

# Porvoon uusiutuvan energian kuntakatselmus

21.2.2017

Åsa Hedman, Elina Grahn

TYÖ-JA ELINKEINOMINISTERIÖN  
TUKEMA ENERGIAKATSELMUSHANKE  
Dnro: PIRELY/0476/05.02.09/2016  
Päätöksen päivämäärä: 3.11.2016  
Katselmuksen tilaaja: Porvoon kaupunki

## Sisällysluettelo

1	Yhteenveto .....	6
1.1	Katselmuskunta.....	6
1.2	Uusiutuvien energialähteiden käytön lisäämismahdollisuudet.....	7
1.2.1	Kaukolämpö .....	9
1.2.2	Sähköntuotanto .....	9
1.3	Yhteenveto ehdotetuista toimenpiteistä.....	9
2	Kohteen perustiedot.....	10
2.1	Selkeä kaupunkitaajama ja lukuisat kylät .....	11
2.1	Kiinteistökanta; kiinteistömassojen jakautuminen eri rakennustyyppisiin .....	12
2.2	Teollisuusalueet .....	13
2.3	Kunnan omistukset alueen energiantuotannossa .....	14
2.4	Energiankäytön tehostustoimenpiteet, voimassa olevat sitoumukset energiansäästöön ja uusiutuvien energialähteiden käytön edistämiseen .....	14
3	Energiantuotannon ja -käytön nykytila .....	14
3.1	Lähtötiedot.....	15
3.2	Sähköntuotanto ja -kulutus.....	15
3.2.1	Sähkön erillistuotanto.....	15
3.2.2	Yhdistetty sähkön- ja lämmöntuotanto.....	16
3.2.3	Sähkönkulutus.....	16
3.3	Lämmöntuotanto .....	17
3.3.1	Kaukolämmön tuotanto.....	17
3.3.2	Lämpörittäjäyyskohteet .....	20
3.4	Kiinteistöjen lämmitys.....	20
3.4.1	Rakennuskanta.....	20
3.4.2	Kunnan kiinteistöt.....	21
3.5	Kokonaisenergiatase .....	23
4	Uusiutuvat energialähteet.....	24
4.1	Bioenergia .....	24
4.2	Tuulivoima.....	26

4.3	Aurinkoenergia.....	27
4.3.1	Aurinkosähkö .....	27
4.3.2	Aurinkolämpö.....	29
4.4	Vesivoima .....	30
4.5	Lämpöpumput.....	30
4.6	Yhteenveto .....	31
5	Jatkotoimenpide-ehdotukset .....	32
5.1	Lämmitysjärjestelmät.....	32
5.1.1	Tarkasteltavat kohteet.....	33
5.1.2	Tarkasteltavat energiajärjestelmät.....	33
5.1.3	Energiajärjestelmien vertailu.....	34
5.2	Aurinkosähkö.....	36
5.3	Vaihtoehtoisia toteutusmalleja.....	36
5.4	Kaupunkisuunnittelu mahdollistajana .....	37
6	Jatkoselvitykset ja tutkimukset .....	39
6.1	Lämmitysjärjestelmät.....	39
6.2	Aurinkosähkö.....	39
6.3	Tuulivoima .....	39
7	Lähdeluettelo.....	40

## Sanasto

Aurinkokeräin	Auringon säteilyenergian lämmöksi muuntava laite.
Aurinkopaneeli	Auringon säteilyenergian sähköksi muuntava laite
CHP	Combined Heating and Power = Yhdistetty sähkön- ja lämmöntuotanto.
COP	Coefficient of Power. Lämpökerroin, joka kuvaa lämpöpumppujen hyötysuhdetta. Esimerkiksi lämpöpumppu, jonka COP on 3, tuottaa 1 kWh:lla sähköä 3 kWh lämpöenergiaa.
ESCO	Perusajatuksena ESCO-konseptissa on investoinnin toteuttaminen kokonaan ilman ”omaa rahaa” siten, että vastuun sekä hankkeen teknisestä toteutuksesta että rahoituksesta ottaa ESCO (Energy Service Company). ESCOn veloitus perustuu kokonaisuudessaan investoinnin tuottamaan energiakustannussäästöön.
Energiatase	Energiatase kuvaa primäärienergian muuntumista loppukulutukseksi. Taseessa erotellaan primäärienergian hankinta, varastomuutokset, energian tuotanto ja muunto, energian loppukulutus ja raaka-ainekäyttö.
Primäärienergiä	Energia, johon ei ole kohdistunut mitään muunto- tai kuljetusprosesseja, energian tuotannossa käytettyjen energialähteiden energiasisältöjen summa. Esimerkkejä ovat maaperässä oleva öljy, kivihiihi ja uraani, puu metsässä, tuuli, aurinkolämpö, maalämpö maassa jne. Primäärienergia käsittää uusiutumattoman ja uusiutuvan energian.
Maa/kallio/vesistölämpö	on tekniikka, jossa lämpöä kerätään lämmönkeruuputkien ja lämpöpumpun avulla rakennusten lämmittämiseen. Lämmönlähteenä voi olla maa, kallio, vesistö (esimerkiksi meri, joki tai yli kaksi metriä syvä järvi, tai vesistön pohjan sedimenttikerros).

## Esipuhe

Tässä uusiutuvan energian kuntakatselmusraportissa esitetään Porvoon kaupungin nykyinen energiatase, alueelliset uusiutuvan energian resurssit sekä mahdollisuudet lisätä uusiutuvien energianlähteiden käyttöä energiantuotannossa. Selvitystyön tuloksena esitetään toimenpideehdotukset, joilla voidaan kannattavasti lisätä uusiutuvan energian käyttöä kaupungin alueella. Toimenpiteille on laskettu investointikustannukset, takaisinmaksuajat sekä niihin liittyvät hiilidioksidipäästöjen muutos. Toimenpiteille on ehdotettu eri toteutusmalleja.

Porvoon kaupungille ei ole aiemmin tehty uusiutuvan energian kuntakatselmusta. Uusiutuvan energian kuntakatselmuksen ovat rahoittaneet Työ- ja elinkeinoministeriö (60 %) ja Porvoon kaupunki (40 %). Työ toteutettiin marras-helmikuussa 2016-2017. Tarkastelussa käytetty referenssivuosi oli 2015.

Kuntakatselmuksen ovat toteuttaneet Åsa Hedman (vastuullinen katselmoija, todistusnumero kk183) ja Elina Grahn, Sustecon Oy:stä.

# 1 Yhteenveto

Katselmustyössä keskityttiin kaupungin hallinnassa oleviin rakennuksiin. Ensisijainen tarkoitus oli selvittää toimenpiteet joihin kaupunki voi omalla toiminnallaan vaikuttaa.

Porvoo on lämmöntuotannon suhteen edistyksellinen; kaupungissa on laaja kaukolämpöverkko. Kaukolämpö tuotetaan melkein kokonaan uusiutuvilla energialähteillä, pääosin hakkeella. Sähköntuotannon osalta kaupunki ostaa suurimman osan sähköstään ulkopuolelta (yli 95 %). Toisaalta kaupungin energiayhtiö, Porvoon Energia Oy, omistaa osuuksia muista energiayhtiöistä joilla on omaa sähköntuotantoa.

Merkittävin sähkönkuluttaja Porvoon alueella on Kilpilahden teollisuusalue (nettokulutus 36 % kokonaiskulutuksesta) (Bergman, 2017). Alue päätettiin jättää tämän tarkastelun ulkopuolelle, koska alueelle tehdään erilliset selvitykset. Muu teollisuus on pienteollisuutta ja kaupungin mahdollisuudet vaikuttaa pienten teollisuusyksiköiden energiajärjestelmien valintoihin, todettiin olevan pienet.

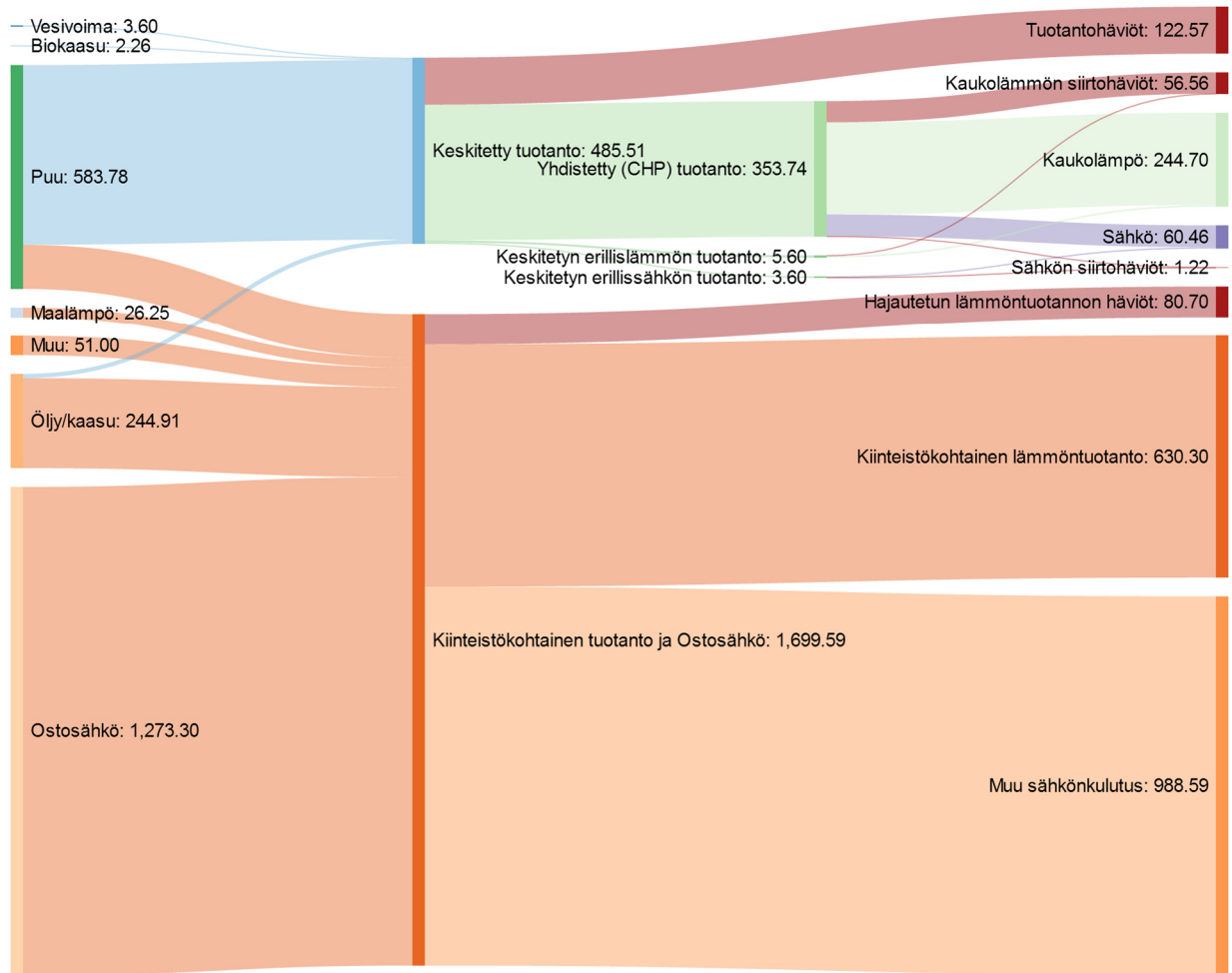
Teollisuuden osuus sähkönkulutuksesta on merkittävä (74 %) myös ilman Kilpilahden aluetta, asumisen ja maatalouden osuus on 16 % ja palveluiden ja rakentamisen osuus on 10 %. Sähkönkulutus Porvoossa oli 15. suurin kaikista kunnista Suomessa.

Yksityisen asuinrakennuskannan osalta päätettiin keskittyä kaupunkisuunnitteluun ja siihen, miten kaupunkisuunnittelulla voidaan mahdollistaa uusiutuvan energian käyttöä mahdollisimman paljon.

## 1.1 Katselmuskunta

Porvoo (ruots. *Borgå*) on Suomen kaupunki, joka sijaitsee maan etelärannikolla Uudenmaan maakunnassa. Kaupungin asukasluku on 50 131. Helsingin itärajalta Porvoon keskusta on matkaa noin 35 kilometriä.

Porvoon energiatase (Kuva 1) näkyy alla. Kuten kuvasta nähdään, puu on vallitseva energiamuoto keskitetyssä energiantuotannossa. Sähköntuotannon määrä on pieni suhteessa kulutukseen kaupungissa. Tuotanto kattaa vain hiukan alle 5 % sähkönkulutuksesta (kulutuksessa ei huomioitu Kilpilahden aluetta).



Kuva 1. Porvoon energiataase. Vasemmalla primäärienergia, vasemmalla energiankulutus. Yksikkö GWh/vuosi.

## 1.2 Uusiutuvien energiälähteiden väräjän lisäämismahdollisuudet

Kaupungin kiinteistökannasta valtaosa on kaukolämmön piirissä. Tässä katselmuksessa on tunnistettu ja huomioitu merkittävimmät kaukolämmön piiriin kuulumattomat kiinteistöt. Suurimassa osassa näistä kiinteistöistä on tällä hetkellä öljylämmitys. Kohteille on laskettu kustannustehokkaita vaihtoehtoja uusiutuvaan energiaan siirtymisessä.

Laskettiin myös koko rakennuskannan potentiaalia siirtyä fossiilisista lämmitysjärjestelmistä uusiutuviin. Kaupungin vaikuttamismahdollisuudet potentiaalın toteuttamiseksi ovat kuitenkin rajalliset.

Tällä hetkellä Porvoossa ei ole merkittävästi hyödynnetty aurinkosäräjän mahdollisuuksia. Katselmuksessa on ehdotettu toimenpiteitä joilla kaupunki voisi lisätä aurinkosäräjän väräjän käyttöä kohteissaan taloudellisesti kannattavasti. Aurinkosäräjän potentiaali laskettiin myös koko rakennuskannalle.

Tuulivoimapotentiaalin todettiin olevan merkittävää. Kaupungin vaikutusmahdollisuudet tuulivoiman toteuttamiseksi ovat kuitenkin melko rajalliset. Suuri merelle rakennettava tuulivoimapuisto, jossa suurin osa potentiaalista sijaitsee, vaatisi maakuntakaava muutoksen. Pienempi puisto sijoittuisi Kilpilahden alueelle eikä vaatisi maakuntakaavan muutosta.

Uusiutuvan energiantuotannon lisäspotentiaali on yhteensä arvioitu olevan 348.1 GWh. Tällä hetkellä arvioidusta kokonaispotentiaalista hyödynnetään noin 60% (Taulukko 1).

Taulukko 1. Yhteenveto uusiutuvan energian potentiaalista.

	Käyttö 2015 [GWh]	Arvioitu potentiaali [GWh/v]	Käyttö suhteessa potentiaaliin [%]
Puu (keskitettyssä tuotannossa)	510.6	510.6	100%
Puupelletti	0,7	25.7	2.7%
Biokaasu	2.3	11.0	20.9%
Tuulivoima	0	180	0%
Aurinkolämpö	≈0	56.6	0%
Aurinkosähkö	≈0	17.1	0%
Maalämpö	14	80.3	17.4%
Vesivoima	3.6	4.0	90%
<b>Yhteensä</b>	<b>531.2</b>	<b>885.3</b>	<b>60%</b>

Allaolevassa taulukossa (Taulukko 2) esitetään ehdotettujen toimenpiteiden vaikutusta uusiutuvan energian kokonaismäärään sekä CO2 päästöihin.

Taulukko 2. Yhteenveto ehdotettujen toimenpiteiden vaikutuksesta. Maalämmön osalta on huomioitu vain maasta/kalliosta/vesistöistä saatava lämpö. Lämpöpumppujen kuluttama sähkö on otettu huomioon sähkönkulutuksessa. COP:ksi on oletettu lukua 3.0.

\*=kiinteistökohtaiset tilastot niputtavat öljy+kaasu yhdeksi luvuksi. Oletuksena tehty: 2/3 öljyä, 1/3 maakaasua.

\*\*=osuus omasta energiantuotannosta. Sähkön tuontia ei huomioitu.

	NYT		TOIM.Pit.Jälk.		CO2- muutos t/a
	GWh/a	%	GWh/a	%	
Öljy*	163.3	8.0	161.5	7.9	-448.9
Turve	0				
Kivihiili	0		0		
Maakaasu*	81.6	4.0	79.3	3.9	-548.5
Muut uusiutumattomat					
<b>Uusiutumattomat yhteensä</b>	<b>244.9</b>	<b>31.5** 11.9</b>	<b>240.8</b>	<b>31.0** 11.7</b>	<b>-997.4</b>



<b>Puupolttoaineet</b>	511.3	24.9	512.1	25.0	
<b>Peltobiomassat</b>					
<b>Biokaasu</b>	2.3	0.1	4.6	0.2	
<b>Jätepolttoaineet</b>					
<b>Tuulivoima</b>	0	0	0		
<b>Aurinkolämpö</b>	≈0	0	0.2	0.0	
<b>Aurinkosähkö</b>	≈0	0	0.3	0.0	
<b>Vesivoima</b>	3.6	0.2	3.6	0.2	
<b>Maalämpö</b>	14	0.7	14.8	0.7	52.9
<b>Uusiutuvat yhteensä</b>	531.2	68.5** 25.9	535.6	69.0** 26.1	
<b>Oma tuotanto yhteensä</b>	776.1	37.8	776.4	37.9	
<b>Ostosähkö</b>	1274.5	62.2	1274.5	62.1	
<b>Kaikki yhteensä</b>	2050.6		2050.9		-944.5

### 1.2.1 Kaukolämpö

Tolkisten ja Harabackan CHP laitokset tuottavat valtaosan kaukolämmöstä. Tästä tuotannosta yli 90 % on uusiutuvilla energialähteillä tuotettua; pääosin puuhakkeella. Voidaan todeta, että kaukolämmön tuotannossa ei ole tarvetta panostaa merkittävästi uusiutuvan energian osuuden lisäämiseen, koska tilanne on tällä hetkellä erittäin hyvä.

### 1.2.2 Sähköntuotanto

Sähköä tuotetaan Porvoon alueella noin 60 GWh/vuodessa. Tämä on noin 4.5 % kulutuksesta. Tuotanto on melkein 100 % uusiutuvaa (hake ja vesivoimaa). CHP tuotantokapasiteetin lisääminen on rajallista, koska kaukolämmön tarpeen ei nähdä kasvavan merkittävästi tulevaisuudessa. Tarve todennäköisesti jopa pienenee energiatehokkuustoimenpiteiden ansiosta sekä kasvavasta suuntauksesta vaihtaa lämmitysjärjestelmä kaukolämmöstä maalämpöön.

Erillissähköntuotantoa voisi kasvattaa alueella kiinteistökohtaisilla aurinkosähköjärjestelmillä sekä tuulivoimaloilla. Vesivoimakapasiteetin osalta suurta lisäystä ei ole toteuttavissa kestävästi.

## 1.3 Yhteenveto ehdotetuista toimenpiteistä

Toimenpide-ehdotukset (Taulukko 3) ovat rajattu kaupungin hallinnassa oleviin kiinteistöihin. Lämmityksen osalta keskityttiin kaukolämpöverkon ulkopuolella oleviin rakennuksiin, joissa on fossiilisia polttoaineita käyttäviä lämmitysjärjestelmiä ja joissa energiankulutus oli merkittävää.

Lämmitysjärjestelmien lisäksi keskityttiin aurinkosähköön. Tarkasteltiin kaupungin kiinteistöjä joissa on merkittävä sähkönkulutus myös kesäaikana.

Investointikustannuksissa on vain huomioitu ”lisäinvestointi”. Öljykattilan uusiminen on siis vähennetty uusiutuvan järjestelmän investointihinnasta. PV järjestelmissä on huomioitu 25% energiaturki investointihinnoissa.

Taulukko 3. Yhteenveto ehdotetuista toimenpiteistä.

\*= T=toteutettu, P=päätetty toteuttaa tai jatkaa hankkeen selvityksiä H=harkitaan toteutusta tai hankkeen jatkoselvityksiä, E = Ei toteuteta

no	EHDOTETUN TOIMENPITEEN KUVAUS	TALOUDELLISET TIEDOT			TOIMENPITEEN VAIKUTUKSET			ERITTELY	
		Investointi EUR	Säästö EUR/a	TMA a	Korvattava energianlähd e	Uusiutuvien energianlähteiden lisävs GWh/vuosi	CO <sub>2</sub> -päästön vähenem t/a	Raportin kohta	Sovitut jatko-toimet T,P,H,E
1	Ebbo skola, lämmitysjärjestelmän vaihto kalliolämpöön	110,000	12,202	9.0	Öljy	0.24	62.6	5.1	H
2	Kerkkoon koulu, lämmitysjärjestelmän vaihto pellettilämmitykseen	50,600	12,240	4.1	Öljy	0.24	62.6	5.1	H
3	Huvikunnan päiväkot, lämmitysjärjestelmän vaihto aurinkolämmön kalliovaraajajärjestelmään	90,000	15,960	5.6	Öljy	0.19	49.6	5.1	H
4	Sannäs skola, lämmitysjärjestelmän vaihto pellettilämmitykseen	80,600	9,180	8.8	Öljy	0.27	70.5	5.1	E
5	Saxby skola, lämmitysjärjestelmän vaihto pellettilämmitykseen	48,600	5,760	8.4	Öljy	0.14	36.5	5.1	E
6	Tuorilan koulu, lämmitysjärjestelmän vaihto kalliolämpöön	120,000	16,455	7.3	Öljy	0.24	62.6	5.1	E
7	Kråkö skola, lämmitysjärjestelmän vaihto kalliolämpöön	75,000	5,772	13.0	Öljy	0.1	26.1	5.1	E
8	Aurorahalliin 25 kW PV	21,000	2,300	9.1	Ostosähkö	0.021	4.4	5.2	H
9	Näsin terveysasema, 90 kW PV	72,000	8,500	8.5	Ostosähkö	0.076	15.9	5.2	H
10	Urheiluhalli, 40 kW PV	34,000	3,900	8.7	Ostosähkö	0.035	7.3	5.2	H
11	Kokonhalli, 55kW PV	47,000	5,300	8.9	Ostosähkö	0.049	10.2	5.2	H
12	Uimahalli, 75 kW PV	64,000	7,600	8.4	Ostosähkö	0.068	14.2	5.2	H
13	Kokon jäähalli, 80 kW PV	67,000	7,600	8.8	Ostosähkö	0.073	15.3	5.2	H
	<b>YHTEENSÄ</b>	<b>879,800</b>	<b>112,769</b>	<b>7.8</b>		<b>2</b>	<b>438</b>		

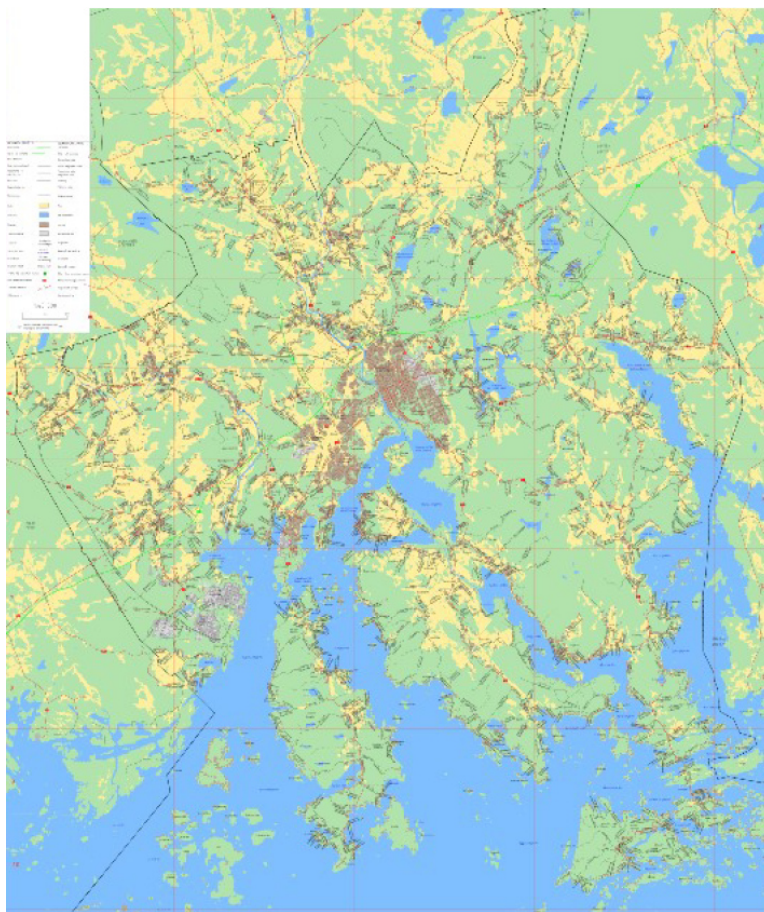
## 2 Kohteen perustiedot

Porvoo (ruots. *Borgå*) on Suomen kaupunki, joka sijaitsee maan etelärannikolla Uudenmaan maakunnassa. Kaupungin asukasluku on 50 131. Helsingin itärajalta Porvoon keskusta on

matkaa noin 35 kilometriä. 83,9 % asukkaista asuu taajamissa. Porvoo on Suomen toiseksi vanhin kaupunki, kaupunki perustettiin vuonna 1346.

Porvoon pinta-ala ilman merialueita on 664,53 km<sup>2</sup>, merialueita on 1 475,28 km<sup>2</sup>. Metsän pinta-ala Porvoossa on 412.89 km<sup>2</sup>. Tästä 4 % on huonosti tuottavaa metsää ja 1,1 % on tuottamatonta metsää. (Luke, 2015)

Oleellinen osa Porvoon kaupunkia on niin sanottu kansallinen kaupunkipuisto, johon kuuluu 25 erilliskohdetta. Ne ovat merkittäviä kulttuurihistoriallisesti, mutta myös luonnon monimuotoisuuden kannalta. Alueeseen kuuluu 1122 hehtaaria maapinta-alaa ja 1030 hehtaaria vesialueita.



Kuva 2. Kartta Porvoon kaupungin alueista. Kartasta näkyy taajamien sijoittautuminen.

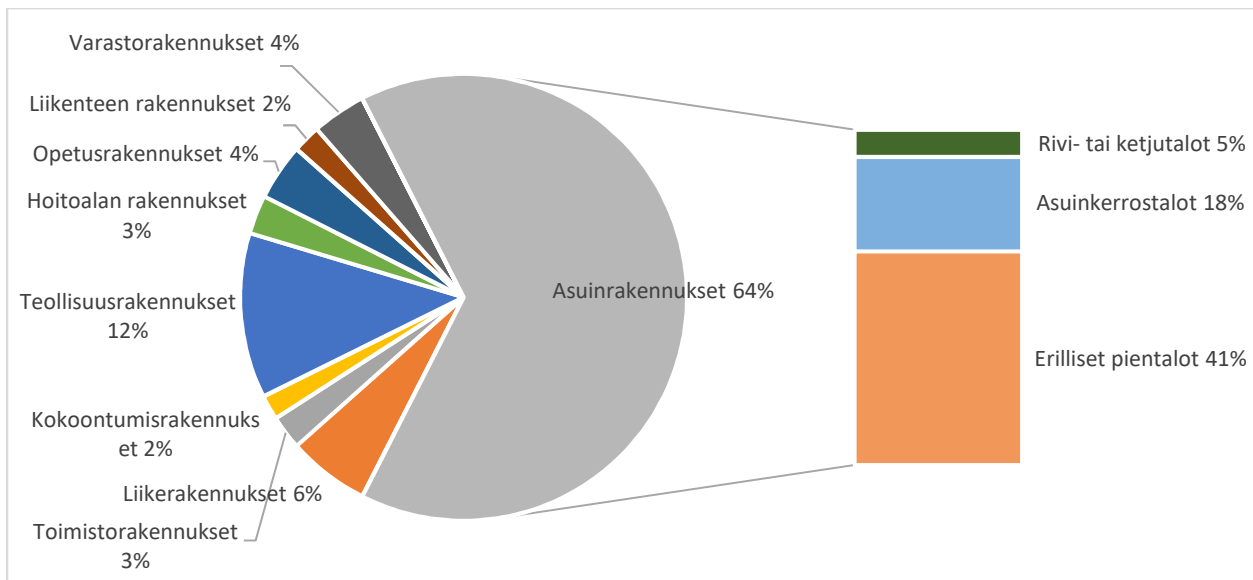
## 2.1 Selkeä kaupunkitaajama ja lukuisat kylät

Porvoon kaupunkitaajama muodostaa selkeän seudun keskuksen, jossa asutaan, käydään työssä ja haetaan palveluja. Kaupunkitaajamassa (pääosin asemakaavoitettua aluetta) on asukkaita noin 37 300 ja sitä ympäröivät lukuisat kylät ja maaseutu. Kyläkeskuksissa ja haja-asutusalueilla on noin 12 800 asukasta. Työpaikkaomavaraisuus Porvoossa on ollut toistaiseksi erinomainen (n.

92%), mutta työssäkäynti muualla, lähinnä pääkaupunkiseudulla, lisääntyy. Työpaikkoja Porvoossa oli vuonna 2014 Tilastokeskuksen mukaan noin 20 500, josta lähes 70 %, oli kaupunkitaajamassa. Työpaikoista noin 20 % olivat Kilpilahdessa.

## 2.1 Kiinteistökanta; kiinteistömassojen jakautuminen eri rakennustyyppeihin

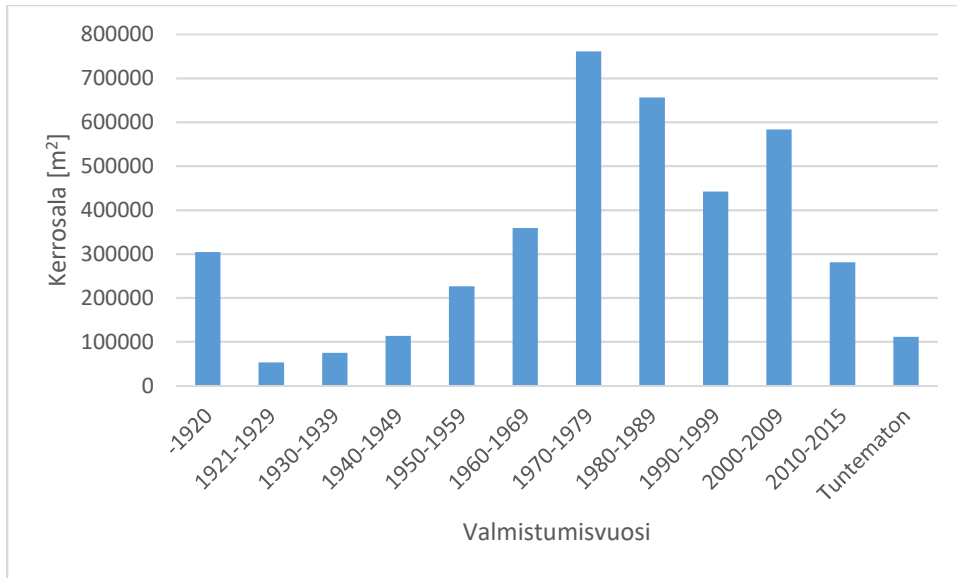
Porvoossa oli vuonna 2015 yhteensä 14 700 rakennusta ja niiden yhteenlaskettu kerrosala oli 3 966 464 m<sup>2</sup>. Kiinteistökannan jakautuminen eri rakennustyyppeihin esitetään alla olevassa kuvassa.



Kuva 3. Kiinteistökannan jakautuminen eri rakennustyyppeihin Porvoossa vuonna 2015 (Aluesarjat, 2017). Eri rakennustyyppien osuudet ovat laskettu rakennetun kerrosalan perusteella.

Kuten nähdään kuvasta (Kuva 3), suurin osa kaikista rakennuksista, 64 %, ovat asuinrakennuksia. Melkein kaksi kolmasosaa kaikista asuinrakennuksista ovat erillisiä pientaloja. Alueella on myös jonkin verran teollisuusrakennuksia, 12 %, ja liikerakennuksia, 6 %.

Kuva 4 esittää kiinteistökannan jakautumisen valmistumisvuoden mukaan.



Kuva 4. Porvoon kiinteistökanta valmistumisvuoden mukaan. (Aluesarjat, 2017)

Melkein 70 % kiinteistökannasta on rakennettu 1970-luvulla tai myöhemmin. Noin 7 % kiinteistökannasta on rakennettu 2010-luvulla. Taulukko 4 esittää uudisrakennusten määrät ja rakennustilavuudet.

Taulukko 4. Uudisrakennusten lukumäärät ja rakennustilavuudet 2010-2015 (Aluesarjat 2017).

Vuosi	Asuinrakennukset		Muut rakennukset		Yhteensä	
	Lukumäärä [kpl]	Kerrosala [m2]	Lukumäärä [kpl]	Kerrosala [m2]	Lukumäärä [kpl]	Kerrosala [m2]
2010	126	23 529	45	33 204	171	56 733
2011	132	28 767	13	5 186	145	33 953
2012	152	34 712	29	23 857	181	58 569
2013	159	33 338	19	7 925	178	41 263
2014	118	29 317	20	14 272	138	43 589
2015	168	36 548	12	10 521	180	47 069

Kaksi kolmasosaa 2010-luvulla rakennetuista rakennuksista ovat asuinrakennuksia ja kolmasosa on muita rakennuksia rakennetun kerrosalan perusteella.

## 2.2 Teollisuusalueet

Suurin teollisuusalue Porvoossa on Kilpilahden teollisuusalue. Kilpilahden alueella on käynnissä erillinen hanke jonka tarkoitus on analysoida alueen energia- ja resurssivirtoja. Tässä katselmuksessa on päätetty jättää alue pois tarkastelusta.

Kilpilahden lisäksi Porvoossa on kaksi pienteollisuusaluetta: Tarmola kaupungin itäpuolella sekä Ölstens, joka sijaitsee kaupungin länsipuolella. Tarmolan alue on kaukolämmön piirissä, Ölstenin alueella on kaasuverkko, johon suurin osa teollisuuskiinteistöissä on liittynyt. Tässä

katselmuksessa ei ole erikseen selvitetty näiden alueiden energiaratkaisuja, koska kaupungin mahdollisuudet vaikuttaa kohteiden energiavalintoihin, ovat hyvin rajalliset.

### 2.3 Kaupungin omistukset alueen energiantuotannossa

Porvoon kaupunki omistaa 100 % energiayhtiöstä Porvoon Energia Oy. Porvoon Energia Oy toimittaa kaiken kaukolämmön alueella. Kaukolämmön lisäksi Porvoon Energia myy vuodessa noin 414 GWh sähköä (Porvoon Energia, 2016) josta omaa tuotantoa on 60 GWh.

Porvoon Energian lisäksi Porvoossa toimii vesivoimayhtiö, Oy Drägsby Vattenkraft - Treksilän vesivoima Ab. Yrityksellä on yksi vesivoimala jonka vuosituotanto vuonna 2015 oli 1,4 GWh.

### 2.4 Energiankäytön tehostustoimenpiteet, voimassa olevat sitoumukset energiansäästöön ja uusiutuvien energialähteiden käytön edistämiseen

Porvoon kaupunki on ollut mukana kuntien energiatehokkuussopimuksessa vuodesta 2008. Kaupunki jättää Helmikuussa 2017 hakemuksen uuden KETS-sopimukseen liittymisestä.

Kaupunki on teettänyt 53 energiakatselmusta vuosien 2011-2015 välillä.

## 3 Energiantuotannon ja -käytön nykytila

Tässä luvussa tarkastellaan energiantuotannon ja – käytön nykytilaa Porvoossa. Kilpilahden teollisuusalue on jätetty pois tarkastelusta. Tarkasteluvuodeksi valittiin vuosi 2015, jotta saataisiin mahdollisimman ajantasaisia tuloksia. Vuosi 2015 oli ennätysellisen lämmen suurimmassa osassa maata ja myös Porvoon seudulla. Vuoden keskilämpötila oli noin 2 astetta lämpimämpi kuin pitkän ajan keskiarvo jaksolla 1981 -2010 (Ilmatieteen laitos, 2017). Astepäivälukuina mitattuna vuosi oli 13 % lämpimämpi kuin edellisenä vuonna (Porvoon Energia, 2016). Tästä syystä, energiankulutus alueella oli vuonna 2015 matalampi muihin vuosiin verrattuna. Lämpimästä kelistä johtuen kaikki voimalaitokset eivät olleet edes käytössä.

Paikallisena energiayhtiönä Porvoossa toimii Porvoon Energia Oy. Yhtiö tuottaa ja myy sekä sähköä että kaukolämpöä. Näiden lisäksi yhtiöllä on myös maakaasun jakelua. Vuonna 2015, yhtiö tuotti yhteensä 60,3 GWh sähköä ja 301 GWh kaukolämpöä Porvoon alueella. Sähköä tuotettiin Tolkisten yhteistuotantolaitoksissa sekä Strömsbergin vesivoimalassa. Kaukolämpöä tuotettiin yhteistuotantolaitosten lisäksi myös Kirjalantien lämpökeskuksessa. Lämpimien keliä johdosta Harabackan yhteistuotantolaitosta ainoastaan koekäytettiin ja Kipinätien lämpökeskusta ei käytetty lainkaan vuoden 2015 aikana. (Porvoon Energia, 2016)

Porvoon alueella toimii myös toinen pieni vesivoimala, Treksilän Vesivoima, joka ei ole Porvoon Energian omistuksessa.

Harabackan kaasuvoimala, joka myös on yhteistuotantolaitos, toimii lähinnä korvaavana varavoimalana Tolkisten voimaloille ja Kipinätien lämpölaite taasen huippu- ja varalaitoksena

kaukolämpöverkossa. Polttoaineena Tolkkisten biovoimaloissa käytetään metsätähde- ja puuhaketta. Muut tuotannossa käytetyt polttoaineet ovat kaasu ja öljy. Kaasua käytetään kaukolämpöverkon kulutushuippujen aikana. Uutena polttoaineena vuonna 2015 otettiin käyttöön biokaasu jonka osuus kaasunkäytöstä oli noin 45 %. Biokaasu toimitetaan maakaasuverkon kautta. Öljyä käytetään lähinnä voimaloiden käynnistykseen sekä vara- ja tukipolttoaineena.

### 3.1 Lähtötiedot

Porvoon energiantuotannon ja – käytön tiedot ovat pääosin kerätty tietopyyntöinä Porvoon kaupungin ja Porvoon Energian yhteyshenkilöiltä sekä julkisista lähteistä. Seuraavaksi kaikki käytetyt tiedot ja lähteet ovat listattu.

Kaupungilta saadut tiedot:

- Kaupungin omistama kiinteistökanta ja sen energiankulutus

Porvoon Energialta saadut tiedot:

- Energiantuotannon tiedot vuonna 2015

Julkisista lähteistä saadut tiedot:

- Sähkönkäyttö Porvoossa sektoreittain (Energieollisuus, 2016a)
- Vuoden 2015 kaukolämpötilastot (Energieollisuus, 2016b)
- Porvoon seudun rakennuskanta käyttötarkoituksen ja lämmitystavan mukaan (Aluesarjat, 2017)
- Porvoon Energian vuosikertomus 2015 (Porvoon Energia, 2016)
- CO<sub>2</sub> – päästökertoimet (Motiva, 2012)

### 3.2 Sähköntuotanto ja –kulutus

Porvoossa Porvoon Energia ja Treksilän Vesivoima tuottavat sähköä. Vuonna 2015 Porvoon Energia myi yhteensä 414 GWh sähköä (Porvoon Energia, 2016). Tästä 14.5 % tuotettiin Porvoossa; 14 % Tolkkisten yhteistuotantolaitoksissa ja 0,5 % Strömsbergin vesivoimalassa. Treksilän vesivoimalassa tuotettiin 1.4 GWh sähköä.

Seuraavaksi esitetään yhteenveto sähköntuotannosta ja – kulutuksesta Porvoossa vuonna 2015.

#### 3.2.1 Sähkön erillistuotanto

Porvoossa tuotetaan erillisesti sähköä kahdessa vesivoimalassa: Strömsbergin vesivoimalassa ja Treksilän vesivoimalassa. Näissä voimaloissa tuotettiin yhteensä 3.6 GWh sähköä vuonna 2015. Taulukko 5 esittää voimaloiden tiedot sekä tuotetut sähkö määrät.

Taulukko 5. Sähkön erillistuotanto Porvoossa.

Voimala	Teho	Sähkötuotanto	Omistaja	Kommentit
Strömsbergin vesivoimala	900 kW	2.2 GWh/v	Porvoon Energia	Kolme turbiinia ja kolme generaattoria. Putouskorkeus: 10-11m. (Tillander, 2015)
Treksilän vesivoimala	n/a	1.4 GWh/v	Treksilän vesivoima	1.4 GWh on ennätys olemassa olevalla generaattorikapasiteetillä (Pressler, 2017)

### 3.2.2 Yhdistetty sähkön- ja lämmöntuotanto

Porvoossa on kaksi voimalaitosta, missä tuotetaan sekä sähköä että lämpöä: Tolkkinen ja Harabacka. Näissä voimaloissa tuotettiin 58 GWh sähköä ja 296 GWh lämpöä vuonna 2015. Laitokset ovat esitetty tarkemmin kappaleessa 3.3.1. Taulukko 6 esittää käytetyt polttoaineet CHP tuotannossa.

Taulukko 6. Yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotannon polttoaineet (GWh/v). (Porvoon Energia, 2015)

Polttoaine	[GWh/v]
Puu	468.6
Maakaasu	0.04
Biokaasu	0.03
Raskas polttoöljy	2.63
Kevyt polttoöljy	0.21
<b>Yhteensä</b>	<b>471.51</b>

Taulukosta voidaan nähdä, että puu on pääpolttoaineena yhdistetyssä sähkön- ja lämmöntuotannossa. Yli 98 % polttoaineista koostuu erilaisista puutuotteista kuten kuoresta, hakkeesta ja purusta. Taulukko 7 esittää yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotannon päästöt.

Taulukko 7. Yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotannon päästöt (tonneja/vuosi). (Porvoon Energia, 2015)

Päästöt	[Tonneja/vuosi]
Hiukkaset	3.61
Typen oksidit (NOX/NO2)	164.84
Rikin oksidit (Sox/SO2)	4.56
Hiilidioksidi, fossiili	812.4
Hiilidioksidi, bio	183 058

### 3.2.3 Sähkönkulutus

Vuonna 2015, kokonaissähkönkulutus Porvoossa oli 2 085 GWh (Energiateollisuus, 2016a). Kilpilahden osuus oli 750 GWh (Bergman, 2017), joten tämän raportin tarkisteltavassa alueessa sähkön kulutus oli 1335 GWh. Taulukko 8 esittää sähkönkulutuksen sektoreittain.



Taulukko 8. Sähkönkulutus Porvoossa vuonna 2015 (Energiateollisuus, 2016a).

	<b>Asuminen ja maatalous</b>	<b>Teollisuus (poislukien Kilpilahden aluetta)</b>	<b>Palvelut ja Rakentaminen</b>	<b>Yhteensä</b>
GWh	217	985	132	1335
%	16	74	10	100

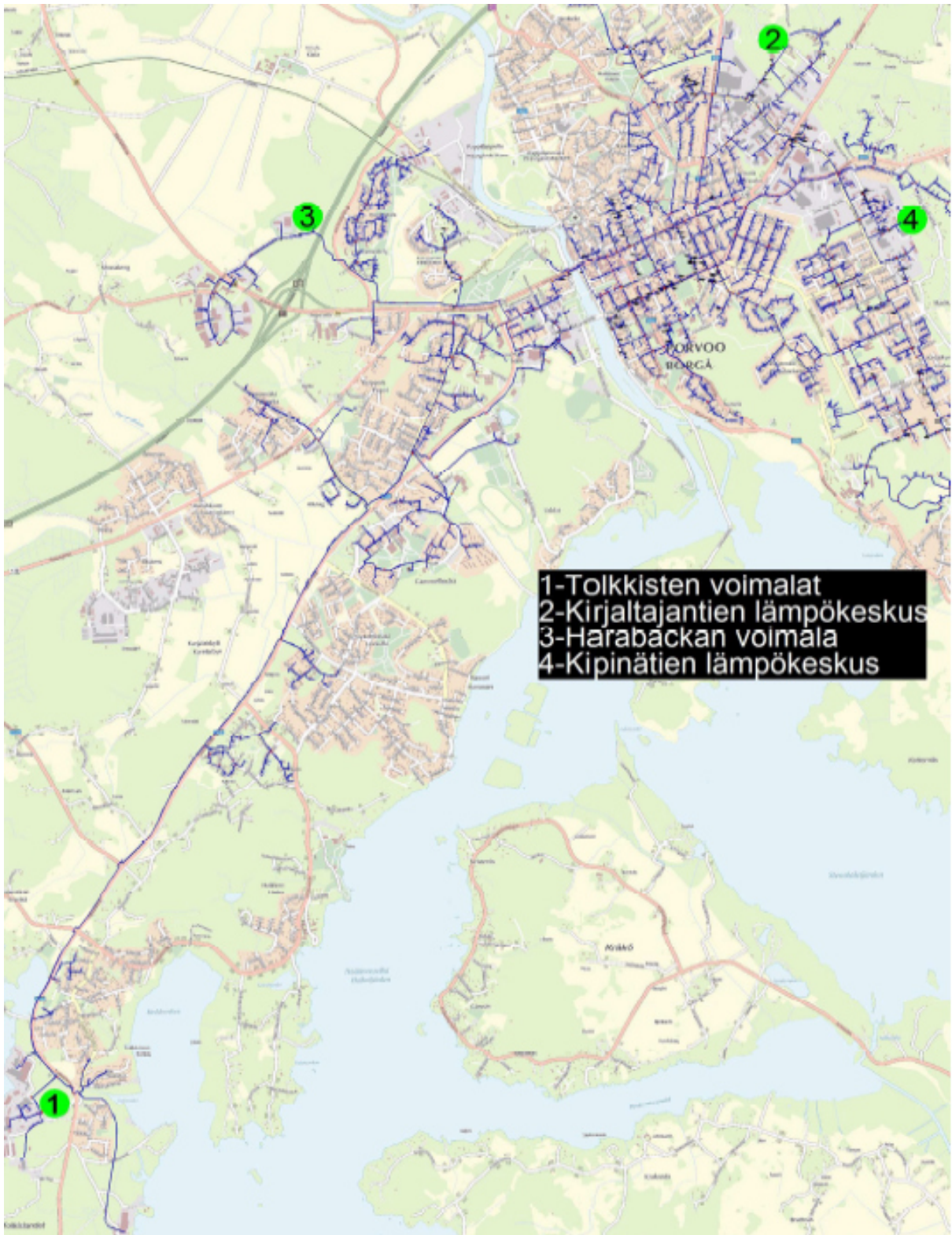
Teollisuuden osuus oli suurin, 74 %, asumisen ja maatalouden osuus oli 16 % ja palveluiden ja rakentamisen osuus oli 10 %. Sähkönkulutus Porvoossa oli 15. suurin kaikista kunnista Suomessa.

### 3.3 Lämmöntuotanto

Tässä kohdassa esitetään kaukolämmön tuotannon kokonaismäärät, käytetyt polttoaineet ja niiden aiheuttamat päästöt, sekä teollisuuden erillislämmöntuotanto ja lämmönryittäjyyskohteet Porvoossa vuonna 2015.

#### 3.3.1 Kaukolämmön tuotanto

Porvoossa Porvoon Energia Oy on kaukolämmön tuottaja ja myyjä. Kaukolämpöverkko on 146 km pitkä ja kattaa valtaosan Porvoon keskustan alueesta sekä osan Kilpilahden ja Porvoon keskustan välisestä alueesta. Kaukolämpöä tuotetaan pääsääntöisesti Tolkkisten voimaloissa. Nämä voimalat ovat yhteistuotantolaitoksia ja pääpolttoaineena toimii metsätähde- ja puuhaketta. Lämpöä tuotetaan myös Kirjalantien lämpölaitoksessa. Harabackan kaasuvoimalaitos, joka on myös yhteistuotantolaitos, toimii lähinnä korvaavana varavoimalana Tolkkisten voimaloille ja Kipinätien lämpölaitos taas huippu- ja varalaitoksena kaukolämpöverkossa. Kuva 5 näyttää kaukolämpöverkon ja voimalaitosten sijainnit. Taulukko 9 esittää voimalaitosten perustiedot.



Kuva 5. Porvoon kaukolämpöverkko (Porvoon Energia, 2015).

Taulukko 9. Porvoon kaukolämmön tuotantolaitokset. (Porvoon Energia, 2015)

Laitos	Pääpolttoaine	Lämpöteho	Sähköteho
Tolkkinen	Metsätähde- ja puuhaketta	76 MW	22.7 MW
Kirjalantie	Kaasua/raskas polttoöljyä	38 MW	-
Harabacka	Kaasua	45 MW	9 MW
Huippu ja varavoimalaitokset	Kaasua/raskas polttoöljyä	110 MW	-

Porvoossa tuotettiin vuonna 2015 301 GWh kaukolämpöä. Yhteistuotannon osuus oli 95 %. Tuotetun sähkön määrä yhteistuotannossa oli 58 GWh. Suurin osa lämmöstä, 98 %, tuotettiin Tolkkisen voimalaitoksissa. Energiategollisuuden (2016b) mukaan, siirtohäviöt verkossa olivat noin 56,3 GWh eli suuruusluokassa 19 % kaukolämmön tuotannosta. Käytetyt polttoaineet ovat esitetty alla (Taulukko 10).

Taulukko 10. Kaukolämpötuotannon polttoaineet. (Porvoon Energia, 2015)

Polttoaine	[GWh]
Puu	468.64
Maakaasu	2.77
Biokaasu	2.26
Raskas polttoöljy	3.54
Kevyt polttoöljy	4.70
<b>Yhteensä</b>	<b>481.91</b>

Polttoaineiden kokonaiskulutus oli vuonna 2015 normaalia pienempää, johtuen noin 20 % normaali vuotta lämpimämmästä vuodesta. Puu toimii pääpolttoaineena, 97 % polttoaineista koostui puutuotteista. Uutena polttoaineena vuonna 2015 otettiin käyttöön biokaasu, jonka osuus kaasunkäytöstä oli noin 45 %. Biokaasun tuotanto alkaa Porvossa kesällä 2017 kun Itä-Uudenmaan Jätehuollon kaatopaikka kaasuntuotanto käynnistyy. Arvioitu tuotantomäärä 1-1.5 Mm<sup>3</sup> kaatopaikkakaasua (45% metaania, 55% biokaasua) (Heikkonen, 2017).

Energiatuotannon aiheuttamat päästöt ovat esitetty alla (Taulukko 11).

Taulukko 11. Kaukolämpötuotannon päästöt (Porvoon Energia, 2015)

Päästöt	[Tonneja]
Hiukkaset	3.63
Typen oksidit (NOX/NO <sub>2</sub> )	166.14
Rikin oksidit (Sox/SO <sub>2</sub> )	6.14
Hiilidioksidi, fossiili	2 050
Hiilidioksidi, bio	183 058

Puupolttoaineen suuresta osuudesta johtuen Porvoon kaukolämpötuotannon CO<sub>2</sub> päästökerroin oli vuonna 2015 noin 5kg/MWh.

Kaavoituksessa tutkitaan aina kaukolämmön mahdollisuutta. Kaupunkisuunnittelu selvittää yhteistyössä Porvoon Energia Oy:n kanssa onko kaukolämpöverkkoa mahdollista laajentaa uusille alueille.

### 3.3.2 Lämpöyrittäjäyyskohteet

Porvoon ainoa lämpöyrittäjäyyskohde on Kulloon koulukeskus. Tämän lisäksi Porvoon kaupunki ostaa lämpöpumpuilla tuotettua lämpöä palveluperiaatteella Hinthaaran koulukeskuksessa.

Kulloon lämpöyrittäjäyyskohteen tiedot:

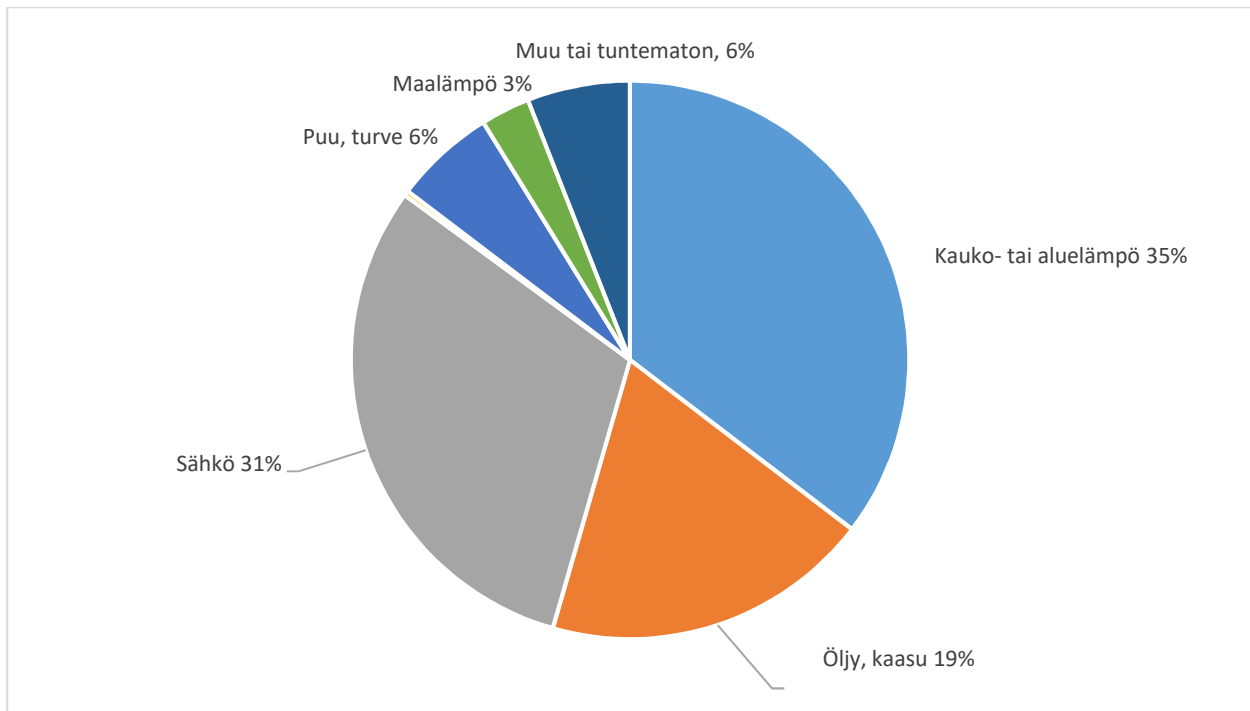
- Lämpöyrittäjä: Agroenergi Ab
- Kohde: "Kullo Bildningscentral", Gamla Kullovägen 35, 06850 KULLO
- Teho ja energiankulutus: 250 kW, noin 150 tonnia pellettiä/vuosi.
- Toiminnan käynnistymisvuosi: 2008
- Sopimuksen voimassaoloaika: 10v + jatkomahdollisuus.

## 3.4 Kiinteistöjen lämmitys

Tässä kappaleessa esitetään alueen rakennuskannan lämmityksen jakautuminen eri lämmitysmuotojen kesken. Esitellään myös Porvoon kaupungin kiinteistökanta.

### 3.4.1 Rakennuskanta

Kuva 6 näyttää käytetyt lämmönlähteet rakennettua kerrosneliometriä kohden Porvoossa. Kuvasta nähdään, että kaukolämpö, sähkö, öljy ja kaasu ovat tärkeitä lämmönlähteitä Porvoossa. Puu- ja maalämmön osuudet ovat pieniä.



Kuva 6. Käytetyt lämmitysjärjestelmät per rakennettu kerrosneliömetri (Aluesarjat, 2017)

Alueella käytettiin 244.7 GWh kaukolämpöä vuonna 2015. Muiden lämmitysjärjestelmien tuottamat lämpö määrät sekä käytetyt polttoaine-energiat ovat laskettu kaukolämpöluvun perusteella kuvan 6 prosenttilukujen mukaisesti.

Kiinteistöjen lämmityksen energianlähteet ja määrät ovat esitetty alla (Taulukko 12).

Taulukko 12. Kiinteistöjen lämmityksen energianlähteet. Laskettu lämmitysjärjestelmien hyötysuhteiden ja lämmitysjärjestelmien jakautumisen (kuva 6), perusteella.

	[GWh/vuosi]	%
Kauko- tai aluelämpö	244.7	35%
Öljy, kaasu	203.5	19%
Sähkö	284.7	31%
Puu, turve	80.6	6%
Maalämpö	10.5	3%
Muu	51	6%
<b>Yhteensä</b>	<b>699.1</b>	<b>100%</b>

### 3.4.2 Kaupungin kiinteistöt

Porvoon kaupunki omistaa 232 kiinteistöä. Kiinteistöt ja niiden kerrosalat ja tilavuudet ovat listattu kiinteistöjen käyttötavan mukaan alla olevassa taulukossa (Taulukko 13).

Taulukko 13. Porvoon kaupungin omistamat kiinteistöt ja niiden rakennustilavuus (Porvoon kaupunki, 2016).

	<b>Lukumäärä [kpl]</b>	<b>Kerrosala [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Tilavuus [m<sup>3</sup>]</b>
Asuinrakennukset	113	146 617	559 778
Hoitoalan rakennukset	36	61 070	213 668
Toimisto- ja hallintorakennukset	9	17 946	72 086
Kokoontumisrakennukset	28	31 871	177 647
Opetusrakennukset	35	126 218	511 563
Varastorakennukset	2	3 167	19 908
Muut Rakennukset	9	6 219	34 198
<b>Yhteensä</b>	<b>232</b>	<b>393 108</b>	<b>1 588 848</b>

Kaupungilla on eniten asuinrakennuksia. Suurin osa, 95 kpl, asuinrakennuksista ovat kerrostaloja. Kaupungilla on myös 17 pientaloa ja yksi asuntolarakennus. Toiseksi suurin kiinteistöryhmä on opetusrakennukset. Tämä ryhmä sisältää kaupungin peruskouluja ja lukioita. Kolmas suurin kiinteistöryhmä on hoitoalan rakennukset. Tämän ryhmän rakennukset ovat pääosin lasten päiväkotaja, 29 kpl, ja loput ovat terveydenhoitorakennuksia ja huoltolaitosrakennuksia.

Kiinteistöjen energiankulutus on esitetty alla (Taulukko 14).

Taulukko 14. Energiankulutus Porvoon kaupungin kiinteistöissä (Porvoon kaupunki, 2016)

	Kauko- lämpö [MWh]	Öljy [MWh] <sup>1</sup>	Sähkö [MWh]	Maakaasu [MWh]	Yhteensä
Asuinrakennukset	17 873	86	4 133	904	22 996
Hoitoalan rakennukset	8 498	372	5 265	559	14 694
Toimisto- ja hallintorakennukset	2 007	-	1 009	-	3 016
Kokoontumis- rakennukset	7 344	-	5 623	-	12 967
Opetusrakennukset	15 296	2 281	9 608	554	27 739
Varastorakennukset	543	89	348	-	980
Muut Rakennukset	924	-	1 059	-	1 983
<b>Yhteensä</b>	<b>52 485</b>	<b>2 828</b>	<b>27 045</b>	<b>2017</b>	<b>84 375</b>

<sup>1</sup> Öljymäärä on arvioitu käytetyn öljytilavuuden perusteella kertaamalla tämä öljyn lämmönarvolla. Öljyn lämpöarvona käytettiin 10.02 kWh/l (Motiva 2010).

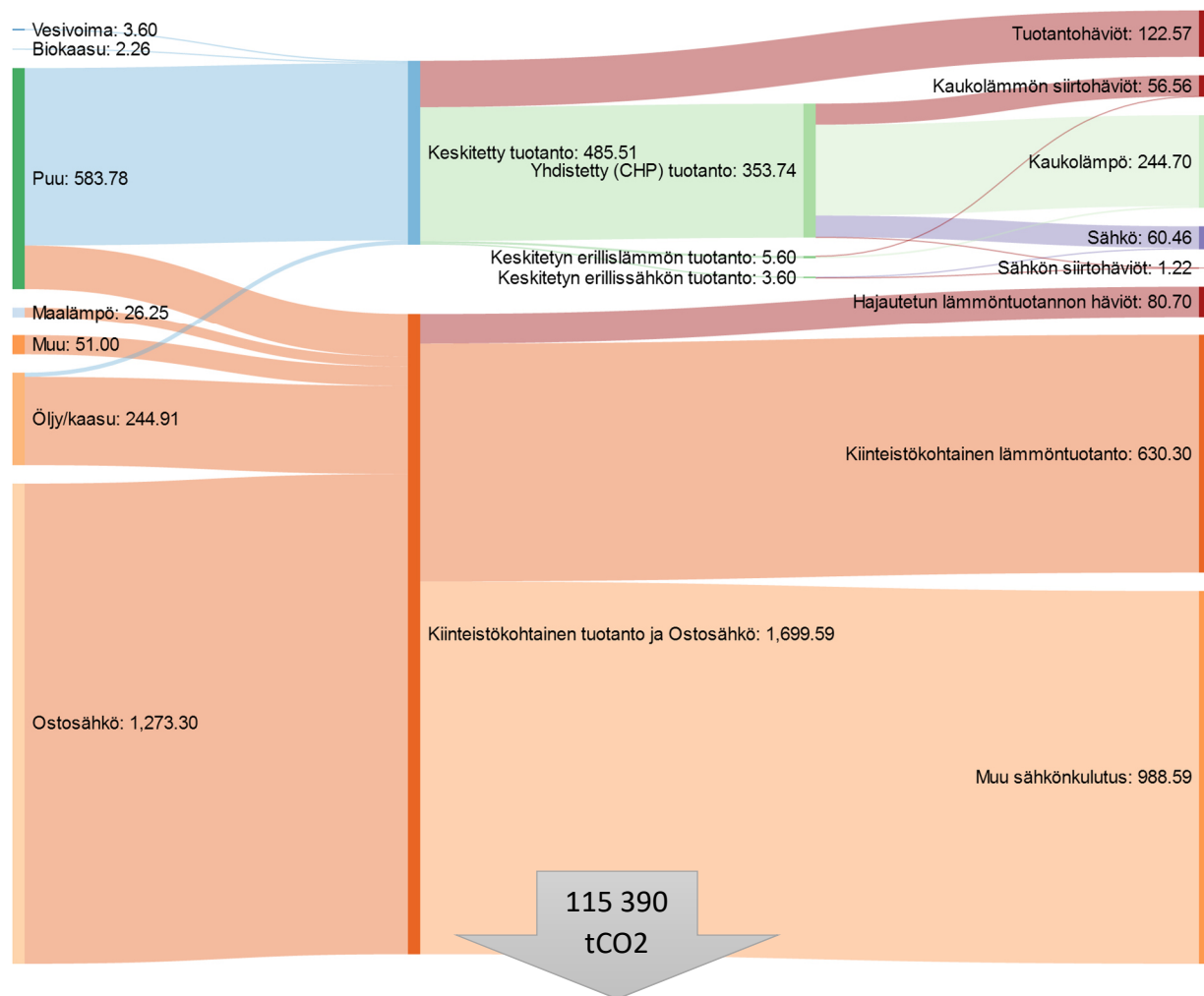
Kaukolämmön osuus energiankulutuksesta kaupungin kiinteistöissä oli 63.5 % vuonna 2015. Sähkön osuus oli 32.8 %, öljyn 3.4 % ja maakaasun 0.3 %.

### 3.5. Kokonaisenergiatase

Alueen kokonaisenergiatase on esitetty alla (Kuva 7). CO<sub>2</sub>-päästöt ovat laskettu Motivan ehdottamilla päästökertoimilla (Taulukko 15).

*Taulukko 15. CO<sub>2</sub>-päästökertoimet (Motiva, 2012)*

<b>Polttoaine</b>	<b>Päästökerroin [kgCO<sub>2</sub>/MWh]</b>
Raskas polttoöljy	284
Kevyt polttoöljy	261
Maakaasu	198
Puuperäiset polttoaineet	0



Kuva 7. Porvoo energiatase. Vasemmalla primäärienergia, vasemmalla energiankulutus. Yksikkö GWh/vuosi.

## 4 Uusiutuvat energialähteet

### 4.1 Bioenergia

Bioenergia on Porvoossa merkittävin energianlähde. Yli 90 % Porvoossa tuotettavasta energiasta on bioenergiaa, pääosin haketta. Tästä syystä tässä katselmuksesta ei ole syvällisesti selvitetty bioenergian lisäämispotentiaalia. Karkea asiantuntija-arvio on kuitenkin kuvattu seuraavaksi.

Porvoon jätevesien liete käytetään biokaasun tuotantoon, mutta Porvoon alueen ulkopuolella kuivatettu liete kuljetetaan Biovakka Oy:n laitoksiin Länsi-Suomeen. Teknisesti olisi mahdollista tuottaa biokaasua lietteestä paikan päällä Porvoossa, kuten Helsingissä tehdään. Taloudellinen kannattavuus on kuitenkin heikko laitoksen pienen koon takia.



Biokaasun käyttöä voidaan kuitenkin helposti lisätä korvaamalla Porvoon Energian ostamaa maakaasua biokaasulla. Biokaasun lisäämispotentiaali olisi näin ollen 2.77 GWh vuodessa.

Yhdyskuntajätteet viedään Vantaan Energian polttolaitokselle. Porvoon kaatopaikasta, johon ei enää viedä sekajätteitä, suunnitellaan biokaasun keräämistä ja kaukolämmön tuotantoa. Itä-Uudenmaan Jätehuolto käynnistää kesällä 2017 kaukolämmön tuotannon hyödyntäen polttoaineena kaatopaikkakaasuja. Arvioitu vuosituotanto on ensimmäisinä vuosina 6 GWh. 10 vuoden päästä vuosituotanto odotetaan olevan 4 GWh. Kaasusta arvioidaan 45% olevan metaania. (Heikkonen, 2017)

Maatalouselinkeinoa on Porvoon alueella melko vähän, joten merkittävää biokaasun tuotantopotentiaalia ei sieltä ole saatavissa. Samasta syystä voidaan myös todeta että peltobiomassojen hyödyntäminen on mahdollista vain pienimuotoisesti.

Puupellettien osalta on kasvupotentiaalia. Potentiaalisimmat kohteet ovat öljylämmitteiset rakennukset sekä sähkölämmityskohteet joissa on vesikiertoinen lämmönjakojärjestelmä. Lämpöpumppuratkaisut ovat kilpailevassa asemassa näissä kohteissa. Lämpöpumppujärjestelmä on selvästi ollut suositumpi kuin pelletti, johtuen matalista energiankuluista sekä käyttömukavuudesta. Öljy/kaasulämmitys kohteista on arvioitu että 15 % muuntautuisi pellettilämmitykseen. Loput siirtyisivät lämpöpumppuihin ja aurinkolämmitykseen. Öljy/kaasulämmityskohteiden yhteenlaskettu lämmitysenergiämäärä on 132,8 GWh. Sähkölämmityskohteista arvioidaan että 2.5 % siirtyisi maa/kalliolämpöön. Näillä oletuksilla pellettienergian vuosituotanto nousisi 25.3 GWh:iin.

## 4.2 Tuulivoima



Kuva 8. Tarkempiin selvitysiin valitut tuulivoima-alueet (Uudenmaan liitto 2013).

Uudenmaan liitto teetti 2014 laajan selvityksen tuulivoimapotentiaalista Uudenmaan alueella (Uudenmaan liitto 2013) (Uudenmaan liitto, 2014 a, b). Selvityksessä kartoitettiin muutama potentiaalinen alue tuulivoiman rakentamiselle. Tässä katselmuksessa viitataan tähän selvitykseen. Kuva 8 esittää potentiaaliset tuulivoima-alueet Porvoon alueella. Kuten kuvasta näkyy, löytyy vain kaksi aluetta: Kilpilahden teollisuusalue sekä Porvoon merialueet.

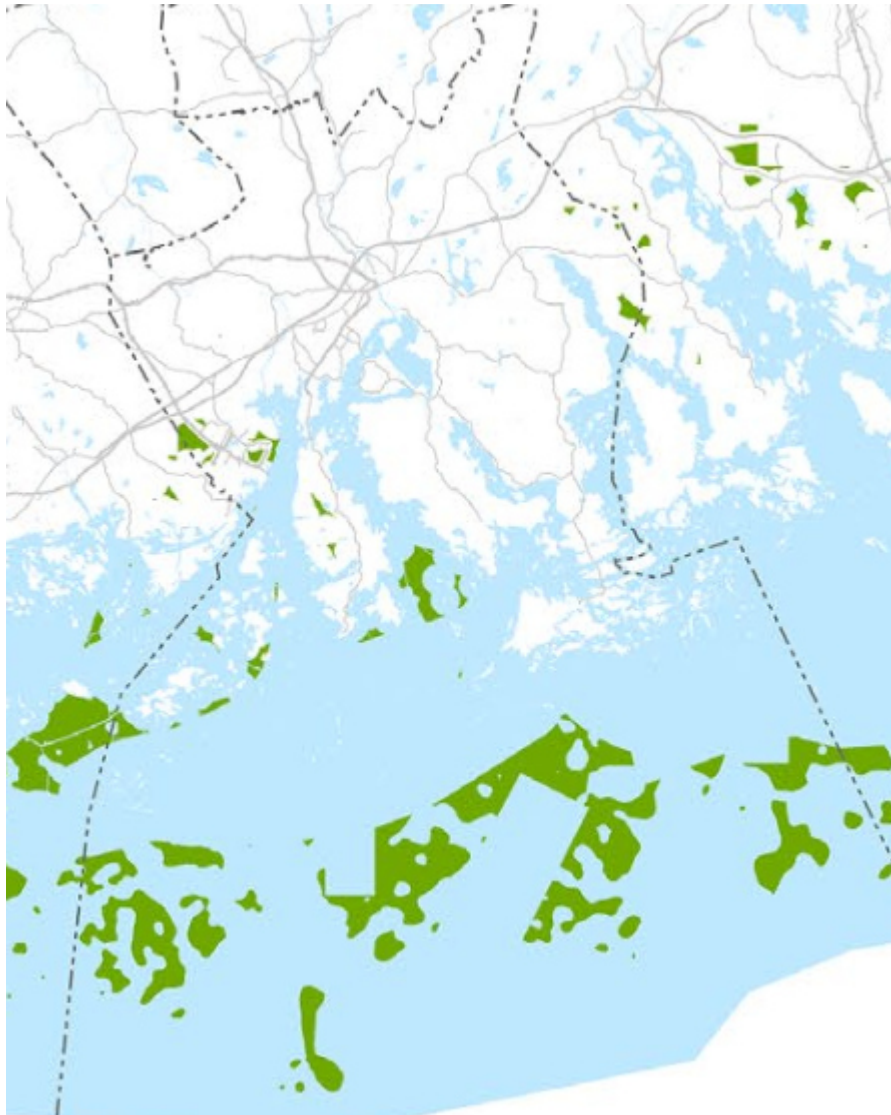
Huomioitavaa on, että nämä alueet ovat valikoituneet pitkän kriteerilistan perusteella, jossa yksi tekijöistä oli että yhteneväisen pinta-alan tulisi olla vähinään 1km<sup>2</sup> maa-alueilla ja 10km<sup>2</sup> merialueilla. (Uudenmaan liitto, 2013). Tämä ei ole lain asettama kriteeri. Mikäli arvioitaisi myös pienemmät alueet (> 100m<sup>2</sup>), löytyisi enemmän potentiaalisia alueita (Kuva 9). Tässä kuvassa on mukana myös merialueita jotka karsiutuivat pois maanpuolustus- ja liikenneviraston näkemysten perusteella.

Kilpilahden alueelle arvioidaan että potentiaalia olisi 21 MW puistolle (7\*3 MW) (Uudenmaan liitto, 2014

b). 21MW puiston arvioitu tuotanto olisi noin 60 GWh. Oletuksena huipunkäyttöaika 3000h/vuosi.

Merialueen potentiaali on merkittävän paljon suurempi. Jos puisto toteutuisi selvityksen maksimi potentiaalın mukaisesti, 156 MW puisto tuottaisi alueella (Uudenmaan liitto, 2014b) noin 0,6 TWh. Oletuksena huipunkäyttöaika 4000h/vuosi, mikä vastaa meriolosuhteita. Selvityksen mukaan puiston toteuttamiselle tässä mittakaavassa on kuitenkin paljon haasteita, suurimpana

Söderskärin alue sekä häiriöt puolustuvoimien radioliikenteeseen. Tämä potentiaali on tästä syystä vähennetty neljännekseen tämän kuntakatselmuksen kokonaispotentiaaliarvioista.



Kuva 9. Tuulivoiman rakentamiseen mahdollisesti soveltuvat alueet, kun yksittäisen alueen vähimmäispinta-ala on vain 100 m<sup>2</sup> (Uudenmaanliitto, 2013).

## 4.3 Aurinkoenergia

### 4.3.1 Aurinkosähkö

Aurinkosähköpotentiaalin arvioimiseksi on tarkasteltu tarkemmin yksittäisiä rakennuksia. Teknisesti on mahdollista tuottaa isokin määrä aurinkosähköä, mutta taloudellisesti kestävä tuotanto rajoittuu järjestelmien mitoituksiin, mitkä maksimoi tuotannon käytön kiinteistön omaan kulutukseen ja minimoi verkkoon myytävän sähkön osuutta.

Selvitystä varten tehtiin tarkempi arvio yhdestä kohteesta, Näsin terveysasemasta. Arvion teki Soleras Oy, Asko Rasinkoski. Tätä arviota käytettiin analysoidessa muita kohteita.

Taulukko 16 osoittaa muutamien kohteiden osalta aurinkosähkön kannattavuutta. Nämä kohteet ovat valikoituneet siten, että ne ovat kaupungin hallinnassa ja niissä on kesäaikaan merkittävää sähkönkulutusta. Tarkoituksena on maksimoida aurinkosähkötuotannon käyttöä omaan kulutukseen jotta taloudellinen kannattavuus paranee. Kun myydään sähköä verkkoon, on taloudellinen arvo laskettu olevan 4 c/kWh. Kun sähkö korvaa ostettavaa sähköä, on sen taloudellinen arvo 11.3 c/kWh sisältäen sähkön, siirtomaksut sekä verot. Kokonaishinta 11.3 c/kWh on kaupungin antama tieto.

Taulukko 16. Aurinkosähköpotentiaalın analyysiä valituissa kohteissa.

Kohde	Paneelien pinta-ala	Tuotanto (MWh)	Tuotannon osuus vuosikulutuksesta	% tuotannosta omaan kulutukseen	Investointi (€)	Säästetty sähkölasku/vuosi	Myydyn sähkön arvo	Takaisinmaksuaika (ilman tukia)	Takaisinmaksuaika (25% investointituella)
Näsin terveysasema	538	75.6	6.0%	100%	95000	8543	0.00	11.1	8.3
Urheiluhalli - max	410	57.7	22.4%	88.0%	73000	5730	280.00	12.1	9.1
Urheiluhalli- optimoitu	250	35.1	13.6%	96.9%	45000	3845	44	11.6	8.7
Kokon jäähalli - max	1700	239.1	20.3%	69.5%	302000	18783	2917	13.9	10.4
Kokon jäähalli - optimi	500	70.3	5.9%	93.40%	89000	7418	184	11.7	8.8
Uimahalli - max	480	67.5	6.1%	98.70%	85000	7521	35.88	11.2	8.4
Aurorahalli - max	282	39.6	27.6%	83.40%	50000	3735	263	12.5	9.4
Aurorahalli optimi	150	21.1	14.7%	92.5%	27000	2203	63	11.9	8.9
Kokohalli - max	567	79.7	25.4%	85.20%	100000	7673	473	12.3	9.2
Kokohalli- optimi	350	49.2	15.7%	91.90%	62000	5108	159	11.8	8.8

Kokonaispotentiaalın arvioimiseksi on tehty seuraavat oletukset :

- Kaupungin omistamasta kiinteistökannasta on oletettu mahdollinen PV tuotanto joka vastaa 5 % sähkönkulutuksesta.
- Opetusrakennukset on jätetty pois arvioinnista koska tässä kiinteistökannassa on vähäistä kulutusta kesäaikana.
- Myös varastorakennukset on jätetty pois. Todennäköistä on, että sähkönkulutus on näissä pääosin lämmitys sähköä joten kulutus kesällä lienee pieni.
- Kiinteistökannalle, joka ei ole kaupungin omistama, on oletettu, että aurinkosähkön potentiaali on puolet pienempi asuinrakennusten osalta, noin 2.5 %. Pienempi arvio johtuu siitä, että kaupungin vaikutusmahdollisuudet omistajien päätöksiin ovat pienet ja näin voidaan olettaa että, yksityiset kiinteistön omistajat toteuttavat vähemmän aurinkosähköinvestointeja takaisinmaksuajan ollessa yli 10v.
- Teollisuus- ja ”palvelut ja rakentaminen” kiinteistöryhmän osalta arvio on vain 1 %. Arvio perustuu siihen että, tämä kohderyhmä todennäköisesti ostaa halpaa sähköä pienemmällä verotusasteella. Taloudellinen insentiivi investoida aurinkosähköön on näin ollen pienempi.

Kokonaispotentiaaliksi saadaan näillä oletuksilla 17.1 GWh.

Taulukko 17. Aurinkosähköpotentiaalin arviointi.

Kaupungin kiinteistöt:	Sähkö [GWh]	PV osuus [%]	PV sähkö [GWh]
Asuinrakennukset	4.13	5%	0.21
Hoitoalan rakennukset	5.27	5%	0.26
Toimisto- ja hallintorakennukset	1.01	5%	0.05
Kokoontumisrakennukset	5.62	5%	0.28
Opetusrakennukset	9.61		0.00
Varastorakennukset	0.35		0.00
Muut Rakennukset	1.06	5%	0.05
<b>Yhteensä</b>	<b>27.05</b>		<b>0.85</b>
Muut asuinrakennukset ja maatilat	212.87	2.5%	<b>5.32</b>
Teollisuus	985.00	1.0%	<b>9.85</b>
Muiden kun kunnan "palvelut ja rakentaminen"	109.09	1.0%	<b>1.09</b>
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>1334.00</b>		<b>17.12</b>

#### 4.3.2 Aurinkolämpö

Aurinkolämmön tuotanto kaukolämpökiinteistöissä ei ole järkevää, koska kaukolämpö on yli 90 % uusiutuvaa energiaa. Eli aurinkolämpö korvaisi uusiutuvaa energiaa. Kaukolämpökohteissa katot tulisi mieluummin käyttää aurinkopaneeleille sähköntuotantoa varten.

Muissa kuin kaukolämpökiinteistöissä aurinkolämpö on varteenotettava lisälämmitysmuoto.

Arvioitaessa kaupungin öljylämmitteisten kiinteistöjen vaihtoehtoisia lämmitysmuotoja on myös katsottu uutta innovatiivista ratkaisua aurinkolämmön kalliovaraaja, joka on lämmitysjärjestelmä joka toimii 100 % aurinkolämmöllä. Aurinkokeräimet keräävät auringosta lämpöä ja varastoi lämmön kallioon energiakaivoihin. Kaivot ovat max 50m syviä. Kaivojen pituus on yhteensä noin 30 % pienempi kuin kalliolämpöpumppujärjestelmässä. Järjestelmä vaatii muutaman vuoden lataamisjaksoa ennen kun se pystyy toimimaan täysin itsenäisesti, pelkästään aurinkoenergialla.

Järjestelmä sopii erinomaisesti kohteisiin jossa halutaan vaihtaa lämmitysjärjestelmä ja nykyisellä järjestelmällä on vielä muutama vuosi elinikää jäljellä. Kohteessa on oltavat hyvät aurinkoenergiaedellytykset: katto mieluiten etelään suunnattu ja ilman isoja varjostavia elementtejä.

Taulukko 18 esittää aurinkolämmön kokonaispotentiaali arvioinnin. Kokonaispotentiaali on taulukossa esitetyillä oletuksilla noin 56.6 GWh.

Taulukko 18. Aurinkolämpöpotentiaali koko kiinteistökannalle.

Nykyinen lämmitysmuoto	Koko kiinteistökanta - Lämpö[GWh]	Aurinkolämpö potentiaali [%]	Perustelut	Aurinko-energia [GWh]
Sähkö	216.73	20%	Lämpimän käyttöveden osuus, 20%. Ei vaadi investointeja lämmönjakojärjestelmään.	43.35
Puu	41.95	0%	Uusiutuvaa energiaa ei järkevää korvata	0.00
Maalämpö	20.97	0%	Uusiutuvaa energiaa ei järkevää korvata	0.00
Muu/Tuntematon	41.95	0%		0.00
Kaukolämpö	244.70	0%	Uusiutuvaa energiaa ei järkevää korvata	0.00
Öljy, kaasu	132.84	10%	Aurinkolämpö on oletettu olevan täydentävä lämmönlähde.	13.28
<b>Yhteensä</b>	<b>699.14</b>			<b>56.63</b>

#### 4.4 Vesivoima

Treksilän voimalaitoksen osalta tehonnostopotentiaali arvioidaan olevan 26% (Pressler, 2016). Strömsbergin voimalan suhteen tehonnostopotentiaalia ei Porvoon Energian mukaan ole. Vesimäärät hyödynnetään jo maksimaalisesti.

Vesivoiman kokonaispotentiaaliksi saadaan näin ollen 4.0 GWh.

#### 4.5 Lämpöpumput

Lämpöpumput soveltuvat kohteisiin jossa on vesikiertoinen lämmönjakojärjestelmä. Lämpöpumpun tehokkuus paranee lämmönjakojärjestelmän veden lämpötilan laskiessa. Tehokkuus on siksi parhaimmillaan uusissa, hyvin eristetyissä taloissa jossa on vesikiertoinen lattialämmitys. Myös modernit radiaattorit toimivat hyvin lämpöpumppujen kanssa.

Vanhemmissa kohteissa lämpöpumppujen tehokkuus pienenee mutta järjestelmä on kuitenkin toimiva.

Kalliolämpö soveltuu kohteisiin jotka eivät sijaitse pohjavesialueilla. Kalliolämmön mahdollisia haittavaikutuksia pohjaveteen ei kuitenkaan ole tutkittu kunnolla. Porvoon kaupungin nykyisessä ohjeistuksessa kuitenkin sanotaan että, kalliolämpökaivoja ei tulisi porata pohjavesialueille.

Kalliolämmön lisäksi lämpöpumppu voi saada lämpönsä maakeruupiiristä (maalämpö) tai ilmasta (ilmalämpö). Maalämmön tehokkuus on sitä parempi mitä kosteampi maaperä on. Ratkaisu vaatii melko paljon tilaa. Keruupiirin pituus on 2\* porakaivon syvyys ja keruuputkilla on oltava 1m suojaetäisyys toisistaan tarkoittaen että, niiden välille tarvitaan 2 m tilaa. Ilmalämpö soveltuu melkein kaikkiin kohteisiin; Ilmalämpöpumppujärjestelmässä on ulko-yksikkö. Vanhassa kaupungissa esteeksi voi muodostua ulkoyksikön asennus, mikäli se on näkyvällä paikalla.

Tällä hetkellä maalämmöllä tuotetaan 20.9 GWh lämpöä. Öljy/kaasulämmitys kohteista on arvioitu että 75 % voisi vaihtaa maa/kalliolämpöön. Loput kohteista siirtyisi pelletti- ja aurinkolämmitykseen. Öljy/kaasulämmityskohteiden yhteenlaskettu lämmitysenergiamäärä on 132.8 GWh. Sähkölämmityskohteista arvioidaan että 5 % siirtyisi maa/kalliolämpöön. Lämpöpumppu potentiaali on näin ollen 120.5 GWh. Tästä noin kolmannes on pumppujen kuluttamaa sähköä. Varsinaista uusiutuvaa maalämpöä olisi 80.3 GWh.

#### 4.6 Yhteenveto

Yhteenvetona (Taulukko 19) voidaan todeta että puu myös tulevaisuudessa lienee merkittävin uusiutuvan energian lähde Porvoossa. Tuulivoima on toiseksi merkittävin uusiutuva energia lähde mitä tänä päivänä ei hyödynnetä lainkaan. Vesivoima on hyödynnetty melkein maksimaalisesti, vesivoiman rooli jäänee marginaaliseksi Porvoon uusiutuvan energian tuotantopaletissa. Kasvupotentiaalia löytyisi puupelletin, maa/kalliolämmön ja aurinkolämmön saralla paljon. On kuitenkin huomioitava ettei tämä kasvu tapahtuisi merkittävästi kaukolämmön kustannuksella, mikäli tavoitteena on uusiutuvan energian lisääminen. Aurinkosähkö voisi myös olla merkittävä hajautettu sähköntuotantomuoto. Mikäli nykyiset siirtomaksu- ja sähkövero määräykset muuttuvat tulevaisuudessa, voi tämä potentiaali vielä kasvaa merkittävästi.

Taulukko 19. Yhteenveto uusiutuvan energian potentiaalista.

	Käyttö 2015 [GWh]	Arvioitu potentiaali [GWh/v]	Käyttö suhteessa potentiaaliin [%]
Puu (keskitetyssä tuotannossa)	510.6	510.6	100%
Puupelletti	0,7	25.7	2.7%
Biokaasu	2.3	11.0	20.9%
Tuulivoima	0	180	0%
Aurinkolämpö	≈0	56.6	0%
Aurinkosähkö	≈0	17.1	0%
Maalämpö	14	80.3	17.4%
Vesivoima	3.6	4.0	90%
<b>Yhteensä</b>	<b>531.2</b>	<b>885.3</b>	<b>60%</b>

## 5 Jatkotoimenpide-ehdotukset

Jatkotoimenpide-ehdotusten valinnassa keskityttiin toimenpiteisiin johon kaupungin vaikuttamismahdollisuudet olisivat merkittävät. Yhdessä kaupungin kanssa päätettiin tarkastella vain kaupungin hallinnassa olevia kiinteistöjä.

Päätettiin keskittyä kohteisiin joiden lämmitysjärjestelmä perustuu fossiilisiin energialähteisiin, joiden kulutus on merkittävää ja joiden elinkaarta on merkittävästi jäljellä. Huomioitiin myös mahdollinen myynti lähitulevaisuudessa. Näiden kohteiden osalta arvioitiin toimenpiteiden tuomaa arvonnousua.

Toinen fokus oli aurinkosähkössä. Valittiin kohteita joiden sähkönkulutus on merkittävää kesäaikana.

### 5.1 Lämmitysjärjestelmät

Koska kaukolämpö on yli 90 % uusiutuvaa, päätettiin jättää lämmitysenergian osalta kaukolämpökohteet pois tarkasteluista. Kaupungin koko kiinteistökanta käytiin läpi ja valikoitiin kohteet joissa oli merkittävä energiankulutus ja fossiiliset lämmitysjärjestelmät. Muutama kohde karsiintui pois keskusteluissa kaupungin kanssa; syy tähän oli pääasiallisesti rakennusten erittäin huono kunto. Haasteeksi osoittautui epävarmuus koulukiinteistöjen tulevaisuudesta. Kaupunki on hiljattain teettänyt kouluverkkoselvityksen, mutta sitä ei ole hyväksytty, eikä tiedossa ole milloin tämä tapahtuisi. Kohteissa, jotka ovat selvityksessä ehdotettu lakkautettavaksi, on arvioitu lämmitysjärjestelmän päivittämisestä johtuva arvonnousu. Arvio perustuu asiantuntija-arvioihin, jotka on saatu haastatteleamalla kiinteistönvälittäjiä. On kuitenkin huomioitava, että arvonnousu on aina kiinteistökohtainen ja siihen vaikuttaa monta eri tekijää.



### 5.1.1 Tarkasteltavat kohteet

Tarkastelluista rakennuksista kuusi on ala-kouluja (josta neljä on esitetty lakkautettavaksi), yksi päiväkotiki ja yksi rakennus oli "Näsin kartano" joka on arvokas rakennus keskellä kaupunkia. Rakennus vaatii merkittäviä saneerauksia jonka vuoksi se ei ole tällä hetkellä käytössä. Tarkasteltavien kiinteistöjen perustiedot näkyvät alla olevassa taulukossa (Taulukko 20).

Taulukko 20. Tarkasteltavat kiinteistöt.

Kohde	Energiankulutus 2015 [MWh/vuosi]	Nykyinen lämmitys- järjestelmä	Muuta
<b>Ebbo skola</b>	240	Öljy	
<b>Kerkkoon koulu</b>	360	Öljy	
<b>Kråkö skola</b>	150	Öljy	Ehdotettu lakkautettavaksi
<b>Sannäs skola</b>	270	Öljy	Ehdotettu lakkautettavaksi. Huonokuntoinen.
<b>Saxby skola</b>	140	Öljy	Ehdotettu lakkautettavaksi
<b>Tuorilan koulu</b>	370	Öljy	Ehdotettu lakkautettavaksi
<b>Huvikummun päiväkotiki</b>	190	Öljy	
<b>Näsin kartano</b>	75	Suora sähkö	Kulutuksen osalta huomioitava että rakennus on ollut hyvin vähäisessä käytössä.

### 5.1.2 Tarkasteltavat energiajärjestelmät

Kohteisiin pyydettiin alustavia tarjouksia lämpöpumppujärjestelmätoimittajalta sekä pellettijärjestelmätoimittajalta. Lisäksi selvitettiin aurinkolämmön kalliovaraajajärjestelmän hintaa. Nämä hinnat olivat suuntaa antavia ja epätarkkoja ja hinta-haitari varsinkin aurinkolämmön kalliovaraajajärjestelmän osalta oli iso. Tarkempi hinnan määrittely vaatii kohteeseen tutustumista. Huomioitavaa on, että tässä esitetyt hinnat ovat suuntaa-antavia, eivätkä sitovia tarjoushintoja. Selvitettiin myös, että kohteisiin ei ole kaukolämpöä saatavilla.

Energiahintojen osalta on oletettu lämpöpumpuille vuotuista COP lukua 3. Sähkön hinnaksi on käytetty 11.3 c/kWh, joka on kaupungin maksama kokonaishinta tällä hetkellä. Maalämmön hinnaksi tulee näin ollen  $11.3/3=3.8$  c/kWh.

Pellettihinnat vaihtelevat tilatun määrän mukaan. Mikäli rakennetaan iso varasto, voidaan koko vuoden pellettimäärä tilata kerralla ja hinta on edullisempi. Tässä on tehty oletus että kertatilaus on yhden pellettirekan kokoinen, 35t. Pelletin kokonaishinta on tällä oletuksella: 4.4€/kWh.

Aurinkolämpöjärjestelmälle oletetaan nolla energiahintaa.

### 5.1.3 Energijärjestelmien vertailu

Kaikille kohteille laskettiin kolme vaihtoehtoista järjestelmähintaa. Saxby skola ja Kerkkoon koulu sijaitsevat pohjavesialueella jonne kaupungin nykyisten ohjeistusten mukaan ei tulisi porata energiakaivoa. Kalliolämpö on näin ollen poissuljettu tarkasteluista näissä kohteista. Energiakaivojen sijasta on ehdotettu että jokea käytettäisiin energian lähteenä.

Taulukko 21. Uusiutuvien lämmitysjärjestelmien vertailu valituissa kiinteistöissä.

Kohde	Huom	Tulevat investoinnit nykyiseen lämmitysjärjestelmään	Arvioitu arvonnousu	Takaisinmaksuaika		
				Lämpöpumppu (maa/kallio/vesi)	Pelletti	Aurinkolämmön kalliovaraaja-järjestelmä
Ebbo skola		30000		9.0	7.4	6.0
Huvikummun päiväkot		30000		8.8	6.0	5.6
Kerkkoon koulu	Pohjavesialueella, pohjavedenottamon suojavaöhykkeellä	40000		6.7	4.1	4.6
Kråkö skola	Ehdotettu lakkautettavaksi		20000	13.0	9.5	7.9
Näsegård	Pohjavesialueella			17.5	15.2	0.0
Sannäs skola	Ehdotettu lakkautettavaksi. Rajoittuu pohjavesialueelle.		10000	9.3	8.8	6.2
Saxby skola	Ehdotettu lakkautettavaksi. Pohjavesialueella, pohjavedenottamon suojavaöhykkeellä.		20000	11.4	10.2	8.5
Tuorilan koulu	Ehdotettu lakkautettavaksi		20000	7.3	5.6	5.1

Laskelmista (Taulukko 21) voidaan nähdä, että lämmitysjärjestelmän vaihto ei olisi kannattavaa lakkautusuhan alla olevissa kouluissa. Aurinkolämmön kalliovaraaja-järjestelmä on ratkaisu, joka on kokeiluasteella, eikä näin ollen ole kannattava investointi kiinteistöön josta ollaan luopumassa. Vaikutus kiinteistön arvon nousuun on epävarmaa. Tuorilan koulun osalta pellettijärjestelmän takaisinmaksuaika on 5 ja puoli vuotta valituilla oletuksilla. Mikäli kiinteistö myydään vasta 5 ja puolen vuoden kuluttua, on lämmitysjärjestelmän vaihto kannattavaa.

Mikäli tehdään päätös säilyttää koulut, tulisi arvio uusia. Varsinkin Tuorilan koulun osalta olisi maalämpöön tai pellettilämpöön siirtyminen kannattavaa.

On myös huomioitavaa, että kiinteistön arvo nousee todennäköisesti enemmän, mikäli kohteeseen asennetaan lämpöpumppujärjestelmä, verrattuna pellettijärjestelmään. Pelletti mielletään epävarmemmaksi ja työläämmäksi järjestelmäksi.

Näsin kartano vaatisi tarkemmat tutkimukset paikan päällä, mutta laskelmien mukaan on epätodennäköistä että saavutetaan järkevä takasinmaksuaika. On kuitenkin huomioitava, että sähkönkulutus olisi paljon suurempi jos kiinteistö olisi jatkuvassa käytössä.

Koulukiinteistöistä Ebbo skolan ja Kerkkoon koulun kannattaisi siirtyä joko maa/kallio/vesistö lämpöön tai pellettilämmitykseen. Laskelmat osoittavat että pellettijärjestelmällä on lyhyempi takasinmaksuaika. Elinkaarikustannuksiltaan maa/kallio/vesistölämpö saattaa kuitenkin osoittautua halvemmaksi. Pellettien hinnan kehitys vaikuttaa tähän merkittävästi. Lämpöpumppujärjestelmä on huollon ja ylläpidon suhteen helpompi vaihtoehto. Suositus olisi pyytää tarjouksia sekä lämpöpumppujärjestelmistä että pellettijärjestelmistä ja päättää asiasta näiden tarkennettujen tarjousten perusteella. On huomioitavaa että Kerkkoon koulun osalta kalliolämpö ei ole mahdollinen koska koulu sijaitsee pohjavesialueella. Sama koskee Saxby skolan. Muut lämpöpumppujärjestelmät ovat kuitenkin mahdollisia.

Myös aurinkolämmön kalliovaraaja järjestelmä olisi kannattava näissä kohteissa. Järjestelmään liittyy kuitenkin paljon epävarmuustekijöitä, minkä vuoksi sitä tulisi kokeilla aluksi vain yhdessä kohteessa.

Aurinkolämmön kalliovaraaja järjestelmää kannattaisi tutkia tarkemmin ja kokeilla kohteeseen joka varmimmin jää pitkäksi aikaa kaupungin omistukseen, siksi että järjestelmän paras ominaisuus on ilmaiset käyttökulut. Huvikummun päiväkotia soveltuisi tästä syystä hyvin kohteeksi. Päiväkotia on keskeisellä alueella ja kiinteistö on hyvässä kunnossa. Mikäli osoittautuu, että aurinkolämpöjärjestelmä syystä tai toisesta ei ole toteutuskelpoinen vaihtoehto, tulisi järjestelmä vaihtaa maalämpöön tai pellettijärjestelmään. Pellettijärjestelmän esteeksi saattaa muodostua siilon tilantarve.

Yhteenvetona suositellaan seuraavat toimenpiteet:

- Kerkkon koulu ja Ebbo skola: tulisi pyytää tarkempia tarjouksia pelletti- ja lämpöpumppujärjestelmistä. Tarjousten perusteella tulisi tehdä budjettivaraus lämmitysjärjestelmien uusimiselle vuodelle 2018.
- Huvikummun päiväkotia: tulisi aloittaa selvitykset aurinkolämmön kalliovaraajajärjestelmän soveltuvuudesta, pyytää tarjousta ja selvittää energiatuen mahdollisuus. Mikäli nämä tarkemmat selvitykset osoittavat, että järjestelmän hankkiminen on järkevää, tulee sille tehdä budjettivaraus vuodelle 2018 tai 2019.
- Lakkautetuksi ehdotetut koulut: Tuorilan koulun osalta tulisi selvittää kiinteistönvälittäjän kanssa tarkemmin kuinka paljon lämmitysjärjestelmän vaihto vaikuttaa kiinteistön

arvoon. Mikäli arvio on suurempi kuin nyt arvioitu 20 000e, tulisi laskelmat tarkistaa. Mikäli päätetään pitää koulukiinteistöt, tulisi näiden koulujen osalta toimia kuten Kerkkoon koulun ja Ebbo skolan:in osalta.

## 5.2 Aurinkosähkö

Tarkasteltiin kaupungin kiinteistöjä, joissa on kesäaikana merkittävä sähkönkulutus. Valikoitiin pääasiassa liikuntasektorin kiinteistöjä sekä yksi terveysasema, Näsin Terveysasema.

Selvitystä varten tehtiin tarkempi arvio yhdestä kohteesta, Näsin Terveysasemasta. Arvion teki Soleras Oy ja Asko Rasinkoski. Tätä arviota käytettiin muiden kohteiden arvioinnissa.

Taulukko 16 osoittaa kohteiden osalta aurinkosähkön kannattavuutta. Tarkoituksena on maksimoida aurinkosähkötuotannon käyttöä omaan kulutukseen jotta taloudellinen kannattavuus paranee. Kun myydään sähköä verkkoon, on taloudellinen arvo noin 3-4 c/kWh. Laskelmissa käytettiin sähköhintaa 4c/kWh. Kun sähkö korvaa ostettavaa sähköä, on sen taloudellinen arvo 11.3 c/kWh sisältäen sähkön, siirtomaksut sekä verot. Kokonaishinta 11.3 c/kWh on kaupungilta saatu tieto. Investoinnin hinnaksi on arvioitu 1.1 €/Wp. Laskelmissa on käytetty kohteiden tuntikohtaista kulutusta (vuodelta 2015) sekä auringon säteilydataa josta on laskettu tuotanto. Näin on saatu vuoden jokaiselle tunnille tuotanto ja kulutus.

Kuten taulukosta (Taulukko 16) voi nähdä, takaisinmaksuajat kohteissa ovat melko samansuuntaiset. Voidaan nähdä myös, että aurinkopaneelijärjestelmää ei kannata mitoittaa maksimaaliseen tuotantoon, vaan järkevää on mitoittaa järjestelmä optimaalisesti minimoiden verkkoon myytävää sähkönmäärää.

Kaupungin on mahdollista saada energiatukea aurinkosähköinvestointeihin. 25 % on arvio saatavasta investointituesta. 25 % investointituella takaisinmaksuaika on 8- 9 vuotta. Järjestelmien elin-ikä on vähintään 25 vuotta joten investointi voidaan nähdä hyvin kannattavaksi. Laskelmat on tehty Motivan katselmointiohjeiden mukaan, laskelmissa ei ole huomioitu muuttuvia sähköhintoja eikä rahoituksen hintaa eikä inflaatiota.

Valituista kohteista Aurorahalli voitaisiin toteuttaa ensimmäisenä, koska hallin katto on päätetty korjata kesän 2017 aikana. Samassa yhteydessä voisi asentaa aurinkopaneelijärjestelmän. Yhdistämällä nämä toimenpiteet saavutettaisiin kustannussäästöjä sekä suunnittelussa että toteutuksessa.

Uimahallin osalta on huomioitava että tämän hetkinen kattorakenne ei kestä aurinkopaneelien painoa. On suositeltavaa toteuttaa aurinkojärjestelmä vasta kun/jos kattoa korjataan.

## 5.3 Vaihtoehtoisia toteutusmalleja

Markkinoilta löytyy toimittajia jotka tarjoavat erinäisiä aurinkosähköpalveluja. Yritys voi hoitaa kaiken suunnittelun ja asennuksen ja jopa investoinnin. Yritys näin ollen omistaa järjestelmän ja myy sovitulla hinnalla kiinteistön omistajalle aurinkosähköä. Parhaassa tapauksessa kiinteistön

omistaja voi ostaa omassa kiinteistössään sijaitsevasta aurinkovoimalasta sähköä edullisemmalla hinnalla kuin sähköverkosta. Tällaisessa mallissa alkuinvestointia ei tarvita, joten aurinkovoimalahanke on kiinteistön omistajalle kassavirtaposiitivinen ensimmäisestä päivästä lähtien. Esimerkiksi Suomen suurin aurinkovoimala Helsingin Kivikossa on toteutettu kiinteistön kannalta edellä mainitulla mallilla.

Aurinkosähköinvestointiin voi myös aloittaa joukkorahoituskampanjan. Joukkorahoituksessa haetaan iso joukko pieninvestoijia jotka osallistuvat hankkeen toteutukseen. Nämä voivat olla yksittäisiä kansalaisia tai pienyrityksiä. Joukkorahoitusmenetelmää on käytetty muun muassa Helen Oy:n Suvilahti aurinkosähköinvestoinnissa. Helsingin Allas Sea Pool on myös toteutettu osittain joukkorahoituksen voimin. Joukon Voima on toimija joka hoitaa joukkorahoituskampanjoita ja jolla on kokemusta energia-aiheisten kamppanjoiden järjestämisestä.

Myös lämmitysjärjestelmien toteuttamiselle löytyy vaihtoehtoisia toteutusmalleja. Lämpöyrittäjäyys on tuttu malli, joka Porvoolla on käytössä Kulloon koulussa. Lämpöyrittäjäyysmäinen malli on käytössä Hinthaaran koulukeskuksessa. Malli on sama kun lämpöyrittäjämallissa, mutta järjestelmänä käytetään maalämpöpumppua.

Elinkaarimalleja on kokeiltu uusien rakennusten hankinnassa, mm. Omenatarhan päiväkodin hankinnassa. Elinkaarimalli voi olla hyvä ja toimiva, mutta vaatii perusteellista kriteerien asettelua hankinnan kilpailuttamisessa. Myös energiainvestointeja voisi toteuttaa erinäisillä elinkaarimalleilla.

ESCO (Energy Service Company) malli, on malli jossa ESCO yritys toteuttaa investoinnin ja kaupunki maksaa yritykselle säästyneiden energiakustannusten määrän mukaisesti sovitun sopimuskauden ajan. Juoksevat kulut pysyvät kaupungilla samansuuruisena kun ennen toimenpidettä sopimuskauden ajan. Sopimuskauden jälkeen investointi siirtyy kaupungin omistukseen. ESCO yritys veloittaa luonnollisesti oman katteen. Kokonaiskustannukset ovat suuremmat kuin perinteisessä toteutustavassa, mutta malli ei vaadi investointia.

#### 5.4 Kaupunkisuunnittelu mahdollistajana

Kaupunkisuunnittelulla voidaan monella tavalla edistää ja mahdollistaa uusiutuvan energian käyttöä. Tässä kappaleessa keskitytään vain toimenpiteisiin jotka edistävät uusiutuvan energian käyttöä, energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä ei ole huomioitu. Aiheesta voi kuitenkin lukea lisää lähteestä Hedman, 2015.

Asemakaavassa päätetään rakennusten sijainnista ja kattojen muodosta ja kaltevuudesta. Mikäli halutaan rakennuskohtaisesti maksimoida aurinkoenergian saanti, tulee rakennukset ja katot sijoittaa niin, että suuri yhteneväinen katon pinta-ala on suunnattu etelään ja varjostusta on minimoitu.

Asemakaavassa voidaan määrätä kaukolämpöön liittymisestä. Tämä päätös on luonnollisesti tehtävä yhteistyössä energiayhtiön kanssa. Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan rakentaja voi

kuitenkin saada vapautuksen liittymispakosta, mikäli voi esitellä vaihtoehtoisen ympäristöystävällisen lämmitysjärjestelmän. Porvoon kaupungin osalta tulee tässä huomioida, että mikäli CO<sub>2</sub> päästöt valitaan ympäristöystävällisyyden mittariksi, on vaihtoehtoisia järjestelmiä hyvin vähän tarjolla, koska Porvoon kaukolämmön ominaispäästöt ovat hyvin alhaiset, 5 g/kWh (Porvoon Energia, 2015). Puupelletti ja 100 % aurinkolämpö tuottavat yhtä vähän tai vähemmän CO<sub>2</sub> päästöjä kuin kaukolämpö.

Asemakaavassa ei voida määräyksillä vaikuttaa muihin energiajärjestelmiin kuin kaukolämpöön. Kaavassa voidaan kuitenkin positiivisesti kehottaa aurinkoenergian valintaan. Rakennustapaohjeissa voidaan myös asettaa ehtoja aurinkopaneelien- tai keräimien asennusvalmiuksiin. Käytännössä tämä tarkoittaa että tarvittavat läpiviennit on tehtävä valmiiksi katoille jotta aurinkoenergian asentaminen olisi tulevaisuudessa helpompaa. Pellettienergian mahdollistamiseksi voidaan kaavoittaa pellettikonteille tai varastoille tilavarauksia.

Rakennusvalvonnalla on iso merkitys, varsinkin pientalorakentamisessa. Rakennusvalvonnan tulee ottaa aktiivinen rooli ja ehdottaa uusiutuvia ratkaisuja ja auttaa rakentajia saamaan kattavasti tietoa eri energiajärjestelmistä.

Katselmustyössä tarkasteltiin käsittelyssä olevaa länsirannan asemakaavaa. Kaavassa on vaatimus liittyä kaukolämpöön. Kaavassa on myös paljon energiatehokkuutta edistäviä yksityiskohtia pysäköintiratkaisujen osalta sekä palvelujen sijoittelun osalta. Rakennustapaohjeet olivat tarkasteluhetkellä vielä työn alla. Aurinkoenergiaa ei ole erikseen huomioitu, mutta rakennustapaohjeisiin voidaan vielä lisätä aiemmin mainittu valmius. Myös valmius sähköautojen latauspisteiden luomiseen tulisi lisätä ohjeisiin.

Aleksanterinkaaren kaavaa tarkasteltiin myös. Alueella on järjestetty suunnittelukilpailu, jossa ympäristökriteerit olivat tärkeässä asemassa. Myös täällä ehtona oli kaukolämpöön liittyminen. Lopputulos oli suunnitelma, jossa on runsaasti aurinkosähköä, tiivistä asuinrakentamista ja keskitettyjä pysäköintiratkaisuja. Polkypyöräilyä edistetään myös, pysäköintipaikkoja polkypyörille tulee varata 2/asunto ja niiden tulee olla säältä suojattuja. Yhteiskäyttöautoille on varattava omia pysäköintipaikkoja. Alueen välittömässä läheisyydessä on runsas tarjonta päivittäisiä palveluita. Alue on kestävän kehityksen periaatteen mukaisesti suunniteltu.

Parannusehdotus näille molemmille alueille on rakennusmateriaalien valinta. Puurakentamista voisi edistää vahvemmin ja lisätä sen painoarvoa suunnittelussa.

Porvoon kaupungin osalta kaupunkisuunnittelu toimii mallikkaasti, vuosien kehitystyö suunnitteluprosessien kehittämisessä näkyy toiminnassa.

## 6 Jatkoselvitykset ja tutkimukset

### 6.1 Lämmitysjärjestelmät

Kappaleessa 5 esitetyistä toimenpide-ehdotuksista tulisi aloittaa tarkempi suunnittelu ja budjetointi.

Aurinkoenergiajärjestelmän toteuttaminen vaatii syvällistä suunnittelua. Koska kyse on uudesta innovatiivisesta teknologiasta (100 % aurinkoenergia), tulisi jatkokehittelylle hakea Tekesin rahoitusta. Suunnittelu tulisi tehdä yhteistyössä ratkaisutoimittajan, Heliostorage Oy:n kanssa.

### 6.2 Aurinkosähkö

Aurorahallin osalta tulisi käynnistää hankesuunnittelu välittömästi, jotta hanke etenisi rinnakkain kattoremontin kanssa. Suunnittelu tulisi tehdä yhteistyössä urheilutoimen kanssa. Urheilutoimi on jo tämän selvityksen aikana ilmaissut kiinnostuksensa hankkeeseen.

Kaupungin tulee tehdä päätös siitä, hankitaanko järjestelmä perinteisesti kaupungin investoimana vai harkitaanko toista hankintamallia (katso kappale 5.3).

### 6.3 Tuulivoima

Kilpilahden alueella on jo käynnissä keskusteluja hankkeen toteutukselle. Näitä keskusteluja tulisi jatkaa.

Merituulivoimalan osalta tulisi aktiivisesti löytää toimija joka investoisi ja toteuttaisi hankkeen. Kaupungin rooli olisi tehdä aktiivisesti työtä investoijien ja toteuttajatahojen löytymiseen.

Myös pienemmät alueet tulisi pitää mielessä potentiaalisina alueina.

## 7 Lähdeluettelo

- Aluesarjat, 2017. Uudenmaan rakennukset käyttötarkoituksen, valmistumisvuoden, lämmitysaineen ja –tavan mukaan 31.12.2004- [URL] <http://www.aluesarjat.fi/>
- Bergman, 2017. Kilpilahden nettosähkökulutus vuonna 2015. [Email]
- Energiateollisuus, 2016a. Sähkökäyttö kunnittain 2007-2015. [URL:] [http://energia.fi/ajankohtaista\\_ja\\_materiaalipankki/materiaalipankki/sahkonkaytto\\_kunnittain\\_2007-2015.html#material-view](http://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/sahkonkaytto_kunnittain_2007-2015.html#material-view)
- Energiateollisuus 2016b. Kaukolämpötilasto 2015. [URL] [http://energia.fi/files/1184/Kaukolampotilasto\\_2015.pdf](http://energia.fi/files/1184/Kaukolampotilasto_2015.pdf)
- Hedman, Å. Energy efficient city planning – the role and importance of actionable regulations. 2015. VTT Science 123. ISBN 978-951-38-8390-4. 166p.
- Heikkonen Vesa. Itä-Uudenmaan Jätehuolto Oy. Suullinen lähde. 20.2.2017.
- Helsingin kaupunki 2008. Helsingin rakennusten energiatehokkuus murroksessa. [URL] <http://www.hel.fi/static/ymk/esitteet/teemakatsaus-01-08.pdf>
- Ilmatieteen laitos, 2017. Vuoden 2015 säät. [URL:] <http://ilmatieteenlaitos.fi/vuosi-2015>
- LUKE 2015. Multi-source National Forest Inventory (MS-NFI). [URL] <http://www.metla.fi/ohjelma/vmi/vmi-moni-en.htm>
- Motiva 2010. Polttoaineiden lämpöarvot, hyötysuhteet ja hiilidioksidin ominaispäästökertoimet sekä hinnat. [URL] [http://www.motiva.fi/files/3193/Polttoaineiden\\_lampoarvot\\_hyotysuhteet\\_ja\\_hiilidioksidin\\_ominaispaastokertoimet\\_seka\\_energiahinnat\\_19042010.pdf](http://www.motiva.fi/files/3193/Polttoaineiden_lampoarvot_hyotysuhteet_ja_hiilidioksidin_ominaispaastokertoimet_seka_energiahinnat_19042010.pdf)
- Motiva, 2012. Yksittäisen kohteen CO<sub>2</sub> – päästöjen laskentaohjeistus sekä käytettävät CO<sub>2</sub> – päästökertoimet [URL] [http://www.motiva.fi/files/8886/CO2-laskentaohje\\_Yksittainen\\_kohde.pdf](http://www.motiva.fi/files/8886/CO2-laskentaohje_Yksittainen_kohde.pdf)
- Porvoon Energia, 2015. Ympäristöraportti 2015. Energiantuotanto Porvoo.
- Porvoon Energia, 2016. Vuosikertomus 2015. [URL] [https://issuu.com/porvoonenergia/docs/pbe\\_2015\\_vuosikertomusweb\\_sivuittai](https://issuu.com/porvoonenergia/docs/pbe_2015_vuosikertomusweb_sivuittai)
- Porvoon kaupunki. Kiinteistökanan energiatiedot, excel. 2016.
- Pressler, 2017. Vesivoima Porvoossa [Email]
- Tillander, 2015. Strömsbergin voimalaitos. [URL] <https://prezi.com/4z3b0abxwvfq/stromsberg-vattenkraftverk/>



Uudenmaan liitto, 2013. Uudenmaan tuulivoimaselvitys, osa 1: nykytila-analyysi. 2013. [URL]  
[http://www.uudenmaanliitto.fi/files/11929/Uudenmaan\\_tuulivoimaselvitys\\_osa1\\_nykytila-analyysi\\_E127.pdf](http://www.uudenmaanliitto.fi/files/11929/Uudenmaan_tuulivoimaselvitys_osa1_nykytila-analyysi_E127.pdf)

Uudenmaan liitto, 2014. Uudenmaan tuulivoimaselvitys, osa 2: Selvitettävien alueiden valinta. 2014. [URL]  
[http://www.uudenmaanliitto.fi/files/13783/Uudenmaan\\_tuulivoimaselvitys\\_osa\\_2\\_E130-2014.pdf](http://www.uudenmaanliitto.fi/files/13783/Uudenmaan_tuulivoimaselvitys_osa_2_E130-2014.pdf)

Uudenmaan liitto, 2014 b. Uudenmaan tuulivoimaselvitys, osa 3: kohdekohtaiset selvitykset. [URL]  
[http://www.uudenmaanliitto.fi/files/14860/Uudenmaan\\_tuulivoimaselvitys\\_osa\\_3\\_E134-2014.pdf](http://www.uudenmaanliitto.fi/files/14860/Uudenmaan_tuulivoimaselvitys_osa_3_E134-2014.pdf)