



Pateniemenrannan asemakaavaan
liittyvä uusiutuvan energian tarkastelu
FM Päivi Vainionpää

Sisällysluettelo

1 Johdanto.....	5
2 Maankäyttöön ja kaavoitukseen liittyvät energia- ja ilmastotavoitteet Oulussa	6
3 Pateniemenrannan asemakaava-alue.....	8
3.1 Kaavarunko.....	8
4 Tarkastelussa mukana olleet energiamuodot.....	11
4.1 Kaukolämpö (ja sähkö).....	11
4.1.1 Yleisesti.....	11
4.1.2 Kaukolämpö Oulussa.....	11
4.2 Aurinkoenergia.....	12
4.2.1 Aurinkolämpö.....	12
4.2.2 Aurinkosähkö.....	14
4.2.3 Passiivinen aurinkoenergia.....	15
4.2.4 Aurinkolämpö Oulussa	16
4.2.5 Aurinkosähkö Oulussa	16
4.2.6 Passiivinen aurinkoenergia Oulussa	17
4.3 Tuulienergia.....	17
4.3.1 Tuulisuus Pateniemenrannassa.....	20
4.3.3 Pientuulivoiman hyödyntämiskohteita taajamissa	21
4.4 Geoenergia (maa- ja kalliolämpö sekä vesistölämpö)	22
4.4.1 Maalämpö	23
4.4.2 Kalliolämpö.....	24
4.4.3 Oulun geoenergiapotentiaali	24
4.4.4 Lämpökaivot Oulussa	25

4.5 Bioenergia	26
4.5.1 Pien-CHP:n esimerkkikohteita.....	27
4.6 Kaukojäähdytys	28
4.6.1 Kaukojäähdytys Oulussa.....	29
5 Laskennallinen arvio Pateniemenrannan kaava-alueen rakennusten kokonaisenergiatarpeesta	30
5.1 Pohjoiskärki	31
5.2 Eteläkärki.....	31
5.3 Koivikko	32
6 Pateniemenrannan energiapotentiaalit.....	33
6.1 Kaukolämpö ja –sähkö	33
6.2 Aurinkoenergia.....	33
6.2.1 Aurinkolämpö.....	33
6.2.2 Aurinkosähkö.....	40
6.3 Tuulienergia.....	44
6.3.1 Pohjoiskärki	44
6.3.2 Eteläkärki.....	45
6.3.3 Koivikko	45
6.3.4 Yhteenveto	45
6.4 Geoenergia	47
6.4.1 Oulun kaupungin ohjeistus maalämmön hyödyntämiseen liittyen	47
6.4.2 Pohjoiskärki	48
6.4.3 Eteläkärki.....	49
6.4.4 Koivikko	51
6.4.4 Yhteenveto	52

6.5 Bioenergia	52
7 Yhteenveto ja esitys jatkotoimenpiteistä.....	52
<u>7.1 Aurinkoenergia</u>	<u>52</u>
7.2 Tuulienergia.....	55
7.3 Geoenergia	55
7.4 Kaukolämmön korvaaminen muilla energiantuotantomuodoilla.....	55
8 Lähteet	57
9 Liitteet	59

1 Johdanto

Tämä selvitys on osa Pateniemenrannan asemakaavan laadintaa. Tämä on samalla myös tekijänsä työssäoppimistehtävä, joka liittyy Aalto Pro:n Kaavoituksen energiatehokkuusasiantuntija oppisopimustyyppiseen koulutukseen. Tämän työn tarkoituksena on ollut toimia oppimisprosessina sekä samalla tuottaa Pateniemenrannan asemakaavoitukselle ja alueen kehittämiseksi tietoa uusiutuvan energian käyttömahdollisuuksista alueella.

Selvitykseen sisältyy eri energiamuotojen yleiskuvausta sekä energiamuodon nykyiseen hyödyntämiseen liittyvää paikallista ja/tai valtakunnallista tietoa siinä laajuudessa kuin tietoja on ollut saatavilla. Työssä on pyritty arvioimaan uusiutuvien energiamuotojen osalta myös niiden käyttöpotentiaalia kaava-alueella. Potentiaaliarvioinnin merkittävänä osana on kyseisen energiamuodon kokonaistaloudellisuus ns. perusvaihtoehtoon eli kaukolämpöön ja –sähköön verrattuna.

Työhön liittyen on tehty useita asiantuntijahaastatteluita. Työhön liittyen on haastateltu Oulun Energian kaukolämmön ja aurinkoenergian asiantuntijoita. Finnwind Oy:n asiantuntijalta saatiin hyödyllistä tietoa pientuulivoiman hyödyntämisestä Suomessa ja pientuulivoiman soveltumisesta taajamiin ja kaupunkiympäristöön.

Oulussa maaliskuussa 2015

Päivi Vainionpää

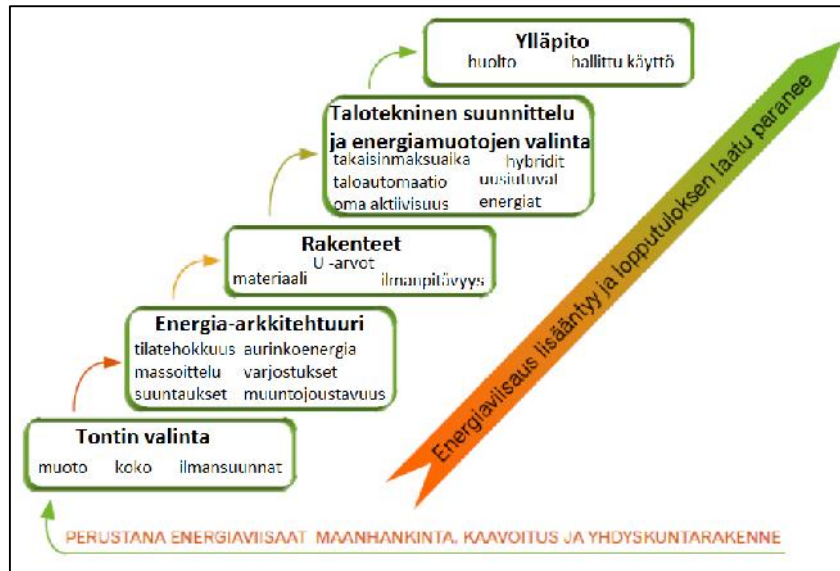
GTK:n asiantuntijoilta saatiin tarkennettua tietoa liittyen alueen geoenergian (maa/kalliolämmön) hyödyntämiseen.

Oulun kaupungin rakennusvalvonnalta saatiin erittäin hyvää tietoa eri energiamuotoihin liittyvistä lupavelvoitteista, eri energiamuotojen hyödyntämistilanteesta Oulussa sekä kehitetyistä käytännöistä energiamuotojen hyödyntämiseen liittyen.

Tässä työssä esitetyt tarkastelut perustuvat pääosin 14.7.2014 päivättyyn kaavarunkoon, jossa alueelle suunniteltujen asuin- ja palvelurakennusten kokonaismäärä oli yhteensä 356 ja arvioitu asukasluku 2820.

Tätä työtä ovat ohjanneet ensisijaisesti Aalto Pron koulutushenkilökunta (mm. Ana Rodriguez), koulutuksen ulkopuoliset tutorit (Uudenmaan liitosta Oskari Orenius ja Olavi Holmijoki) sekä muut koulutukseen osallistuneet.

Kiitan Stora Enso Oyj:n edustajia ympäristöjohtaja Marjaana Luttista ja Vesa Moisiota sekä Oulun kaupungin asemakaavoitusta mahdollisuudesta osallistua Pateniemenrannan asemakaavan laadintaprosessiin. Kiitan myös varsinaisesta kaavoitusprosessista vastanneita henkilöitä ja heidän avuliaisuuttaan toimittaa minulle tarvittavia lähtötietoja.



Kuva 1. Tulevaisuuden talon laatupolku. (Oulun rakennusvalvonta; Seppälä & Töyräs 2014)

Maankäyttöön ja kaavoitukseen liittyviä energia- ja ilmastotavoitteita on esitetty myös Pohjois-Pohjanmaan ilmastostrategiassa, jonka päätavoitteita ovat: **kehittynyt alueellinen energiatalous, eko- ja energiatehokkaat alueet**, sääilmiöiden vaikutusten hallinta, ekosysteemien toiminnan turvaaminen ja ympäristötietouden lisääminen. (Pohjois-Pohjanmaan liitto 2010)

Maankäyttöön, kaavoitukseen ja rakentamiseen liittyen ilmastostrategiassa esitetään mm. seuraavia tavoitteita ja toimenpiteitä

- alueidenkäytössä edistetään energiansäästämistä sekä uusiutuvien energialähteiden ja kaukolämmön käyttöedellytyksiä

- kaavoituksella ja rakennusjärjestyksellä ohjataan rakennusten energiavalintoja ja energiankulutusta
- uudisrakentamisen energiatehokkuus lisääntyy seuraavasti: matalaenergiataso 2010 – 2012, passiivitaso 2012 – 2015 ja nollaenergia-/hiilineutraalitaso 2015 – 2017
- arvioidaan suunnitteluvaiheessa energiankulutukset ja tuotot sekä energiatehokkuus ja päästöt laskentamallilla
- varmistetaan energiatehokkaiden uusien rakennusten ja materiaalien toimivuus riittävällä koerakentamisella
- tehostetaan uusiutuvien kotimaisten energioiden hyödyntämistä: ensisijaisesti rakennuspaikkakohtaiset maa-, kallio-, sedimentti- ja ilmalämpö lämmityksessä ja jäähdytyksessä sekä soveltuva aurinko- ja tuulienergia sähkön (ja lämmön) tuotannossa
- tehostetaan rakennusten energian käyttöä

3 Pateniemenrannan asemakaava-alue

3.1 Kaavarunko

Pateniemenranta sijaitsee Oulun Pateniemessä noin 10 km Oulun keskustasta pohjoiseen. Alueella on toiminut aiemmin Pateniemen saha, joka on lopettanut toimintansa vuonna 1990. Asemakaava-alue on pääosin Stora Enso Oyj:n omistuksessa. Oulun kaupunki ja Stora Enso Oyj ovat allekirjoittaneet alueen kehittämisestä yhteistoimintasopimuksen ja asemakaavavaiheessa hankkeesta on laadittu maankäyttösopimus. (Linja-arkkitehdit Oy 2013)

Pateniemenrantaan suunnitellaan merellistä pientalovaltaista asuinalueita noin 2500 – 3000 asukkaalle. Entinen saha-alue on tarkoitus muuttaa vetovoimaiseksi asuinalueeksi, joka tarjoaa hyviä ja monipuolisia virkistys- ja ulkoilumahdollisuuksia vaihtelevassa ympäristössä. Pateniemenrannan uuden asuinalueen rakentaminen ajoittunee noin vuosille 2016 – 2025. (Linja-arkkitehdit Oy 2013)

Kaava-alue rajautuu lännessä mereen, etelässä ja idässä Pateniemen vanhaan sahayhdyskuntaan ja olevaan pientaloalueeseen ja pohjoisessa entisen sahan suljettavaan kaatopaikka-alueeseen sekä Leppiojantiehen. Kaava-alueen pinta-ala on noin 80 hehtaaria. Pateniemenrannan asemakaava-alue on jaettu kolmeen osa-alueeseen: Pohjoiskärki, Eteläkärki ja Koivikko. (Linja-arkkitehdit Oy 2013)

Pateniemenrannan osa-alueet ovat rakenteeltaan ja mitoitukseltaan eriluonteisia. Pohjoiskärki on rakenteeltaan tehokkain ja muodostaa oman kokonaisuutensa rannan tuntumaan. Pohjoiskärkeen suunniteltu 8 kerroksinen kerrostalo toimii kiintopisteenä ja alueen maamerkinä lähestyttäessä niin alueelle johtavaa uutta sisääntulotietä kuin Sahantietäkin pitkin. Eteläkärjen alue nivoutuu Pateniemen olevan pientaloalueen jatkeeksi ja Koivikko puolestaan täydentää Herukan pientaloalueen rakennetta. (Linja-arkkitehdit Oy 2013)



Kuva 2. Pateniemenrannan asemakaava-alue ja Pateniemen suuralue Oulun kaupunkirakenteessa. (Kartta Linja-arkkitehdit Oy 2014)

Taulukko 2. Pateniemenrannan asemakaava-alue, laskelma: korttelialueiden yhteenlasketut rakennusoikeudet 14.7.2014. (Lähde: Linja-Arkkitehdit Oy)

Alue	AO, kem ² tehokkuus e = 0,35	AP, kem ² tehokkuus e = 0,40	AR, kem ² tehokkuus e = 0,40	AKR, kem ² tehokkuus e = 0,50...0,75	AK, kem ² tehokkuus e = 0,80...0,90	P, kem ²	Asukkaita (noin)
"Eteläkärki"	15 890	27 618	0	0	0	0	870
"Pohjoiskärki"	4 277	0	0	8 375	46 998	0	1 195
"Koivikko"	0	12 850	21 904	0	3 188	0	760

Seuraavissa kappaleissa (4.1 – 4.5) käsitellään uusiutuvan energian eri muotoja (aurinkoenergia, tuulienergia, maa- ja kalliolämpö sekä bioenergia) siten, että ensin kyseisestä energiamuodosta on esitetty hyödyntämiseen liittyvää perustietoa. Tämän jälkeen on esitetty alueellista ja/tai valtakunnallista tietoa kohteista, joissa kyseistä energiamuotoa on käytetty. Kappaleessa 4.6 käsitellään lyhyesti kiinteistöjen jäähdytystä kaukojäähdytyksellä. Pateniemenrannan asemakaava-alueella jäähdytystarve arvioidaan pieneksi johtuen siitä, että alueelle on suunnitteilla lähes yksinomaan asuinkäyttöön tulevia rakennuksia, ei suuria liike- ja /tai toimistorakennuksia, joissa olisi merkittävä määrä erilaisia lämmönlähteitä.

4 Tarkastelussa mukana olleet energiamuodot

4.1 Kaukolämpö (ja sähkö)

4.1.1 Yleisesti

Kaukolämpö on yleisin lämmitysmuoto Suomessa. Vuonna 2012 noin 46 % Suomen lämmitysenergiasta tuotettiin kaukolämmöllä. Kaukolämpöverkko löytyy kaikkiaan 166 Suomen kunnasta. (Motiva Oy 2014a)

Kaukolämpöä tuotetaan **yhteistuotantolaitoksissa ja erillisissä lämpölaitoksissa**. Sähkön ja lämmön yhteistuotannossa otetaan talteen turbiineissa sähköntuotannon yhteydessä syntyvä hukkalämpö. Yhteistuotantoa pidetään energiatehokkaana tapana tuottaa energiaa ja sen osuus kaukolämmön tuotannossa on kasvanut merkittävästi viime vuosikymmeninä. Kaukolämmön polttoaineena käytetään pääasiassa maakaasua, kivihiiltä ja turvetta. Vuonna 2013 puusta tuli merkittävin kaukolämmön polttoaine. Suurin osa puupolttoaineesta on metsähaketta. (Motiva Oy 2014a)

Kaukolämpö siirretään kotitalouksiin kaksiputkista kaukolämpöverkkoa pitkin. Toisessa putkessa kuuma menovesi vie lämpöä asiakkaille, toisessa putkessa taas viileämpi lämpöä luovuttanut vesi palaa takaisin laitokselle. Putket ovat yleensä terästä ja ne on eristetty lämpöhäviöiden pienentämiseksi. Putket kaivetaan maahan 0,5 – 1 metrin syvyyteen. Verkostossa kiertävä vesi on puhdistettua ja siitä on poistettu mm. happi korroosion ehkäisemiseksi. Veteen lisätään usein myös väriainetta helpottamaan vuotojen havainnointia. (Motiva Oy 2014b)

Kaukolämpöverkosta lämpö siirretään talon lämmönjakokeskukseen, jossa on erilliset lämmönsiirtimet lämmitykselle ja lämpimälle käyttövedelle. Lämmönsiirrin erottaa kaukolämpöverkon ja talon lämmönjakojärjestelmän vedet toisistaan. Pientalon

lämmönjakokeskus on tehdasvalmisteinen kokonaisuus, johon kuuluu lämmönsiirtimien lisäksi säätölaitteet, kiertovesipumput, paisunta- ja varolaitteet, mittarit ja sulkuventtiilit. Kaukolämmöllä hoidetaan usein myös tuloilman jälkilämmitys ilmanvaihtolaitteessa. (Motiva Oy 2014 b)

Kaukolämmön hinta riippuu energiayhtiöstä ja tuotantotavasta (yhteistuotanto, erillistuotanto) ja se vaihtelee myös kunnittain. Käyttäjän kannalta kaukolämpö on hyvin vaivaton, sillä se ei vaadi juurikaan huolta tai ylläpitoa. (Motiva Oy 2014c)

4.1.2 Kaukolämpö Oulussa

Oulun Energia myy kaukolämpöä Ouluun, Haukiputaalle, Kiiminkiin ja Oulunsaloon. Oulun Energian kaukolämpö lämmittää noin 75 % oululaisten kodeista, liittymiä on noin 9 400. 92 % kaukolämmöstä tuotetaan Toppilan voimalaitoksissa energiataloudellisesti edullisena (hyötysuhde 85 %) lämmön ja sähkön yhteistuotantona. Kaukolämmön energiantuotannon polttoaineena käytetään oman maakunnan puuta ja turvetta. Puun osuus on nykyisin noin 36 %. Kivihiilen osuus Oulussa on 0 – 1 %. (Oulun Energia 2014)

Oulun Energian tuottamalle kaukolämmölle on korkean kotimaisuusasteen merkinä myönnetty oikeus käyttää Avainlipputunnusta. Lisäksi Oulun Energia valittiin syksyllä 2012 Reilu kaukolämpö –laatumerkkirytykseksi. (Oulun Energia 2014)

Taulukko 3. Oulun Energian kaukolämpö numeroina. (Oulun Energia 2014)

Tunnusluku	2013	2012	2011
Lämpöverkon kokonaispituus (km)	823	797	774
Asiakkaita*	9 353	9 098	8 752
Asuintalojen osuus lämmön kulutuksesta (%)	47,7	51,3	50,7
Kaukolämmön myynti (GWh)	1 457	1 562	1 480
Kaukolämmön tuotanto (GWh)	1 580	1 723	1 569
CO ₂ –päästöt, Toppila (g/kWh)	226	256	254

*Oulun Energia ja Haukiputaan Energia Oy yhteensä.

4.2 Aurinkoenergia

Auringosta saadaan energiaa niin paljon, että Suomenkin oloissa sitä kannattaa hyödyntää. Pimeästä talvesta huolimatta auringonsäteilyn määrä Suomessa on lähes samaa suuruusluokkaa kuin Keski-Euroopassa. Etelä-Suomessa vaakapinnalle kohdistuvan kokonaissäteilyn määrä on noin 1 000 kWh/m² ja Oulun seudulla noin 840 kWh/m² vuodessa. (Motiva Oy ja Oulun kaupunki 2014a)

Auringosta on saatavissa merkittävä hyöty sekä passiivisesti että aurinkopaneelien ja aurinkokeräinten avulla. Aurinkoenergiasta saatava hyöty riippuu rakennuksen käytöstä. Aurinkoenergian passiivisella hyödyntämisellä voidaan vähentää lämmitysenergian kulutusta erityisesti lämmityskauden alussa ja lopussa. Aurinkolämpö- ja aurinkosähköjärjestelmien tuotto on korkeimmillaan kesäaikaan, jolloin lämpimän käyttöveden ja sähkön kulutus on rakennuksissa vähäistä. (Oulun kaupunki 2014a)

Auringonsäteilyn sisältämän energian voi muokata joko lämmöksi tai sähköksi. Teknisesti kyse on kahdesta toistaan erilaisesta järjestelmästä. Molemmissa auringon sisältämä energia otetaan hyötykäyttöön säteilyä vastaanottavan pinnan avulla. (Motiva Oy)

Kun aurinkoenergia otetaan talteen lämpönä, laitetta kutsutaan aurinkokeräimeksi tai aurinkolämpökeräimeksi. Aurinkokeräimen sisällä on ilmaa tai nestettä, joka sitoo itseensä lämpöä auringon paisteesta. (Motiva Oy)

Sähkön tuottamiseen tarvitaan aurinkosähköpaneelia, joka muodostuu sarjaan kytketyistä aurinkokennoista. Auringonsäteilyn sisältämä energia saa jokaisessa aurinkokennossa aikaan valosähköisen ilmiön. Auringon paistaessa aurinkosähköpaneeli tuottaa jatkuvaa tasavirtaa,

joka voidaan muuntaa kotitalouksissa käytettäväksi vaihtovirraksi. (Motiva Oy)

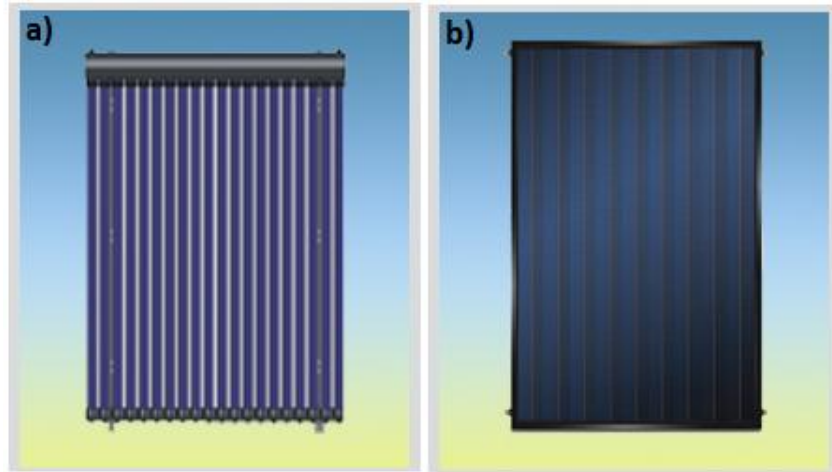
4.2.1 Aurinkolämpö

Suomessa aurinkolämpö soveltuu huonetilojen, käyttöveden tai vaikka uima-altaan lämmitykseen. Pientaloissa aurinkolämpö toimii usein lisälämmityksenä, jolloin varsinaisena lämmönlähteenä on öljy-, sähkö-, pelletti- tai puulämmitys, lämpöpumppuun perustuva lämmitys ja kaukolämpö. Käytettäessä aurinkolämpöä pientalon huonetilojen lämmittämiseen lämmönjako eri huoneisiin toimii parhaiten matalalämpöjärjestelmällä, kuten vesikiertoisena lattialämmityksenä, ilmalämmityksenä tai vesipatterilämmityksenä. (Motiva Oy)

Aurinkolämpöjärjestelmä muodostuu

- * aurinkolämpökeräimistä
- * lämmönsiirtimistä
- * lämminvesivaraajasta sekä
- * järjestelmän ohjaukseen ja säätöyksiköstä.

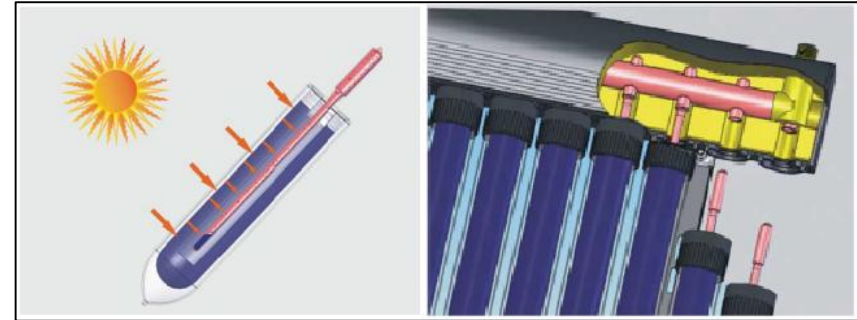
Auringonsäteily lämmittää keräimen mustaa adsorptiopintaa, joka sitoo itseensä energiaa ja kuumenee. Mahdollisimman tehokkaan lämmönsitovuuden saavuttamiseksi adsorptiopinnalle on asennettu selektiivinen pinnoite ja pinta on katettu joko karkaistulla lasilla tai muovilevyllä. Sekä pinnoite että kate ottavat hyvin sisäänsä säteilyenergiaa auringonsäteilyn aallonpituuksilla, mutta estävät mustan adsorptiolevyn lämpösäteilyä vuotamasta ulos. (Motiva Oy)



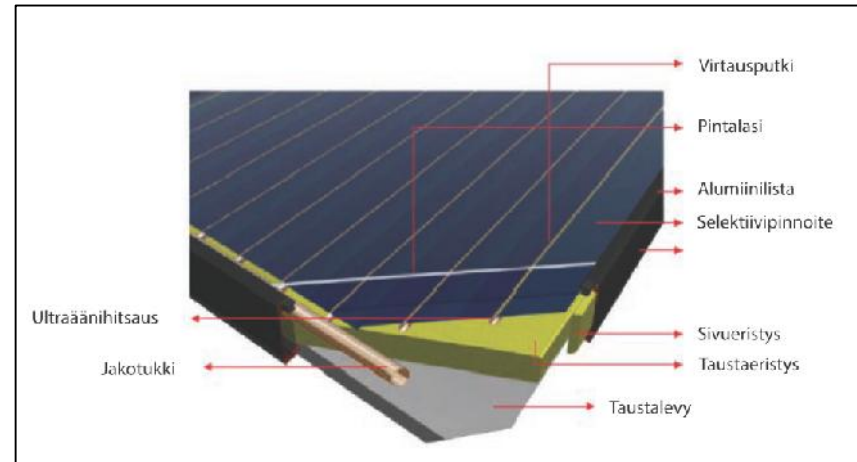
Kuva 4. Aurinkolämpökeräimiä a) tyhjöputkikeräin ja b) tasokeräin. (lähde: Novafuture Oy 2013)

Kuumeesta adsorptiolevystä lämpö siirtyy keräimen sisällä olevissa putkissa virtaavaan nesteeseen. Ympäri vuotisessa käytössä olevissa keräimissä nesteenä käytetään jäätymätöntä seosta. Kesäkäyttöön, esim. kesämökin tai uima-altaan lämmittämiseen tehokkain lämmönsiirtoneste on vesi. (Motiva Oy)

Esimerkiksi vesi-glyseroliseosta lämmönsiirtonesteinä käytettäessä, aurinkokeräimessä kiertävä neste erotetaan käyttövedestä ja varaajasta. Erottamiseen käytetään lämmönsiirrintä. Isoissa varaajissa (yli 500 litraa) sisään tuleva kylmä käyttövesi esilämmitetään aurinkolämmöllä varaajan alaosassa ja varsinainen lämmitys tapahtuu varaajan yläosassa. Kupariputkikerukka on yleisin käytössä oleva lämmönsiirrin. (Motiva Oy)



Kuva 5. Tyhjöputkikeräimen periaatekuva. (lähde: Novafuture Oy)



Kuva 6. Tasokeräimen periaatekuva. (lähde: Novafuture Oy, NOVA CLS – tasokeräin)

Kun vanhaan taloon asennetaan aurinkolämmitysjärjestelmää, tulee lämminvesivaraajassa olla tilaa aurinkokeräin- ja lämmönjakopiirien lämmönsiirtimille tai putkiyhteille. Paineistettua varaajaa käytetään, jos käyttövesi otetaan suoraan varaajasta. (Motiva Oy)

Lämmönsiirtimet ja putkiyhteet pyritään sijoittamaan siten, että lämpökerrostuneisuus säilyy, ettei varaajan alaosassa oleva kylmä vesi ja yläosassa oleva lämmin vesi sekoittuisi. Aurinkolämpöä hyödynnettäessä pystymallinen varaaja on yleensä toimivampi. (Motiva Oy)

Aurinkolämpöjärjestelmään kuuluva pumppu kierrättää lämpöä siirtävää nestettä keräinten ja varaajan lämmönsiirrinten välillä. Järjestelmään liitetty termostaatti säätelee pumpun käynnistymistä ja pysähtymistä. Järjestelmä on säädetty esimerkiksi niin, että pumppu käynnistyy ja lämmönsiirtoneste lähtee kiertämään, kun nesteen lämpötila on 5-10 °C korkeampi kuin lämpötila varaajassa. Vastaavasti pumppu pysähtyy, kun nesteen lämpötila keräimessä laskee alle varaajaan asetetun alemman asetuslämpötilan. Ohjauksikkoon varaajalle on asetettu myös maksimilämpötila. Jos tämä lämpötila ylittyy, pumppu pysähtyy estäen varaajan ylikuumenemisen. (Motiva Oy)

Järjestelmään kuuluvat myös paisuntasäiliö sekä tyhjennysventtiili ja varoventtiili, joka avautuu ylipaineella. (Motiva Oy)

4.2.2 Aurinkosähkö

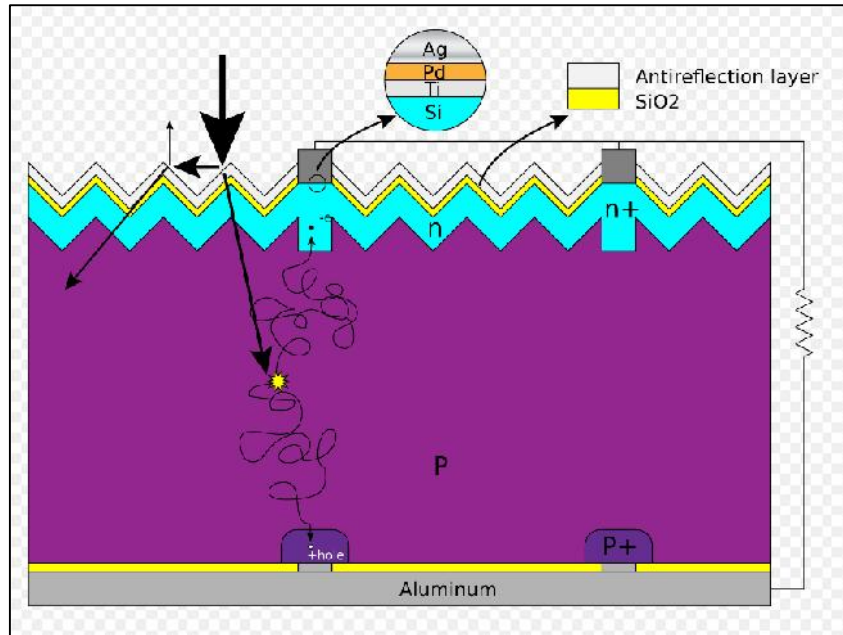
Aurinkosähköä tuotetaan aurinkopaneeleilla. Kytkemällä yhteen vakiokokoisia aurinkosähköpaneeleja saadaan kuhunkin kohteeseen rakennettua teholtaan ja jännitteeltään sopiva kokonaisuus. Auringosta saatavan sähköenergian määrään vaikuttaa säteilyteho ja aurinkopaneelin pinta-ala. Kennot kootaan tyypillisesti paneeleiksi, joiden nimellisteho on 50 – 200 W. (Motiva Oy)

Sähköä tuottavat aurinkokennot valmistetaan puolijohdemateriaaleista. Kennot koostuvat kahdesta toisistaan ominaisuuksiltaan eroavista kerroksista. Kun auringonvalo osuu

kennoon, elektronit vaeltavat kerrosten välisen rajapinnan yli ja kasautuvat sen toiselle puolelle. Tämä ns. valosähköinen ilmiö aiheuttaa kennoon sisäisen sähkökentän kerrosten yli. (Motiva Oy)



Kuva 7. Ylhäällä yksikiteisistä kennoista valmistettu aurinkopaneeli, alhaalla vasemmalla yksikiteisestä piistä ja oikealla monikiteisestä piistä tehty aurinkokenno. (lähde: Aurinkoenergia.fi, alkuperäinen kuva: @iStock.com/penfold)



Kuva 8. Kiteisen piihin pohjautuva aurinkosähkökenno. (lähde: Wikipedia, Solar cell)

Aurinkosähköpaneeli tuottaa tasasähköä. Tasasähkö voidaan muuntaa 230 V:n vaihtosähköksi vaihtosuuntaajan avulla. Järjestelmään kuuluu myös säätöjärjestelmä. Ellei järjestelmä ole kytkettynä verkkoon siihen kuuluu myös akusto, jonka avulla päivällä tuotettu energia on mahdollista varastoida akkuun pimeän ajan tarpeeseen. Vakiopaneelien jännitetaso on yleisesti mitoitettu lataamaan 12 V:n akkuja. (Motiva Oy)

Koska verkkoon syötettävästä sähköstä ei yleensä saada hyvää korvausta ja akut ovat kalliit, aurinkosähkö kannattaa ensisijaisesti pyrkiä käyttämään samassa rakennuksessa kuin missä se tuotetaan. Verkkoon myyty sähkö ei myöskään pienennä rakennuksen E-lukua

eikä sen lasketa pienentävän rakennuksen energiakäytön hiilijalanjälkeä. (Oulun kaupunki 2014b)

Aurinkosähköjärjestelmät soveltuvat hyvin rakennuksiin, joissa on paljon päivittäistä sähkönkulutusta maalisi- ja lokakuun välisenä aikana ja sähkönkulutus painottuu valoisaan vuorokaudenaikaan. Aurinkosähkö soveltuu hyvin myös rakennuksiin, joissa on jäähdytysjärjestelmä tai kylmälaitteita. Pohjoisessa sähkön kulutus ja aurinkosähkön tuotto tapahtuvat suurelta osin eriaikaisesti. Tuoton ja kulutuksen ajallista vastaavuutta on mahdollista parantaa paneelin suuntauksella, kulutuksen ohjauksella ja akuilla. Rakennuksen aurinkosähköjärjestelmän mitoitus voidaan toteuttaa kesäaikaisen pohjatehon mukaan tai päivittäisen käyttöprofiilin mukaan. Aurinkosähköjärjestelmän kanssa samaan vaiheeseen kannattaa kohdistaa kevät- ja kesäpäiviin kohdistuva kulutus (mm. viilennys), jatkuvasti päällä olevat laitteet (esim. kylmälaitteet, pumpput, ilmanvaihtokone), ajastettavissa olevat laitteet (mm. pyykinpesukone) sekä ladattavalla akulla varustetut laitteet. Suuremmat järjestelmät varustetaan yleensä kolmivaiheinvertterillä, jolloin tuotto jaetaan tasaisesti kolmelle vaiheelle. (Oulun kaupunki 2014 b)

4.2.3 Passiivinen aurinkoenergia

Passiivisessa aurinkoenergian hyödyntämisessä rakennus sijoitetaan ja suunnitellaan siten, että ikkunoista sisätiloihin tuleva auringon lämpöenergia pienentää tilojen lämmitystarvetta. Suomessa aurinkoenergiaa passiivisesti hyödyntäviä rakennuksia on toistaiseksi vähän. Hyödyntämisen lisäys vaatii suunnittelijan näkökulmasta usein kokonaisuuden hahmottamista uudesta näkökulmasta: auringon säteily ei ole pelkästään jäähdytystarvetta aiheuttava lämpökuorma vaan myös ilmaista lämpöenergiaa. (Oulun kaupunki 2014c)

Aurinkoenergian passiivinen hyödyntäminen on yleensä kannattavaa asuinrakennuksissa (erityisesti pientaloissa), joissa on keskelle päivää ajoittuvaa tilojen lämmitystarvetta syksyllä ja keväällä. Passiivinen hyödyntäminen edellyttää nopeasti reagoivaa ja tarkasti ohjattavaa lämmitysjärjestelmää. (Oulun kaupunki 2014c)

Passiivisen aurinkoenergian hyödyntämisessä tulee huomioida varjostus: sisätilojen yllämpeneminen kesällä estetään varjostamalla aurinkoiseen ilmansuuntaan suunnatut ikkunat siten, että auringonsäteily ei pääse sisätiloihin kesän kuumimpaan aikaan, mutta matalalta paistavan auringon ilmainen lämpöenergia saadaan hyödyksi erityisesti lämmityskauden alussa ja lopussa. (Oulun kaupunki 2014c)

4.2.4 Aurinkolämpö Oulussa

Oulun seudulla keräintyyppistä riippuen lämmöntuotto on noin 300 – 400 kWh/m² vuodessa. Aurinkolämmöllä voidaan tuottaa noin puolet omakotitalon käyttöveden lämmitysenergiasta ja noin 10 % omakotitalon tilojen lämmityksestä. Hyvä aurinkokeräin tuottaa Oulun seudulla huhtikuusta elokuuhun lämmintä käyttövettä päivittäin noin 30 litraa per keräineliometri. Vuosituotantoa ajatellen keräinten ihanteellisin kallistuskulma Oulun alueella on 45° – 60°. (Oulun kaupunki 2014d)

Aurinkokeräin tulee suunnata kaakkoon, etelään tai lounaaseen. Mitä enemmän keräimen suuntakulma poikkeaa etelästä kohti itää tai länttä, sitä paremmin toimii loiva kallistuskulma. Kevään ja syksyn aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää parhaiten jyrkällä kallistuskulmalla. Pystysuuntaisen keräimen tulee olla etelään suunnattu. Pystysuuntaisella keräimellä tuotto pysyy huhtikuusta elokuuhun melko vakiona ja kateaste voi omakotitaloissa nousta yli 50 %:n. (Oulun kaupunki 2014d)

4.2.5 Aurinkosähkö Oulussa

Aurinkosähköllä voidaan tuottaa Oulussa noin 115 kWh paneelineliometriä kohden, kun paneelin suuntaus ja kallistus ovat optimaaliset. 115 kWh:n tuotannossa on huomioitu invertterin hyötysuhde, paneelien lumipeite n. 4 kk ajan, paneelin likaantuminen sekä paneelin tuoton vähittäinen heikkeneminen käyttöiän myötä. On laskettu, että ilman lumipeitettä optimisuuntauksella Oulussa voitaisiin saavuttaa 140 kWh:n tuotto paneelineliometriä kohden. (Oulun kaupunki 2014b)

Taulukko 4. Aurinkopaneelien eri kallistuskulmilla ja eri suuntauksilla saavutettavat teoreettiset sähköntuotot aurinkopaneelin neliometriä kohden. (Oulun kaupunki 2014 b)

Kulma (°)	AURINKOPANEELIN TUOTTO (kWh/neliometri)				
	ERI SUUNTAKULMISSA				
	itä	kaakko	etelä	lounas	länsi
10	94	101	103	101	94
18	94	105	109	105	94
30	94	109	114	109	93
40	93	110	115	110	92
45	92	110	115	110	91
90	77	101	109	100	77

Suurin vuotuinen sähköntuotanto Oulun seudulla saavutetaan, kun suunnataan aurinkopaneelit kaakkoon, etelään tai lounaaseen ja ne asennetaan 18° – 45° kallistuskulmaan, optimaalisiin kallistuskulma lumipeite huomioiden on noin 40°. Pohjoisessa varteenotettava vaihtoehto on paneelin asentaminen pystysuuntaisesti. Eteläjulkisivuun pystysuuntaisesti asennettujen paneelien vuotuinen sähköntuotto jää Oulussa vain noin 5 % huonommaksi kuin optimikallistuskulmalla, kun huomioidaan talvikuukausien lumipeite. (Oulun kaupunki 2014b)

Pohjoisessa auringon säteily tulee matalammassa kulmassa etelään verrattuna. Täten varjostavien tekijöiden (rakennukset, puusto) vaikutus korostuu. Ympäristön varjostus leikkaa matalalta paistavan auringon säteilyä erityisesti talvikuukausien aikana. Kallistettujen paneelien osalta vaikutus on pienempi, koska näillä tuotto on arvioitu talvikuukausina lumipeitteen vuoksi muutoinkin nollassa. Vaikutus on siten suurempi pystysuuntaisesti asennettujen paneelien osalta. (Oulun kaupunki 2014b)

Asemakaavoituksessa aurinkotaloille osoitetaan sijainti, jossa ympäristön varjostus ei leikkaa aurinkosähköjärjestelmän tuottoa merkittävästi. Aurinkotalolle sopivana paikkana voidaan pitää rakennuspaikkaa, jossa ympäristön varjostus ei leikkaa sähkön vuosituotantoa yli 10 % enempää. (Oulun kaupunki 2014a)

4.2.6 Passiivinen aurinkoenergia Oulussa

Oululaisessa omakotitalossa on mahdollista pienentää vuotuista lämmitystarvetta jopa 24 % ikkunapinta-alasta ja energiatehokkuustasosta riippuen. Parhain hyöty saadaan, kun eniten aukotetun julkisivun suuntaus on etelään. (Oulun kaupunki 2014c)

4.3 Tuulienergia

Patenimenrannan asemakaava-alue sijoittuu Perämeren rannikolle, alueelle jossa lähtökohtaisesti tuulee hyvin. Alueelle ei ole kuitenkaan mahdollista sijoittaa ns. teollisen mittakaavan tuulivoimaloita (napakorkeus 100 – 140 m, roottorin halkaisija n. 100 – 130), joten tarkasteltavaksi vaihtoehdoksi jää tuulienergian hyödyntäminen pientuulivoimana.

Tuulivoimala on laite, joka muuttaa tuulen liike-energian käyttökelpoiseen muotoon useimmiten sähköksi. Pientuulivoimaloita ovat määritelmän mukaan voimalat, joiden potkurin pinta-ala on alle 200 m², joka käytännössä tarkoittaa nimellistehoaltaan alle 50 kW laitteita (Taulukko 5).

Taulukko 5. Eritehoisten voimaloiden kokoluokkia ja laskennallinen arvio vuosituotannosta. (Eklund 2011)

Potkurin halkaisija (m)	Potkurin pinta-ala m ²	Generaattorin koko (kW)	Laskennallinen vuosituotanto (kWh)
2 – 3	3,1 – 7,1	0,2 – 1	< 1 000
3 – 4	7,1 – 12,6	1 – 3	1 000 – 3 000
4 – 6	12,6 – 28,3	3 – 5	3 000 – 7 000
6 – 10	28,3 – 78,5	5 – 10	7 000 – 25 000

Tuulivoimala voi perustua kahteen toimintaperiaatteeseen. Vaaka-akselisissa voimaloissa (HAWT, Horizontal Axis Wind Turbine) toiminta perustuu lapoihin syntyvään aerodynaamiseen voimaan, joka saa potkurin pyörimään.

Toinen voimalatyyppi on pysty akselinen voimala (VAWT, Vertical Axis Wind Turbine), jossa toiminta perustuu joko tuulen työntävään vaikutukseen, aerodynaamiseen voimaan tai näiden yhdistelmiin. Yksi tunnetuimmista pysty akselisisistä voimaloista on Suomessa 1920 – luvulla kehitetty Savonius –tyypin voimala. Toinen pysty akselinen voimalatyyppi on Darrieus, jossa siivet pyörivät pystyasennossa. (Eklund 2011)

Pientuulivoimalalla on mahdollista tuottaa merkittävä osa kotitalouden sähköntarpeesta. Yleisesti arvioiden alle 2 000 watin (eli 2 kW) laitteet soveltuvat kesämökin valaistukseen ja elektroniikan tarpeisiin. (Motiva Oy & Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2010)



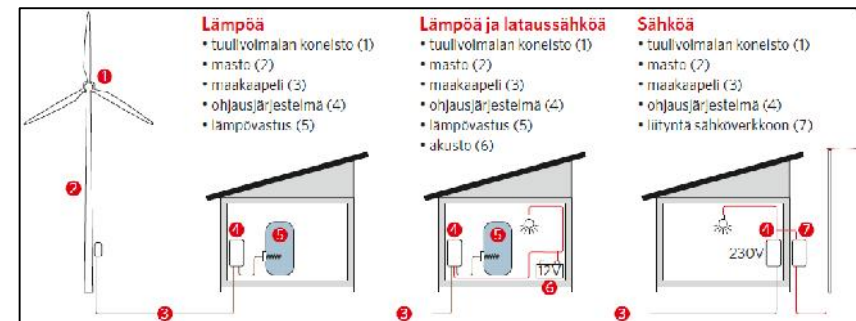
Kuva 9. Perinteinen potkurivoimala ja pysty akselinen voimala. (Kuvat Windspot ja Windside).

Hyvätuulisella alueella voidaan omakotitalokäytössä tuottaa jopa puolet omakotitalon valaistukseen ja laitteisiin kuluva sähköstä 2 kW:n voimalalla. (Motiva Oy & Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2010)

Isoimmilla voimaloilla (4 – 10 kW) voidaan hyvätuulisella paikalla ja korkealle sijoitettuna tuottaa normaalin omakotitalon kaiken valaistukseen ja laitteisiin kuluva sähkö sekä myös merkittävän osan lämmitysenergiatarpeesta. (Motiva Oy & Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2010)

Pientuulivoimaa käytetään Suomessa yleensä

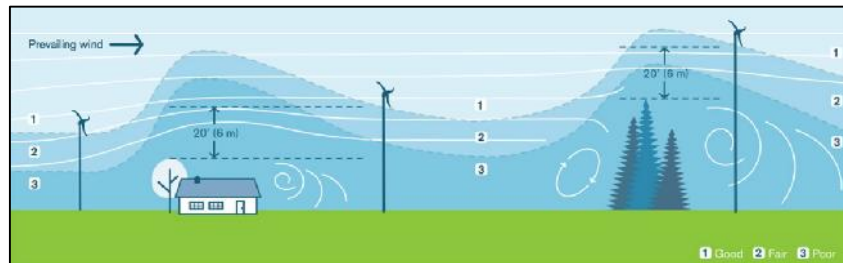
- * akkujen lataukseen ja niistä sähkön käyttö 12V, 24 V, 48 V tai 230 V – järjestelmissä
- * lämmitysenergian tuottamiseen rakennuksen lämmitysjärjestelmän vesi- tai massavaraajaan
- * lämmitysenergian tuottamiseen lämpimän käyttöveden varaajaan
- * suoraan sähköntuotantoon omakotitalon sähköverkkoon, jolloin voimalan sähkö muutetaan tavalliseksi verkkosähköksi ja voimala kytketään sulaketauluun. Ylijäämä syötetään sähköverkkoon ja alijäämä otetaan normaalisti sähköverkosta.



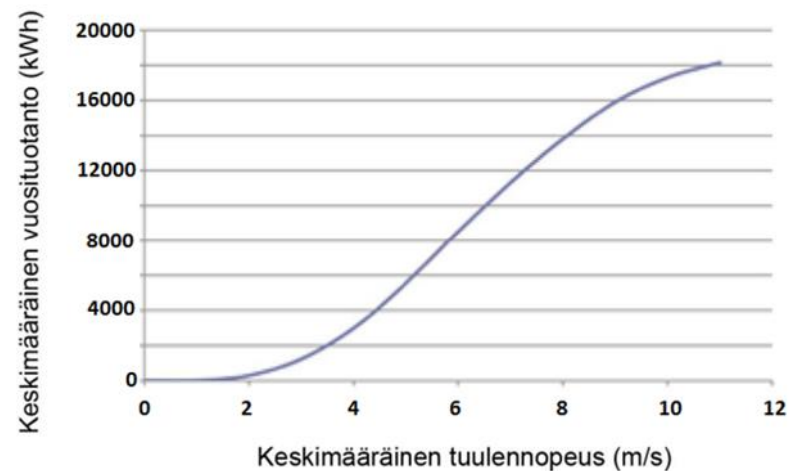
Kuva 10. Pientuulivoiman käyttömuodot Suomessa. (lähde: Finnwind Oy)

Tuulivoimala tarvitsee tuulta toimiakseen, joten voimalan sijoituspaikka vaikuttaa suuresti sen tuottoon (Kuva 11). Yleisenä sääntönä on, että voimala toimii hyvin paikassa, jossa vallitsevassa tuulensuunnassa on paljon avointa, esteetöntä aluetta, jolla tuuli voi kiihdyttää vauhtiaan. Tuulivoimaloille sopivia paikkoja ovatkin rannikko ja saaristo, vesistöjen ääret sekä peltoaukeat. Kaikkein parhaimpia paikkoja ovat kukkuloiden huiput, jolloin tuulella on mahdollista kerätä nopeutta noustessaan rinnettä ylös. (Eklund 2011)

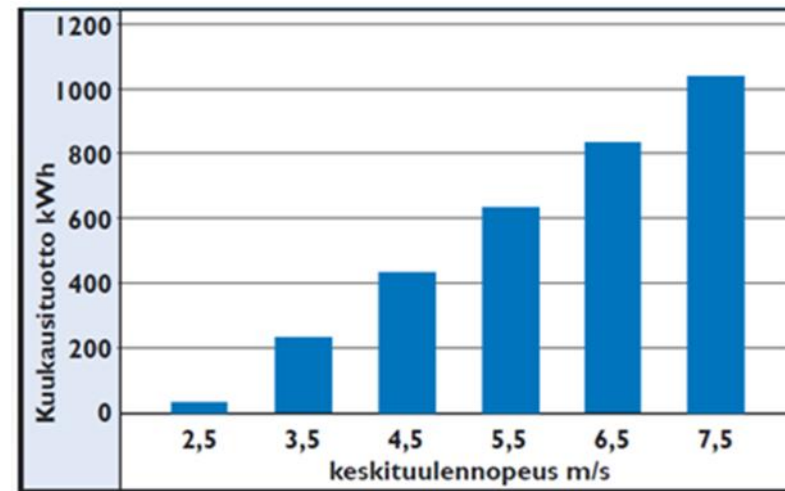
Kaikki esteet (puut, rakennukset) aiheuttavat tuuleen turbulenssia eli pyörteisyyttä, joka heikentää tuulen tehoa ja rasittaa voimalaa. Mikäli vallitsevan tuulen suunnalla on esteitä tuulivoimalan ja esteen välinen etäisyys tulisi olla 10 kertaa esteen korkeus. Jos voimala on rakennuksen tai metsän läheisyydessä tulisi voimalan olla kaksi kertaa esteen korkeudella tai vähintään 7 – 10 metriä estettä ylempänä. (Eklund 2011)



Kuva 11. Pientuulivoimalan sijoituspaikan vaikutus voimalan tuottoon. 1 = hyvä tuotto, 2 = kohtalainen tuotto ja 3 = heikko tuotto. (lähde: Esa Eklund 2012)

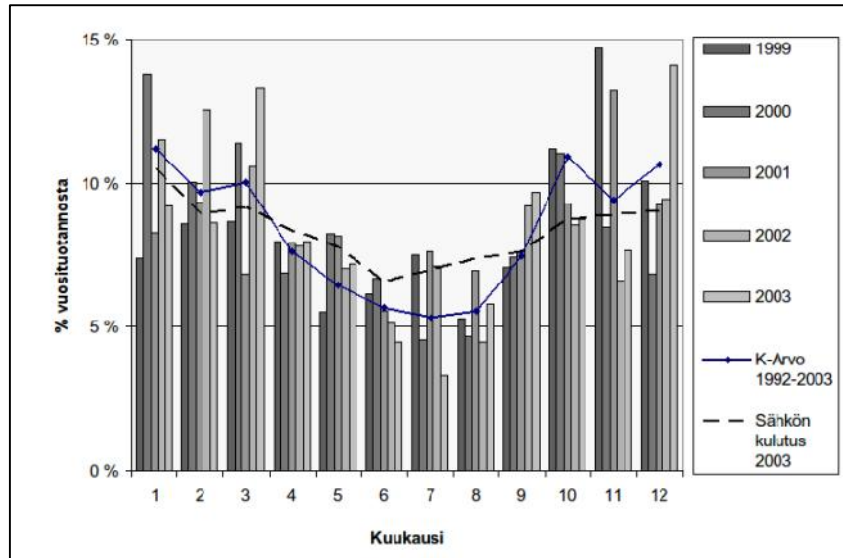


Kuva 12. Tuulivoimalan keskimääräinen vuosituotantokäyrä. (Eklund 2011)



Kuva 13. Pientuulivoimalan keskimääräinen energiantuotto kuukaudessa eri tuulennopeuksilla. (lähde: Finnwind Oy 2014)

Sähkön tuottaminen tuulivoimalla on kulutuksen näkökulmasta hyvä vaihtoehto, koska tuotanto korreloi hyvin kulutuksen kanssa. Kuva 14 on vuosituhannen vaihteesta, mutta edelleen ajankohtainen.



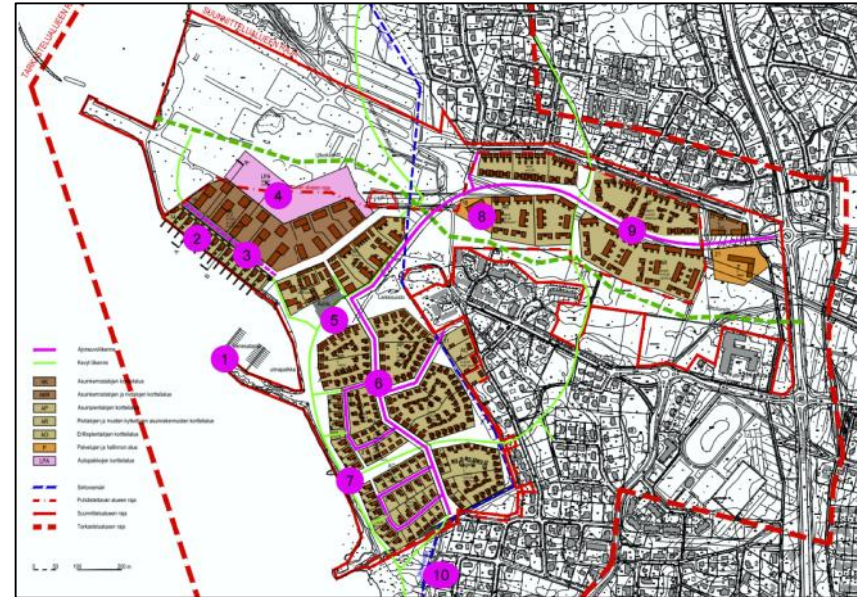
Kuva 14. Tuulisähkön tuotannon (1999 – 2003) ja sähkönkulutuksen suhteutuminen toisiinsa. (www.tuulivoimatieto.fi)

4.3.1 Tuulisuus Pateniemenrannassa

Pateniemenrannan ranta-alueella vallitsevat tuulensuunnat ovat lounas ja kaakko. Keskituulennopeus maanpinnalla on noin 3,7 m/s. Hetkellinen tuulennopeus Pateniemenrannassa ylittää 5 m/s noin 30 % ajasta arvioituna pitkän aikavälin tuulennopeusjakaumasta. Loppusyksystä ja alkutalvesta tuulennopeus voi hetkellisesti ylittää 20 m/s. (Pöyry Finland Oy 2013)

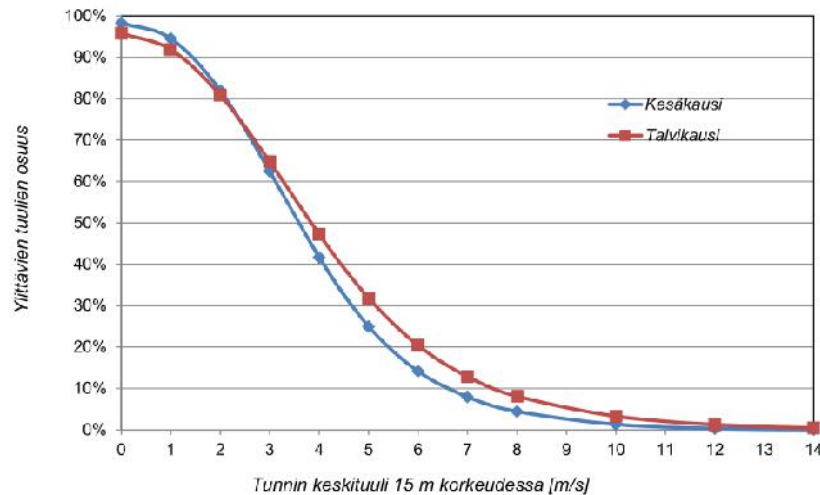
Pateniemenrannan kaava-alueen tuulisuutta arvioitiin teoreettisen mallinnuksen ja laskelmien avulla (WSP Finland Oy 2014). Tuulisuuden arviointiin valittiin kaava-alueelta 10 tarkastelupistettä (Kuva 15). Tuulisuuden arviointi tehtiin menetelmällä, joka perustuu kohdealueen perustuulisuuden laskentaan (ilman rakennusten paikallisia vaikutuksia) ja suunnitelman (kaavarungon) mukaisten rakennusten

vaikutusten laskentaan, kun käytössä on vastaavan tyyppisten kohteiden tuulitunnelikoetuloksia. Tarkastelussa huomioitiin erityisesti ympäristöään korkeamman rakennuksen vaikutus.



Kuva 15. Tuulisuuden laskentapisteen (kuva muokattu Linja-arkkitehtien aineistosta)

Tarkastelun mukaan tunnin keskituuli 5 m/s 15 metrin korkeudessa ylittyy Pateniemenrannassa talvikaudella noin 30 % ajasta ja kesäkaudella noin 25 % ajasta (Kuva 16).



Kuva 16. Perustuuolosuhteet kohdealueella summana kaikista tuulensuunnista 15 metrin korkeudella.

4.3.3 Pientuulivoiman hyödyntämiskohteita taajamissa

Tuulivoiman hyödyntäminen taajamissa ja talonrakennusalueilla on Suomessa vielä vähäistä. Yhtenä syynä pidetään hankkeiden kirjavia luvanvaraisuuden käytäntöjä. Lisäksi tuulivoimaa on arkkitehtonisesti vaikeampaa soveltaa osaksi kiinteistön ulkonäköä. (Smeds 2012)

Helsingin Viiki

Suomen energiatehokkain toimistorakennus sijaitsee Helsingin Viikissä. Viikin ympäristötalo kuluttaa energiaa alle puolet siitä mitä tavallinen toimisto. Osa toimistorakennuksessa käytettävästä sähköstä tuotetaan itse: eteläpuoleisella julkisivulla on 600 neliötä aurinkopaneeleja ja katolle on asennettuna neljä pientä tuuliturbiinia. (Maaseudun tulevaisuus 2012)



Kuva 17. Viikin ympäristötalon pientuulivoimaloita. (lähde: Maaseudun tulevaisuus 26.09.2012)

Raahen Kummatti

Kiinteistö Oy Kummattin hanke oli ensimmäinen Suomessa sijaitseva asuinkerrostalo, jonka katolle asennettiin pientuulivoimaloita. Tuulivoimajärjestelmä koostui kahdesta kahden kerrostalon katolle asennetusta nimellisteholtaan 2 kW:n pientuulivoimaloista. Voimat nousivat maan pinnasta mitattuna noin 40 metrin korkeuteen ja ne sijaitsivat noin kilometrin etäisyydellä merenrannasta. (Smeds 2012)

1.8.2011 – 31.7.2012 välisenä aikana tuulivoimalat tuottivat sähköä yhteensä 837 kWh. Molemmat voimalat tuottivat noin 0,8 % kiinteistön kuluttamasta sähköstä. Tuulivoimaloiden takaisinmaksuajaksi laskettiin 7 – 10 vuotta. (Smeds 2012)

Kummatin hanke kohtasi useita eri haasteita, joista suurimmaksi koettiin lupaprosessin hankaluus sekä selvien käytäntöjen puute. Tuulivoimalat poistettiin rakennusten katoilta 17.2.2014 ja kauppa purettiin voimaloiden toimimattomuuden ja luvattua huonomman tuoton vuoksi (Ilmarinen 2014).

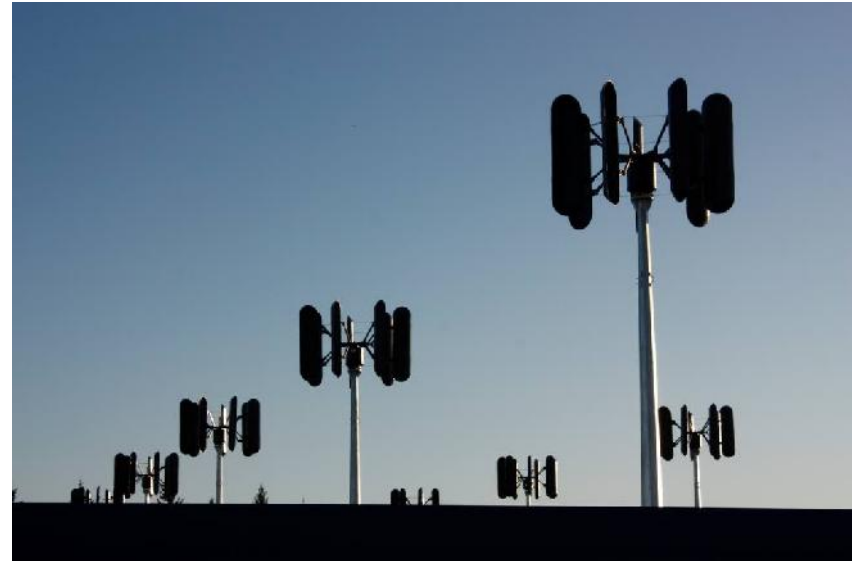


Kuva 18. Kummatin neljä pientuulivoimalaa. (lähde: Eklund 2012b)

Kuenhe+Nagel Vantaa

Logistiikkayrityksen Kuenhe+Nagelin rakennusten katolle Vantaalla on asennettu kymmenen nimellisteholtaan 2 kW:n tuuliturbiinia. Voimalat ovat pystyakselisia 6,5 metrin kuumasinkityn teräsmaston varaan asennettuja voimaloita, joiden siipien materiaali on kylmävalssattua terästä. Turbiinien halkaisija on 3,2 m. Voimaloiden tuotannon kerrotaan olleen 10 – 15 % toimistorakennuksen sähköntarpeesta. (Smeds 2012)

Pientuulivoimapuiston lupaprosessi oli sujuva vaikka puistoa puuhattiin aivan lentokentän tuntumaan. Myöskään Finavia ei asettanut mitään erityisvaatimuksia noin 7 metrisille viisisataa kiloa painaville kiinalaisturbiineille. Voimalat asennettiin kantaviin rakenteiden päälle. Tuulipuistolle tuli hintaa noin 200 000 euroa, johon saatiin TEM:ltä 20 % investointitukea. (Vantaan Sanomat 15.11.2011)



Kuva 19. Logistiikkakeskuksen katolla olevia voimaloita. (lähde: Vantaan Sanomat 15.11.2011/Armi Suojanen)

4.4 Geoenergia (maa- ja kalliolämpö sekä vesistölämpö)

Geoenergialla tarkoitetaan yleisellä tasolla kaikkea maa- ja kallioperästä sekä vesistöistä saatavaa lämmitys- ja jäähdytysenergiaa. Vakiintuneita termejä ovat maalämpö ja kalliolämpö sekä vesistölämpö, joilla eri lämmön lähteet erotetaan toisistaan niitä hyödyntävistä järjestelmistä puhuttaessa. (GTK 2013)

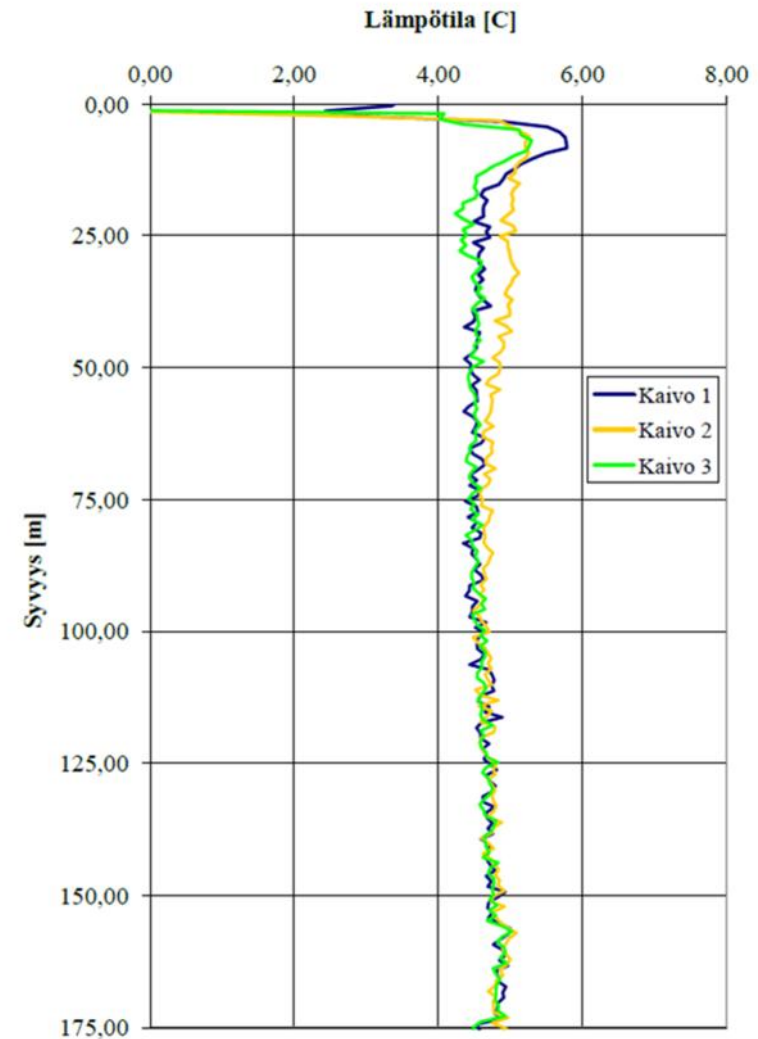
Suomen geoenergiaa kutsutaan ns. matalan lämpötilan geoenergiaksi, jonka hyödyntämiseen on käytettävä lämpöpumpua. Viilennystarkoituksessa on mahdollista hyödyntää ns. vapaakiertotekniikkaa. (GTK 2013)

Geoenergiaa voidaan käyttää kiinteistöjen lämmityksessä, käyttöveden lämmityksessä sekä kiinteistöjen viilennyksessä. Samaa putkistoa voidaan käyttää kesällä lämmennän kiertonesteen viilennykseen ja talvella kiertonesteen lämmittämiseen. (GTK 2013)

Geoenergiaa kerätään erilaisilla putkistojärjestelyillä. Maan pintaosaan on mahdollista asentaa ns. vaakaputkisto. Myös vesistöjen pohjaan tai vesistöjen pohjaosien sedimenttiin on asennettavissa vaakaputkistoa lämmön keräämiseksi. Nykyisin ylivoimaisesti suosituin tapa kerätä lämpöä on asentaa lämmönkeruuputkisto porakaivoon eli ns. lämpökaivoon. (GTK 2013)

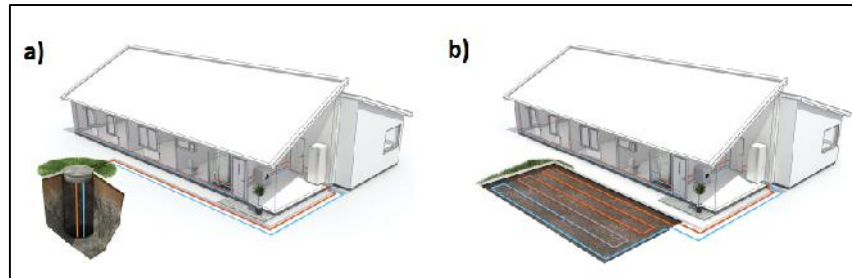
4.4.1 Maalämpö

Maankamaran pintaosassa lämpöenergia on peräisin auringosta ja syvemmällä maan sisäosista kohoavasta lämmöstä. Suomen olosuhteissa maankamaran lämpötila on keskimäärin 2 – 7 °C astetta. Oulun seudulla maankamaran pintaosassa lämpötila on keskimäärin 4 – 4,5 °C. Maankamaran pintaosan lämpötila vaihtelee melko suuresti johtuen vuodenaikaisvaihteluista, mutta jo noin 15 – 20 metrin syvyydessä lämpötila on suhteellisen vakio (Kuva 20).



Kuva 20. Maa/kallioperän lämpö eri syvyyksillä. (GTK 2013)

Maalämmön talteenotossa lämpöpumppu noutaa lämpöä, joka on varastoitunut auringon lämmöstä maahan tai kallioon kesällä. Lämmönkeruuputkisto voidaan asentaa joko pintamaahan tai pystysuoraan kallioon. Maalämpöä kerätään maahan kaivetulla usean sadan metrin pituisella muovisella vaakaputkistolla, joka on asennettu 0,7 – 1,2 metrin syvyyteen. (Motiva)



Kuva 21. Maa- ja kalliolämmön lämmönottotavat: a) pystyputkisto/kaivo ja b) vaakaputkisto. (lähde: NIBE Maalämpöpumppuopas)

Lämmönkeruuputkisto on polyeteeni-muovinen ns. mustaa muovia oleva putki, joka soveltuu sekä maa- että kalliolämmön talteenottoon. Lämmönsiirtonesteinä käytetään yleisesti denaturoitua etanolivesiseosta, joka on laimennettu 30 % väkevyyteen. Lämmönsiirtonesteen tulee kestää noin -15 ... -20 °C pakkasta. (GTK 2013)

Kun lämpöpumppu mitoitetaan taloudellisesti, se kattaa 40 – 60 % omakotitalon huipputehosta ja tuottaa 80 – 90 % lämmön tarpeesta. Loput tarvittavasta lämmöstä saadaan lämpöpumppuun asennetuilla sähkövastuksilla tai puulla. (Motiva)

Pinta-alaltaan 100 - 150 m²:n talossa lämpöpumpun teho on 3,5 – 5,0 kW. Pintamaa asennuksessa tarvitaan 200 – 400 m keruuputkistoa, joka mahtuu 300 – 1000 m²:n pinta-alalle. (Motiva)

4.4.2 Kalliolämpö

Kallioperän lämpötila kasvaa syvemmälle mentäessä. Kasvua kuvaava geoterminen gradientti on Suomessa noin 0,8 – 1,5 °C /100 metriä, eli

karkeasti lämpötila nousee asteen sataa metriä kohden. Erot jopa saman alueen kallioperään porattujen kaivojen lämpötilaprofiileissa johtuvat yleensä siitä, että aurinko on päässyt lämmittämään eri tavoin lähellä toisiaan olevia kaivoja: toinen kaivo on esimerkiksi asfalttikentän vieressä ja toinen kaivo metsän varjostamana. (GTK 2013)

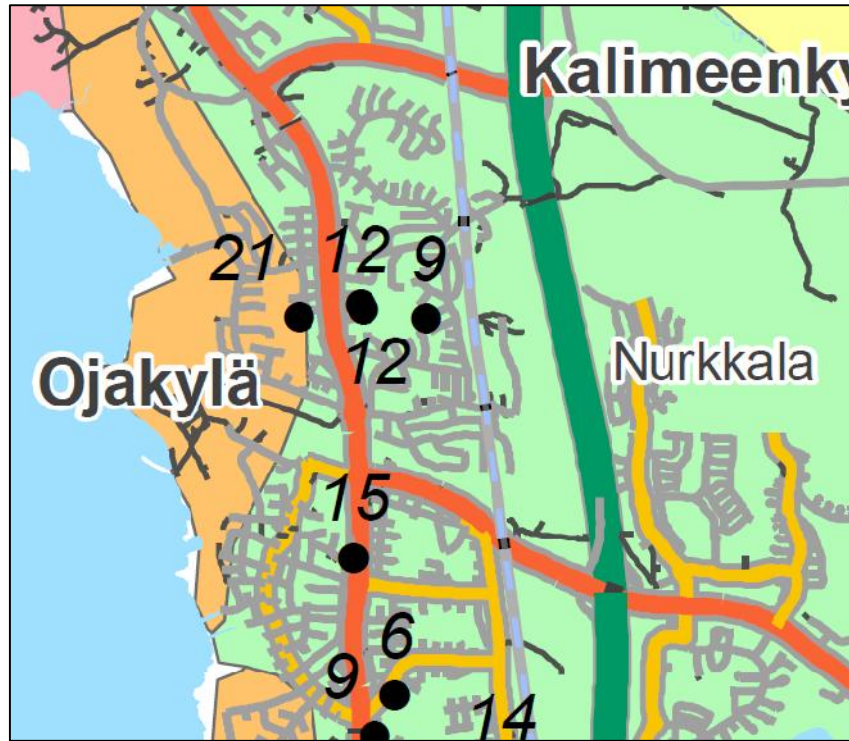
Kalliolämmön talteenotossa lämpöpumppu noutaa lämpöä syvältä kallioista, jossa lämpötila pysyy käytännössä lähes vakiona ympärivuoden. Pystyputkisto upotetaan halkaisijaltaan 10 – 15 cm:n porareikään, jonka syvyys on yleensä 60 – 150 m. Pystyputkistosta saadaan vaakaputkistoa suurempi energiamäärä putkimetriä kohti ja sen tekeminen käy työpäivän aikana tonttia rikkomatta. (Motiva)

4.4.3 Oulun geoenergiapotentiaali

Geologian tutkimuskeskus teki vuonna 2013 Oulun alueen geoenergiapotentiaalikartoituksen. Kartoitus perustui olemassa olevan aineiston tutkimiseen (maa- ja kallioperä, luotaukset jne). Kartoituksen yhteydessä ei toteutettu maastotutkimuksia.

Kartoituksen mukaan Oulun alueen geoenergiapotentiaali on pääosin hyvä. Geoenergian hyödyntäminen on selvityksen mukaan laajoilla alueilla mahdollista ja se antaa hyvän mahdollisuuden eri energiamuotojen vertailuun lämmitys- ja viilennystekniikkaa valittaessa. (GTK 2013)

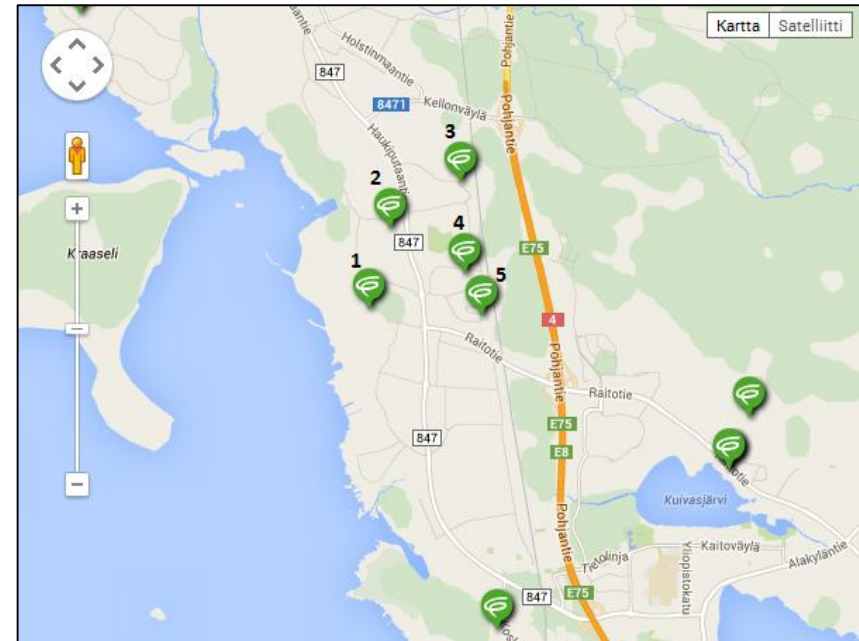
Kallioperän ominaisuuksien perusteella parhaita alueita ovat Kiimingin Välikylän – Huttukylän alueen kvartsiittialue sekä Oulun ja Muhoksen graniittialueet. Pateniemenrannan asemakaava-alue sijoittuu kartoituksen mukaan alueelle, jossa geoenergiapotentiaali on tyydyttävä (Kuva 22). (GTK 2013)



Kuva 22. Pateniemen alueen geoenergiapotentiaali; vihreä = hyvä, keltainen = kohtalainen, oranssi = tyydyttävä ja vaaleanpunainen = heikko (GTK 2013).

4.4.4 Lämpökaivot Oulussa

Ouluun ja sen lähiympäristöön on asennettu useita lämpökaivoja, yksinomaan GeoDrill on asentanut Oulun alueelle lähes 50 lämpökaivoa. Näistä lähimmät sijaitsevat alle kilometrin etäisyydellä Pateniemenrannan asemakaava-alueesta. Kaivojen syvyys vaihtelee 150 – 200 metriin. Kaivojen lämmöntuotosta ei ole tietoja.



Kuva 23. Pateniemenrannan asemakaava-alueen lähimmät tiedossa olevat lämpökaivot. (lähde: GeoDrill Oy 2015)

Taulukko 6. Pateniemenrannan asemakaava-alueen lähimpien tiedossa olevien maalämpökaivojen tietoja. (GeoDrill Oy 2015)

Kaivo	Kaivon syvyys	Syvyys kalliioon	Rakennus-tyyppi	Uusi/saneeraus
1	200 m	12 m	muu	saneeraus
2	160 m	21 m	omakotitalo	saneeraus
3	185 m	13 m	omakotitalo	saneeraus
4	190 m	6 m	omakotitalo	saneeraus
5	150 m	6 m	omakotitalo	saneeraus

4.5 Bioenergia

Bioenergia on ympäristöystävällistä puhdasta uusiutuvaa energiaa, jota saadaan erilaisista biomassoista kuten puusta, peltokasveista ja bioperäisistä jätteistä. (Motiva Oy 2014, Bioenergian käyttö)

Biomassan osuus Suomessa energian kokonaiskulutuksesta on teollisuusmaiden korkein ja puun merkitys on keskeinen. Vuonna 2012 puun osuus Suomen energian kokonaiskulutuksesta oli 24 %. Suomen uusiutuvan energian käytöstä puun osuus oli 77 %. (Motiva Oy 2014, Bioenergian käyttö)

Suurin osa puuenergiasta tuotetaan hyödyntämällä puunjalostusteollisuuden sivuvirtoja kuten kuorta, sahanpurua ja selluntuotannossa syntyvää mustalipeää. Puunjalostusteollisuuden sivuvirtojen ohella puuenergiaa tuotetaan suoraan metsästä korjattavasta energiapuusta, jota kutsutaan myös metsäpolttoaineeksi. Energiapuusta tehdyn metsähakkeen käyttö on kasvanut viimeisen kymmenen vuoden aikana hyvin nopeasti noin 400 000 kiintokuutiometriä vuodessa. Metsähaketta käyttäviä lämpö- ja sähkövoimalaitoksia on Suomessa tällä hetkellä vajaat 800, puupellettiä ja –brikettiä polttavia laitoksia vajaat 200 sekä kierrätyspuuta hyödyntäviä laitoksia runsaat 70. (Motiva Oy 2014, Puuenergian käyttö)

Peltobiomassoilla, kierrätyspolttoaineilla, biopohjaisilla polttonesteillä ja biokaasulla tuotetun energian merkitys on toistaiseksi ollut vähäistä koko energiantuotannossa. Niiden merkitys on kuitenkin ollut kasvamassa. (Motiva Oy 2014, Bioenergian käyttö)

Bioenergiaa on mahdollista hyödyntää useassa eri muodossa (kiinteänä, nestemäisenä, kaasuna). Bioenergiaa on hyödynnetty jo pitkään, mistä syystä tuotantotekniikka on vakiintunutta. Suomessa

bioenergiaa hyödynnetään sekä lämmön että sähkön ja lämmön yhteistuotannossa. Myös kiinteistökohtaisen hyödyntämisen merkitys on suuri. (Motiva Oy 2014, Bioenergian tuotantotekniikka)

Pienen kokoluokan sähkön- ja lämmöntuotannolla (Pien-CHP) tarkoitetaan yleensä pienvoimalaa, jonka sähköntuotantoteho on 1 – 2 MW (lämpöteho tällöin 3 – 5 MWh). Pien-CHP laitoksen ylimmäksi nimellistehoksi katsotaan alle 20 MW. (Motiva Oy 2014, Pien-CHP)

Pien-CHP tuotetaan pääosin neljällä eri perustekniikalla

- polttomoottorit ja kaasuturbiinit
- höyryturbiinit ja muut höyryvoimalaitteet
- muut välittäjäaineisiin liittyvät tekniikat
- polttokennot

Tällä hetkellä toimivin pien-CHP ratkaisu on sähkön ja lämmön tuottaminen biokaasulla polttomoottorissa tai kaasuturbiinissa. Anaerobisessa biokaasureaktorissa tuotettu kaasu on helppo puhdistaa polttomoottori/kaasuturbiinikelpoiseksi. Menetelmä on käytössä jätevedenpuhdistamoiden ja kaatopaikkojen sekä maatilojen yhteydessä, joissa tarvittava polttoaine saadaan läheltä. (Motiva Oy 2014, Pien-CHP)

Höyryturbiinit/höyryvoimalaitteet ovat yleisesti käytössä suuren kokoluokan energiantuotantolaitoksissa. Noin 1 MW:n höyryturbiini-, höyrykone- ja –moottorivoimaloita on otettu käyttöön viime vuosina, mutta niiden käytössä on ilmennyt teknisiä ongelmia. Tavallisesti näissä pien-CHP laitoksissa energia tuotetaan hakekattilalla. (Motiva Oy 2014, Pien-CHP)

Stirlingmoottorit ja orc –teknologia käyttävät välittäjäainetta sähkön ja lämmön tuottamiseksi. Stirlingmoottori on itsessään vanha keksintö,

mutta sen käyttöä CHP –laitoksissa tutkitaan ja kokeillaan vasta nyt. Kokeilussa olevat laitokset ovat kokoluokaltaan 10 – 100 kW niissä voidaan käyttää kaikkia tarjolla olevia biopolttoaineita. (Motiva Oy 2014, Pien-CHP)

Orc –teknologiaan perustuvia kokeilu- ja esimerkkikohteita on joitakin Keski- ja Etelä-Euroopassa. Laitoskoko vaihtelee 500 – 1 500 kW ja niissä hyödynnetään orgaanisen välitysaineen muutosta nesteolomuodon ja kaasun välillä. (Motiva Oy 2014, Pien-CHP)

Polttokennot ovat aktiivisen tutkimuksen ja kehittämisen kohteena varsinkin autojen energialähteeksi. Sähkön ja lämmön tuottamiseen liittyen on olemassa laitoksia, joiden käyttöaineena on vety. Maa- ja biokaasuun liittyen on kehitteillä laitoksia, joilla voidaan päästä jopa kiinteistökohtaisiin energiantuotantoyksiköihin. Ongelmana on tällä hetkellä vielä laitosten korkea hinta. (Motiva Oy 2014, Pien-CHP)

4.5.1 Pien-CHP:n esimerkkikohteita

Kempeleen Ekokortteli

Kempeleessä toimii maan ensimmäinen matalaenergiatekniikkaan ja omaan sähkön- ja lämmöntuotantoon perustuva pientalokortteli. Ekokorttelin tavoitteita olivat uusiutuvaan, kotimaiseen polttoaineeseen perustuva omavarainen energiantuotanto, energian säästäminen sekä toimiminen pilottialueen energiantuotannossa ja tarvittavan teknologian kehittämisessä. (Fortel 2011)

Talojen tarvitsema sähkö- ja lämpöenergia tuotetaan itse puuhakkeesta ja tuulivoimalalla. Puuhake kaasutetaan ja puukaasu poltetaan generaattorilla sähköksi ja lämmöksi. Lämpö varastoidaan 10 m³ lämminvesivaraajaan, josta se siirretään taloihin matalalämpöverkoissa. Lämmin vesi hyödynnetään ilman

lämmönvaihtimia vesikiertoisessa lattialämmityksessä. Lisä/varasähkö tuotetaan 20 kW tuulivoimalalla, johon on kytkettynä akusto, jonka kapasiteetti vastaa n. 24 tunnin kulutusta. Lisäksi varavoimana on biodieseliä polttava dieselgeneraattori. (Fortel 2011, Gaia 2011)

Suomen Rakennusinsinöörien liitto (RIL) valitsi ekokylän vuoden merkityksellisimmäksi rakennuskohteeksi Suomessa vuonna 2010.



Kuva 24. Kempeleen ekokortteli. (Lähde: finland.fi/Fortel Invest Oy)

Kangasalan yhteiskylä

Kangasalan yhteiskylä on yhdeksän talon kylä. Talot ovat puurakenteisia ”rintamamiestyyppisiä” taloja. Taloissa on käytetty luonnonmateriaaleja ja kierrätettyjä rakennusmateriaaleja.

Kangasalan yhteiskylässä lämpö saadaan omasta aluelämpökeskuksesta, jossa on polttoaineena puuhake. Lämmityksen tukena kaikissa taloissa on omat tulisijat. Kylällä on yhteinen sähköliittymä valtakunnan verkkoon, josta hankittu sähkö on tuulisähköä. (Gaia 2011)



Kuva 25. Havainnekuva yhteiskylän taloista. (Alkuperäinen kuva: Outi Palttala)

4.6 Kaukojäähdytys

Kiinteistöjen kaukojäähdytys yleistyy varsinkin suurimmissa kaupungeissa. Helsingissä jäädytysenergiaa on myyty jo toistakymmentä vuotta ja nykyään kaukokylmää tarjotaan kahdeksalla paikkakunnalla Helsingissä, Turussa, Lahdessa, Heinolassa, Lempäälässä, Espoossa, Tampereella ja Porissa.

Kaukojäähdytyksellä tarkoitetaan keskitetyssä tuotantolaitoksessa tuotetun jäädytetyn veden jakelua putkiston välityksellä useille kiinteistöille ilmastoinnin jäähdytykseen. (Energiateollisuus ry)

Kaukojäähdytys soveltuu kaikentyyppisille kiinteistöille kuten toimistoille, liikekiinteistöille, kauppakeskuksille ja asuinkiinteistöille.

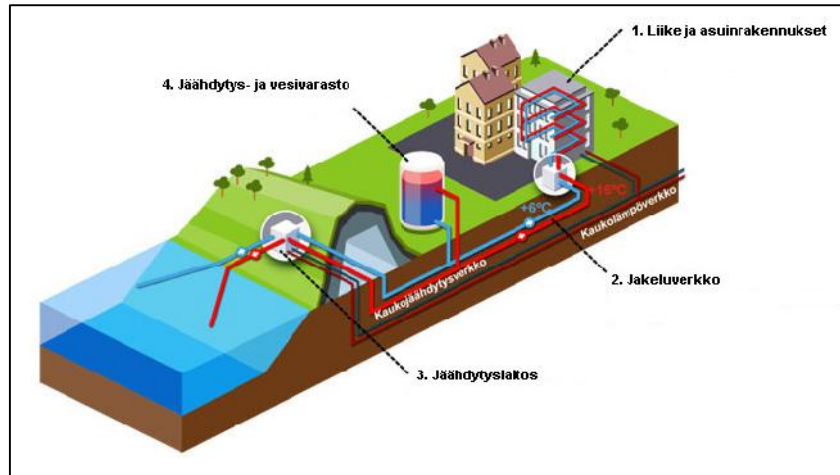
Kaukojäähdytystä käyttävät rakennukset hyötyvät jäähdytyksestä monin tavoin mm. jäähdytyskoneiden aiheuttama melu ja värinä vältetään, koneille varatut tilat vapautuvat muuhun käyttöön eikä tarvita jäähdytyskoneiden huoltoa eikä kunnossapitoa. (Energiateollisuus ry)

Rakennusten ja kiinteistöjen jäähdytystarve johtuu paitsi auringosta myös rakennusten sisäisistä lämmönlähteistä kuten koneista, tietokoneista ja muista sähkölaitteista. Kylmänä aikana rakennuksissa voi ilmetä lämmityksen lisäksi jäähdytystarvetta. (Energiateollisuus ry)

Kaukojäähdytysenergia voidaan tuottaa usealla vaihtoehdoisella tavalla:

- vapaajäähdytys (luonnon omien energiavarojen hyödyntäminen, vesistöt)
- absorptiojäähdytyskoneet
- kompressoritekniikka
- lämpöpumput

Jäähdytysenergia toimitetaan asiakkaille menoputkea pitkin jäädytetyn veden avulla. Jäähdytysvesi käsitellään samoin kuin kaukolämpövesi. Lämmennyt vesi johdetaan paluuputkea pitkin takaisin jäähdytyslaitokselle, jossa sama vesi jäädytetään uudelleen. (Energiateollisuus ry)



Kuva 24. Kaukojäähdytyksen toimintaperiaate. (Wikipedia)

Kuvassa 24

- 1) rakennukseen virtaa kellarin kaukojäähdytyslaitteiston kautta kylmää vettä, joka jäähdyttää huoneistoja, vesi lämpenee
- 2) lämmennyt vesi virtaa rakennuksesta jakeluverkkoa pitkin jäähdytyslaitokseen
- 3) jäähdytyslaitoksessa lämmin vesi johdetaan hyötykäyttöön kaukolämpöverkkoon. Vesi voidaan jäähdyttää myös mereen vedetyssä putkessa, jos lämmölle ei ole sillä hetkellä hyötykäyttöä
- 4) jäähdytyslaitoksessa kylmä vesi menee varastoon ja varastosta taas takaisin viilentämään kiinteistöjä

Kiinteistöille toimitettavan jäähdytysveden lämpötila vaihtelee eri kaukolämpöjärjestelmissä, esim. vapaajäähdytyksellä jäähdytysenergiaa tuotettaessa jäähdytysveden lämpötila on 8 astetta. (Energiateollisuus ry)

4.7.1 Kaukojäähdytys Oulussa

Oulun keskustan kaukojäähdytystarvetta tutkittiin vuonna 2011. Kaukojäähdytyksen kartoitus tuli ajankohtaiseksi Kivisydämen (kallioparkki) rakentamispäätöksen yhteydessä. Oulun keskustan kehittämissuunnitelmien myötä jäähdytystä tarvitsevien kohteiden määrä keskustassa tulee lisääntymään, mutta jää selvityksen mukaan silti pieneksi verrattuna mm. Helsingin, Turun tai Tampereen vastaaviin kohteisiin. Diplomityönä toteutetussa tutkimuksessa selvitettiin alustavasti mahdollisuutta sijoittaa kaukojäähdytyksen tuotantoyksiköt sekä jakeluverkoston runkoputkistot kallioiloihin. (Oulun Energia 2011)

Oulun ongelmia kaukojäähdytyksen suhteen ovat isojen asiakkaiden puute ja liian lämpimät lähivesistöt. Oulussa suuret käyttökohteet sijaitsevat aika kaukana toisistaan. Lisäksi Oulusta puuttuu luonnollinen kylmän lähde, meri Oulun edustalla on hyvin matala ja se lämpenee kesäaikana voimakkaasti, jolloin sitä ei voida käyttää kylmän lähteenä. (Yle Oulu 31.7.2014)

Keskustan lisäksi kartoituksia on tehty mm. Kontinkankaan suunnalla ja parhailaan Oulun Energia kartoittaa mahdollisia kaukokylmän aloituskohteita Linnanmaan ja Teknologiakylän suunnalta. (Yle Oulu 31.7.2014)

5 Laskennallinen arvio Pateniemenrannan kaava-alueen rakennusten kokonaisenergiatarpeesta

Tämä tarkastelu rajautuu koskemaan ainoastaan rakennusten kokonaisenergiatarvetta. Rakennusten kokonaisenergiankulutus voidaan jakaa tilojen/rakennuksen lämmitykseen, käyttöveden lämmitykseen sekä sähkönkulutukseen. Asuinrakennusten sähkönkulutus jaetaan kiinteistösähköön ja käyttäjäsähköön. Kiinteistösähkö koostuu ilmanvaihtoon ja muihin taloteknisiin laitteisiin kuluva sähköstä ja sen osuus rakennuksen sähkönkulutuksesta on noin 30 %. Käyttäjäsähkön kulutus muodostuu kotitalouksien muista kuin taloteknisistä sähkölaitteista. Kotitalouksien kulutukseltaan kolme suurinta laiteryhmää ovat valaistus, kylmälaitteet ja kodinelektroniikka.

Pateniemenrannan kaava-alueen rakennusten kokonaisenergiatarve arvioitiin ns. normitaloille (2010), matalaenergiataloille sekä passiivitaloille. Taulukossa 7 on esitetty laskelmissa käytetyt energiankäytön kulutustasot. Kulutustasoina käytettiin Motivan Energiatehokas koti –sivustolta saatuja kulutustietoja (Energiatehokkuuteen liittyviä ohjearvoja). Kulutustasoja ei lähdetty erittelemään kerros-, omakoti-, rivi- tai palvelutaloille vaan kaikille talotyypeille käytettiin samoja kulutustasoja. Laitesähkön osuus jaettiin kiinteistösähköön ja käyttäjäsähköön aiemman arvion mukaan, siten että kiinteistösähkön osuus olisi noin 30 % rakennuksen kokonaissähkönkulutuksesta.

Aluekohtaisissa laskelmissa (kappaleet 5.1 – 5.3) käytetyt kerrosalat ovat kaavarunkovaiheessa esitetyt kerrosalat.

Taulukko 7. Laskelmissa käytetyt energiankäytön kulutustasot eri ”talotyypeillä”.

Energiankulutus	Normitalo 2010	Matalaenergiatalo	Passiivitalo
Huonetilojen lämmitys (kWh/m ² a)	100 - 110	26 - 50	15 - 25
Lämmin käyttövesi (kWh/m ² a)	30	20 - 25	20 - 25
Kiinteistösähkö (kWh/m ² a)	8 - 11	9 - 11	8 - 11
Käyttäjäsähkö (kWh/m ² a)	17 - 24	21 - 24	17 - 24
Energiatodistusluokka	B	A	A
Kokonaisenergiankulutus (kWh/m ² a)	155 - 175	76 - 110	60 - 85

5.1 Pohjoiskärki

Pohjoiskärjen alueelle on suunnitteilla kaikkiaan 46 rakennusta ja niiden yhteenlaskettu kerrosala on noin 59 672 m². Rakennuksista pientaloja/omakotitaloja (AO) on kaikkiaan vain 13 valtaosan ollessa kerrostaloja. Laskennallisen arvion mukaan rakennusten kokonaisenergiantarve Pohjoiskärjen alueella vaihtelee talotyyppistä (normitalo/matalaenergiatalo/passiivitalo) riippuen 3 585 – 10 440 MWh:n vuodessa (Taulukko 8).

Taulukko 8. Laskennallinen arvio Pohjoiskärjen alueen kokonaisenergiantarpeesta (MWh/a).

Energiankulutus	kem ²	Normitalo 2010 (MWh/a)	Matalaenergiatalo (MWh/a)	Passiivitalo (MWh/a)
Huoneilojen lämmitys	59 672	5 965 – 6 565	1 550 – 2 985	895 – 1 490
Lämmin käyttövesi	59 672	1 790	1 195 – 1 490	1 195 – 1 490
Kiinteistösähkö	59 672	480 - 655	535 – 655	480 - 655
Käyttäjäsähkö	59 672	1 015 – 1 430	1 255 – 1 430	1 015 – 1 430
Yhteensä	59 672	9 250 – 10 440	4 535 – 6 560	3 585 – 5 065

5.2 Eteläkärki

Eteläkärjen alueelle on asuinrakennuksia suunnitteilla kaikkiaan 184 ja niiden yhteenlaskettu kerrosala on noin 43 509 m². Alueen kaikki rakennukset ovat pientaloja/omakotitaloja (AO/AP). Laskennallisen arvion mukaan rakennusten kokonaisenergiantarve Eteläkärjen alueella vaihtelee talotyyppistä (normitalo/matalaenergiatalo/passiivitalo) riippuen 2 615 – 7 615 MWh:n vuodessa (Taulukko 9).

Taulukko 9. Laskennallinen arvio Eteläkärjen alueen kokonaisenergiatarpeesta (MWh/a).

Energiankulutus	kem ²	Normitalo 2010 (MWh/a)	Matalaenergiatalo (MWh/a)	Passiivitalo (MWh/a)
Huoneilojen lämmitys	43 509	4 350 – 4 785	1 130 – 2 175	655 – 1 090
Lämmin käyttövesi	43 509	1 305	870 – 1 090	870 – 1 090
Kiinteistösähkö	43 509	350 – 480	390 – 480	350 – 480
Käyttäjäsähkö	43 509	740 – 1 045	915 – 1 045	740 – 1 045
Yhteensä	43 509	6 745 – 7 615	3 305 – 4 790	2 615 – 3 705

5.3 Koivikko

Koivikon alueelle on suunnitteilla kaikkiaan 125 rakennusta, joista asuinrakennuksia on 122. Yhteenlaskettu kerrosala on noin 70 743 m². Valtaosa rakennuksista on pientaloja/rivitaloja (AP/AR), alueelle on suunnitteilla vain neljä kerrostaloa. Laskennallisen arvion mukaan rakennusten kokonaisenergiatarve Koivikon alueella vaihtelee talotyypistä (normitalo/matalaenergiatalo/passiivitalo) riippuen 4 260 – 12 400 MWh:n vuodessa (Taulukko 10).

Taulukko 10. Laskennallinen arvio Koivikon alueen kokonaisenergiatarpeesta (MWh/a).

Energiankulutus	kem ²	Normitalo 2010 (MWh/a)	Matalaenergiatalo (MWh/a)	Passiivitalo (MWh/a)
Huonetilojen lämmitys	70 743	7 075 – 7 780	1 840 – 3 535	1 060 – 1 770
Lämmin käyttövesi	70 743	2 120	1 415 – 1 770	1 415 – 1 770
Kiinteistösähkö	70 743	565 – 780	635 – 780	565 – 780
Käyttäjäsähkö	70 743	1 220 – 1 720	1 485 – 1 720	1 220 – 1 720
Yhteensä	70 743	10 980 – 12 400	5 375 – 7 805	4 260 – 6 040

6 Pateniemenrannan energiapotentiaalit

6.1 Kaukolämpö ja –sähkö

Pateniemenrannan alue on yleissuunnitelmassa ajateltu kokonaisuudessaan kaukolämmitettäväksi alueeksi. Alueen liittäminen nykyiseen kaukolämpöverkoston tapahtuisi Sahantien ja Haukiputaantien suunnasta. Tällöin kaava-alueelle rakentuvat putkistot pyritään sijoittamaan kevyenliikenteenväylien alle ja viheralueille.

Kaukolämmön hinta jakaantuu yleensä kolmeen osaan: liittymismaksuun, tehomaksuun ja energiamaksuun. Kaukolämpöön liittäessä maksetaan **liittymismaksu**, jonka suuruuteen vaikuttavat kiinteistön etäisyys lämpölaitoksesta ja kiinteistön koko. Liittymismaksulla katetaan verkoston rakentamiseen liittyviä kustannuksia. Kaukolämmön kulutusta mitataan yleensä kiinteistökohtaisesti, jolloin **energiamaksua** maksetaan käytetystä kaukolämmöstä. Lisäksi maksetaan **tehomaksu**, joka riippuu liittymän koosta. (Motiva Oy 2014c)

Oulun Energian kaukolämmön liittymiskustannukset

- liittymismaksu, omakotitalo: keskimäärin 3 800 €
- lämmönjakokeskus: noin 3 500 €
- ⇒ yhteensä noin 7 300 euroa

Kaukolämmön käyttökustannus (2014)

- energian hinta noin 47,08 €/MWh
- perusmaksu noin 464 €/vuosi
- ⇒ yhteensä noin 1 315 €/vuosi

Pateniemenrannan alueen rakennuskustannuksiksi on kaukolämmön osalta arvioitu yleissuunnitelman perusteella noin 0,62 milj. €.

Oulun Energian toimittamien lämmönjakokeskusten tekninen käyttöikä on noin 25 vuotta. Kaukolämmön käyttöön liittyen Oulun Energialla on 24/7 päivystys. (Oulun Energia 2014)

6.2 Aurinkoenergia

Pateniemenrannan alueen aurinkoenergian hyödyntämisen osalta toteutettiin tarkastelu, jossa huomioitiin rakennusten kattojen suuntautuneisuus sekä kattojen pinta-alat. Tarkasteluun ei sisällytetty mahdollisten seinäpintojen hyödyntämisalaja. Tarkastelussa oletettiin myös, että rakennukset ovat riittävän kaukana toisistaan, jolloin niistä ei aiheutuisi varjostavaa vaikutusta toisiinsa nähden. Tarkastelussa huomioitiin hyödyntämisen kannalta soveliaat suuntautuneisuudet eli itä, kakko, etelä, lounas ja länsi.

Liitteessä 1a on esitetty karttakuva rakennusten numeroinnista, joihin seuraavassa esitetyt laskelmat perustuvat. Liitteessä 1b on esitetty rakennusten kattojen suuntautuneisuus sekä kattojen mittatietoja, joita on käytetty aurinkolämpö ja –sähkötarkasteluissa.

6.2.1 Aurinkolämpö

Aurinkolämpötarkastelussa käytettiin Oulun kaupungin aurinkolämpöjärjestelmien suunnitteluohjeessa esitettyä keräimien lämmöntuottoa 300 kWh/m².

6.2.1.1 Pohjoiskärki

Laskennallisen arvion mukaan, jos potentiaaliin ilmansuuntiin sijoittuvat kattoalat olisivat kokonaisuudessaan hyödynnettävissä aurinkolämmön tuotantoon, auringolla tuotettu kokonaislämpömäärä Pohjoiskärjen alueella olisi noin 5 035 MWh vuodessa (Taulukko 11) mikä teoriassa riittäisi kattamaan matalaenergia ja passiivitalojen huoneistojen lämmitysenergiämäärän kokonaisuudessaan.

Taulukko 11. Laskennallinen arvio Pohjoiskärjen alueen aurinkolämmöntuotannosta.

Laskennallinen tuotto	itä	kaakko	etelä	lounas	länsi
kWh/a	447 000	922 500	466 200	2 731 200	490 200
MWh/a	447,0	922,5	446,2	2 731,2	490,2

Käytännössä kuitenkin aurinkolämpöjärjestelmien mitoitusperusteena käytetään lämpimän käyttöveden tarvetta. Hyvä aurinkokeräin tuottaa Oulun seudulla huhtikuusta elokuuhun lämmintä käyttövettä päivittäin noin 30 litraa keräineliometriä kohden (energiantarve tällöin 1,8 kWh/vrk, kun vesi lämmitetään 5°C -> 55°C). Suositeltavana keräinpinta-alana käyttövesijärjestelmässä pidetään 1,2 – 2 m²/hlö. Omakotitalojen ja paritalojen käyttövesijärjestelmän mitoituksessa päästään 50 % kateasteeseen vuositasolla 4 – 12 m² keräinpinta-alalla. (Oulun kaupunki 2014d)

Pohjoiskärjen alueelle on suunnitteilla 13 pientaloa. Karkean laskelman mukaan esitetyllä 4 – 12 m² keräinpinta-alalla katettaisiin noin 10 - 55 % kyseisten talojen lämpimän käyttöveden lämmitykseen tarvittavasta lämpöenergiasta (Taulukko 12). Myös suurin 12 neliömetrin keräinala olisi karttatarkastelun mukaan helppo toteuttaa, koska keräimet kattaisivat potentiaalisesta kattopinta-alasta vain noin 10 %.

Taulukko 12. Laskennallinen arvio aurinkolämpökeräimillä saatavasta Pohjoiskärjen pientalojen lämpimän käyttöveden lämmitysenergiämäärästä sekä osuus koko lämmitysenergiantarpeesta.

Rakennus	Laskennallinen tuotto, kWh/a		Arvioitu energiankulutus, kWh/a			Osuus käyttöveden lämmitys-energiantarpeesta
	keräin 4 m ²	keräin 12 m ²	normitalo	matala-energiatalo	passiivitalo	
pientalot (rakennukset 11-23)	15 600	46 800	128 310	85 540	85 540	10 – 55 %

Kerrostaloissa aurinkokeräinten tuotto on samaa luokkaa kuin omakotitaloissa, järjestelmän koko on vain moninkertainen. Kerrostaloissa on kuitenkin aina kiertovesijohto lämpimälle käyttövedelle, mikä merkitsee merkittäviä lämpöhäviöitä omakotitaloon verrattuna. Tästä syystä 50 prosentin kateasteen saavuttaminen kerrostaloissa on vaikeampaa. Kerrostaloissa jo 30 % kateasteen saavuttaminen on hyvä tulos. Kerrostaloissa aurinkolämpökeräimen mitoitusperusteena käytetään yleisesti 1 m²/asukas. (Oulun kaupunki 2014d)

Pohjoiskärjen alueelle on suunnitteilla yhteensä 33 erikokoista kerrostaloa kokonaiskerrosalan ollessa 55 373 kem². Kun huomioidaan, että asukasmäärän (1/50 kem²) arvioidaan näissä kerrostaloissa olevan noin 1 110 asukasta, tarvittava keräinala olisi tuolloin 1 110 m². Tämä keräinala vastaisi noin 5 – 10 % potentiaalisesta hyödynnettävästä katon pinta-alasta. Karkean laskelman mukaan 1 110 m² keräinalalla katettaisiin noin 20 – 30 % kyseisten talojen lämpimän käyttöveden lämmitykseen tarvittavasta lämpöenergiasta (Taulukko 13). Laskelmassa ei ole huomioitu lämpöhäviöitä.

Taulukko 13. Laskennallinen arvio aurinkolämpökeräimillä saatavasta Pohjoiskärjen kerrostalojen lämpimän käyttöveden lämmitysenergiamäärästä sekä osuus koko lämmitysenergiatarpeesta.

Rakennus	Laskennallinen tuotto, kWh/a	Arvioitu energiankulutus, kWh/a			Osuus käyttöveden lämmitysenergiatarpeesta
	keräinala 1 110 m ²	normi-talo	matala-energiatalo	passiivi-talo	
kerrostalot (rakennukset 1-10 ja 14-46)	333 000	1 661 190	1 107 460	1 107 460	20 – 30 %

6.2.1.2 Eteläkärki

Laskennallisen arvion mukaan, jos potentiaalisiiin ilmansuuntiin sijoittuvat kattoalat olisivat kokonaisuudessaan hyödynnettävissä aurinkolämmön tuotantoon, auringolla tuotettu kokonaislämpömäärä Eteläkärjen alueella olisi noin 2 830 MWh vuodessa (Taulukko 14) mikä teoriassa riittäisi kattamaan matalaenergia ja passiivitalojen huoneistojen lämmitysenergiamäärän kokonaisuudessaan.

Taulukko 14. Laskennallinen arvio Eteläkärjen alueen aurinkolämmöntuotannosta.

Laskennallinen tuotto	itä	kaakko	etelä	lounas	länsi
kWh/a	332 100	1 147 500	436 200	584 100	332 100
MWh/a	332,1	1 147,5	436,2	584,1	332,1

Eteläkärjen alueelle on suunnitteilla yksinomaan pientaloja yhteensä 184. Karkean laskelman mukaan 4 – 12 m² keräinpinta-alalla katettaisiin noin 15 - 75 % kyseisten talojen lämpimän käyttöveden lämmitykseen tarvittavasta lämpöenergiasta (Taulukko 15). 12 neliömetrin keräinala olisi karttatarkastelun mukaan asennettavissa kaikkien rakennusten katoille, mutta koska aurinkoon päin olevat kattoalat ovat pääsääntöisesti alle 40 m² (18-72 m²) keräimet olisivat todennäköisesti pienempiä kuin 12 m².

Taulukko 15. Laskennallinen arvio aurinkolämpökeräimillä saatavasta Eteläkärjen pientalojen lämpimän käyttöveden lämmitysenergiamäärästä sekä osuus koko lämmitysenergiatarpeesta.

Rakennus	Laskennallinen tuotto, kWh/a		Arvioitu energiankulutus, kWh/a			Osuus käyttöveden lämmitysenergiatarpeesta
	keräin 4 m ²	keräin 12 m ²	normitalo	matala-energiatalo	passiivitalo	
pientalot (rakennukset 47-230)	220 800	662 400	1 305 240	870 160	870 160	15 – 75 %

6.2.1.3 Koivikko

Laskennallisen arvion mukaan, jos potentiaaliin ilmansuuntiin sijoittuvat kattoalat olisivat kokonaisuudessaan hyödynnettävissä aurinkolämmön tuotantoon, auringolla tuotettu kokonaislämpömäärä Koivikon alueella olisi noin 3 735 MWh vuodessa (Taulukko 16) mikä teoriassa riittäisi kattamaan matalaenergia ja passiivitalojen huoneistojen lämmitysenergiamäärän kokonaisuudessaan.

Taulukko 16. Laskennallinen arvio Koivikon alueen aurinkolämmöntuotannosta.

Laskennallinen tuotto	itä	kaakko	etelä	lounas	länsi
kWh/a	834 900	517 500	964 200	621 900	834 900
MWh/a	834,9	517,5	964,2	621,9	834,9

Koivikon alueelle on suunnitteilla pientaloja ja rivitaloja yhteensä 120. Karkean laskelman mukaan 4 – 12 m² keräinpinta-alalla katettaisiin noin 10 - 40 % kyseisten talojen lämpimän käyttöveden lämmitykseen tarvittavasta lämpöenergiasta (Taulukko 17). 12 neliömetrin keräinala vastaa noin 5 – 35 % potentiaalisesta hyödynnettävästä katon pinta-alasta, joka vaihtelee 35 – 225 m².

Taulukko 17. Laskennallinen arvio aurinkolämpökerimillä saatavasta Koivikon alueen pientalojen lämpimän käyttöveden lämmitysenergiamäärästä sekä osuus koko lämmitysenergiatarpeesta.

Rakennus	Laskennallinen tuotto, kWh/a		Arvioitu energiankulutus, kWh/a			Osuus käyttöveden lämmitysenergiatarpeesta
	keräin 4 m ²	keräin 12 m ²	normitalo	matala-energiatalo	passiivitalo	
pientalot ja rivitalot (rakennukset 231-260, 263-280, 281-323, 328-355)	144 000	432 000	1 583 700	1 055 800	1 055 800	10 – 40 %

Koivikon alueelle on suunnitteilla yhteensä 4 kerrostaloa kokonaiskerrosalan ollessa 3 188 kem². Kun huomioidaan, että asukasmäärän (1/50 kem²) arvioidaan näissä kerrostaloissa olevan noin 65 asukasta, tarvittava keräinala olisi tuolloin 65 m². Tämä keräinala vastaisi noin 10 % potentiaalisesta

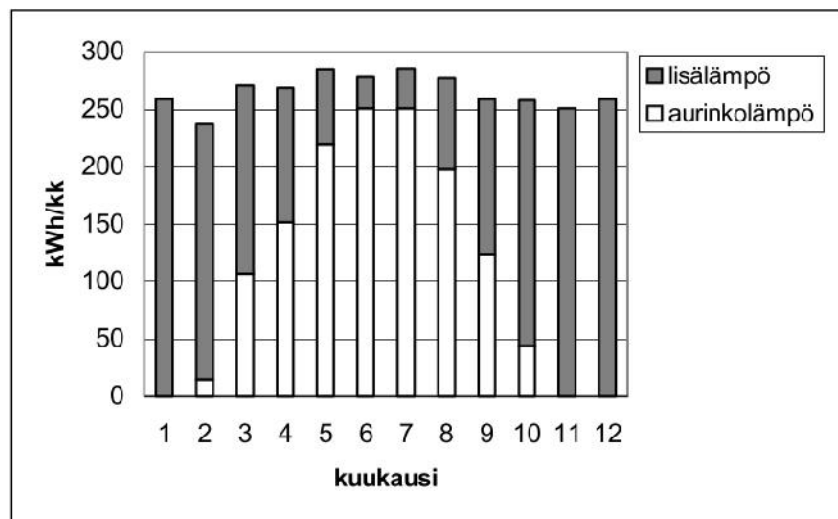
hyödynnettävästä katon pinta-alasta. Karkean laskelman mukaan 65 m² keräinalalla katettaisiin noin 20 – 30 % kyseisten talojen lämpimän käyttöveden lämmitykseen tarvittavasta lämpöenergiasta (Taulukko 18). Laskelmassa ei ole huomioitu lämpöhäviöitä.

Taulukko 18. Laskennallinen arvio aurinkolämpökeräimillä saatavasta Koivikon kerrostalojen lämpimän käyttöveden lämmitysenergiamäärästä sekä osuus koko lämmitysenergiantarpeesta.

Rakennus	Laskennallinen tuotto, kWh/a	Arvioitu energiankulutus, kWh/a			Osuus käyttöveden lämmitysenergiantarpeesta
	keräinala 65 m ²	normi-talo	matala-energiatalo	passiivi-talo	
kerrostalot (rakennukset 324-327)	19 500	95 640	63 760	63 760	20 – 30 %

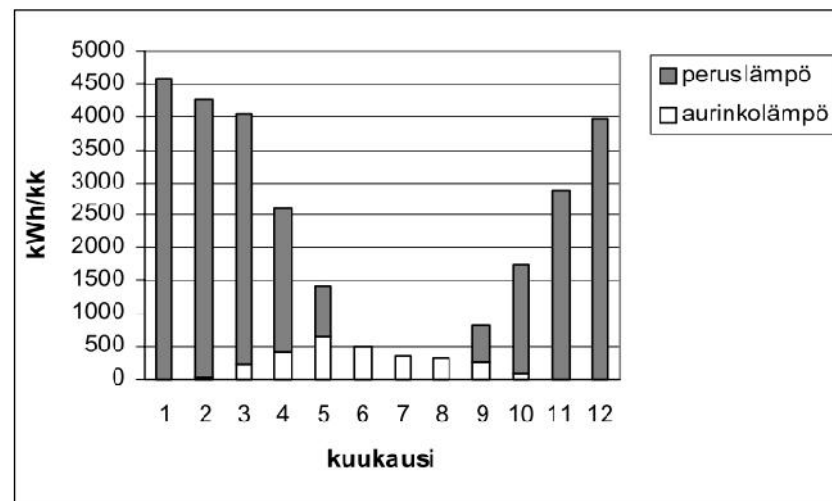
6.2.1.4 Yhteenveto

Tehtyjen laskelmien ja tarkasteluiden pohjalta voidaan todeta, että aurinkolämpökeräimillä ei ole mahdollista lämmittää käyttövettä tai huoneistoja kokonaisuudessaan vaan keräimet tarvitsevat rinnalleen täydentäviä lämmitysmuotoja. Keskipäivällä aurinkolämpökeräimillä on mahdollista tuottaa lähes 100 % lämpimän veden lämmitysenergian tarve. Aurinkolämpöä onkin mahdollista saada käytännössä maaliskuusta lokakuuhun. Seuraavassa kuvassa (Kuva 26) on havainnollisesti miten aurinkoenergian osuus vaihtelee kuukausittain, kun aurinkoenergialla tuotetaan lämmintä käyttövettä (Solpros Ay 2006).



Kuva 26. Pientalon aurinkosähköjärjestelmän tuotto; lämmin käyttövesi. (Solpros Ay 2006)

Suomen ilmasto-olosuhteissa aurinkolämmön käyttö lämmitykseen ei tuota juurikaan hyötyä. Arvioiden mukaan parhaimmillaan voitaisiin lämmitykseen tarvittavasta energiasta tuottaa 5 – 15 % (Kuva 27).



Kuva 27. Esimerkkikuva aurinkolämpöjärjestelmästä pientalon lämmityksen ja lämpimän käyttöveden osana. Keräinpinta-ala on 10 m² ja lämpövaraaja 1200 litraa. Talon lämmityksen tarve on 20.000 kWh vuodessa. (Solpros Ay 2006)

Seuraavassa taulukossa (Taulukko 19) on esitetty aurinkolämpöjärjestelmän ja erilaisten päälämmitysjärjestelmien yhteensopivuus. Mikäli kaukolämpö haluttaisiin korvata yksittäisessä kohteessa kokonaisuudessaan muilla lämmitysmuodoilla, aurinkolämmön kanssa yhdessä sopisivat hyvin mm. maalämpö sekä takka.

Taulukko 19. Eri päälämmitysmuotojen yhteensopivuus aurikonlämpöjärjestelmän kanssa.

Lämmitysmuoto	Yhteen- sopivuus	Taloudel- lisuus	Ekologi- suus
öljykattila	hyvä	erinomainen	erinomainen
puukattila	tyydyttävä	heikko	hyvä
pellettikattila	hyvä	hyvä	hyvä
suora sähkö	huono	hyvä	erinomainen
sähkö (vesikiert.)	hyvä	erinomainen	erinomainen
maalämpöpumppu	hyvä	heikko	hyvä
ilma- vesilämpöpumppu	tyydyttävä	heikko	hyvä

Kesäisin parhaimpia lämmönlähteitä ovat

- aurinkolämpökeräimet
- aurinkopaneelit
- ilmalämpöpumput ja
- poistoilmalämpöpumput

Talvella parhaimpia lämmönlähteitä ovat

- polttokattilat
- maalämpöpumppu
- tuloilman lämmitys poistoilmalla (LTO).

Mikäli Patenimenrannan alueella pientalojen kaukolämpö haluttaisiin korvata aurinkolämmöllä ja muilla lämpölähteillä olisivat investointikustannukset pelkkään kaukolämpöön verrattuna noin 2 -3 kertaiset (Taulukko 20).

Taulukko 20. Eri lämmitysmuotojen yhdistelmien investointikustannuksia (Oulun rakennusvalvonta 2014b) verrattuna kaukolämmön kustannuksiin (Oulun Energia 2014).

Lämmönlähde	Saatava energia (kWh/a)	Investointi- kustannukset (€)
Takka + Maalämpöpumppu + Aurinkokeräimet	10 400	13 000 – 25 000
Takka + Aurinkokeräimet + Sähkö	10 400	3 000 – 7 500
Vesitakka* + Aurinkokeräimet + Ilma- vesi-lämpöpumppu**	10 400	6 000 – 12 500
Takka + Pellettikattila + Aurinkokeräimet	10 400	13 000 – 22 500
Takka + halkokattila + Aurinkokeräimet	10 400	6 000 – 12 500
Kaukolämpö	10 400	7 500

*Vesitakka = Takka, jolla voidaan lämmittää lämmintä käyttövettä

**Ilmavesilämpöpumppu = Ulkoilman lämpöä keskuslämmitysjärjestelmään siirtävä laite

6.2.2 Aurinkosähkö

Aurinkosähkötarkastelussa käytettiin taulukon 4 aurinkosähkön tuottomääriä eli etelä 115 kWh/a, lounas ja kaakko 110 kWh/a, itä 92,5 kWh/a ja länsi 91,5 kWh/a. Idän ja lännen arvot ovat keskiarvot aurinkosähköpaneelien 40 – 45 asteen kallistuskulmille. Käytetyt tuottomäärät ovat aurinkosähkö Oulussa suunnitteluohjeesta.

6.2.2.1 Pohjoiskärki

Laskennallisen arvion mukaan, jos potentiaaliin ilmansuuntiin sijoittuvat kattoalat olisivat kokonaisuudessaan hyödynnettävissä aurinkosähkön tuotantoon, auringolla tuotettu kokonaissähkömäärä Pohjoiskärjen alueella olisi noin 1 755 MWh vuodessa (Taulukko 21) mikä teoriassa riittäisi kattamaan kiinteistöjen kiinteistösähkömäärän kokonaisuudessaan sekä osittain myös käyttäjäsähkön.

Taulukko 21. Laskennallinen arvio Pohjoiskärjen alueen aurinkosähkön tuotannosta.

Laskennallinen tuotto	itä	kaakko	etelä	lounas	länsi
kWh/a	137 825	333 410	178 710	956 000	149 509
MWh/a	137,8	333,4	178,7	956,0	149,5

Pohjoiskärjen alueelle on suunnitteilla 13 pientaloa. Karkean laskelman mukaan 4 – 12 m² keräinpinta-alalla katettaisiin noin 15 - 50 % kyseisten talojen kiinteistösähköstä (Taulukko 22). 12 neliömetrin keräinala olisi karttatarkastelun mukaan helppo toteuttaa, koska paneelit kattaisivat potentiaalisesta kattopinta-alasta vain noin 10 %. Paneelit on tarkastelussa oletettu suunnatun liitteen 1b mukaisesti.

Taulukko 22. Laskennallinen arvio Pohjoiskärjen pientalojen aurinkosähkötuoannosta sekä osuus kiinteistöjen kiinteistösähköstä.

Rakennus	Laskennallinen tuotto, kWh/a		Arvioitu kiinteistösähkönkulutus, kWh/a			Osuus kiinteistösähkön tarpeesta
	paneeli 4 m ²	paneeli 12 m ²	normitalo	matala-energiatalo	passiivitalo	
pientalot (rakennukset 11-23)	5 980	17 940	34 216	38 493	34 216	15 – 50 %

Pohjoiskärjen alueelle on suunnitteilla yhteensä 33 erikokoista kerrostaloa. Aurinkosähkön osalta seuraavassa arvioidaan 20 ja 40 m² aurinkosähköpaneelien tuottoa/kerrostalo. Karkean laskelman mukaan 20 – 40 m² aurinkosähköpaneelilla katettaisiin noin 5 – 15 % kyseisten talojen kiinteistösähköstä (Taulukko 23). 20 – 40 m² aurinkosähköpaneelit kattavat 4 – 16 % potentiaalisesta kattopinta-alasta. Paneelit on tarkastelussa oletettu suunnatun liitteen 1b mukaisesti.

Taulukko 23. Laskennallinen arvio Pohjoiskärjen kerrostalojen aurinkosähkötuotannosta 20 ja 40 m² paneeleilla sekä osuus kiinteistöjen kiinteistösähköstä.

Rakennus	Laskennallinen tuotto, kWh/a		Arvioitu kiinteistösähkönkulutus, kWh/a			Osuus kiinteistösähkön tarpeesta
	paneeli 20 m ²	paneeli 40 m ²	normi-talo	matala-energiatalo	passiivi-talo	
kerrostalot (rakennukset 1-10; 14-46)	30 840	61 680	442 984	498 357	442 984	5 – 15 %

6.2.2.2 Eteläkärki

Laskennallisen arvion mukaan, jos potentiaalisiiin ilmansuuntiin sijoittuvat kattoalat olisivat kokonaisuudessaan hyödynnettävissä aurinkosähkön tuotantoon, auringolla tuotettu kokonaissähkömäärä Eteläkärjen alueella olisi noin 1 011 MWh vuodessa (Taulukko 24) mikä teoriassa riittäisi kattamaan kiinteistöjen kiinteistösähkömäärän kokonaisuudessaan sekä osittain myös käyttäjäsähkön.

Taulukko 24. Laskennallinen arvio Eteläkärjen alueen aurinkosähkön tuotannosta.

Laskennallinen tuotto	itä	kaakko	etelä	lounas	länsi
kWh/a	102 025	426 690	167 210	214 170	100 922
MWh/a	102,0	426,7	167,2	214,2	100,9

Eteläkärjen alueelle on suunnitteilla yksiomaan pientaloja yhteensä 184. Karkean laskelman mukaan 4 – 12 m² keräinpinta-alalla katettaisiin noin 20 - 75 % kyseisten talojen kiinteistösähköstä (Taulukko 25). 12 neliömetrin keräinala olisi karttatarkastelun mukaan asennettavissa kaikkien rakennusten katoille, mutta koska aurinkoon päin olevat kattoalat ovat pääsääntöisesti alle 36 m² (18 - 72 m²) paneelit olisivat todennäköisesti pienempiä kuin 12 m², jolloin sähköntuotanto jäisi lähemmäksi 20 % kiinteistösähkön kokonaistarpeesta. Paneelit on tarkastelussa oletettu suunnatun liitteen 1b mukaisesti.

Taulukko 25. Laskennallinen arvio Pohjoiskärjen pientalojen aurinkosähkötuotannosta sekä osuus kiinteistöjen kiinteistösähköstä.

Rakennus	Laskennallinen tuotto, kWh/a		Arvioitu kiinteistösähkönkulutus, kWh/a			Osuus kiinteistösähkön tarpeesta
	paneeli 4 m ²	paneeli 12 m ²	normitalo	matala-energiatalo	passiivitalo	
pientalot (rakennukset 47-230)	87 270	261 810	348 064	391 572	348 064	20 – 75 %

6.2.2.3 Koivikko

Laskennallisen arvion mukaan, jos potentiaaliin ilmansuuntiin sijoittuvat kattoalat olisivat kokonaisuudessaan hyödynnettävissä aurinkosähkön tuotantoon, auringolla tuotettu kokonaissähkömäärä Koivikon alueella olisi noin 1 340 MWh vuodessa (Taulukko 26) mikä teoriassa riittäisi kattamaan kiinteistöjen kiinteistösähkömäärän kokonaisuudessaan sekä osittain myös käyttäjäsähkön.

Taulukko 26. Laskennallinen arvio Koivikon alueen aurinkosähkön tuotannosta.

Laskennallinen tuotto	itä	kaakko	etelä	lounas	länsi
kWh/a	257 425	216 480	376 855	234 520	254 645
MWh/a	257,4	216,5	376,9	234,5	254,6

Koivikon alueelle on suunnitteilla pientaloja ja rivitaloja yhteensä 120. Karkean laskelman mukaan 4 – 12 m² keräinpinta-alalla katettaisiin noin 20 - 65 % kyseisten talojen kiinteistösähköstä (Taulukko 27). 12 neliömetrin keräinala olisi karttatarkastelun mukaan asennettavissa kaikkien rakennusten katoille, mutta koska aurinkoon päin olevat kattoalat ovat pääsääntöisesti alle 60 m² (35 - 225 m²) paneelit olisivat todennäköisesti pienempiä kuin 12 m², jolloin sähköntuotanto jäisi lähemmäksi 20 % kiinteistösähkön kokonaistarpeesta. Paneelit on tarkastelussa oletettu suunnatun liitteen 1b mukaisesti.

Taulukko 27. Laskennallinen arvio Pohjoiskärjen pientalojen aurinkosähkötuoannosta sekä osuus kiinteistöjen kiinteistösähköstä.

Rakennus	Laskennallinen tuotto, kWh/a		Arvioitu kiinteistösähkönkulutus, kWh/a			Osuus kiinteistösähkön tarpeesta
	paneeli 4 m ²	paneeli 12 m ²	normitalo	matala-energiatalo	passiivitalo	
pientalot ja rivitalot (rakennukset 231-260, 263-280, 281-323, 328-355)	58 808	176 424	278 032	312 786	278 032	20 – 65 %

Koivikon alueelle on suunnitteilla yhteensä 4 kerrostaloa. Aurinkosähkön osalta seuraavassa arvioidaan 20 ja 40 m² aurinkosähköpaneelien tuottoa/kerrostalo. Karkean laskelman mukaan 20 – 40 m² aurinkosähköpaneelilla katettaisiin noin 45 – 100 % kyseisten talojen kiinteistösähköstä (Taulukko 28). Paneelit on tarkastelussa oletettu suunnatun liitteen 1b mukaisesti.

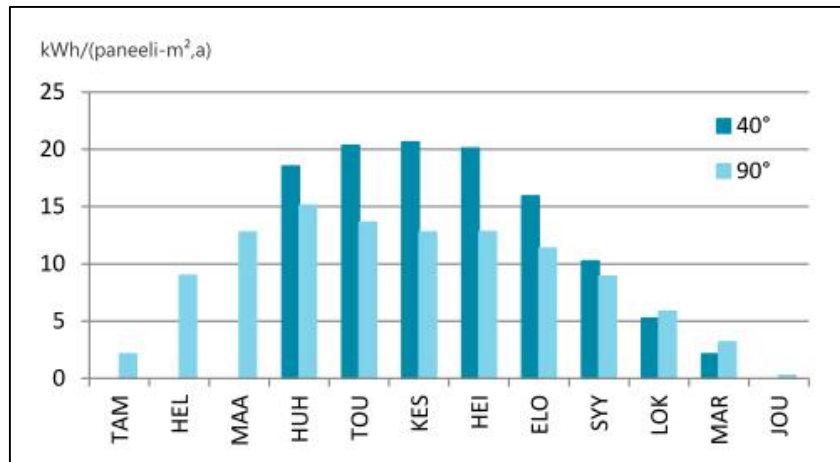
Taulukko 28. Laskennallinen arvio Koivikon alueen kerrostalojen aurinkosähkötuoannosta 20 ja 40 m² paneelilla sekä osuus kiinteistöjen kiinteistösähköstä.

Rakennus	Laskennallinen tuotto, kWh/a		Arvioitu kiinteistösähkönkulutus, kWh/a			Osuus kiinteistösähkön tarpeesta
	paneeli 20 m ²	paneeli 40 m ²	normi-talo	matala-energiatalo	passiivi-talo	
kerrostalot (rakennukset 261-262; 324-327; 356)	13 050	26 100	25 504	28 692	25 504	45 – 100 %

6.2.2.4 Yhteenveto

Tehtyjen laskelmien ja tarkasteluiden pohjalta voidaan todeta, että aurinkosähköpaneelilla on mahdollista tuottaa osa kiinteistöjen tarvitsemasta kiinteistösähköstä, mutta rinnalle tarvitaan täydentäviä sähköntuotantomuotoja.

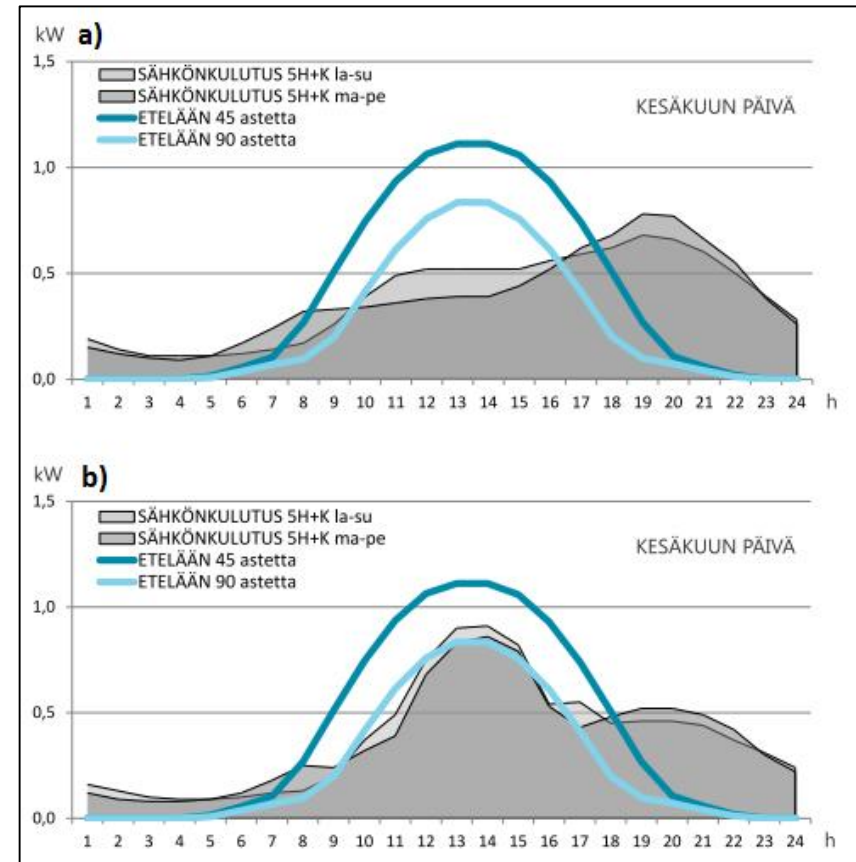
Aurinkopaneelien sähköntuotanto kuten myös keräinten lämmöntuotanto on suurimmillaan huhti-lokakuun aikaan. 40 asteen kulmaan (etelään) suunnattujen paneelien sähköntuotto on suurempaa kuin pystysuuntaisesti 90 asteen kulmaan asennettujen paneelien. Pystysuuntaisesti etelään asennetut paneelit tuottavat kuitenkin jonkin verran sähköä myös talviaikaan (Kuva 28)



Kuva 28. Yhden aurinkopaneelineliömetrin kuukausittainen sähköntuotto optimisuuntauksella (40° etelään) ja pystysuuntaisesti asennettuna (90° etelään). (Oulun kaupunki 2014b)

Pohjoisessa sähkönkulutus ja aurinkosähkön tuotto tapahtuvat suurelta osin eriaikaisesti, jolloin tuoton ja kulutuksen ajallista

vastaavuutta on tarpeen parantaa mm. paneelien suuntauksella, kulutuksen ohjauksella (Kuva 29) sekä akuilla. (Oulun kaupunki 2014b)



Kuvat 29 a ja b: Aurinkosähköjärjestelmän (12,8 m²) tuoton ja sähkönkulutuksen kohtaaminen keskimääräisenä kesäkuun päivänä. Kuvassa 27a on tyypillinen omakotitalon käyttöprofiili. Kuvassa 27b näkyy kulutuksen ohjauksen vaikutus (uunin, astianpesukoneen, pyykinpesukoneen käyttö ja kannettavan tietokoneen lataus klo 10 – 18 välisenä aikana). (Oulun kaupunki 2014b)

Aurinkosähköjärjestelmien hinta on 2010 –luvun alkupuolella alentunut voimakkaasti. Tähän on vaikuttanut eniten aurinkopaneelien hintojen lasku, hinta on laskenut maailmanlaajuisesti noin 80 %. Suomen aurinkosähköjärjestelmien hintakehityksestä ei ole olemassa kattavaa tietoa, mutta sen arvioidaan seuraavan muita Euroopan maita. (Motiva Oy 05/2014)

Aurinkosähköjärjestelmien hinta suhteutetaan yleisesti järjestelmän nimellistehoon. Tyypillisen 2 kW_p:n pientaloon soveltuvan aurinkosähköjärjestelmän hinta olemassa olevaan rakennukseen asennettuna on kuluttajalle arviolta 5 000 – 6 000 euroa (sis. alv. 24 %). 2 kW_p:n järjestelmällä voidaan tuottaa vuodessa noin 1 400 – 2 000 kWh.

Sähköliittymien hinta on sidoksissa pääsulakkeiden kokoon, mitkä taasen riippuvat arvioidusta huipputehosta. Pientalojen ja omakotitalojen pääsulakkeiden koko on tyypillisesti 3 x 25 A tai 3 x 35 A tai 3 x 63 A. Oulun Energian alueella asemakaava-alueilla hinta määräytyy vyöhykkeen 1 mukaan eli liittymismaksu 1.5.2011 lähtien on ollut 1 180 – 2 350 euroon mikä on selvästi vähemmän kuin keskiverto aurinkosähköjärjestelmän (Oulun Energia Sähkösiirron liittymismaksut, pienjänniteliittymät).

6.3 Tuulienergia

Kuten jo aiemmin todettiin, Pateniemenrannan alue on tuulinen keskituulen ollessa noin 4 m/s. Seuraavaan taulukkoon (Taulukko 29) on arvioitu eri laitetoimittajien toimittamien pientuulivoimaloiden vuosituotanto 4 m/s keskituulennopeudella.

Taulukko 29. Eräiden pientuulivoimaloiden keskimääräinen vuosituotto keskituulennopeudella 4 m/s. Toimittajat ovat kaikki kotimaisia.

Voimala	Toimittaja	Nimellis-teho (kW)	Keskimääräinen vuosituotto (kWh/a)
Tuule E200	Finnwind Oy	4	3 600
MyPower2	Posira Oy	2	2 000
SWG 2kW	JN-Solar	3	3 100
WS-4	Windside	4	< 2 000

Pateniemenrannan alueelle suunniteltujen pientalojen koko vaihtelee noin 200 – 330 m². Karkean laskelman mukaan edellä esitetyillä yhdellä pientuulivoimalalla olisi teoriassa optimi tilanteessa mahdollista kattaa yhden pientalon kiinteistösähkönkulutus (Taulukko 30).

Taulukko 30. Laskennallinen arvio erikokoisten ja eri tyyppisten (normi-, matalaenergia- tai passiivitalo) pientalojen keskimääräinen kiinteistösähkön kulutus vuodessa.

Pinta-ala (m ²) keskimäärin	Kiinteistö-sähkö (kWh/a) normitalo	Kiinteistö-sähkö (kWh/a) matala-energiatalo	Kiinteistö-sähkö (kWh/a) passiivitalo
200	1 600 – 2 200	1 800 – 2 200	1 600 – 2 200
230	1 840 – 2 530	2 070 – 2 530	1 840 – 2 530
260	2 080 – 2 860	2 340 – 2 860	2 080 – 2 860
290	2 320 – 3 190	2 610 – 3 190	2 320 – 3 190
320	2 560 – 3 520	2 880 – 3 520	2 560 – 3 520

6.3.1 Pohjoiskärki

Pateniemenrannan alueella vallitsevat tuulensuunnat ovat lounas ja kaakko. Tämä huomioiden pientuulivoimatuotantoon parhaiten

soveltuvat alueet ovat rannalla sijaitsevat kohteet/rakennukset 11 – 23 ja 36 - 38 (kts. liite 1a) sekä alueen korkeimmat kerrostalot, jotka sijoittuvat keskuspuiston (-aukean) läheisyyteen.

6.3.2 Eteläkärki

Tuulensuunnat huomioiden myös Eteläkärjen alueella pientuulivoimatuotantoon karttatarkastelun perusteella soveltuvat parhaiten rannan läheisyydessä sijaitsevat alueet eli rakennukset 47 – 51, 98 – 101, 111 – 114, 164 – 167 sekä 178 – 181 (kts. liite 1a).

6.3.3 Koivikko

Tuulensuunnat ja alueen rakennuskanta huomioiden pientuulivoima saattaisi soveltua tällä alueella lähinnä kerros/palvelutalojen katoille asennettuna eli rakennuksiin 261 – 262, 324 – 327 sekä 356 (kts. liite 1a)

6.3.4 Yhteenveto

Pientuulivoiman käyttö Suomessa on vielä vähäistä ja keskittynyt taajama-alueiden ulkopuolisille alueille, joissa ei ole sähköverkkoa tai jonne sen asentaminen olisi suhteettoman kallista. Kokemuksia taajamien asuinalueille sijoitetuista pienvoimaloista ei ole yksittäisiä tapauksia lukuun ottamatta. Kun huomioidaan vielä laitteiden kallis investointikustannus, kiinnostusta tuottaa sähköä omalla pientuulivoimalalla ”kaupunkimaisessa ympäristössä” ei vielä juurikaan ole.

2 kW	15.000
5 kW	25.000
10 kW	40.000
20 kW	60.000

Pientuulivoimaloita on mahdollista sijoittaa Pateniemenrannan alueelle puhtaasti imagollisista syistä. Tällöin sopivia sijaintipaikkoja voisivat olla keskuspuiston alue sekä venesatama. Esimerkiksi kesäksi 2010 Uudenkaupungin vierasvenesatamaan asennettiin 3 pientuulivoimalaa ja sähköisten kulkuneuvojen latausasema (Kuva 30).

Tuulivoimaloita voitaisiin asentaa myös ns. tuulitaiteena, kuten Oulujoen rannassa Värtössä (Kuva 31).

Taulukko 31. Pientuulivoimaloiden hintoja. Hintoihin ei sisälly kuljetusta, perustusta ja asennusta. (lähde: EAGLE Windpower)

Pientuulivoimalan koko	Arvioitu kustannus (€)
------------------------	------------------------



Kuva 30. Uudenkaupungin vierasvenesatamassa olleet pientuulivoimalat.



Kuva 31. Windside tuulitaidetta Oulussa.

6.4 Geoenergia

Alueella voidaan lähtökohtaisesti suunnitella hyödynnettävän kalliioenergiaa. Oulun geoenergiakartoituksessa selvitettiin kalliioenergian hyödyntämismahdollisuuksia huomioimalla erityisesti kivilajin lämmönjohtavuus ja maapeitteen paksuus. Kivilajin lämmönjohtavuus on oleellisin energiakaivon tai –kenttien mitoitusparametri. Yleisesti tiedetään, että kivilajien lämmönjohtavuus on noin kaksi kertaa parempi kuin maalajien. Tästä syystä myös maapeitteen paksuudella ja koostumuksella on merkitystä, ei vain porauskustannustekijänä vaan myös yksittäisten energiakaivon syvyyden ja suurempien tuotantokenttien mitoituksessa. (Martinkauppi 2014)

Oulun geoenergiakartoituksessa (GTK 2013) Pateniemenrannan alue sai energiapotentiaalin suhteen arvion tyydyttävä. Käytännössä alueen tyydyttävä potentiaali tarkoittaa sitä, että alueen kivilaji graniitti, jonka lämmönjohtavuus on hyvä, mutta jossa maapeitteen paksuus voi vaihdella 20 – 40 m. (Martinkauppi 2014)

Maanpeitteen paksuus on lähtökohtaisesti suurehko, joka energiakaivon mitoitusta tehtäessä on syytä ottaa huomioon lisäämällä kallioporauksen osuutta. Vaikka kallioperäkartan mukaan alueen vallitseva kivilaji on graniitti, niin paikkakohtaisin tutkimuksin alueelta on todettu esiintyvän myös ns. Muhos –muodostuman savikiveä (näiden kivilajien kontakti kulkee luode-kaakko suuntaisesti Pateniemen alueella). Savikiven lämmönjohtavuus puolestaan on heikko. Näin ollen Pateniemenalueen kohdalla tyydyttävä tarkoittaa, että hyödyntämispotentiaalia löytyy, mutta kivilajien lämmönjohtavuudessa voi esiintyä huomattavaa vaihtelua (graniitti vs. savikivi), ja tämä yhdistettynä maapeitteen paksuudessa tapahtuvaan vaihteluun tuottaa potentiaaliksi tyydyttävän. (Martinkauppi 2014)

Ruotsissa on esitetty karkea arvio energiakaivosta saatavalle keskimääräiselle teholle, joka on noin 7 kertaa lämmönjohtavuus eli graniittialueella kaivosta saatava keskimääräinen teho olisi $7 \times 3,1 \text{ W/(mK)} = 21,7 \text{ W/m}$ ja savikivelle vastaavasti $7 \times 2,4 \text{ W/(mK)} = 16,8 \text{ W/m}$. Energiakaivon maaosuudelta saatava keskimääräinen teho on arviolta puolet näistä riippuen maalajista ja sen vesipitoisuudesta. (Martinkauppi 2014)

Energianotto ja –syöttömäärät riippuvat siitä, miten kaivot sijoitetaan toisiinsa nähden ja kuinka syviä kaivot ovat. Rajatulta tilavuus-alalta on saatavissa tietty määrä energiaa, joka voidaan saavuttaa erilaisilla kaivokenttäkonfiguraatioilla. Kaivojen lukumäärän lisääminen ei välttämättä tuota enempää energiaa, vaan pahimmassa tapauksessa jäädyttää kaivossa olevan pohjaveden niin, että lämmönkeruuputkiset rutistuvat kokoon. Kaivojen sijaitessa lähellä toisiaan ja kun niitä kuormitetaan yli niiden hallitun tuotantokapasiteetin, saattaa syntyä ongelmia. Jo kaksi vierekkäin olevaa kaivoa vuorovaikuttavat toisiinsa, mutta tästä ei ole haittaa mikäli energianottomäärät pysyvät tasapainossa. Nykyään pientaloalueilla suositellaan vähintään 20 metrin etäisyyttä naapurin kaivoon. (Martinkauppi 2014)

6.4.1 Oulun kaupungin ohjeistus maalämmön hyödyntämiseen liittyen

Maalämmön asentaminen/kallioreiän tekeminen on Oulussa luvanvarainen. Luvanvaraisuus perustuu valtioneuvoston asetukseen. Oulussa luvanvaraisuuden myötä porareivät saadaan merkittyä kartastokantaan eikä rei'istä aiheudu vaaraa kaupungin infrarakenteeseen.

Oulussa maalämpökaivon sijoituksessa tulee huomioida seuraavat etäisyyssuosituksukset

- toinen lämpökaivo 20 m
- rakennuksen seinälinja 3 m
- kiinteistön raja 10 m
- viemärit, johdot 5 m

6.4.2 Pohjoiskärki

Pelkän karttatarkastelun perusteella Pohjoiskärjen alueelle olisi karkeasti arvioiden fyysisesti mahdollista sijoittaa 62 – 69 lämpökaivoa. Pientalojen osalta on arvioitu 1 porakaivo/tontti. Kerrostaloalueilla kaivojen etäisyydet toisiinsa nähden ovat huomattavasti enemmän kuin 20 m. Näin menetellen kaivoilla ei todennäköisesti olisi merkittävää vaikutusta toisiinsa nähden.



Kuva 32. Pelkistetty karttakuva Pohjoiskärjen alueesta. Kortellinumerot vihreällä.

Taulukko 32. Karttatarkasteluun perustuva arvio Pohjoiskärjen alueelle mahtuvista lämpökaivoista.

Kortteli	Rakennusten lkm	Rakennus-tyyppi	Arvio kaivojen määrästä
12	12	AK	13 – 17 kaivoa
13	13	AO	13 kaivoa
14	10	AKR	16 kaivoa
15	11	AKR	20 – 23 kaivoa

Taulukkoon 33 on karkeasti arvioitu Pohjoiskärjen maalämpöpotentiaalia. Laskelmassa kaivon kokonaissyvyudeksi on määritetty 200 metriä. Maalämpöpumpun käyntiajan arvioidaan olevan vuodessa noin 2 300 – 2 700 tuntia, joka on noin 26 – 31 prosenttia koko vuoden tuntimäärästä. Laskelmissa käytetään keskiarvoa 2 500 tuntia. Laskelmat on tehty kahdella tapaa:

- tapa 1: maaperän paksuus on oletettu 20 metriksi ja kallioperä on lämmönjohtokyvyn osalta paremmaksi eli graniitiksi
- tapa 2: maaperän paksuus on oletettu 40 metriksi ja kallioperä on lämmönjohtokyvyn osalta huonommaksi eli savikiveksi

Näin menetellen saadaan erittäin karkeaa arviota alueen geoenergiapotentialista.

Taulukko 33. Laskennallinen arvio Pohjoiskärjen maalämmöllä tuotettavasta energiamäärästä.

Kortteli	Kaivojen lkm	Kokonais-syvyys (m)	Kokonaisenergia-määrä (MWh/a)
Tapa 1: kallioperä graniittia, maaperän paksuus 20 metriä			
12	13 – 17	2 600 – 3 400	130 – 175
13	13	2 600	130
14	16	3 200	165
15	20 – 23	4 000 – 4 600	205 – 235
Tapa 2: kallioperä savikiveä, maaperän paksuus 40 metriä			
12	13 – 17	2 600 – 3 400	100 – 130
13	13	2 600	100
14	16	3 200	120
15	20 – 23	4 000 – 4 600	150 – 175

Laskennallisesti arvioiden maalämmöllä saatava kokonaisenergiämäärä Pohjoiskärjen alueella edellä mainituilla oletuksilla olisi noin 470 – 705 MWh vuodessa. Saatava kokonaisenergiämäärä vastaa noin

- 5 – 10 % normitalojen huonetilojen lämmitysenergia-tarpeesta
- 15 – 45 % matalaenergiatalojen huonetilojen lämmitys-energiatarpeesta
- 30 – 80 % passiivitalojen huonetilojen lämmitysenergia-tarpeesta

6.4.3 Eteläkärki

Pelkän karttatarkastelun perusteella Eteläkärjen alueelle olisi karkeasti arvioiden fyysisesti mahdollista sijoittaa 184 lämpökaivoa. Pientalojen osalta on arvioitu 1 porakaivo/tontti. Kerrostaloalueilla kaivojen etäisyydet toisiinsa nähden ovat huomattavasti enemmän kuin 20 m. Näin menetellen kaivoilla ei todennäköisesti olisi merkittävää vaikutusta toisiinsa nähden.



Kuva 33. Pelkistetty karttakuva Eteläkärjen alueesta.

Taulukko 34. Karttatarkasteluun perustuva arvio Eteläkärjen alueelle mahtuvista lämpökaivoista.

Kortteli	Rakennusten lkm	Rakennus-tyyppi	Arvio kaivojen määrästä
----------	-----------------	-----------------	-------------------------

1	10	AO	10 kaivoa
2	9	AO	9 kaivoa
3	10	AO	10 kaivoa
4	9	AO	9 kaivoa
5	9	AO	9 kaivoa
6	8	AO	12 – 16 kaivoa
7	38	AP	30 – 34 kaivoa
8	40	AP	25 – 30 kaivoa
9	25	AP	35 – 40 kaivoa
10	26	AP	35 – 40 kaivoa

Taulukkoon 35 on karkeasti arvioitu Eteläkärjen maalämpöpotentiaalia. Laskelmassa kaivon kokonaissyvyudeksi on määritelty 200 metriä. Maalämpöpumpun käyntiajan arvioidaan olevan vuodessa noin 2 300 – 2 700 tuntia, joka on noin 26 – 31 prosenttia koko vuoden tuntimäärästä. Laskelmissa käytetään keskiarvoa 2 500 tuntia. Laskelmat on tehty kahdella tapaa:

- tapa 1: maaperän paksuus on oletettu 20 metriksi ja kallioperä on lämmönjohtokyvyn osalta paremmaksi eli graniitiksi
- tapa 2: maaperän paksuus on oletettu 40 metriksi ja kallioperä on lämmönjohtokyvyn osalta huonommaksi eli savikiveksi

Näin menetellen saadaan erittäin karkeaa arviota alueen geoenergiapotentiaalista.

Taulukko 35. Laskennallinen arvio Eteläkärjen maalämmöllä tuotettavasta energiamäärästä.

Kortteli	Kaivojen lkm	Kokonais-syvyys (m)	Kokonaisenergia-määrä (MWh/a)
Tapa 1: kallioperä graniittia, maaperän paksuus 20 metriä			

1	10	2 000	105
2	9	1 800	90
3	10	2 000	105
4	9	1 800	90
5	9	1 800	90
6	8	1 600	80
7	38	7 600	390
8	40	8 000	410
9	25	5 000	255
10	26	5 200	265
Tapa 2: kallioperä savikiveä, maaperän paksuus 40 metriä			
1	10	2 000	75
2	9	1 800	70
3	10	2 000	75
4	9	1 800	70
5	9	1 800	70
6	8	1 600	60
7	38	7 600	285
8	40	8 000	300
9	25	5 000	190
10	26	5 200	195

Laskennallisesti arvioiden maalämmöllä saatava kokonaisenergiamäärä Eteläkärjen alueella edellä mainituilla oletuksilla olisi noin 1 390 – 1 880 MWh vuodessa. Saatava kokonaisenergiamäärä vastaa noin

- 30 – 40 % normitalojen huonetilojen lämmitysenergiatarpeesta
- 60 – 100 % matalaenergiatalojen huonetilojen lämmitysenergiatarpeesta
- 100 % passiivitalojen huonetilojen lämmitysenergiatarpeesta

6.4.4 Koivikko

Pelkän karttatarkastelun perusteella Koivikon alueelle olisi karkeasti arvioiden fyysisesti mahdollista sijoittaa 134 - 140 lämpökaivoa. Pientalojen osalta on arvioitu 1 porakaivo/tontti. Kerrostaloalueilla kaivojen etäisyydet toisiinsa nähden ovat huomattavasti enemmän kuin 20 m. Näin menetellen kaivoilla ei todennäköisesti olisi merkittävää vaikutusta toisiinsa nähden.



Kuva 34. Pelkistetty karttakuva Koivikon alueesta.

Taulukko 36. Karttatarkasteluun perustuva arvio Koivikon alueelle mahtuvista lämpökaivoista.

Kortteli	Rakennusten lkm	Rakennustyyppi	Arvio kaivojen määrästä
----------	-----------------	----------------	-------------------------

16	2	P	4 – 6 kaivoa
17	30	AP	22 kaivoa
18	18	AR	20 kaivoa
19	28	AR	34 kaivoa
20	43	AP	43 kaivoa
21	1	P	8 – 10 kaivoa
22	4	AK	3 – 5 kaivoa

Taulukkoon 37 on karkeasti arvioitu Koivikon alueen maalämpöpotentiaalia. Laskelmassa kaivon kokonaissyvyys on määritelty 200 metriä. Maalämpöpumpun käyntiajan arvioidaan olevan vuodessa noin 2 300 – 2 700 tuntia, joka on noin 26 – 31 prosenttia koko vuoden tuntimäärästä. Laskelmissa käytetään keskiarvoa 2 500 tuntia. Laskelmat on tehty kahdella tapaa:

- tapa 1: maaperän paksuus on oletettu 20 metriksi ja kallioperä on lämmönjohtokyvyn osalta paremmaksi eli graniitiksi
- tapa 2: maaperän paksuus on oletettu 40 metriksi ja kallioperä on lämmönjohtokyvyn osalta huonommaksi eli savikiveksi

Näin menetellen saadaan erittäin karkeaa arviota alueen geoenergiapotentialista.

Taulukko 37. Laskennallinen arvio Koivikon alueen maalämmöllä tuotettavasta energiamäärästä.

Kortteli	Kaivojen lkm	Kokonaissyvyys (m)	Kokonaisenergiamäärä (MWh/a)
Tapa 1: kallioperä graniittia, maaperän paksuus 20 metriä			
16	4 – 6	800 – 1200	40 – 60

17	22	4 400	225
18	20	4 000	205
19	34	6 800	350
20	43	8 600	440
21	8 – 10	1 600 – 2 000	80 – 100
22	3 – 5	600 – 1 000	30 – 35
Tapa 2: kallioperä savikiveä, maaperän paksuus 40 metriä			
16	4 – 6	800 – 1200	30 – 45
17	22	4 400	165
18	20	4 000	150
19	34	6 800	255
20	43	8 600	325
21	8 – 10	1 600 – 2 000	60 – 75
22	3 – 5	600 – 1 000	20 – 35

Laskennallisesti arvioiden maalämmöllä saatava kokonaisenergiämäärä Koivikon alueella edellä mainituilla oletuksilla olisi noin 1 005 – 1 415 MWh vuodessa. Saatava kokonaisenergiämäärä vastaa noin

- 10 – 20 % normitalojen huonetilojen lämmitysenergiatarpeesta
- 30 – 75 % matalaenergiatalojen huonetilojen lämmitysenergiatarpeesta
- 55 – 100 % passiivitalojen huonetilojen lämmitysenergiatarpeesta

6.4.4 Yhteenveto

Tehtyjen laskelmien ja tarkasteluiden pohjalta voidaan todeta, että maa- ja kalliolämpöä olisi mahdollista hyödyntää Pateniemenrannan alueella. Yksittäisenä lämmönlähteenä se ei tarkasteluiden mukaan kuitenkaan välttämättä riitä vaan rinnalle tarvitaan muita lämmitysmuotoja.

Yksittäisen maalämpöjärjestelmän investointi on noin 10 000 – 18 000 euroa riippuen lämmitettävän kohteen koosta (Oulun rakennusvalvonta 2014b). Hinta on noin 2,5-kertainen verrattuna kaukolämpöinvestointiin, joka on hintaluokkaa 7 500 euroa/pientalo.

6.5 Bioenergia

Oulun Energian kaukolämpöasiantuntijan mukaan nykytekniikalla pien-CHP –laitoksen tuottaman energian hinta nousisi vähintään 50 €/MWh kalliimmaksi kuin suunniteltu runkoverkon hinta. Toisaalta Oulun Energian kaukolämpö on jo CHP –lämpö, joten taloudellisuus huomioiden alueelle ei ole järkevää sijoittaa erillistä pien-CHP –laitosta.

7 Yhteenveto ja esitys jatkotoimenpiteistä

7.1 Aurinkoenergia

Tehtyjen tarkasteluiden perusteella aurinkoenergiaa on mahdollista hyödyntää myös Pateniemenrannan alueella. Pohjoisesta sijainnista johtuen taloudellisinta ja järkevintä olisi hyödyntää aurinkoenergia sähköinä ja ensisijaisesti pientalo- ja omakotitalokohteissa.

Todellisen aurinkosähköpontiaalin kartoittamiseksi olisi hyvä toteuttaa mallinnuksia, joissa huomioidaan alueelle tulevat aurinkopaistetunnit, rakennusten sijainnit ja korkeudet sekä ympäristön muut vaikutukset (lähinnä varjostusvaikutukset).

Kaavoitusvaiheessa olisi hyvä luoda edellytykset myös mahdolliselle myöhemmälle aurinkoenergian hyödyntämiselle. Rakennuskohtaisesti olisi myös hyvä varautua siihen, että kohteeseen asennetaan mahdollisesti myöhemmin aurinkosähköpaneelit eli luoda kohteen sähkönsiirtojärjestelmä niin, että siihen on helppo jälkikäteen liittää aurinkosähköjärjestelmä.

Oulun kaupungin rakennusvalvonnalla on olemassa hyvät ja kattavat ohjeistukset sekä aurinkolämmön että –sähkön hyödyntämiseen liittyen. Heiltä saa myös hyvät ohjeistukset aurinkoenergian luvituksesta. Myös Oulun Energia on panostanut aurinkosähköntuotantoon. Rakennuttajien on yhdessä Oulun kaupungin ja Oulun Energian kanssa mahdollista luoda kohteisiin toimivat ratkaisut.

Tässä tarkastelussa keskityttiin asuinrakennuksiin kohdistuvan aurinkoenergian hyödyntämiseen. Jatkossa olisi hyvä tarkastella myös miten esimerkiksi paikoitusalueiden autokatoksia mahdollisesti voitaisiin hyödyntää aurinkosähkön tuotannossa (Kuva 35). Karttatarkastelun perusteella Pohjoiskärjen LPA –alueelle on suunnitteilla 33 autokatosta yhteispinta-alaltaan 3 115 m², tästä alasta yli 85 % sijoittuu siten, että niihin olisi mahdollista sijoittaa aurinkosähköpaneeli sektorille itä – kaakko – etelä – lounas – länsi.

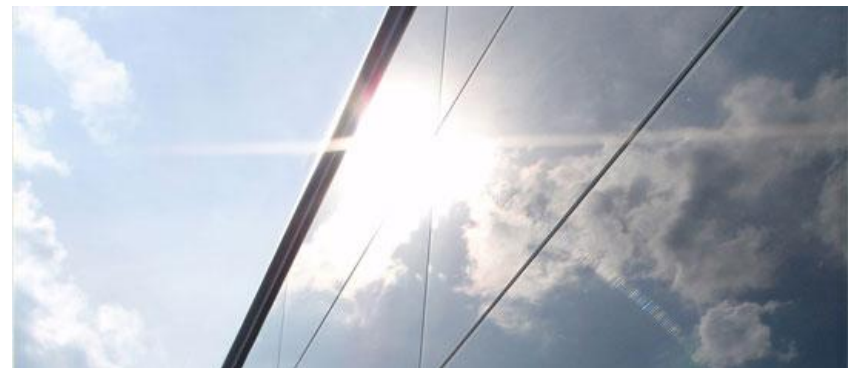


Kuva 35. Lappeenrannan teknillisen yliopiston pihalla on autokatosten katokset tehty aurinkopaneeleista. (Motiva Oy 2014, alkuperäinen kuva Jere Ahola)

Hyvä olisi tarkastella myös voitaisiinko osa rakennusten rakenteista korvata aurinkosähköpaneelilla (kattotiilet, seinäpaneelit, parvekekaiteet, ikkunalasit Kuvat 36 - 39). Aurinkosähköpaneelilla on käytetty myös aurinkosuojalippoina (Kuva 40).



Kuva 36. Aurinkosähköä tuottavia kattotiiliä. (Eriksson Arkkitehdit Oy 2012)



Kuva 37. Julkisivuun integroidut aurinkosähköpaneelit. (kuva Ruukki part of SSAB)



Kuva 38. Helsingin Viikissä Tilanhoitajankadulla sijaitseva kerrostalo, jossa parvekekaiteissa asennettuna aurinkosähköpaneeleita. (www.viikinuusiutuvaenergia.net)



Kuva 39. Marokon Marrakechin lentokentällä kattolaseihin on integroituna aurinkosähköpaneeleita. (Alkuperäinen kuva Naps Systems Oy 2013)



Kuva 40. Aurinkosähköpaneeli aurinkosuojalippana Vaisalán päärakennuksessa. (alkuperäinen kuva Naps Systems Oy 2013)

Puhtaasti imagollisesta syystä alueelle voitaisiin asentaa uusiutuvaan energiaan liittyvä symboli esimerkiksi ns. "aurinkopuu" (Kuva 41).



Kuva 41. Gleisdorfin ja Milanon "solar trees".

7.2 Tuulienergia

Mikäli Pateniemenrannan alueelle halutaan sijoittaa pientuulivoimaloita, olisi alueella hyvä toteuttaa tuulimittauksia kohteissa joihin tuulivoimaa suunnitellaan. Tuulimittausten tulosten perusteella voidaan tehdä arvioita tuotannosta ja investoinnin mielekkyydestä.

Tuulivoimaloiden sijoittaminen alueelle vaatine myös merkinnän kaavaan. Voimaloiden asennusta suunniteltaessa tulee muista, että ne vaativat joko rakennusluvan tai toimenpideluvan.

7.3 Geoenergia

Tehtyjen tarkasteluiden perusteella Pateniemenrannan alueella olisi mahdollista hyödyntää maa- ja kalliolämpöä.

Maa- ja kalliolämmön osalta voitaisiin edetä niin, että alueelle tehtäisiin vähintään 1 – 2, mutta mielellään useampi testikaivo eri puolille kaavoitettua aluetta. Testikaivojen sijainnit suunniteltaisiin siten, että ne olisivat hyödynnettävissä osana lopullista geoenergian tuotantokenttää. Ennen varsinaisia paikatutkimuksia, mitoitusta on mahdollista tehdä myös kirja-arvoilla esiselvitystyypisesti, kunhan kohteen tarvittavat energiamäärät ovat suurin piirtein tiedossa. (Martinkauppi 2014)

Käytännössä lämmönottoon tarkoitetut kaivot porataan noin 20 metrin etäisyydelle toisistaan ja niiden sijoittaminen voidaan kiinnittää myös haluttuihin/päästäviin paikkoihin. Tällöin simuloinnin optimoidaan kaivojen aktiivisuudet kalliosta otettaviin energianottomääriin siten, että vuorovaikutus kaivoissa pysyy tasapainossa. (Martinkauppi 2014)

7.4 Kaukolämmön korvaaminen muilla energiantuotantomuodoilla

Tehtyjen tarkasteluiden perusteella kaukolämpö on osittain korvattavissa muilla energiantuotantomuodoilla, mutta koko Pateniemenrannan asemakaava-alueen jättäminen pois kaukolämpöverkosta ei ole mielekästä ja taloudellisesti kannattavaa. Myöskään asemakaava-alueen vain osittainen liittäminenkaan kaukolämpöverkkoon ei ole taloudellisesti kannattavaa. Esimerkiksi Eteläkärjen tai Pohjoiskärjen alueet ovat sen verran isot ja niille sijoittuu paljon rakennuksia, joten rakentamisaika huomioiden näiden alueiden energiantuotannon korvaaminen muilla energiamuodoilla on jo yksinomaan suunnittelunnäkökulmasta haastavaa ja vaikeaa.

Uusien alueiden suunnittelun näkökulmasta energiatarkastelut tulee käynnistää huomattavasti aikaisemmassa vaiheessa. Uusiutuvien energiantuotantomuotojen lisäksi tulee huomioida alueen kokonaisenergiantarve siten, että tarkasteluun sisällytetään myös liikenne ja itse rakennukset.

8 Lähteet

Eklund, Esa 2011. Jokamiehen opas pientuulivoiman käyttöön. ECO₂ Ekotehokas Tampere 2020 hanke. Sitra.

Eklund, Esa 2012. Lämpöä tuulivoimasta ja auringosta. Kodin vihreä energia Oy.

Eklund, Esa 2012b. Pientuulivoima rakennetussa ympäristössä. Kodin vihreä energia Oy.

Eriksson Arkkitehdit Oy 2012. Aurinkovoimala Helsingin kaupungin Östersundomiin. Esiselvitys. 33 s.

Finnwind Oy 2014. Hajautetun energiantuotannon esite (aurinkosähkö, pientuulivoima, saarekeverkot, koulutus & konsultointi, järjestelmäsuunnittelu).

Fortel Components Oy 2011. Kempeleen ekokorttelin esittely.

Gaia 2011. Lähienergian palvelutarpeet – esimerkkitarjonnat – esitys. 25 slide.

Ilmarinen, Päivi 2014. Sähköpostiviesti koskien Kummatin pientuulivoimaloita.

Linja-arkkitehdit Oy 2013. Pateniemenrannan kaavarunko sekä liikenteen, katujen, ympäristön, vesi- ja energiahuollon yleissuunnittelu. Raportti 1.12.2013.

Maaseudun tulevaisuus 2012. Tuulesta sähköä neljään lamppuun.

Martinkauppi, Annu 2014. Sähköpostiviesti koskien Oulun geoenergiapotentiaalia – Pateniemenrannan alueen potentiaali.

Motiva Oy. Auringosta lämpöä ja sähköä. Lämmitys/sähköjärjestelmät Aurinkoenergia.

Motiva Oy 2014a. Kaukolämpö. Viitattu 31.8.2014

Motiva Oy 2014b. Lämpöä kotiin verkosta. Viitattu 31.8.2014

Motiva Oy 2014c.

Motiva Oy 05/2014. Aurinkosähköjärjestelmien hinta.

Oulun kaupunki 2012. Energiaviisas rakennettu Oulu. Oulun ERA17 –tiekartta. Toimittanut Marketta Karhu. Hyväksytty Oulun kaupunginhallituksessa 11.12.2012 § 60.

Oulun kaupunki 2014 a. Aurinkotonttien asemakaavoitus Oulussa. Suunnitteluohje 2014.

Oulun kaupunki 2014b. Aurinkosähkö Oulussa. Suunnitteluohje 2014.

Oulun kaupunki 2014c. Passiivinen aurinkoenergian hyödyntäminen Oulussa. Suunnitteluohje 2014.

Oulun kaupunki 2014d. Aurinkolämpöjärjestelmät Oulussa. Suunnitteluohje 2014.

Oulun Rakennusvalvonta 2014. RESCA Oulu – Tulevaisuuden talot ja uusiutuva energia konseptit perusrakentajille –esitys. Pekka Seppälä ja Aki Töyräs 24.1.2014.

Oulun Rakennusvalvonta 2014b. Oulun rakennusvalvonnan laatukortit. Energiakonseptit, Apua energiamuodon valintaan. Versio 21.10.2014.

Pohjois-Pohjanmaan liitto 2010. Pohjois-Pohjanmaan ilmastostrategia. 61 s. + liitteet.

Pöyry Finland Oy 2013. Patenimenrannan kaavarunko. Selvitys tuuliolosuhteista. 2.9.2013.

Smeds, Jenni 2012. Energiateknisten pilottiprojektien kartoitus suomalaisessa talonrakentamisessa. Opinnäytetyö, Tekniikan yksikkö, Rakennustekniikan koulutusohjelma, Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Syksy 2012.

Solpros Ay 2006. Aurinkolämpöjärjestelmien perusteet, mitoitus ja käyttö. EU –projekti: Extend Accredited Renewables Training for Heating (EARTH).

Vantaan Sanomat 15.11.2011. Logistiikkafirma kerää katolta tuulivoimaa.

Yle Oulu 31.7.2014 Eikä vielääkään kaukokylmää Ouluun

9 Liitteet

LIITE 1a. Aurinkoenergiälaskelmissa (lämpö ja sähkö) käytetyt rakennusten numeroinnit alueittain.

LIITE 1b. Rakennusten suuntautuneisuus sekä aurinkoon päin olevien kattojen mittatietoja alueittain.

LIITE 1a. Aurinkoenergiälaskelmissa (lämpö ja sähkö) käytetyt rakennusten numeroinnit alueittain - POHJOISKÄRKI



LIITE 1a. Aurinkoenergiälaskelmissa (lämpö ja sähkö) käytetyt rakennusten numeroinnit alueittain – ETELÄKÄRKI, pohjoisosa



LIITE 1a. Aurinkoenergiälaskelmissa (lämpö ja sähkö) käytetyt rakennusten numeroinnit alueittain – ETELÄKÄRKI, keskiosa



LIITE 1a. Aurinkoenergiakaskelmissa (lämpö ja sähkö) käytetyt rakennusten numeroinnit alueittain – ETELÄKÄRKI, eteläosa



LIITE 1a. Aurinkoenergiakalkelmissa (lämpö ja sähkö) käytetyt rakennusten numeroinnit alueittain – KOIVIKKO



LIITE 1b. Pohjoiskärjen rakennusten suuntautuneisuus sekä aurinkoon päin olevien kattojen mittatietoja. AO = erillispientalo ja AK= asuinkerrostalo.

Rak. no	Talo- tyyppi	Suuntautu- neisuus	Pituus (m)	Leveys (m)
1 – 4	AK	kaakko	11	41
5	AK	lounas	11	32
6 – 8	AK	lounas	12	30
9 – 10	AK	itä	12	30
9 – 10	AK	länsi	12	30
11 – 23	AO	lounas	16	8
24 – 26	AK	etelä	14	37
27 – 29	AK	lounas	14	37
30 – 34	AK	lounas	14	37
35	AK	kaakko	29	19
36 – 38	AK	itä	30	15
36 – 38	AK	länsi	30	15
39 – 41	AK	lounas	17	20
42 – 43	AK	itä	14	37
42 – 43	AK	länsi	14	37
44 – 46	AK	kaakko	12	20
44 – 46	AK	lounas	14	32

LIITE 1b. Eteläkärjen rakennusten suuntautuneisuus sekä aurinkoon päin olevien kattojen mittatietoja. AP = asuinpienalo ja AO = erillispientalo.

Rak. no	Talo- tyyppi	Suuntautu- neisuus	Pituus (m)	Leveys (m)	Rak. no	Talo- tyyppi	Suuntautu- neisuus	Pituus (m)	Leveys (m)
47 – 50	AP	itä	6	12	127 – 131	AP	etelä	4	9
47 – 50	AP	länsi	6	12	132 – 137	AP	lounas	5	7
51	AP	kaakko	3	6	138 – 141	AP	etelä	4	9
52 – 55	AP	etelä	6	12	142 – 145	AP	itä	4	9
56 – 58	AP	etelä	4	8	142 – 145	AP	länsi	4	9
59	AP	lounas	5	7	146 – 148	AP	kaakko	5	14
60	AP	etelä	4	8	149 – 152	AP	itä	4	9
61 – 63	AP	kaakko	4	8	149 – 152	AP	länsi	4	9
64	AP	lounas	5	7	153 – 155	AP	etelä	4	9
65 – 66	AP	etelä	5	7	156	AP	kaakko	4	9
67 – 69	AP	kaakko	5	7	157 – 160	AP	etelä	5	7
70 – 71	AP	lounas	5	7	161 – 163	AP	kaakko	5	7
72 – 75	AP	kaakko	6	12	164 – 167	AO	kaakko	4	15
76	AP	lounas	6	5	168 – 172	AO	kaakko	4	12
77 – 80	AP	lounas	6	12	173 – 177	AO	kaakko	8	7
81 – 85	AP	lounas	5	7	178 – 181	AO	kaakko	4	15
86 – 89	AP	kaakko	5	7	182 – 186	AO	kaakko	6	7
90 – 91	AP	kaakko	4	8	187 – 192	AO	kaakko	4	12
92 – 97	AO	lounas	4	8	193 – 195	AP	lounas	5	14
98 – 101	AO	kaakko	4	15	196 – 201	AP	etelä	4	9
102 – 106	AO	kaakko	4	12	202 – 205	AP	etelä	4	9
107 - 110	AO	kaakko	8	7	206 – 209	AP	itä	4	9
111 – 114	AO	kaakko	4	15	206 – 209	AP	länsi	4	9
115 – 119	AO	kaakko	4	12	210 – 211	AP	lounas	5	7
120 – 123	AO	kaakko	6	7	212 – 216	AP	itä	5	7
124	AP	lounas	5	14	212 – 216	AP	länsi	5	7
125 – 126	AP	itä	5	14	217 – 219	AP	kaakko	5	7
125 – 126	AP	länsi	5	14	220 – 223	AP	lounas	5	14

LIITE 1b. Eteläkärjen rakennusten suuntautuneisuus sekä aurinkoon päin olevien kattojen mittatietoja. AP= asuinpientalo.

Rak. no	Talo- tyyppi	Suuntautu- neisuus	Pituus (m)	Leveys (m)
224	AP	kaakko	4	9
225 – 226	AP	lounas	4	9
227	AP	kaakko	4	9
228	AP	itä	4	9
228	AP	länsi	4	9
229	AP	itä	4	9
229	AP	länsi	4	9
230	AP	etelä	4	9

LIITE 1b. Koivikon alueen rakennusten suuntautuneisuus sekä aurinkoon päin olevien kattojen mittatietoja. AP = asuinpienitalo, P = palvelutalo, AR = rivitalo ja AK = asuinkerrostalo.

Rak. no	Talo-tyyppi	Suuntautuneisuus	Pituus (m)	Leveys (m)	Rak. no	Talo-tyyppi	Suuntautuneisuus	Pituus (m)	Leveys (m)
231 – 240	AP	etelä	4	10	320 – 321	AP	etelä	4	9
241 – 244	AP	lounas	4	10	322 – 323	AP	kaakko	5	8
245 – 260	AP	itä	4	13	324 – 325	AK	lounas	30	3
245 – 260	AP	länsi	4	13	326	AK	itä	25	6
261	P	kaakko	30	6	326	AK	etelä	25	6
261	P	lounas	30	6	327	AK	etelä	30	6
262	P	lounas	15	6	328 – 331	AR	lounas	5	28
263 – 266	AR	etelä	5	28	332 – 335	AR	etelä	5	28
267	AR	lounas	5	28	336 – 337	AR	kaakko	5	45
268 – 269	AR	etelä	3	12	338 – 339	AR	itä	5	37
270 – 271	AR	itä	10	45	338 – 339	AR	länsi	5	37
270 – 271	AR	länsi	10	45	340 – 341	AR	kaakko	4	12
272	AR	itä	6	30	342 – 344	AR	etelä	5	12
272	AR	länsi	6	30	345 – 348	AR	kaakko	5	12
273 – 280	AR	itä	4	12	349 – 350	AR	itä	5	12
273 – 280	AR	länsi	4	12	349 – 350	AR	länsi	5	12
281 – 284	AP	etelä	4	13	351 – 355	AR	kaakko	5	12
285 – 286	AP	etelä	4	10	356	AK	itä	32	6
287 – 290	AP	lounas	4	10	356	AK	etelä	45	6
291 – 293	AP	etelä	5	7	356	AK	länsi	32	6
294 – 297	AP	kaakko	4	13					
298 – 304	AP	lounas	4	10					
305 – 306	AP	etelä	5	7					
307 – 312	AP	itä	4	13					
307 – 312	AP	länsi	4	13					
313 – 316	AP	kaakko	4	13					
317 – 319	AP	etelä	5	7					

