



ENERGIANTUOTANNON INVESTOINNIT JA INVESTOINTIPÄÄTÖKSET 2000-2015

RAPORTTI

21.1.2016

X299605

Copyright © Pöyry Management Consulting Oy

Kaikki oikeudet pidätetään. Tätä asiakirjaa tai osaa siitä ei saa kopioida tai jäljentää missään muodossa ilman Pöyry Management Consulting Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

SISÄLTÖ

- 
1. Tausta ja toteutustapa
 2. Tuotantokapasiteetin kehitys
 3. Tuotannon kehitys
 4. Hiilidioksidipäästöjen kehitys
 5. Investointien kotimaisuusaste
 6. Yhteenveto

TYÖN TAUSTA

- Sähkön- ja kaukolämmöntuotannon investoinnit ovat viime vuosina keskittyneet uusiutuviin ja päästöttömiin tuotantomuotoihin. Erityisesti lauhdetuotantokapasiteettia on poistunut markkinoilta merkittävästi. Yhteistuotantokapasiteetin osalta näkyy pyrkimys lisätä uusiutuvan energian käyttöä, mutta toisaalta uudet voimalaitokset ovat tyypillisesti monipolttoainevoimalaitoksia, joissa voidaan vaihdella erilaisten kiinteiden polttoaineiden (puu, turve, hiili) suhteita. Toteutuva polttoainekäyttö ja sen seurauksena hiilidioksidipäästöt riippuvatkin polttoaineiden kustannusten suhteesta ja saatavuudesta.
- Energiateollisuus on tilannut tämän selvityksen 2000-luvun energiainvestoinneista ja investointipäätöksistä. Selvityksen tavoitteena oli:
 - selvittää millaisista investoinneista Suomessa on päätetty 2000-luvun aikana ja minkälaista kapasiteettia markkinoilta on poistunut
 - arvioida investointien määrää ja niiden energialähteitä ja hiilidioksidipäästöjä huomioiden että monissa uusissa laitoksissa on mahdollista käyttää eri polttoaineita vaihtelevasti
 - arvioida, ollaanko näillä investoineilla menossa kohti hiilineutraalia sähkön ja kaukolämmön tuotantoa

- Työssä on käyty läpi toteutuneet energiainvestoinnit vuosina 2000-2015 sekä lisäksi rakenteilla olevat ja päätetyt investoinnit Pöyryn Kattila- ja voimalaitostietokannan avulla
 - Kaukolämmön tuotanto, yli 10 MW_{pa} yksiköt laitoskohtaisesti
 - Yhteistuotantolaitokset: sähkö ja kaukolämpö
 - Erillinen sähköntuotanto
 - Tuulivoima
 - Vesivoima
 - Lauhdevoima
 - Ydinvoima
- Uutta ja olemassa olevaa kapasiteettia ja tuotantoa on tarkasteltu tuotantomuodoittain eri ajanjaksoilla:
 - Ennen vuotta 2000 käyttöön otettu kapasiteetti
 - Vuosien 2005, 2010 ja 2015 loppuun mennessä käyttöön otettu kapasiteetti
 - Kapasiteetti josta investointipäätös tehty tai joka on jo rakenteilla
- Yhteistuotantosähkön ja kaukolämmön osalta on arvioitu, millaista tuotantoa uudet investoinnit ovat korvanneet tai tulevat korvaamaan

- Työssä on tarkasteltu polttoainekulutusta sähkön ja lämmön tuotannon yhteydessä huomioiden mahdollisuudet polttoainevaihdoksiin uusissa ja vanhoissa (ennen 2000 valmistuneet) kattiloissa
 - Polttoainekulutus ja polttoainejakauma on arvioitu nykytilanteessa sekä lisäksi on huomioitu tekninen potentiaali eri polttoaineiden käyttöön monipolttoainekattiloissa.
 - Polttoaineiden käytön osalta on tarkasteltu seuraavia ääritilanteita:
 - 1) uusiutuvien polttoaineiden käyttö maksimoidaan
 - 2) minimi uusiutuvan/kotimaisen energian käyttö (kivihiilen käyttö maksimoidaan)
- Kapasiteettimuutosten mahdolliset vaikutukset polttoaineiden käyttöön on esitetty edellä mainituissa ääritapauksissa jaoteltuna:
 - Uuden sähkön ja kaukolämmön tuotantokapasiteetin määrä (MW) sekä tuotanto ja polttoainekulutus (GWh/a) jaoteltuna polttoaineisiin
 - Lämmön- ja yhteistuotannon osalta vastaavasti korvatus kapasiteetin ja tuotannon määrä sekä poistunut kapasiteetti
 - Uuden kapasiteetin vaikutus keskimääräisiin sähkön ja kaukolämmön päästöihin (t_{CO_2}/MWh)

SISÄLTÖ

1. Tausta ja toteutustapa
 - ➔ 2. Tuotantokapasiteetin kehitys
 3. Tuotannon kehitys
 4. Hiilidioksidipäästöjen kehitys
 5. Investointien kotimaisuusaste
 6. Yhteenveto
-

SÄHKÖNTUOTANTOKAPASITEETIN KEHITYS SUOMESSA

Sähkön kokonaiskapasiteetti on vähentynyt viimeisen viiden vuoden aikana lauhdekapasiteetin poistumisen vuoksi. Lähivuosina kapasiteetin kokonaismäärä kasvaa jo päätettyjen investointien valmistuessa, mutta säädettävän kapasiteetin osuus laskee merkittävästi.

	Kapasiteetti vuonna 2000	Kapasiteetti vuonna 2005	Kapasiteetti vuonna 2010	Kapasiteetti 2015 lopussa	Kapasiteetti 2015 jälkeen*
	MW _e	MW _e	MW _e	MW _e	MW _e
Yhteistuotanto – Kaukolämpö	4080	4250	4620	4630	4700
Yhteistuotanto – Teollisuus	2690	3020	2980	2830	3150
Lauhde**	3040	3200	3200	1090	950
Ydinvoima	2610	2610	2650	2750	4350*
Vesivoima	2950	3040	3070	3150	3150
Tuulivoima	40	80	140	1020	1888
Yhteensä	15 400	16 200	16 700	15 500	18 200

Sähköntuotannon nimelliskapasiteetin kehitys ei kuvaa kulutushuipun aikana käytettävissä olevaa kapasiteettia

* Jo päätettyjen investointien valmistuessa, ennen vuotta 2020. Ydinvoiman osalta on huomioitu vain OL3, sillä Fennovoiman ydinvoimalan valmistuminen on vasta 2020-luvun puolivälissä.

** Lauhde sisältää myös väliottolauhdelaiteket

NIMELLISKAPASITEETTI VS. HUIPUNAIKAINEN KAPASITEETTI

Kulutushuipun aikaan käytettävissä oleva kapasiteetti poikkeaa merkittävästi edellä esitetystä voimalaitosten nimelliskapasiteetista

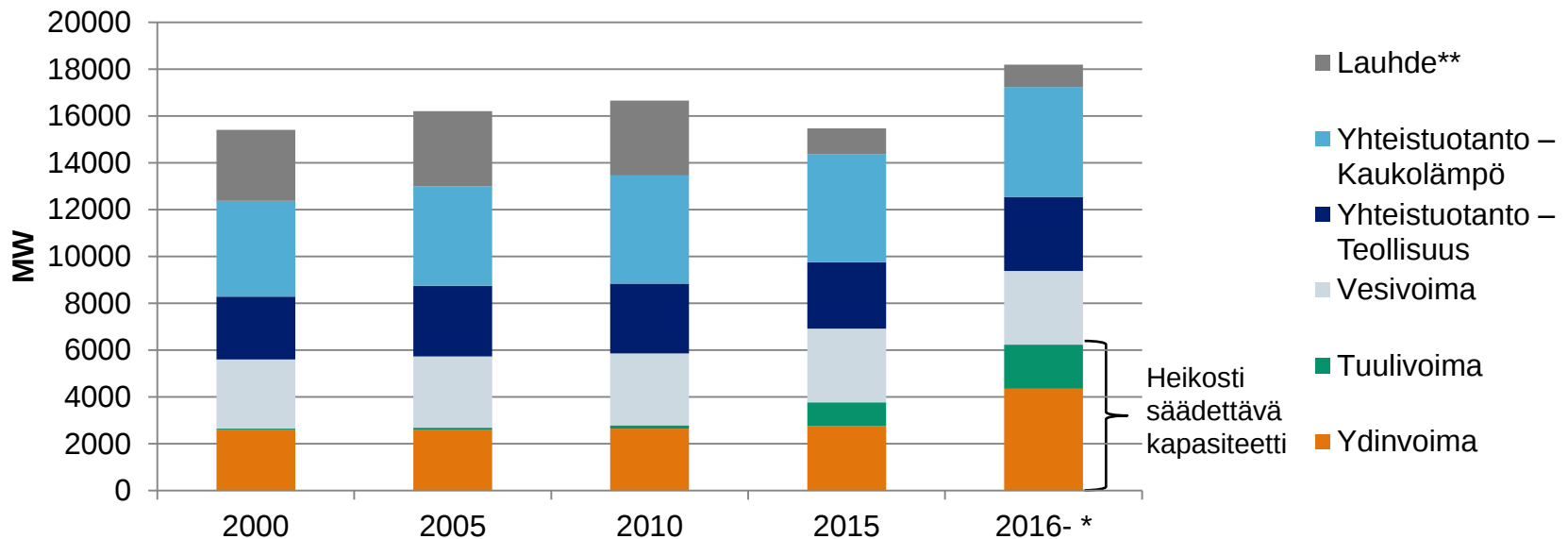
- Nimelliskapasiteetti kuvaa voimalaitoksen maksimituotantokapasiteettia. Voimalaitostyyppistä riippuen huippukulutuksen aikaan kylmänä talvipäivänä käytettävissä oleva kapasiteetti (huipunaikainen kapasiteetti) vaihtelee nollan ja nimellistehon välillä.
 - **Lämpövoiman sähkön erillistuotanto**
 - Lauhdevoimalla ja ydinvoimalla on käytettävissä huippukulutuksen aikaan nimellistehon verran sähkötehoa
 - **Sähkön ja lämmön yhteistuotanto**
 - Talviaikana lämpökuorman ollessa korkea kaukolämmön yhteistuotantolaitokset ovat kokonaisuudessaan käytettävissä. Erittäin kylmänä ajanjaksona korkea kaukolämpömenoveden lämpötila kuitenkin laskee sähköntuotantotehoa nimellistehoa alemmaksi
 - Teollisuuden sähköntuotantokapasiteetti ei ole yhtä riippuvainen ulkolämpötilasta kuin kaukolämmön yhteistuotantolaitokset.
 - **Vesivoima ja tuulivoima**
 - Vesivoimatuotannossa edellisen vuoden ja tulevaisuuden sadantamäärät määrittävät käytettävissä olevan sähköntuotantokapasiteetin.
 - Tuulivoiman huipunaikana käytettävissä oleva kapasiteetti voi vaihdella nollan ja nimellistehon välillä. ENTSO-E on arvioinut, että huippukysynnän aikaan pohjoismaissa tuulivoimaa on käytettävissä vähintään 6%
- Vuoden 2014 lopussa Suomen sähköntuotantokapasiteetin nimelliskapasiteetti oli noin **15 500 MW** kun taas huipunaikaisen kapasiteetin arvioitiin olevan noin **12 500 MW***. Lauhdekapasiteetin poistumisen myötä huipunaikainen kapasiteetti vuoden 2015 lopussa on edellä mainittua alhaisempi.
- Sähkön hinnan tulee olla hyvin korkea, jotta arvioitu huipunaikainen kapasiteetti olisi markkinoiden käytössä.

*Pöyryn selvityksessä *Suomen sähkötehon riittävyys ja kapasiteettirakenteen kehitys vuoteen 2030* (2015, TEM) määritettiin nimelliskapasiteetti ja huipunaikainen kapasiteetti vuoden 2014 lopussa.

SÄHKÖNTUOTANTOKAPASITEETIN KEHITYS SUOMESSA

Sähkön tuotantokapasiteetin rakenne on Suomessa voimakkaassa muutoksessa

- Kapasiteettirakenteen muutoksen myötä myös säädettävän tuotantokapasiteetin osuus laskee ja sähköjärjestelmä jäykistyy uusien heikosti säädettävien ydinvoima- ja tuulivoimainvestointien myötä.
- Viimevuosina lauhdekapasiteettia on poistunut merkittävästi, jolloin huipunaikainen kapasiteetti laskee suhteessa enemmän kuin nimelliskapasiteetti.
- Poistuvasta lauhdevoimakapasiteetista huolimatta OL3:n ja muiden jo päätettyjen investointien valmistuttua huipunaikainen kapasiteetti tulee nousemaan noin 13 500 MW:iin. Uusi tuulivoimakapasiteetti ei juurikaan nosta huipunaikaista kapasiteettia

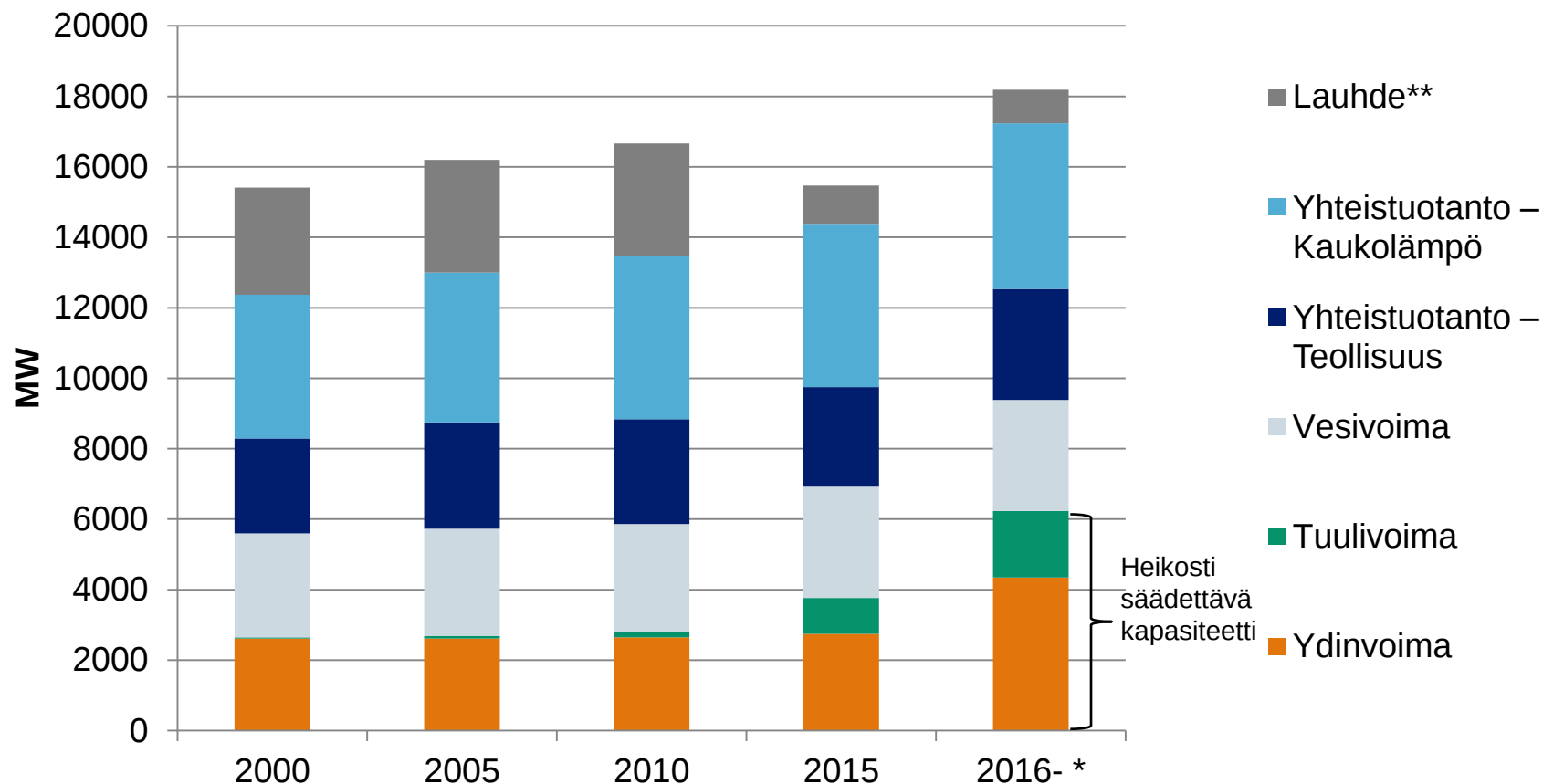


* Jo päätettyjen investointien valmistuessa, ennen vuotta 2020. Ydinvoiman osalta on huomioitu vain OL3, sillä Fennovoiman ydinvoimalan valmistuminen on vasta 2020-luvun puolivälissä.

** Lauhde sisältää myös väliottolauhdelaitokset

SÄHKÖNTUOTANTOKAPASITEETIN KEHITYS SUOMESSA

Sähkön tuotantokapasiteetin rakenne on Suomessa voimakkaassa muutoksessa

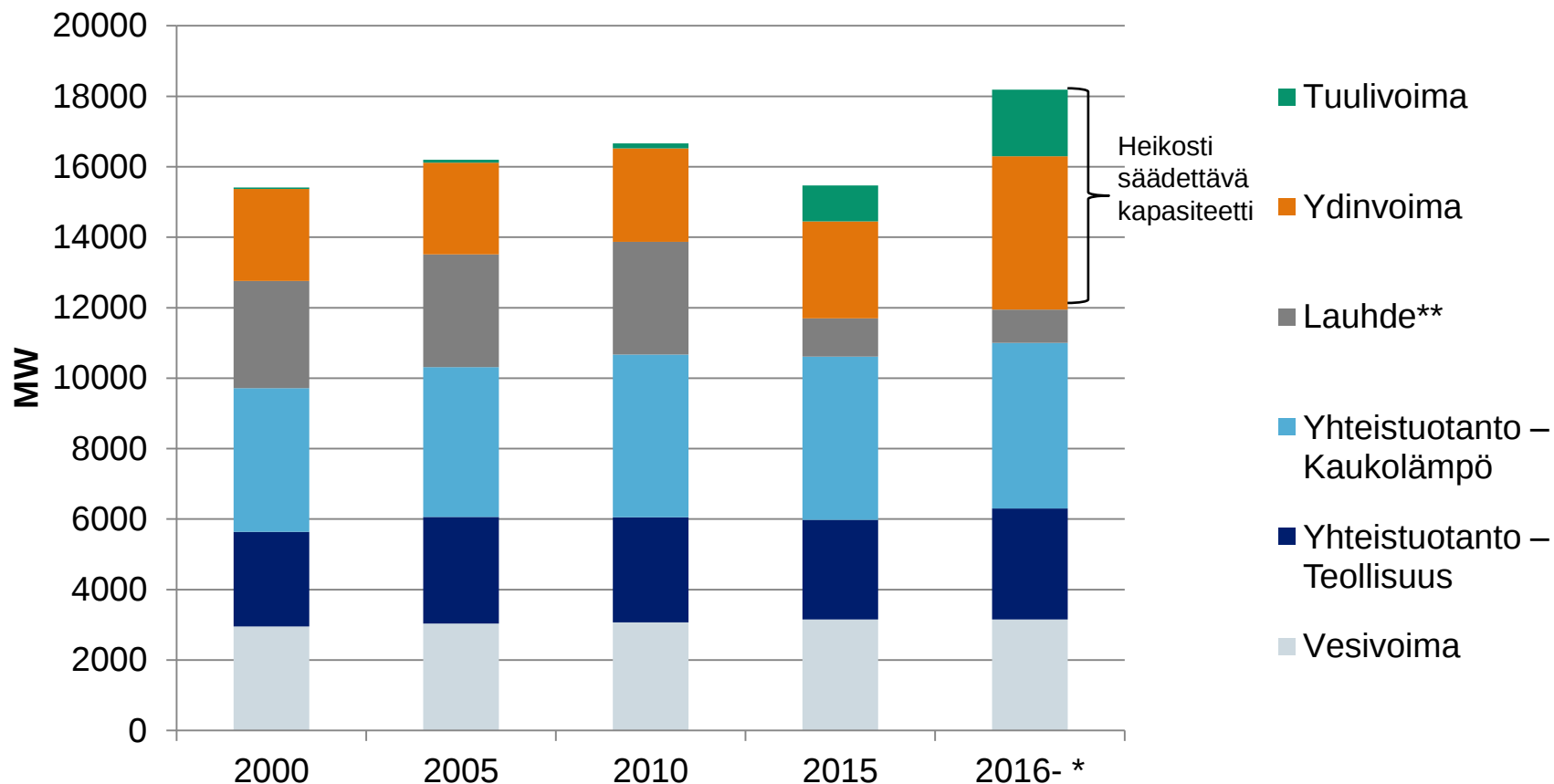


* Jo päätettyjen investointien valmistuessa, ennen vuotta 2020. Ydinvoiman osalta on huomioitu vain OL3, sillä Fennovoiman ydinvoimalan valmistuminen on vasta 2020-luvun puolivälissä.

** Lauhde sisältää myös väliottolauhdelaiteket

SÄHKÖNTUOTANTOKAPASITEETIN KEHITYS SUOMESSA

Sähkön tuotantokapasiteetin rakenne on Suomessa voimakkaassa muutoksessa



* Jo päätettyjen investointien valmistuessa, ennen vuotta 2020. Ydinvoiman osalta on huomioitu vain OL3, sillä Fennovoiman ydinvoimalan valmistuminen on vasta 2020-luvun puolivälissä.

** Lauhde sisältää myös väliottolauhdelaiteket

SÄHKÖNTUOTANTOKAPASITEETIN NETTOMUUTOKSET

Yhteistuotantokapasiteetti ei ole 2010-luvulla enää kasvanut ja teollisuuden osalta kapasiteetti on vähentynyt. Lähivuosina erityisesti tuulivoima- ja ydinvoimakapasiteetti kasvaa, mutta säädettävää lauhdekapasiteettia on poistunut markkinoilta yli 2000 MW.

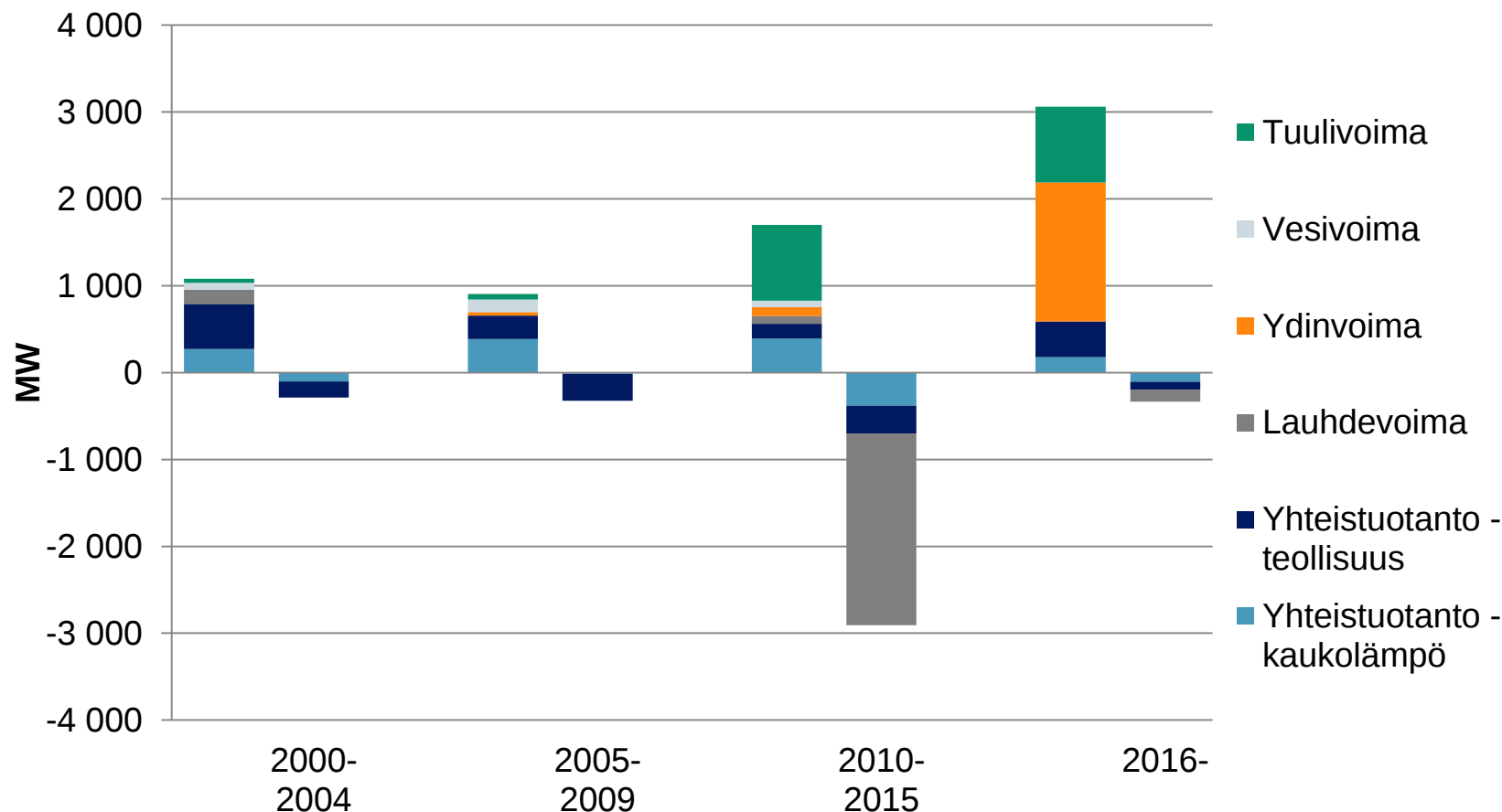
	Kapasiteetti 2000	Muutos 2000-2004	Muutos 2005-2009	Muutos 2010- 2015	Muutos 2015 jälkeen*
	MW _e	MW _e	MW _e	MW _e	MW _e
Yhteistuotanto – Kaukolämpö	4080	+170	+370	+10	+70
Yhteistuotanto – Teollisuus	2690	+330	-40	-150	+320
Lauhde**	3040	+160	0	-2110	-140
Ydinvoima	2610	0	+40	+100	+1600
Vesivoima	2950	+80	+150	+70	
Tuulivoima	40	+40	+70	+875	+868
Yhteensä	15 400	+800	+600	-1200	+2700

* Jo päätettyjen investointien valmistuessa, ennen vuotta 2020. Ydinvoiman osalta on huomioitu vain OL3, sillä Fennovoiman ydinvoimalan valmistuminen on vasta 2020-luvun puolivälissä.

** Lauhde sisältää myös väliottolauhdelaitokset

UUSI JA POISTUNUT SÄHKÖNTUOTANTOKAPASITEETTI TUOTANTOMUODOITTAIN VUODEN 2000 JÄLKEEN

Vuoden 2010 jälkeen sekä uuden että poistuneen kapasiteetin määrä on selvästi aiempaa suurempi. Uutta kapasiteettia on syntynyt erityisesti tuulivoiman muodossa, ja markkinoilta on poistunut suuri määrä lauhdetta.



TUULIVOIMAINVESTOINNIT SUOMESSA

Tuulivoimainvestointien määrä on lisääntynyt merkittävästi erityisesti vuoden 2010 jälkeen. Kiintiöpäätöksen saaneiden hankkeiden toteutuessa kapasiteetti kasvaa lähelle 1900 MW.

	2000-2004	2005-2009	2010-2015**	Yhteensä**	Kiintiö-päätöksen saaneet***	Valmistuneet ja kiintiöpäätöksen saaneet yhteensä
Toteutettujen hankkeiden lukumäärä	14	16	65	130	36	166
Asennettu kapasiteetti (MW)	36	70	875	1018	868	1888
Vuosituotantoarvio (GWh)*	70	150	2610	2920	2780	5700

*Vuosituotantoarvio perustuu konsultin arvioon keskimääräisen huipunkäyttöajan kehtiyksestä.

** Vuosi 2015: Vuonna syöttötariffijärjestelmään hyväksytyt + hyväksymishakemuksen jättäneet hankkeet. Hankkeiden määrän arvio (6) perustuu hankkeiden keskimääräiseen kokoon. SATU-järjestelmän näennäistehot on arvioitu megawateiksi olettamalla generaattoreille tehokerroin $\cos(\varphi)=0,91$.

*** Kiintiöpäätöksen saaneet hankkeet voidaan katsoa olevan investointipäätöskelpoisia. Kiintiöpäätökset sisältävät Tahkoluoto offshoren demohankkeen.

UUSIEN INVESTOINTIEN LUKUMÄÄRÄ SÄHKÖNTUOTANNOSSA

- Yhteistuotannossa uudet investoinnit ovat kohdistuneet puuta ja turvetta polttaviin laitoksiin, jotka ovat lähinnä korvausinvestointeja. Lisäksi etenkin uusia jätteenpolttolaitoksia on toteutunut useita, joista lähes kaikki kaukolämmön yhteistuotantolaitoksia.
- Teollisuudessa investointeja on ollut muutamiin teollisuuden sivuvirtoja hyödyntäviin laitoksiin.
- Lukumääräisesti suurin määrä investointeja on toteutunut tuulivoimassa.

	2000-2004	2005-2009	2010-2015	2015 jälkeen	Yhteensä
	lkm	lkm	lkm	lkm	lkm
Yhteistuotanto – Kaukolämpö	10	12	13	3	38
Yhteistuotanto – Teollisuus	11	11	4	3	29
Väliottolauhde	1	0	1	0	2
Ydinvoima	0	0	0	1	1
Tuulivoima	14	16	65	36	131

UUSIEN INVESTOINTIEN LUKUMÄÄRÄ KAUKOLÄMMÖNTUOTANNOSSA

- Vuoden 2010 jälkeen suurten (>10 MW) lämpökeskusten korvausinvestointien lukumäärä on kasvanut. Muutamassa kaupungissa lämpökeskusten tuotannolla on korvattu yhteistuotantolaitosten tuotantoa. Myös uusien pellettilaitosten osuus on kasvanut. Näillä on korvattu lähinnä öljyä
- Kaukolämmön yhteistuotantolaitosten lisäksi jotkin teollisuuden vastapainevoimalaitokset tuottavat kaukolämpöä
- Erillistuotannon osalta esitetty investointien lukumäärä ei välttämättä sisällä kaikkia pienimpiä lämpökeskuksia.

	2000-2004	2005-2009	2010-2015	2015 jälkeen	Yhteensä
	lkm	lkm	lkm	lkm	lkm
Yhteistuotanto	13	15	14	3	45
Erillistuotanto	143	102	72	12	329

SISÄLTÖ

1. Tausta ja toteutustapa
 2. Tuotantokapasiteetin kehitys
 - ➔ 3. Tuotannon kehitys
 4. Hiilidioksidipäästöjen kehitys
 5. Investointien kotimaisuusaste
 6. Yhteenveto
-

SÄHKÖN JA LÄMMÖN TUOTANNON MUUTOSTEN ARVIOINTI

- Muutokset sähköntuotantokapasiteetissa Suomessa vaikuttavat tuotetun sähkön kokonaismäärään ja eri tuotantomuotojen vuosituotantoon. Vuosituotantomääriin vaikuttaa lisäksi merkittävästi myös mm. vesivuosien vaihtelu, sähkön tuonti ja oman lauhdetuotannon tarve, sähkön markkinahinta, lämpötila ja sen vaikutus CHP-tuotannon määrään.
- Tuotantomäärien vaihtelun lisäksi Suomessa on merkittävästi CHP-kapasiteettia, jossa voidaan käyttää useita eri polttoaineita, kuten turvetta ja puupolttoaineita sekä useissa laitoksissa myös kivihiiltä. Käytettävien polttoainesuhteiden muutokset voivat olla seurausta esimerkiksi polttoaineiden hintojen ja verojen tai tukien muutoksista.
- Seuraavassa on arvioitu sähköntuotantoa polttoaineittain Suomessa perustuen Pöyryn arvioon polttoainesuhteista laitostasolla edellisten vuosien perusteella, sekä erikseen tilanteessa jossa puupolttoaineiden käyttö maksimoitaisiin laitostasolla kapasiteetin puitteissa (puumax-skenaario). Puupolttoaineiden käyttömäärä perustuu laitosten tekniseen kapasiteettiin käyttää polttoaineita.
 - Useimmat sähköä tuottavat turvetta ja puuta polttavat laitokset voivat polttaa puuperäisiä kiinteitä puupolttoaineita lähes 100 prosentin osuudella
- Myös kaukolämmön tuotannon polttoaineita on arvioitu samalla tavoin arvioidulla tämän hetken polttoainejakaumalla sekä puun maksimikäyttötilanteessa. Lisäksi on arvioitu kivihiilen käytön teknistä maksimia kaukolämmön tuotannossa, mikäli muita kiinteitä polttoaineita haluttaisiin korvata kivihiilellä nykyisissä ja uusissa valmistuvissa laitoksissa.

SÄHKÖN TUOTANTOMUODOT JA TUOTANNON MUUTOKSET VUODESTA 2000 – NORMAALI POLTTOAINEJAKAUMA

	2000	2000-2009	2010*	2010 jälkeen tehdyt investointi- päätökset	2015 jälkeen kun investoinnit käytössä**
Sähköntuotanto, TWh	Tuotanto	Nettomuutos	Tuotanto	Nettomuutos	Tuotanto
<i>Hiili</i>	8,4	5,0	13,4	-8,3	5,0
<i>Öljy</i>	0,7	0,1	0,8	-0,2	0,6
<i>Kaasu</i>	8,9	2,8	11,7	-2,9	8,8
<i>Turve</i>	4,5	1,3	5,8	-0,5	5,3
<i>Puu</i>	3,7	1,0	4,7	1,0	5,7
<i>Mustalipeä</i>	4,8	0,1	4,9	1,3	6,2
<i>Muu (mm. jäte)</i>	1,0	0,1	1,1	1,7	2,8
Lämpövoima yhteensä	32,0	10,4	42,4	-8,0	34,4
Ydinvoima	22,1	0,3	22,4	13,5	35,9
Vesivoima	12,5	0,9	13,5	0,2	13,7
Tuulivoima	0,0	0,3	0,3	5,3	5,7
Yhteensä	66,7	11,9	78,5	8,3	89,7

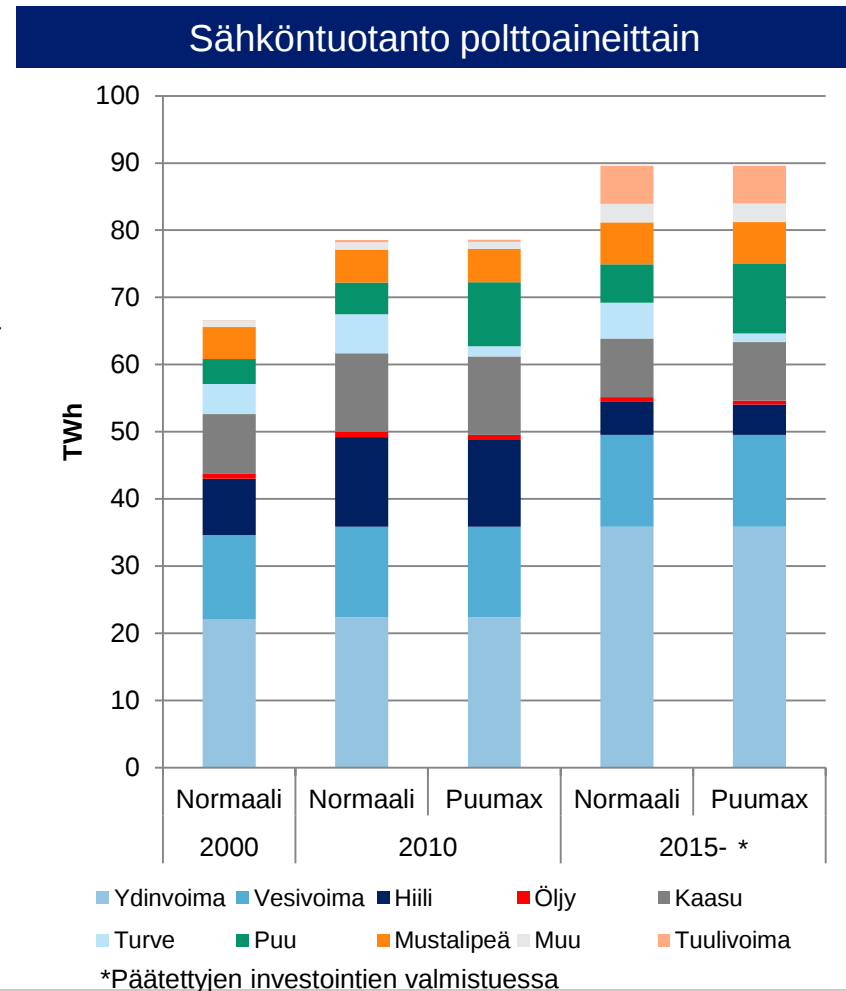
* 2010 luvut eivät sisällä vuoden 2010 aikana rakennettujen laitosten tuotantoa. Muuten vuoden 2010 luvut vastaavat toteutunutta tuotantoa

** Vuoden 2010 poikkeuksellisen suuren lauhdetuotannon vuoksi tuotantoluvuissa (2015 jälkeen, kun investoinnit ovat käytössä) on huomioitu keskimääräistä vuotta vastaavat huipunkäyttöajat lauhdetta tuottavissa laitoksissa

SÄHKÖN TUOTANTOMUODOT JA TUOTANNON MUUTOKSET VUODESTA 2000

– NORMAALI POLTTOAINEJAKAUMA JA PUUN MAKSIMIKÄYTTÖ

- Muutokset vuosina 2000-2009:
 - Uuden kapasiteetin myötä puun ja turpeen käyttö sähköntuotannossa on kasvanut. Myös kaasun osuus sähköntuotannossa on kasvanut muutaman uuden yksikön käyttöönoton vuoksi
 - Hiilen käytön kasvu johtuu lähes ainoastaan lauhdesähkön tuotannosta, ei niinkään uudesta hiiltä polttavasta kapasiteetista
- Muutokset vuodesta 2010:
 - Vuoden 2009 jälkeen investoinnit ovat kohdistuneet yksinomaan kiinteään polttoaineen laitoksiin. Puun ja turpeen lisäksi useita jätettä hyödyntäviä laitoksia on otettu käyttöön (Muu-kategoria)
 - Yhteistuotantolaitoksissa kiinteillä polttoaineilla on korvattu pääosin hiiltä ja kaasua
 - Merkittävä määrä hiililauhdekapasiteettia on poistunut vuoden 2010 jälkeen, minkä vuoksi hiilellä tuotetun sähkön osuus laskee merkittävästi



KAUKOLÄMMÖN TUOTANTOMUODOT JA TUOTANNON MUUTOKSET VUODESTA 2000 – ARVIOITU NORMAALIN VUODEN TUOTANTO

- Hiilellä ja öljyllä tuotetun kaukolämmön määrä on vähentynyt vuodesta 2000 sekä myös 2010 jälkeen. Vuosina 2000-2009 on tehty useita investointeja kaasua polttaviin yhteistuotantolaitoksiin ja lämmön erillistuotantolaitoksiin, minkä seurauksena kaasun osuus kaukolämmöntuotannossa kasvoi. Vuoden 2010 jälkeen tehtyjen korvausinvestointien myötä kaasun osuus kaukolämmöntuotannossa on laskenut. Tässä raportissa esitetyissä luvuissa ei ole otettu kantaa muuttuneeseen polttoaineiden väliseen kilpailutilanteeseen, vaan muutos polttoaineiden käytössä vuoden 2010 jälkeen on seurausta kapasiteetin muutoksista.
- Fossiilisia polttoaineita on korvattu voimakkaasti kiinteillä kotimaisilla, erityisesti puupohjaisilla polttoaineilla
 - Erityisesti pellettien käyttö on yleistynyt kuluvan vuoden aikana. Uusilla lämpökeskusinvestoinneilla on pääasiassa korvattu öljyä ja kaasua, minkä vuoksi seuraavan sivun taulukoissa esitetyt öljyn ja kaasun tuotantoluvut voivat todellisuudessa olla hieman alhaisemmat ja puupohjaisten polttoaineiden tuotantoluvut vastaavasti korkeammat
- Useimmissa uusissa laitoksissa, erityisesti erillislämmöntuotantolaitoksissa, puupolttoaineiden osuus on jo hyvin korkea, eikä puun maksimikäyttö-vaihtoehto eroa yhtä suuresti arvioidusta nykytilanteesta kuin vanhempien laitosten osalta. Koko kaukolämmöntuotantoa tarkastellessa puun maksimikäyttö-tarkastelussa puupohjaisten polttoaineiden osuus tuotannosta nousee lähes 50 prosenttiin
- Seuraavissa kuvaajissa kaukolämmöntuotannon kokonaismäärä on pidetty samalla tasolla vuonna 2010 ja vuoden 2015 jälkeisessä tilanteessa vertailun helpottamiseksi.

KAUKOLÄMMÖN TUOTANTOMUODOT JA TUOTANNON MUUTOKSET VUODESTA 2000 – NORMAALI POLTTOAINEJAKAUMA JA PUUN MAKSIMIKÄYTTÖ

Normaali polttoainejakauma	2000	2000-2009	2010	2010 jälkeen tehty investointipäätökset*	2015 tehty investoinnit käytössä
LämmöntuotantoTWh	Tuotanto	Nettomuutos	Tuotanto	Nettomuutos	Tuotanto
Hiili	8,5	-1,9	6,6	-2,5	4,1
Öljy	3,6	-1,2	2,4	-1,4	1,0**
Kaasu	8,5	4,4	12,9	-3,3	9,6
Turve	5,6	2,3	7,9	0,3	8,2
Puu	2,3	4,8	7,2	4,6	11,8
Muu	1,8	-1,5	0,3	2,2	2,6
Yhteensä	30,4	7,0	37,4	-0,1	37,3

Puun maksimikäyttö	2000	2000-2009	2010	2010 jälkeen tehty investointipäätökset*	2015 tehty investoinnit käytössä
LämmöntuotantoTWh	Tuotanto	Nettomuutos	Tuotanto	Nettomuutos	Tuotanto
Hiili	8,5	-2,4	6,1	-2,8	3,3
Öljy	3,6	-1,3	2,4	-1,4	1,0**
Kaasu	8,5	4,4	12,9	-3,3	9,6
Turve	5,6	-4,0	1,6	0,1	1,7
Puu	2,3	11,7	14,1	5,0	19,1
Muu	1,8	-1,5	0,4	2,2	2,6
Yhteensä	30,4	7,0	37,4	-0,1	37,3

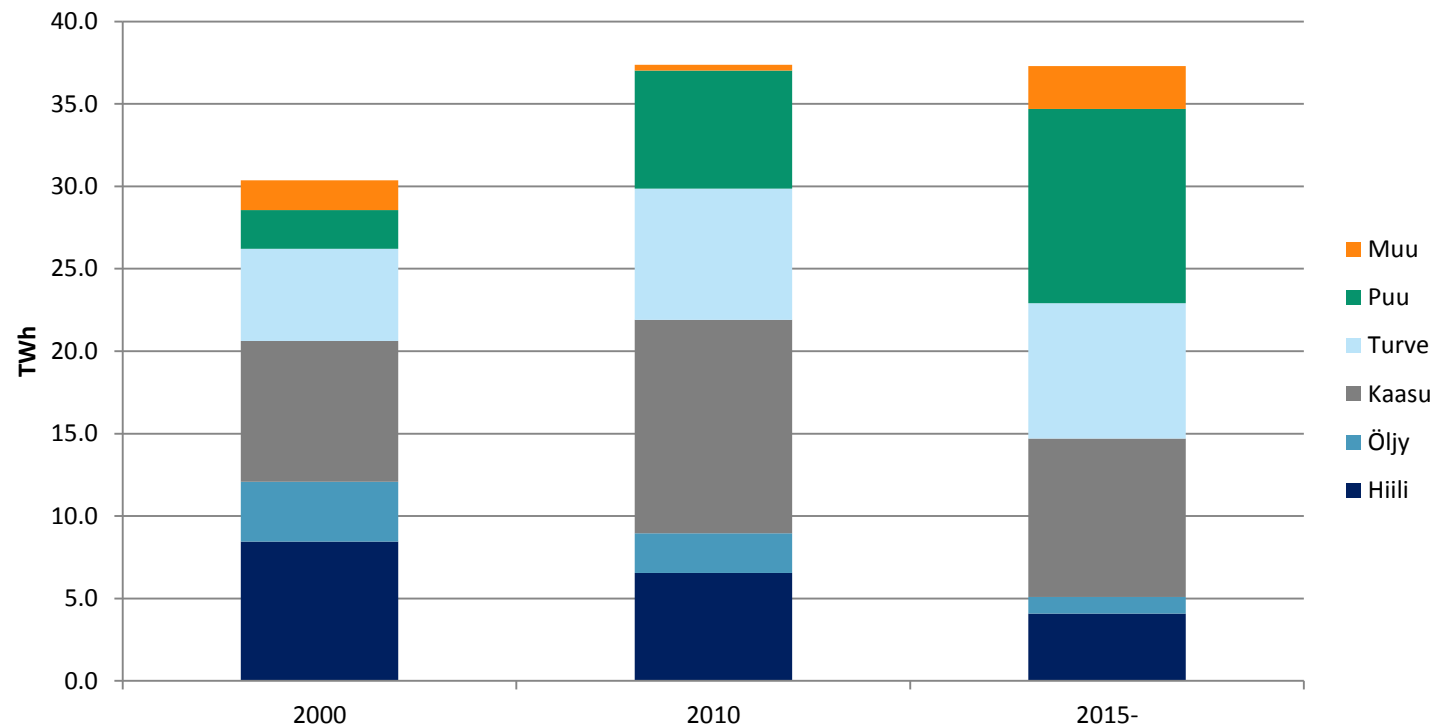
* Vuoden 2010 jälkeen tehty alle 10 MW:n lämmön erillistuotantoinvestoinnit sisältävät arvion korvattua polttoaineesta. Pienillä lämpökattiloilla on pääasiassa korvattu öljyä ja kaasua

** Öljynkulutus vastaa keskimääräistä vuotta, sillä siitä on vähennetty vuoden 2010 poikkeuksellisen suuresta kaukolämmönkulutuksesta johtuva korkea öljynkäyttö (~0,5 TWh)

KAUKOLÄMMÖN TUOTANTO POLTTOAINEITTAIN TARKASTELUAJANKOHTINA

- PERUSTUEN ARVIOITUUN NYKYISEEN POLTTOAINEKÄYTTÖÖN TAI
OLETETTUUN UUSIEN LAITOKSIEN POLTTOAINEJAKAUMAAN

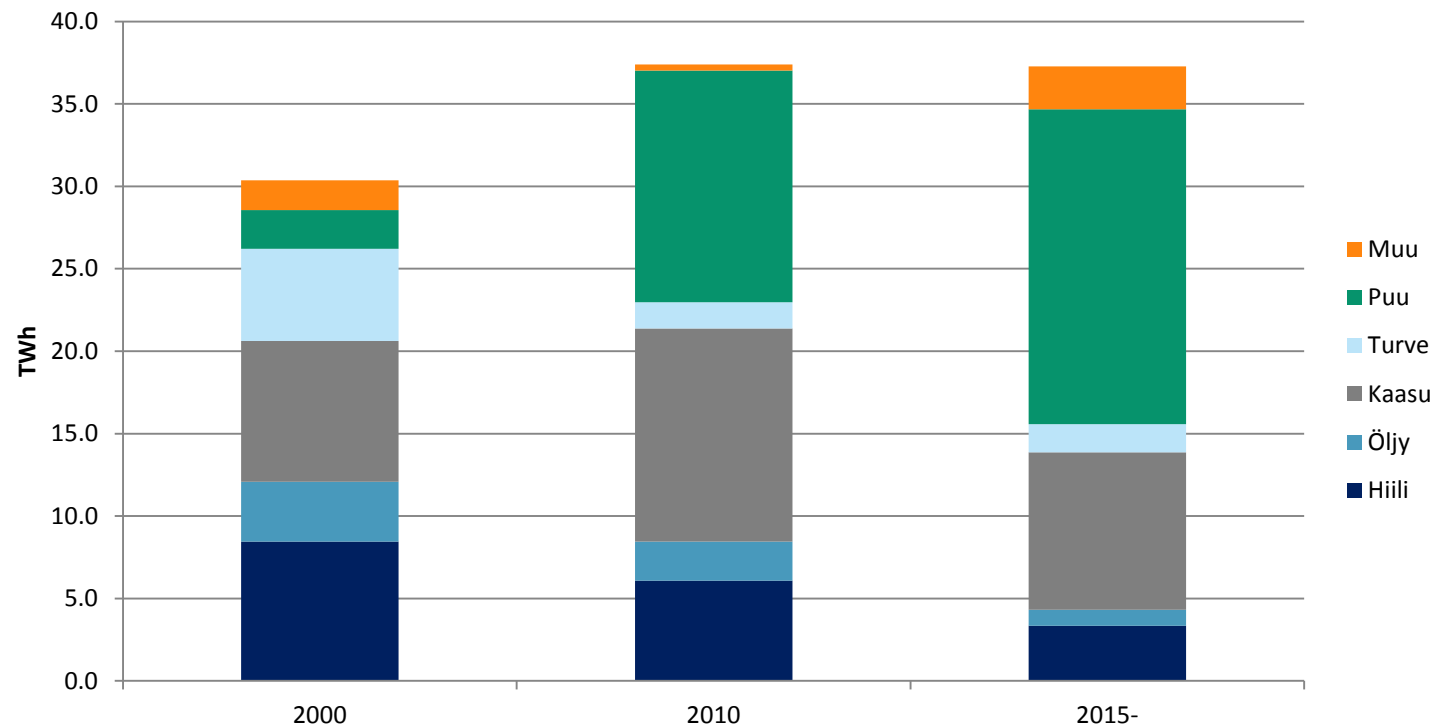
Kaukolämmön tuotanto polttoaineittain – normaali polttoainejakauma



KAUKOLÄMMÖN TUOTANTO POLTTOAINEITTAIN TARKASTELUAJANKOHTINA

- PERUSTUEN ARVIOITUUN PUUN MAKSIMIKÄYTTÖÖN LAITOKSISSA

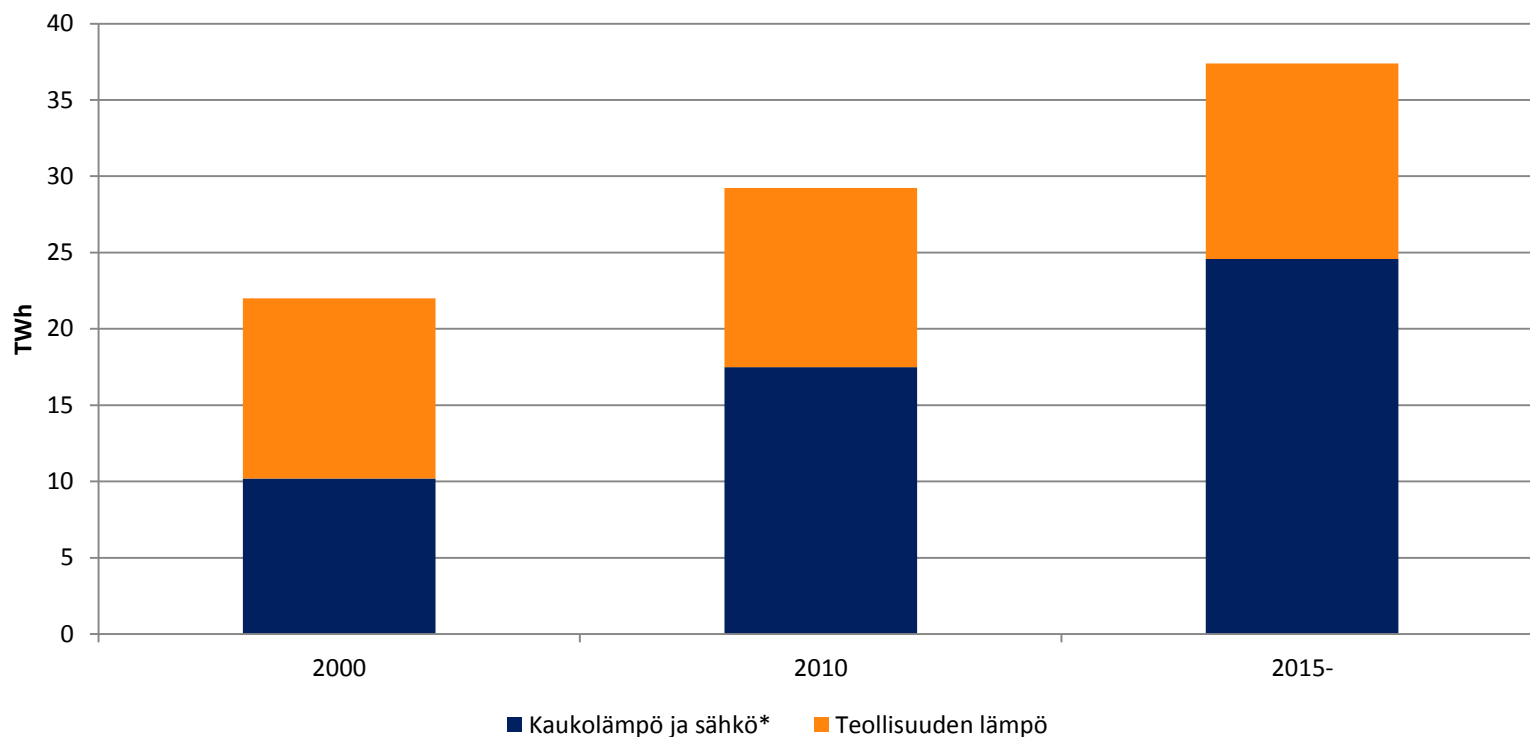
Kaukolämmön tuotanto polttoaineittain - puun maksimikäyttö



KIINTEIDEN PUUPOLTTOAINEIDEN KÄYTTÖ KAUKOLÄMMÖN JA TEOLLISUUDEN LÄMMÖNTUOTANNON YHTEYDESSÄ

Uusissa laitoksissa puupolttoaineita voidaan tyypillisesti käyttää jopa 100 %, ja kiinteiden puupolttoaineiden käyttö on kasvanut ja kasvaa edelleen merkittävästi uusien investointien myötä.

Kiinteän puupolttoaineen käyttö arvioidulla normaalilla polttoainejakaumalla



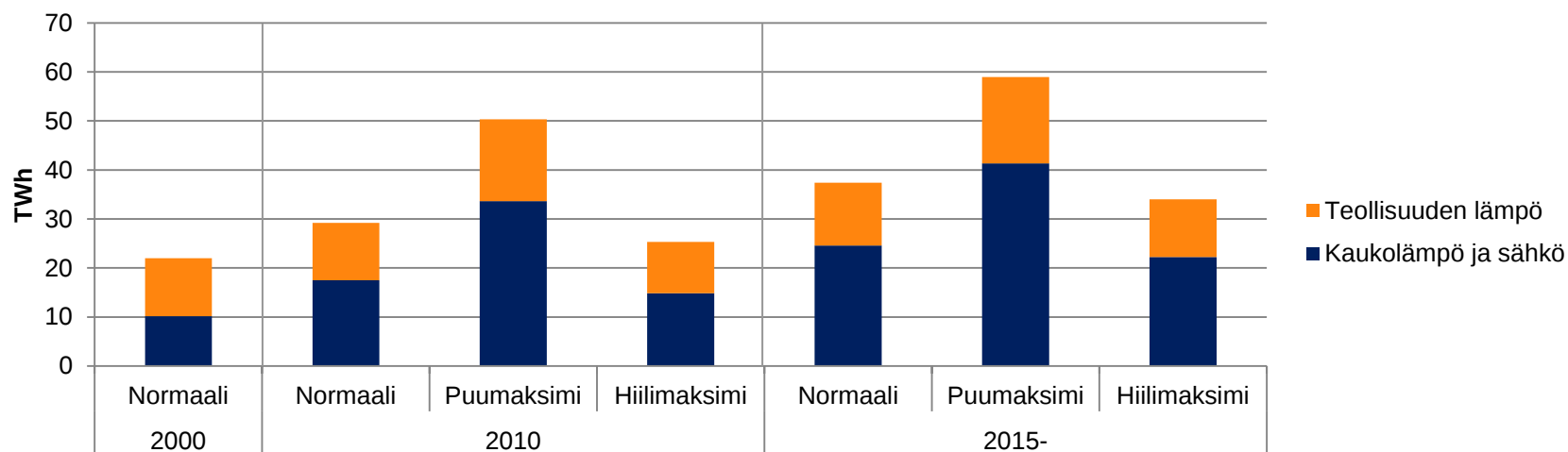
* Kaukolämpö ja sähkö-kategoria sisältää kaiken sähkön tuotannon yhteistuotannon yhteydessä (myös teollisuudessa), sekä kaukolämmön tuotannon sekä yhteistuotantona että erillistuotantona.

KIINTEIDEN PUUPOLTTOAINEIDEN KÄYTTÖ ERI SKENAARIOISSA

Kiinteiden puupolttoaineiden käyttö voi vaihdella merkittävästi olemassa olevan kapasiteetin puitteissa.

- Kiinteiden puupolttoaineiden teknisen käyttöpotentiaalin perusteella puupohjaisten polttoaineiden käyttö energiantuotannossa voisi nousta merkittävästi normaalitasosta. Tarkastelussa on otettu huomioon myös sivutuotteiden käytön maksimoiminen, mikä nostaa teknistä käyttöpotentiaalia, sillä etenkin useat vanhemmat kattilat eivät pysty polttamaan metsähaketta yhtä paljon kuin sivutuotteita
- Puupolttoaineita voidaan korvata muutamissa yhteistuotantolaitoksissa hiilellä, mutta sen vaikutus kiinteiden puupolttoaineiden käyttöön on kuitenkin suhteellisen vähäinen
 - Tarkastelussa on oletettu korvattavan puupolttoaineita hiilellä ainoastaan laitoksissa, joissa on mahdollisuus tällä hetkellä polttaa hiiltä
- Toteutuneiden puupolttoaineiden ja turpeen kulutusten mukaan polttoaineiden keskinäinen suhde vaihtelee hiilimax- ja puumax-skenaarioiden välillä riippuen kunkin vuoden turvetilanteesta sekä muista markkinatekijöistä

Kiinteän puupolttoaineen käyttö eri skenaarioissa eri tarkasteluajankohtina

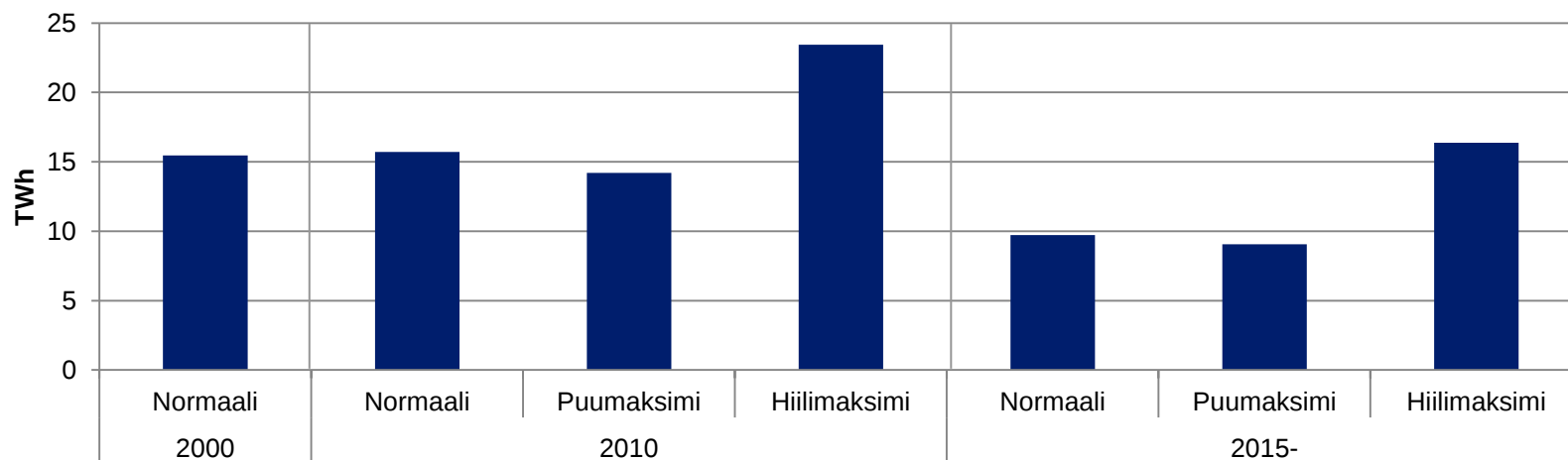


KIVIHIILEN KÄYTTÖ YHTEISTUOTANNOSSA ERI SKENAARIOISSA

Kivihiilen tekninen käyttöpotentialiaali laskee kapasiteettimuutosten myötä, mutta käyttö voisi edelleen kasvaa merkittävästi markkinatilanteen muuttuessa.

- Kivihiilen arvioitu maksimikäyttö yhteistuotannossa perustuu nykyisten ja investointipäätöksen saaneiden laitosten tekniseen mahdollisuuteen käyttää kivihiiltä polttoaineena esimerkiksi turpeen tai metsähakkeen korvaajana.
- Kivihiilen käyttö yhteistuotannossa laskee arviolta alle 10 TWh:n investointipäätöksen saaneiden laitosten valmistuessa.
- Mikäli kivihiilen käyttö olisi turvetta ja metsähaketta edullisempaa esimerkiksi polttoaineiden hintasuhteiden tai verotuksen vuoksi, voisi kulutus nousta yli 16 TWh:n tunnin tasolle myös jatkossa.
- Tarkastelussa ei ole huomioitu kivihiilen käyttöä lauhdetuotannossa, joka määräytyy lauhdesähkön tarpeen perusteella.

Hiilen käyttö yhteistuotantolaitoksissa eri skenaarioissa eri tarkasteluajankohtina



SISÄLTÖ

1. Tausta ja toteutustapa
 2. Tuotantokapasiteetin kehitys
 3. Tuotannon kehitys
 - ➔ 4. Hiilidioksidipäästöjen kehitys
 5. Investointien kotimaisuusaste
 6. Yhteenveto
-

HIILIDIOKSIDIN OMINAISPÄÄSTÖT SÄHKÖN JA LÄMMÖN TUOTANNOSSA ERI TARKASTELUAJANKOHTINA

- Uusien investointien myötä sähkön tuotannon hiilidioksidin ominaispäästöt tulevat laskemaan selvästi vuoden 2000 tasosta. Vuosina 2000-2009 hiilidioksidin ominaispäästöt ovat hieman kasvaneet. Tämä johtuu osittain vuoden 2010 erittäin korkeasta hiilen käytöstä kylmän vuoden sekä korkeiden sähkön hintojen vuoksi. Lisäksi kaasun sekä turpeen käyttö kasvoi uusien investointien myötä
- Vuoden 2010 aikana ja jälkeen uudet investoinnit ovat keskittyneet pääosin puupohjaisia polttoaineita käyttäviin laitoksiin. Selvä pudotus hiilidioksidin ominaispäästöissä johtuu etenkin vähentyneestä hiilen käytöstä lauhdekapasiteetin poistumisen ja alhaisempien vuotuisten käyttötuntien vuoksi. Tarkasteltaessa hiilidioksidin ominaispäästöjä Suomen koko sähköntuotannon osalta, laskee kasvava päästötön tuotanto hiilidioksidin ominaispäästöjä merkittävästi. Tuontisähkön osuutta tai päästöjä ei ole tässä huomioitu.
- Kaukolämmön tuotannon päästöt ovat myös vähentyneet selvästi, ja puun käyttöä maksimoimalla voitaisiin päästä hyvin alhaisiin päästöihin uusien investointien valmistuttua.

Hiilidioksidin ominaispäästöt, kgCO ₂ /Mwh _e	2000	2010			2015-		
	Normaali	Normaali	Puumaksimi	Hiilimaksimi	Normaali	Puumaksimi	Hiilimaksimi
Lämpövoimasähkön -tuotanto	486	492	399	503	369	242	382
Koko sähköntuotanto	237	267	217	274	142	93	147
Kaukolämmön tuotanto	223	203	149	210	178	120	184

Päästöt on jaettu lämmön ja sähkön tuotannolle hyödynjakomenetelmän perusteella

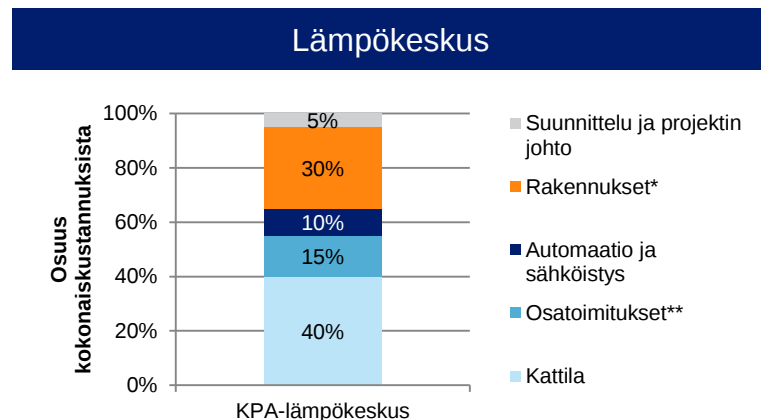
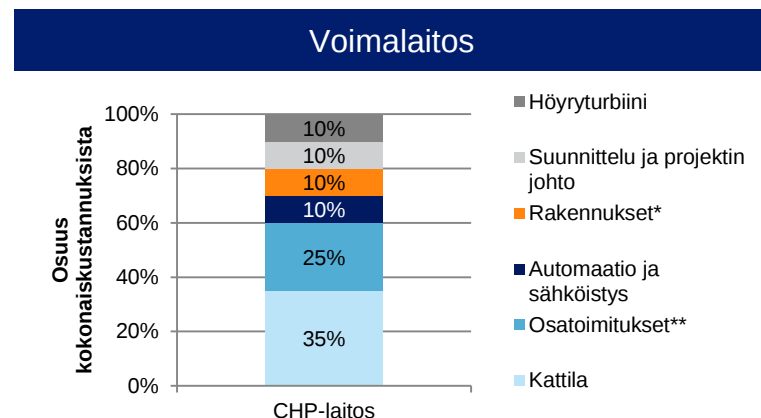
SISÄLTÖ

1. Tausta ja toteutustapa
 2. Tuotantokapasiteetin kehitys
 3. Tuotannon kehitys
 4. Hiilidioksidipäästöjen kehitys
 - ➔ 5. Investointien kotimaisuusaste
 6. Yhteenveto
-

VOIMALAITOS- JA LÄMPÖKESKUSINVESTOINTIEN KOTIMAISUUSASTE

CHP-laitosten ja lämpökeskuksen kotimaisuusastetta on arvioitu perustuen kustannusrakenteeseen ja eri osakokonaisuuksien kotimaisuusasteeseen

- Voimalaitos- ja lämpökeskusinvestoinnit koostuvat useasta pääkokonaisuudesta, kuten kattilasta, höyryturbiinista ja osatoimituksista
- Ohessa on eriteltyä tärkeimmät osakokonaisuudet yleisen jaottelun mukaan. Useimmiten osakokonaisuudet koostuvat tarvittavista laitteistoista, materiaaleista ja työstä
- Ainoastaan höyryturbiinit ovat ulkomaalaisia. Muissa kokonaisuuksissa suomalaisilta yrityksiltä löytyy ratkaisuja kokonaisuuksien toimittamiseksi, vaikkakin myös suomalaiset yritykset voivat hankia alihankintana joitain osuuksia ulkomailta
- Suomessa on erittäin laaja voimalaitos- ja lämpökeskusosaaminen sekä suunnittelun että valmistuksen puolella. Suomalaisilla yrityksillä on pitkät perinteet kattilatoimitusten saralla alkaen pienistä kokoluokista aina suuriin, jopa satojen miljoonien eurojen toimituksiin
- Pohjautuen Pöyryn kattilatiekantaan sekä julkisiin lähteisiin, on 96 % 2010-luvulla rakennetuista voimalaitos- ja lämpökeskusprojekteista ollut suomalainen kattilavalmistaja



*Rakennukset (sis. työ):

- Kattilarakennus, turbiinirakennus, perustukset

**Osatoimitukset :

- Mm. pumput, lämmönsiirtimet, puhaltimet säiliöt, putkistot ja eristykset, vedenkäsittely, polttoaineen käsittely, paineilma, nostimet

VOIMALAITOS- JA LÄMPÖKESKUSINVESTOINTIEN KOTIMAISUUSASTE

Voimalaitoshankkeet

- Pöyry arvioi, että voimalaitoshankkeiden **kotimaisuusaste on noin 60%-70%**. Astetta pudottaa höyryturbiinin osuus, sillä Suomessa ei ole mittavaa höyryturbiinivalmistusta. Lisäksi kattilatyypin määrittää vahvasti kotimaisuusastetta, sillä esimerkiksi jätteenpolttokattiloita tehdään pääasiassa vain ulkomailla

Lämpökeskukset

- Lämpökeskusten osalta **kotimaisuusaste on arviolta 80%-90%**, perustuen 2010-luvulla toimitettuihin lämpökeskuksiin ja kattilan suureen osuuteen kokonaiskustannuksista. Pienten lämpökeskustoimitusten kohdalla kotimaisuusaste voi olla lähellä 100%.

Yllä on tarkasteltu investoinnin kotimaisuusastetta huomioimatta koko elinkaaren aikaista kotimaisuusastetta. Uudet voimalaitoshankkeet ja lämpökeskukset on toteutettu siten, että niissä voidaan käyttää täysimääräisesti kotimaisia puupolttoaineita ja tarvittaessa turvetta. Käyttö- ja kunnossapito perustuu myös kotimaiseen työhön. Näistä syistä johtuen **investoinnin elinkaaren aikainen tarkastelu nostaisi kotimaisuusastetta edelleen yllä esitetystä merkittävästi.**

ESIMERKKEJÄ VIIMEAIKAISISTA VOIMALAITOS- JA LÄMPÖKESKUSHANKKEISTA SUOMESSA

Suomeen on rakennettu useita voimalaitos- ja lämpökeskusprojekteja, joissa on käytetty suomalaista osaamista

Voimalaitosprojektit

- Naantalinen voimalaitos (Turun Seudun Energiantuotanto)
 - Kattila: Valmet
 - Polttoaineen käsittely: Raumaster
 - Suunnittelu ja projektin johto: Pöyry
- Järvenpään CHP-laitos (Fortum)
 - Kattila: Metso (nyk. Valmet)
 - Automaatio: Metso (nyk. Valmet)
 - Polttoaineenkäsittely: BMH Technology
 - Rakennustyöt: Are, YIT (Caverion)
 - Suunnittelu ja projektin johto: Pöyry
- Kirkniemi (Sappi)
 - Kattila: Valmet
- Tolkkinen (Porvoon Energia)
 - Kattila: MW Power

Suurimpia lämpökeskusprojekteja

- VS Lämpö Oy - biomassakattila
 - Kattila: Renewa
- Nurmijärven sähkö – biomassakattila
 - Kattila: Renewa
- Step Oy – biomassakattila
 - Kattila: KPA Unicon
- Raahen Energia Oy - pellettilämpökeskus
 - Kattila: KPA Unicon
- Tampereen Energiantuotanto – lämpökeskus
 - Kattila: Valmet

Esimerkkejä suomalaisesta valmistuksesta

Kattila

- Valmet (ent. Metso Power)
- Renewa
- MW Power
- KPA Unicon
- Andritz (ulkomaalainen, mutta valmistusta Suomessa)
- Foster Wheeler (ulkomaalainen, mutta valmistusta Suomessa)

Rakennukset

- Useita suomalaisia urakoitsijoita, kuten Caverion

Osatoimitukset

- Useita suomalaisia valmistajia mm. lämmönsiirtimien, säiliöiden, putkistojen polttoaineenkäsittelyn saralla

Automaatio ja sähköistys

- Valmet Automation

Automaatio ja sähköistys

- Useita insinööri- ja projektijohtoyrityksiä, kuten Pöyry ja Sweco

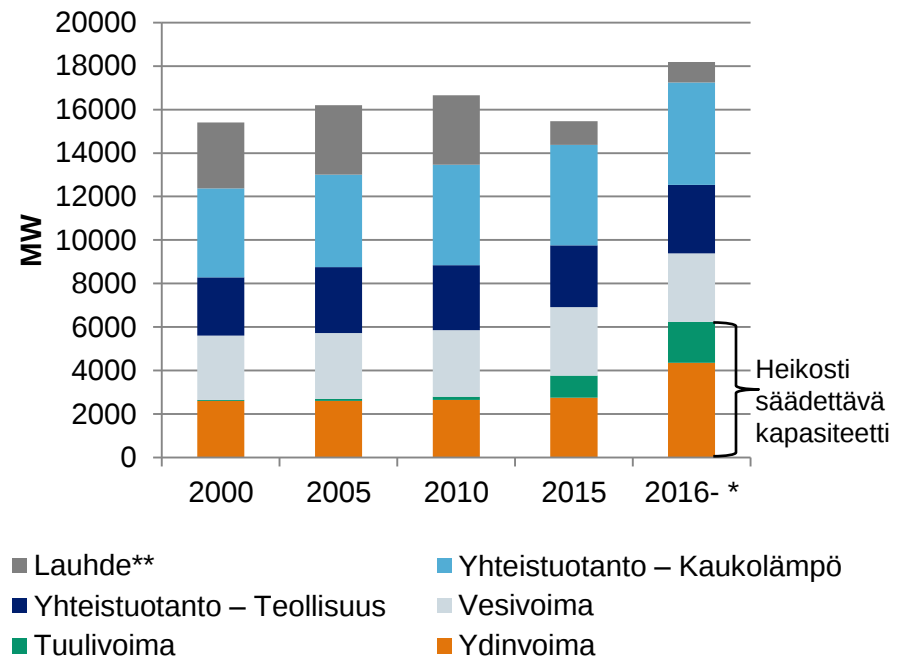
SISÄLTÖ

1. Tausta ja toteutustapa
 2. Tuotantokapasiteetin kehitys
 3. Tuotannon kehitys
 4. Hiilidioksidipäästöjen kehitys
 5. Investointien kotimaisuusaste
 - ➔ 6. Yhteenveto
-

YHTEENVETO - SÄHKÖNTUOTANTOKAPASITEETTI

- Sähkön tuotannon kokonaiskapasiteetti on vähentynyt viimeisen viiden vuoden aikana noin 1200 MW.
 - Lauhdekapasiteettia on poistunut markkinoilta yli 2100 MW.
 - Uutta kapasiteettia on syntynyt lähinnä tuulivoiman muodossa, sekä osittain tehonkorotusten ansiosta.
- Lähivuosina kapasiteetin kokonaismäärä kasvaa jo päätettyjen investointien (ydinvoima, tuulivoima) valmistuessa, mutta säädettävän kapasiteetin osuus laskee merkittävästi.
 - Jo päätettyjen tuulivoimainvestointien ja OL3-ydinvoimalaitoksen valmistuessa heikosti säädettävän tuuli- ja ydinvoiman osuus Suomen sähkön tuotantokapasiteetista on jo 34 %, kun se vuonna 2000 oli 17 %. Samaan aikaan lauhdekapasiteetin osuus kokonaiskapasiteetista on laskenut 20 %:sta 5 %:iin.

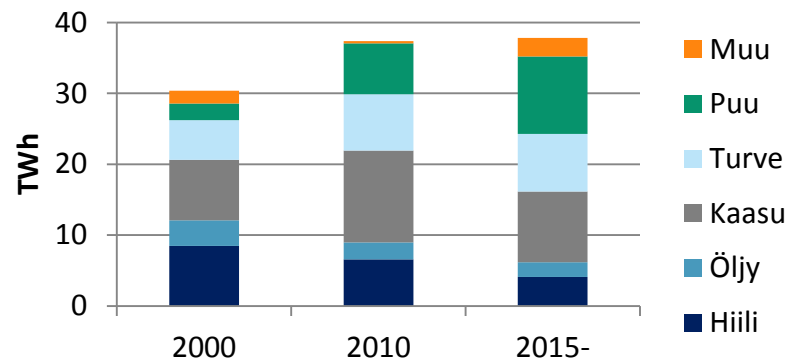
Sähköntuotantokapasiteetin kehitys



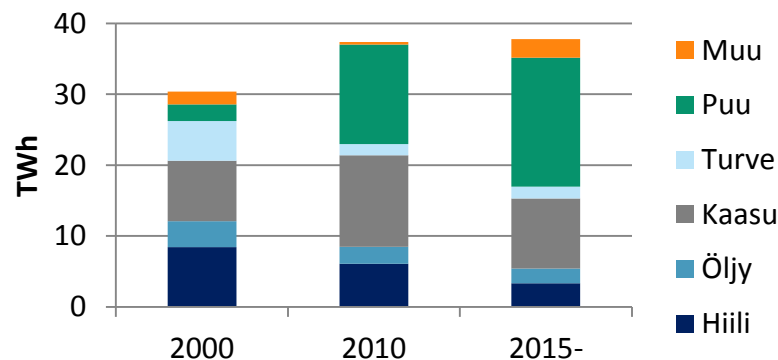
YHTEENVETO – KAUKOLÄMMÖN TUOTANTO

- Hiilellä ja öljyllä tuotetun kaukolämmön määrä on vähentynyt vuodesta 2000 sekä myös 2010 jälkeen. Vuoden 2010 jälkeen tehtyjen korvausinvestointien myötä myös kaasun osuus kaukolämmön tuotannossa on laskenut.
 - Puupolttoaineilla voitaisiin kattaa jopa noin puolet kaukolämmön tuotannosta uusien investointien valmistuessa, mikäli koko tekninen käyttöpotentiaali hyödynnettäisiin.
- CHP-kapasiteetin määrä kaukolämmön tuotannossa ei ole viime vuosina juurikaan kasvanut, ja teollisuudessa CHP-kapasiteetti on laskenut tehtaiden sulkemisen seurauksena.
- Uudet CHP-laitokset ovat tyypillisesti monipolttoainevoimalaitoksia, joissa on mahdollisuus käyttää jopa 100 prosenttisesti puupolttoaineita.
 - Näiden korvausinvestointien ansiosta kapasiteetti on kehittynyt myönteisesti puupolttoaineiden lisäämiselle. Pullonkaulaksi ei muodostukaan kapasiteetti vaan mahdollisesti puupolttoaineen hankintakustannus ja saatavuus.

Kaukolämmön tuotanto – normaali polttoainekäyttö



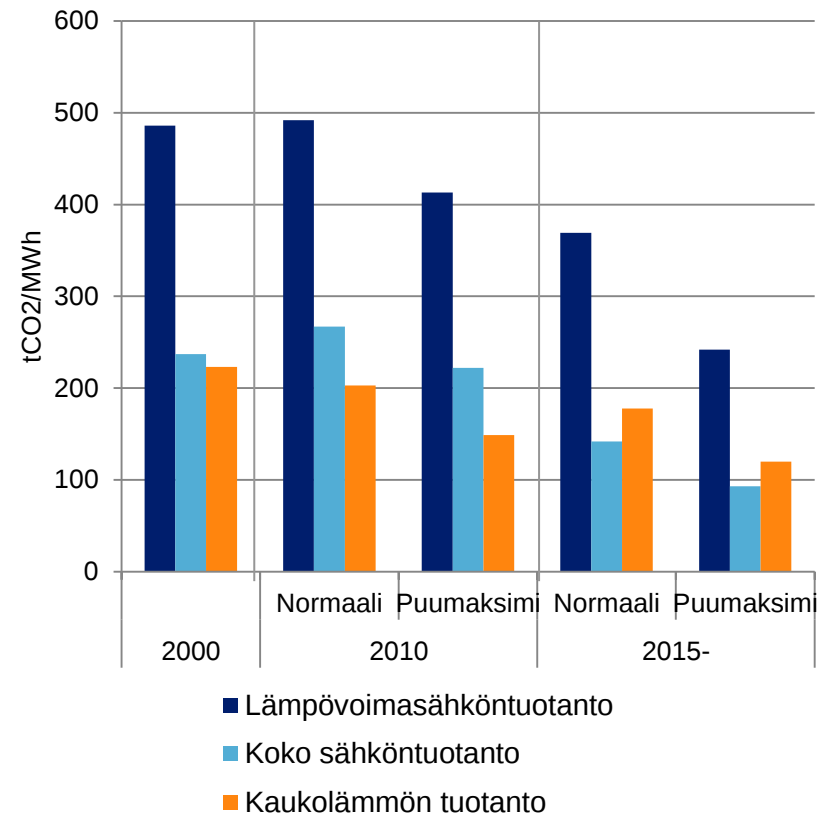
Kaukolämmön tuotanto – puun maksimikäyttö



YHTEENVETO – ENERGIAN TUOTANNON HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖT

- Uuden kapasiteetin myötä sekä lauhdekapasiteetin poistumisen seurauksena sähköntuotannon ominaispäästöt ovat laskeneet Suomessa merkittävästi.
- OL3-ydinvoimalan ja uusien tuulivoimainvestointien valmistuessa sähköntuotannon ominaispäästöt laskevat noin $140 \text{ t}_{\text{CO}_2}/\text{MWh}_e$ -tasolle. Mikäli lisäksi puun käyttöä lisättäisiin olemassa olevan kapasiteetin puitteissa, päästäisiin alle $100 \text{ t}_{\text{CO}_2}/\text{MWh}_e$ -tasolle.
- Oheisessa kuvassa on tarkasteltu ainoastaan Suomessa tuotetun sähkön ja lämmön ominaispäästöjä. Oman sähköntuotannon päästöjen lisäksi sähkön tuonnin määrän vaihtelu ja tuodun sähkön tuotantotapa vaikuttaa sähkön kulutuksen ominaispäästöjen kehitykseen.

Sähkön ja lämmön tuotannon ominaispäästöjen kehittyminen





*The leading advisor to the world's capital and resource intensive industries.
Clients choose us for the sharpness of our insight, deep industry
expertise and proven track record – because results count.*

Pöyry Management Consulting