

<sup>9</sup> Sivun 14 eteenpäin TEM:in sivuilta löytyvästä OL3-periaatepäätöksestä: [Olkiluoto+3+periaatepaatos.pdf \(tem.fi\)](https://tem.fi/olkiluoto3+periaatepaatos.pdf)

erityispiirteet tulisivat otetuksi huomioon ydinenergian käytön säätelyssä, olisi tarve tehtävä selväksi viranomaisille. Mahdollisesta ydinlaitoksen sijoittamisesta täytyy alkaa keskustella paikallisesti. Lisäksi asiakaspuolen järjestäytyminen mahdolliseen yhteisprojektiin sekä yhteydenpito mahdollisiin laitosten lisensinhaltijoihin ja teknologian toimittajiin olisi aiheellista aloittaa.

Työ- ja elinkeinoministeriön viranomaiset ovat todenneet, että sääntelyn mahdollisesti aiheuttamia pullonkauloja pienreaktoreille voidaan ratkoa, kunhan uskottava toimija aloittaa uskottavan projektin. Lähisijoitettavan ydinkaukolämpölaitoksen osalta tämä ei vielä ole tilanne. Jos joukko paikallisia energiayhtiöitä haluaa edistää ydinenergian mahdollistamista kaukolämmön tuotannossa, tulisi viestiä viedä ministeriöön yhteisesti. Tällä tavalla varmistettaisiin, että paikallisten yhtiöiden tarpeet tulisivat huomioiduiksi ydinenergian sääntelyn uudistamiseksi.

Mahdollisia yhteisiä viestejä ovat muun muassa:

- Tarvitaan mahdollisuus ydinenergian käyttöön kaukolämmössä, koska nykyistä tuotantoa joudutaan korvaamaan teknisen käyttöiän loputtua, ympäristösyistä, ja polttoaineiden saatavuusrajoitusten sekä huoltovarmuuden takia
- Paikalliset reaktorit mahdollisiksi sääntelyn kannalta – lähisijoitus, vastuut, ja omistusrakenteet pitäisi selvittää osana pilottiprojektia
- Mahdollisuus tehdä ympäristövaikutusten arvio varastoon. Nykyisellään YVA vaatii toiminnanharjoittajan, mutta ensimmäisiä projekteja voisi nopeuttaa, jos YVAN voisi pääpiirteissään tehdä etupainotteisesti kuntayhtiön toimesta
- Valtion tukitoimet ensimmäisen pilottilaitoksen osalta. Esimerkiksi RRF-rahojen mahdollinen käyttö pilottiprojektiin.
- Poliittinen tahtotila edistämään ydinenergian käytön mahdollistamista kaukolämmön tuotannossa.

Ydinlaitoksen paikallinen hyväksyttävyyden on välttämätöntä. SAFIR2022-ohjelmassa vuonna 2022 olleessa SMRSiMa (SMR siting and waste management) projektissa haastateltiin joukkoa paikallisia päätöksentekijöitä, ja yksi selkeä viesti haastatteluista oli, että keskustelu sekä tiedonvaihto olisi oleellista aloittaa ennen virallisia projekteja<sup>10</sup>. Sijoituspaikkaan liittyvät prosessit kuten mahdollisten sijoituspaikkojen tunnistaminen, kaavoitukseen valmistautuminen, sekä lopulta ympäristövaikutusten arviointiprosessi ovat aikataullisesti kriittisellä polulla pilottilaitosprosessissa. Kaavoitusprosessia on tarkasteltu AFRY:n Energiateollisuus ry:lle vuonna 2021 tekemässä selvityksessä<sup>11</sup> josta ns. "worst case" luvituspolku on kuvattu kuvassa alla.

Paikallisesti tehtäviä toimenpiteitä, joita yksittäinen toimija voi edistää alueellaan:

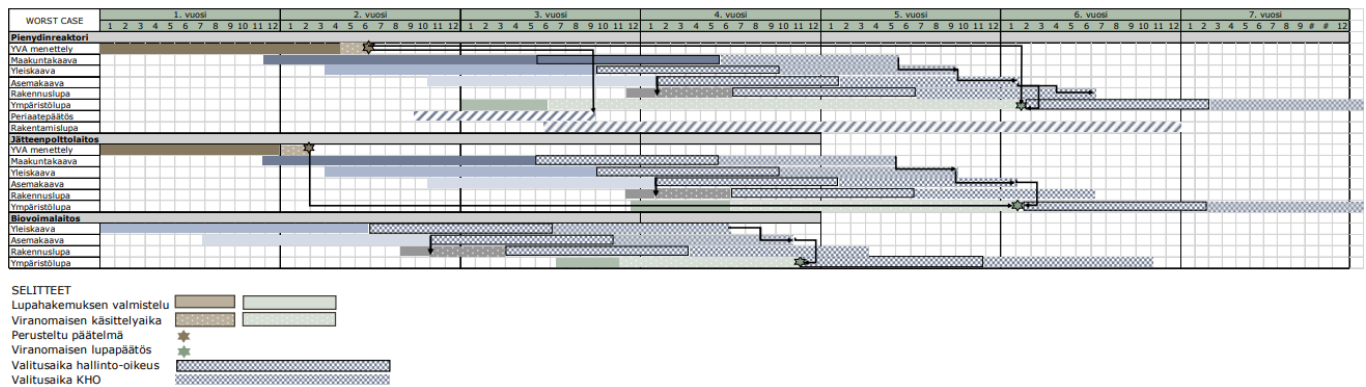
- Paikallinen keskustelu niin kuntalaisten kuin päätöksentekijöiden kanssa
- Valmistautuminen kaavoitukseen
- Sijoituspaikkojen tunnistaminen
- Ympäristövaikutusarvioprosessi mahdollisista laitospaikoista

---

<sup>10</sup> [https://www.ecosmr.fi/finalseminar/ecosmr/Airola\\_EcoSMR\\_finalseminar\\_2022.pdf](https://www.ecosmr.fi/finalseminar/ecosmr/Airola_EcoSMR_finalseminar_2022.pdf)

<sup>11</sup> [https://energia.fi/files/5762/ET\\_selvitys\\_pienydinreaktoreiden\\_kaavoituksesta\\_ja\\_luvituksesta\\_FL\\_NAL\\_24022021.pdf](https://energia.fi/files/5762/ET_selvitys_pienydinreaktoreiden_kaavoituksesta_ja_luvituksesta_FL_NAL_24022021.pdf)





Kuva 8: AFRYn aikajana luvituksen "worst case" -aikajanasta kun luvitetaan uudelle paikalle kaukolämpöreaktoria.

Aikataulullisesti useammalla toimijalla olisi mahdollisia tarpeita uusia tuotantolaitoksia 2030-luvun puolivälissä. Projektiriskien hallinnan kannalta ensimmäisen projektin aikataulu pitäisi järjestää siten, että nämä mahdolliset 2030-luvun puolivälin projektit voisivat oppia pilotista. Tällöin aikataulullisesti ensimmäinen projekti pitäisi aloittaa lähivuosina. Pilotiprojektissa tullaan todennäköisesti kiinnittämään monta käytännön asiaa jotka muokkaavat sitä miten ydinenergiaa kaukolämmön tuotannossa jatkossa käytetään, joten usean toimijan yhteistyö olisi oleellista. Kaukolämpöä tuottavat ydinlaitokset ovat suurimmassa osassa tapauksia sen verran pieniä, että yksittäinen lämpölaitosprojekti ei välttämättä ole mahdolliselle teknologiatoimittajalle tai palvelutoimittajalle mielekäs, siksi useamman mahdollisen asiakkaan yhteisö voisi omalta osaltaan edistää hankkeita merkittävästi.

Kuntayhtiöiden yhteenliittymä voisi selvittää muun muassa seuraavia asioita:

- Ostajapuolen organisoituminen pilotiprojektia varten: miten omistussuhteet menevät, miten sovitetaan tietojen jaosta, missä pilotiprojekti olisi
- Mahdollisen laitoksen operaattorin tai lisenssinhaltijan selvittäminen
- Laitoksen toimittajan valinta

Näiden lisäksi tiedonvaihto suomalaisten ydinenergia-alan toimijoiden kanssa olisi mahdollista esimerkiksi vuoden 2023 alussa käynnistyvän EcoSMR hub -sateenvarjon alla. Kyseessä on kevyt yhteistyöalusta, jonka tarkoitus on jatkaa vuoden 2022 lopussa päättyvän EcoSMR-projektin ympärille kerättyä yhteistyöverkostoa.

## 5. Johtopäätökset ja yhteenveto

Projektissa selvitettiin näkökantoja mahdolliseen pilotiprojektiin ydinenergian käytöstä kaukolämmön tuotantoon kyselyn, haastattelun sekä kirjallisuusselvityksen keinoin. Ydinenergian käyttö kaukolämmön tuotannossa nähtiin mahdollisuutena laajentaa tuotantopalettia tavalla, joka voi olla suorituskyvyn, ympäristövaikutusten ja taloudellisuuden kannalta houkutteleva.

Haasteina nähtiin kokemuksen puute ja tulevan säätelyn epävarmuus sekä soveltuvan teknologian matala kypsyyssaste. Suomalainen teknologiakehitys vaatii sitoutumista ja panostuksia, mutta mahdollistaisi kotimaisiin tarpeisiin soveltuvat laitokset. Tuontiteknologiaa tulee kaupallisesti saataville muutaman seuraavan vuoden aikana, jos on tullakseen. Mikäli teknologiat kypsyvät niin että kaupallisetkin lupaukset pitävät, pystyy keskikokoinen suomalainen kunnallinen energiayhtiö periaatteessa investoimaan itselleen kokoluokan 50–100 MWth ydinkaukolämpölaitoksen.

Tarve nykyisten laitosten korvausinvestoinneille vaihtelee energiayhtiöiden kesken, mutta 2030-luvulla pitäisi useassa suomalaisessa kunnassa korvata nykyistä kapasiteettia. Tämä asettaisi kunnianhimoisen aikataulun pilotiprojektille, jotta ydinenergiasta muodostuu vakavasti otettava vaihtoehto näille korvausinvestoinneille.