



LowTEMP2.0

Johdanto Energianjakelujärjestelmät ja matalan lämpötilan lattialämpö (LTDH)

Lisää etunimi, sukunimi, ammattinimike, organisaatio, tapahtuman nimi jne.



LowTEMP –koulutuspaketti -YLEISKATSAUS

Johdanto

Johdanto Ilmastonsuojelupolitiikka ja sen tavoitteet

Johdanto Energianjakelujärjestelmät ja matalan lämpötilan lattialämpö

Energianjakelujärjestelmät Itämeren alueella

Energiastrategiat ja pilottiprojektit

Energisstrategioiden kehittämisen metodologia

Pilottienergiastrategiat– tavoitteet ja edellytykset

Pilottienergiastrategiat – esimerkkejä

Pilottitestaustoimet

CO₂-päästölaskenta

Elinkaariarviointilaskenta

Taloudelliset näkökohdat

LTDH-hankkeiden elinkaarikustannukset

Taloudellinen tehokkuus ja rahoitusvajheet

Urakointi- ja maksumallit

Liiketoimintamallit ja uudet rahoitusrakenteet

Tekniset näkökohdat

Putkistojärjestelmät

Sähkön ja lämmön yhteistuotanto (CHP)

Ison mittakaavan aurinkoenergiajärjestelmät

Hukka- ja ylijäämälämpö

Ison mittakaavan lämpöpumput

Power-2-Heat and Power-2-X -tekniikat

Lämpö- aurinkoenergia ja vaihemuutosmateriaalivarastot

Lämpöpumppujärjestelmät

Matalan lämpötilan kaukolämpö ja lattialämmitys

Talousveden tuotanto

Ilmastointijärjestelmät

Hyvä käytäntö

Hyvä käytäntö I

Hyvä käytäntö II



LowTEMP2.0

1. Energianjakelujärjestelmät

Energialähteet

Kehitys ja suuntaukset

Energianjakelujärjestelmät

Energialähteet (fossiiliset ja uusiutuvat):

- Öljy
- Kaasu
- Hiili
- Ydinvoima
- Aurinkoenergia
- Tuulivoima
- Maalämpö
- Vesivoima
- Biomassa
- Hukkalämpö
- Lämmön talteenotto
- ...



Kuva 1: Tuulivoima. Lähde: Al3xanderD [1]

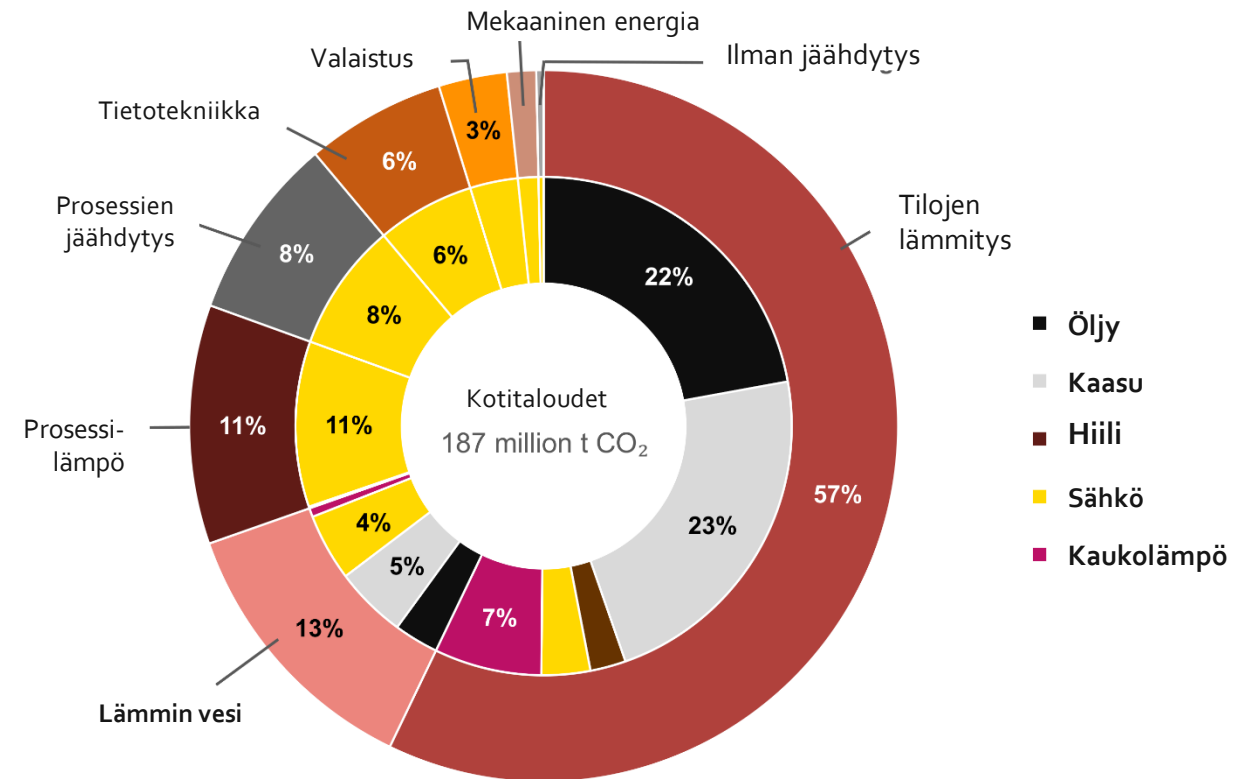


Kuva 2: Aurinkoenergia. Lähde: RoyBuri [2]

Energianjakelujärjestelmät

Faktaa ja lukuja:

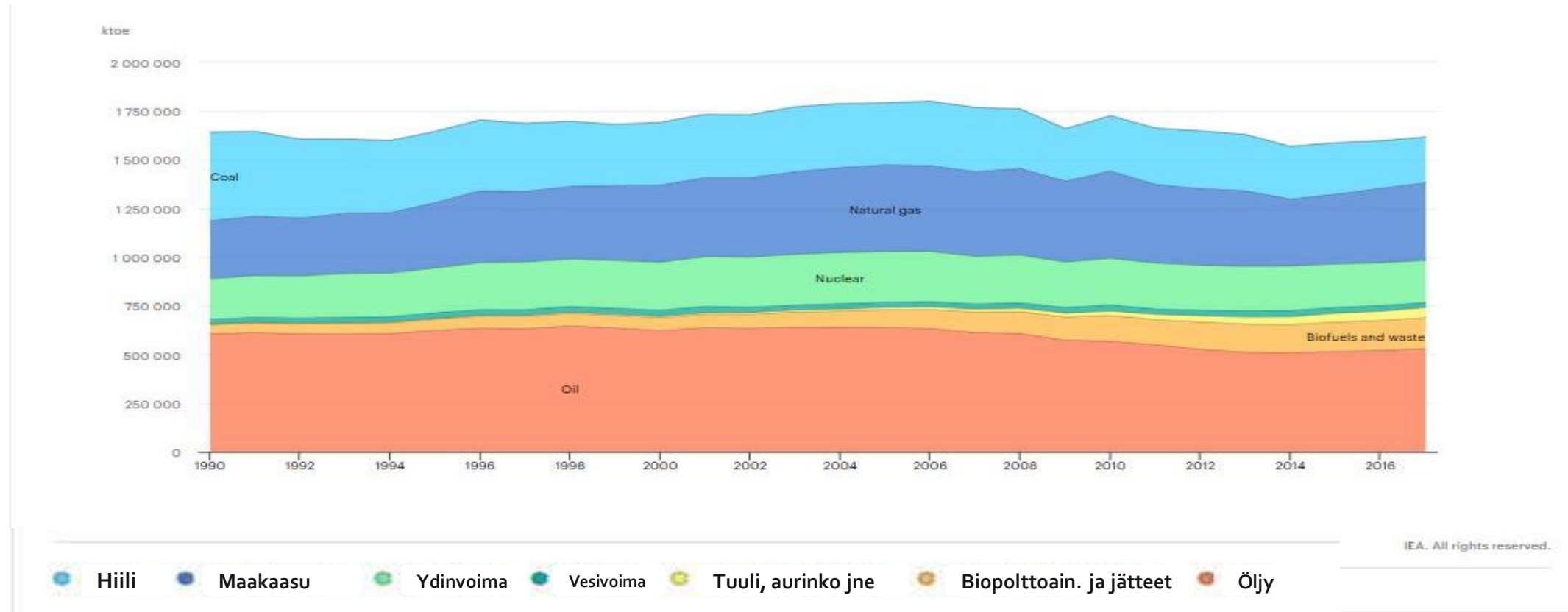
- Lämmitys vie **yli puolet** kotitalouksien energian kokonaiskulutuksesta
- Kaukolämpöverkoissa voi olla suuret lämpöhäviöt:
 - Kehittyneemmissä verkostoissa 5-15%.
 - Vanhoissa verkoissa jopa **30%** tai yli.



Kuva 3: Päästöt jaoteltuna kotitalouksien käyttötarpeen mukaan Saksassa 2014. Lähde: J. Conrad, S. Greif [3]

Energianjakelujärjestelmät

Primäärienergian kokonaistuotanto energialähteen mukaan Euroopan Unionissa 1990 -2017

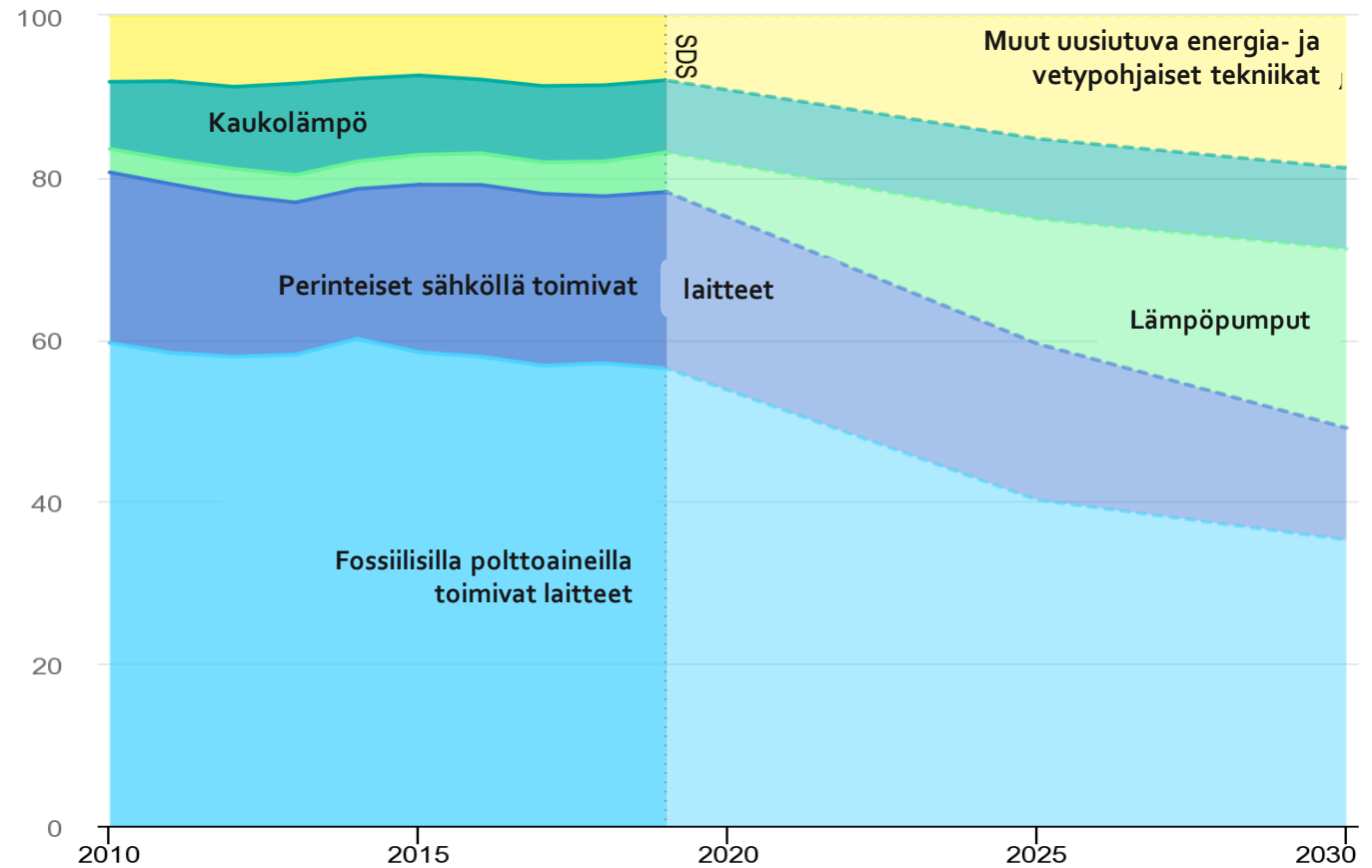


Kuva 4: Primäärienergian kokonaistuotanto lähteen mukaan, Euroopan Unioni. Lähde: IEA [4]

Energianjakelujärjestelmät

Faktoja ja lukuja:

- Vuonna 2019 yli puolet myydyistä lämmityslaitteista olivat edelleen fossiilisilla polttoaineilla toimivia!

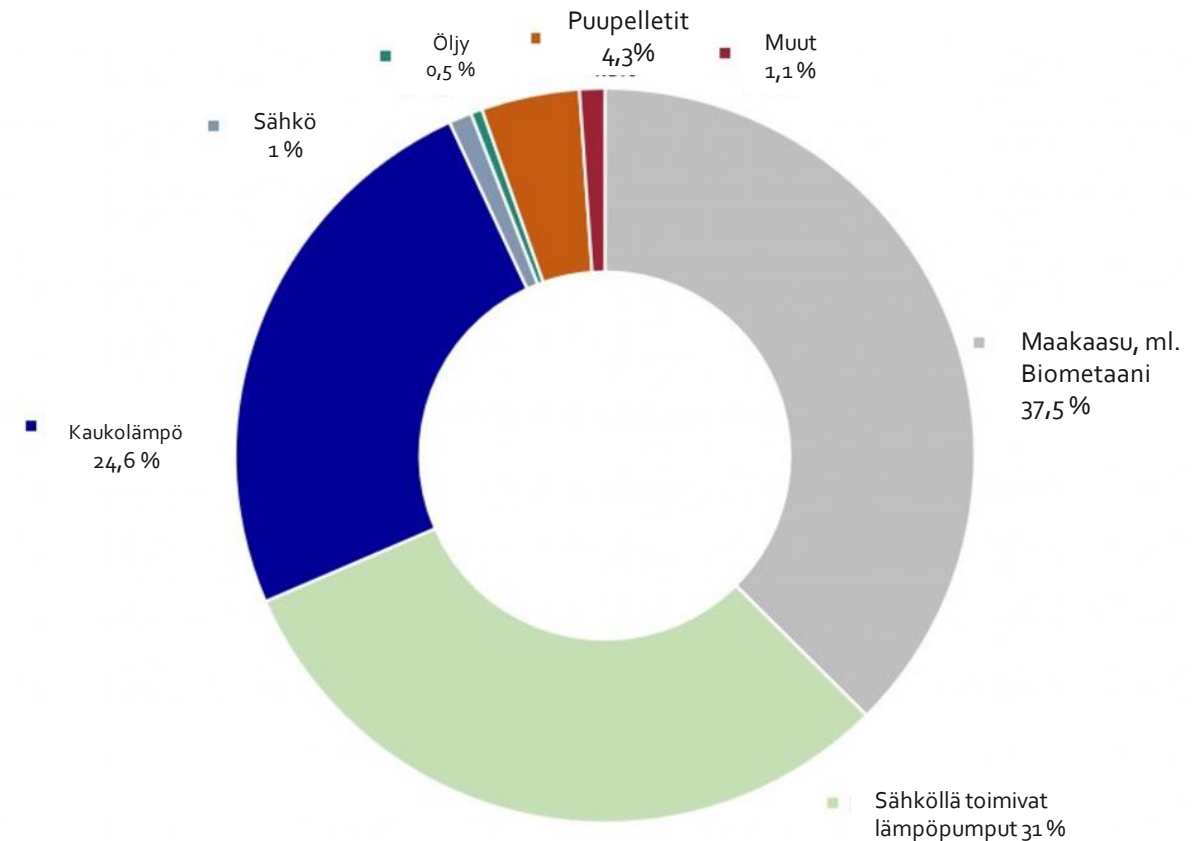


Kuva 5: Lämmityslaitteiden myynti käytetyn tekniikan mukaan v. 2020 - 2030 ennusteella. Lähde: IEA [5]

Energianjakelujärjestelmät

Kehitys ja suuntaukset

- Energianjakelujärjestelmät ovat muuttuneet merkittävästi viimeisen 100 vuoden aikana
- Suuntaus kohti kestäviä ja tehokkaampia järjestelmiä
- Kaukolämpö kattaa 25% lämmöntuotannosta uusissa saksalaisissa kodeissa, mutta kaikissa saksalaisissa kodeissa 14%



Kuva 6: Lämmönlähteet uusissa saksalaistaloissa 2019. Lähde: BDEW [6]

Energianjakelujärjestelmät

Polttoaine	Mekanismi	Järjestelmän tehokkuus	Polttoaineen hiilikerroin gCO ₂ /kWh v. 2020	Päästöt vs. maakaasu
Hili	palaminen	75%	321	+98%
Biomassa	palaminen	75%	305	+88%
Öljy	palaminen	85%	247	+34%
LPG	palaminen	85%	215	+17%
Maakaasu	palaminen	85%	184	-
Suora sähkölämmitys	vastus	100%	136	-37%
Sähkö/ ilmalämpöp.	lämmönsiirto	240%	136	-74%
Sähkö/ maalämpöp.	lämmönsiirto	340%	136	+82%
Sähkö/ maalämmitys/jäähdytys	lämmönsiirto	540%	136	-88%
Vihreä sähkö / maalämmitys/jäähdytys	lämmönsiirto	540%	-	-100%

Kuva 7: Suhteelliset hiilidioksidipäästöt lämmitysjärjestelmän mukaan jaoteltuna. Lähde: BEIS [7]



2. Matalan lämpötilan kaukolämmitys (LTDH)

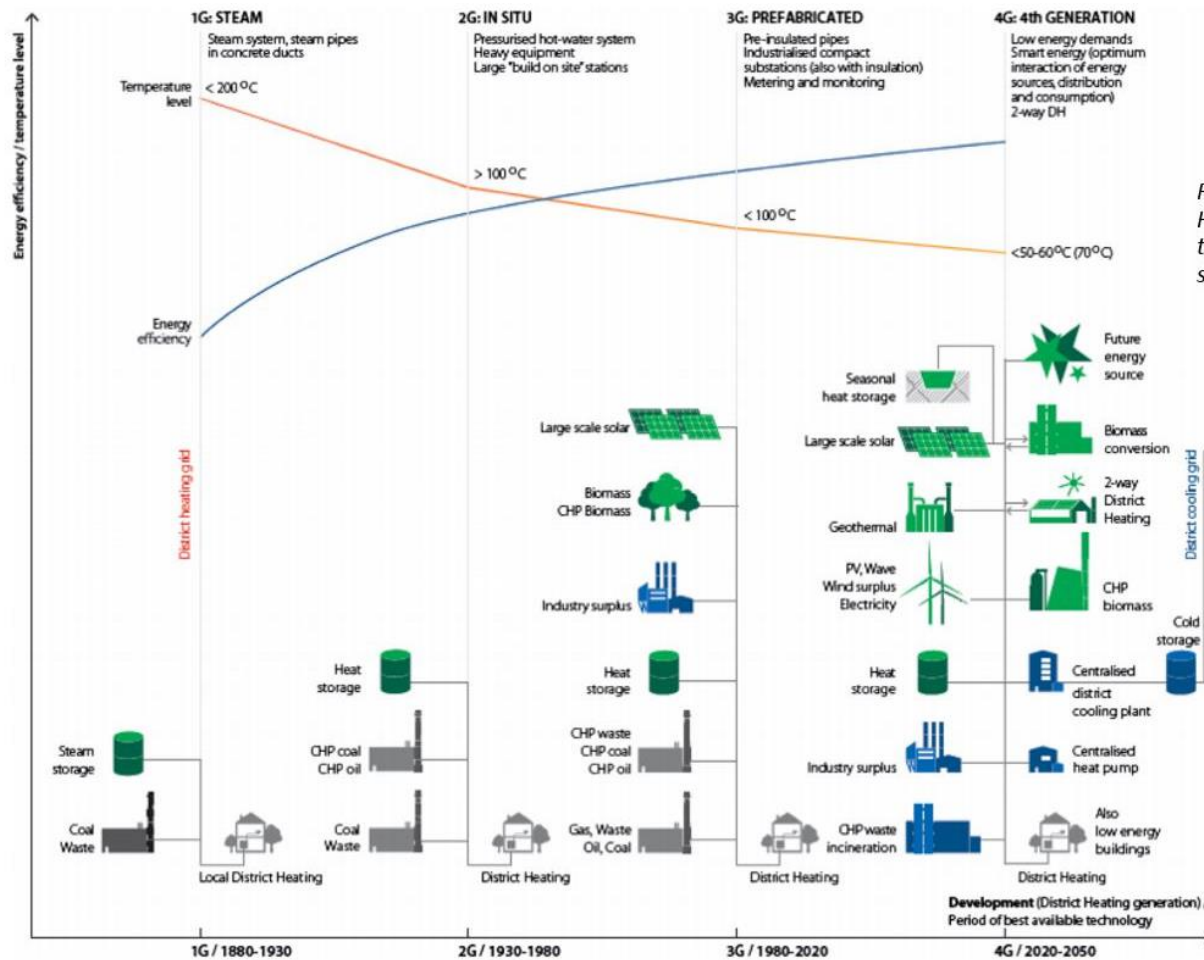
Kaukolämmityksen historia

Nykyiset järjestelmät ja sovellukset

Kaukolämmityksen historia

Sukupolvi	Lämpötilat	Lämmönlähteet	„Seuraukset“
1. sukupolvi 1880-1930	höyry < 200°C	Hiililämmitteiset höyrykattilat, joitakin CHP- laitoksia	
2. sukupolvi 1930-1980	> 100°C	Hiili- ja öljypohjaiset CHP- laitokset, joitakin vain lämpöä tuottavia kattiloita	
3. sukupolvi 1980-	< 100°C	Ison mittakaavan CHP-laitokset, hajautettu sähkön ja lämmön yhteistuotanto, biomassa ja jätteenpoltto	Matalampi paine, mahdollisuus yhdistellä eri lämmönlähteitä
4. sukupolvi	alle 50 - 70°C	Useammat uusiutuvan energian lähteet ja ylijäämälämpö	Hyvin eristetyt rakennukset, matalan lämpötilan lämmityslaitteisto, uusia lämpimän veden tuotantotapoja

Kaukolämmityksen historia



Ref. Article: 4th Generation District Heating (4GDH) Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems

Kuva 8:Kaukolämpösukupolvien aikajana. Lähde: H. Lund et al. [8]

EMD International A/S
www.emd.dk

Tämänhetkisten kaukolämpöjärjestelmien haitat

- Nykyisille "3. sukupolven" kaukolämpöjärjestelmille on ominaista, että:
 - ne käyttävät edelleen pääasiassa fossiilisia polttoaineita
 - pitkät kuljetusetäisyydet korkeassa lämpötilassa johtavat lämpöhäviöihin
= huonompi tehokkuus kuin paikallisesti tuotetussa lämmössä
 - jakeluyhtiöillä on mahdollinen monopoliasema (kilpailijoiden puute, pitkän aikavälin sopimusoikeudelliset velvoitteet ...)
 - niitä ei ole mukautettu täyttämään rakennusten korkeampia energiatehokkuusstandardeja



Kuva 9: Hiiltä. Lähde: OnzeCreativiteit [9]



Kuva 10: Ilmansaasteita. Lähde: SD-Pictures [10]

„4. sukupolven“ järjestelmien hyödyt

- Matalan lämpötilan lämmönjakeluverkosto matalammilla meno- ($55\text{ }^{\circ}\text{C} - 70\text{ }^{\circ}\text{C}$) ja paluulämpötiloilla ($25\text{ }^{\circ}\text{C} - 40\text{ }^{\circ}\text{C}$)
- Matalan lämpötilan kaukolämpöverkostot voivat merkittävästi edistää energian kestäväää ja tehokasta käyttöä
- Sopeutuminen alhaisempien lämmityslämpötilojen vaatimukseen energiatehokkaiden rakennusten alueilla, mikä tarkoittaa huomattavaa lämmöntarpeen vähenemistä
- Optimoitu uusiutuvien energialähteiden (maalämmön ja aurinkoenergian) sekä teollisuuden hukkalämmön integrointi järjestelmään
- Pienemmät lämpöhäviöt putkistossa paremman eristyksen ja verkon matalampien lämpötilojen ansiosta

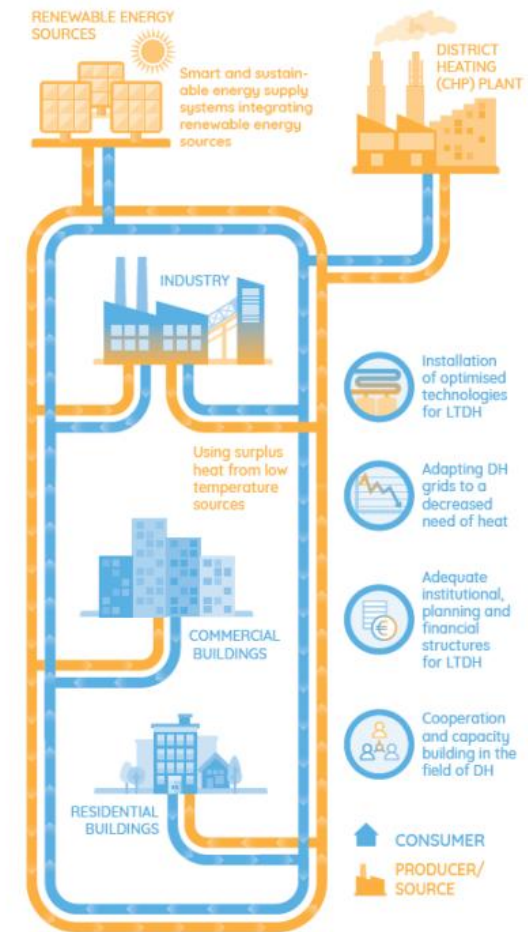


Figure 11: LowTEMP project scheme
Source: LowTEMP project [11]

Kaukolämmitys – suora vai epäsuora järjestelmä

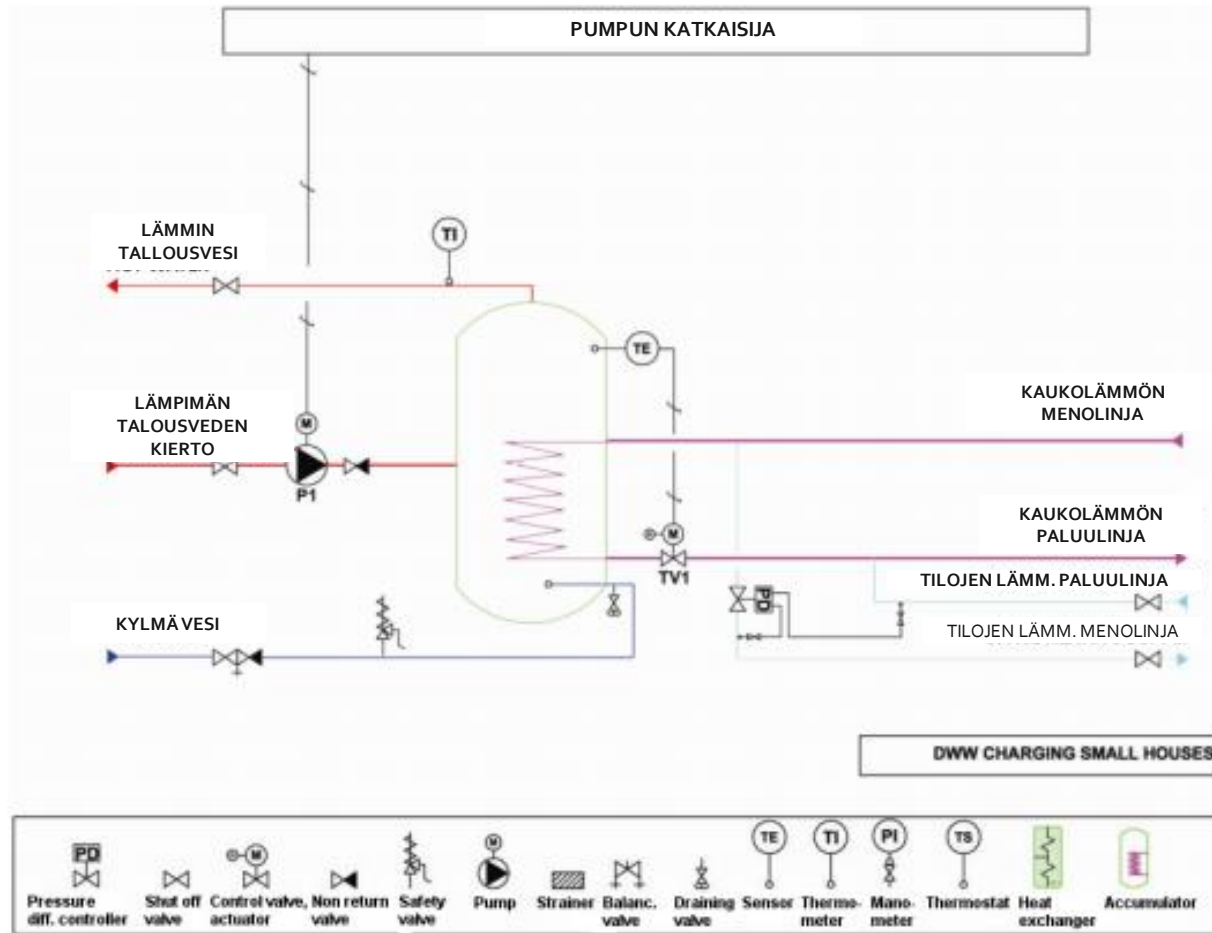
- Sekä suora- että epäsuora kaukolämmitys mahdollista
- Suora kaukolämmön jakelu: toimittajan lämmönsiirtoaine virtaa myös talojärjestelmän läpi. Vie vähemmän tilaa talon teknisessä tilassa kuin epäsuora järjestelmä
- Epäsuora kaukolämmön jakelu: lämmönvaihdin erottaa talon verkon toimittajan verkosta. Lämmin juomavesi tuotetaan aina epäsuorasti, jolloin sekä kaukolämpöettä että talon lämmitysvettä voidaan käyttää lämmitykseen.
- Päätös suorasta tai epäsuorasta liitännästä kaukolämpöverkkoon tehdään yleensä kaukolämpöyhtiön ohjeistuksen mukaan.

Kaukolämmitys – suora tai epäsuora järjestelmä

- Suorien ja epäsuorien järjestelmien välisiä eroja:

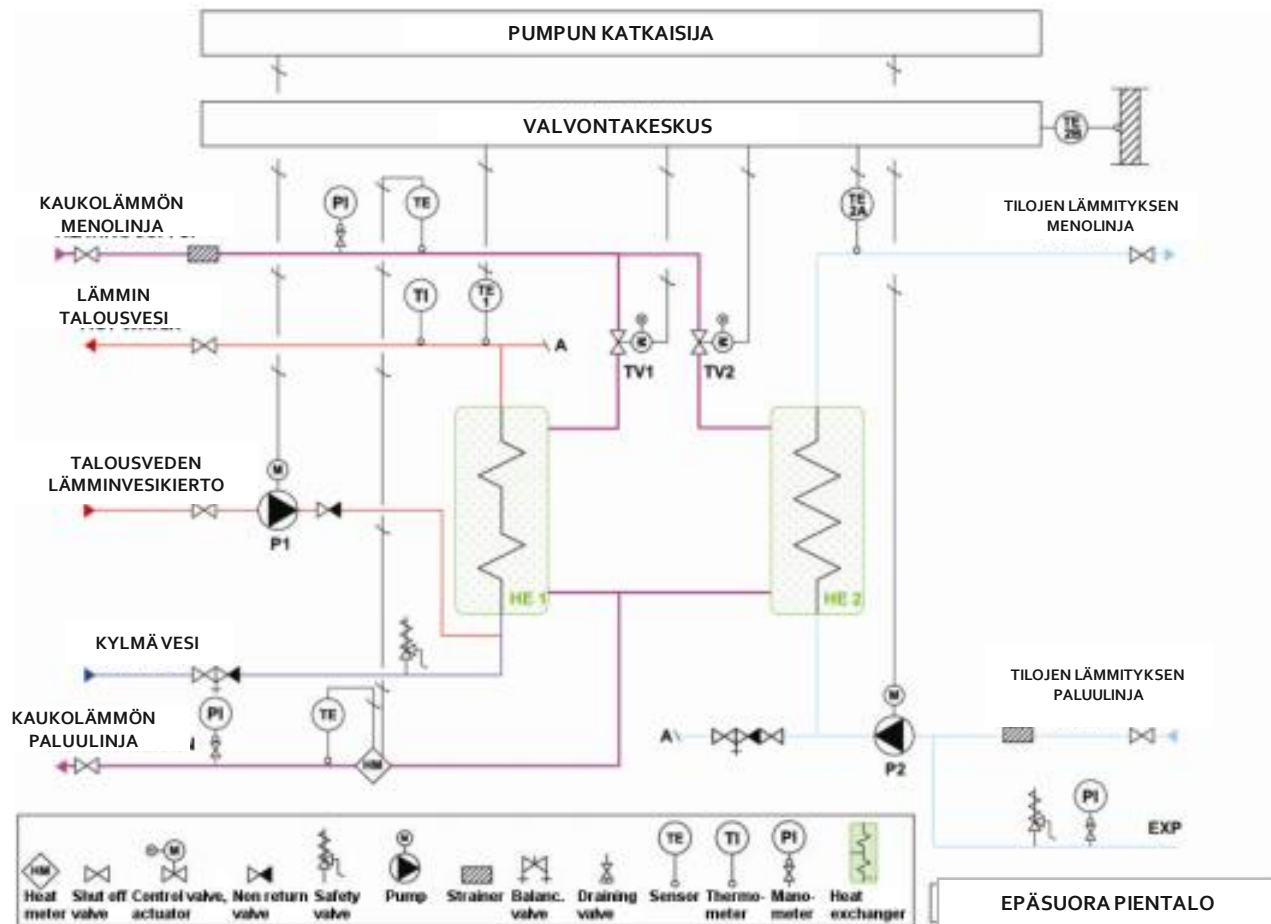
Suora kaukolämpöjärjestelmä	Epäsuora kaukolämpöjärjestelmä
Jakelijapuolen menolämpötila = kuluttajapuolen suurin menolämpötila	Asiakas voi säätää maksimi-menolämpötilan manuaalisesti
Lämmitysjärjestelmän keskuslämmitysveden täyttö	Lämmitysjärjestelmän decentral lämmitysvesi pitää täyttää
Hydraulista järjestelmää ja lämmitysjärjestelmää ei erotella menovirrassa	Hydraulinen järjestelmä ja lämmitysjärjestelmä erotellaan menovirrassa//upstream
Base station toimii ilman sähköisiä komponentteja	Vaaditaan sähköistetty menolinja

Suorat järjestelmät



Kuva 12: Suoran lämmityksen järjestelmä. Lähde: Euroheat & Power [12]

Epäsuora järjestelmä



Kuva 13: Epäsuora lämmitysjärjestelmä. e: Euroheat & Power [12]

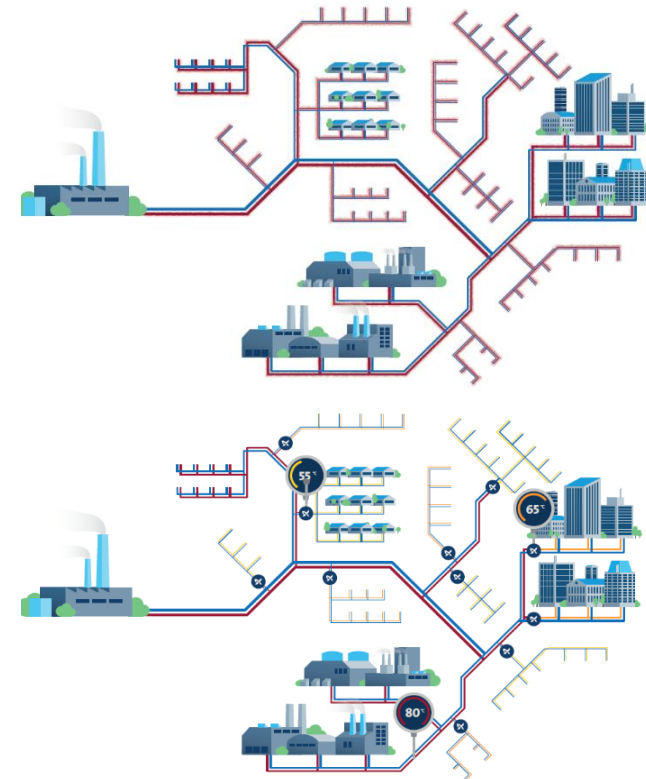
iGRID lämpötilavyöhykeratkaisu

Tavoite

Suorassa kaukolämpöjärjestelmässä on mahdollista madaltaa lämpötilaa paikallisesti tietylle asiakkaalle tai kaupunginosalle käyttämällä tietynlaista sekoitusventtiili-tekniikkaa. Yksi esimerkki tästä on Grundfosin iGRID lämpötila-vyöhykeratkaisu, joka on varustettu Grundfosin lämpö-tilanoptimointiyksiköillä.

Verkostokaaviot

Kaaviot kaukolämpöverkoista ennen ja jälkeen iGRID-järjestelmän käyttöönoton on esitetty kuvassa 14.



Kuva 14: Kaavio kaukolämpöverkoista ennen ja jälkeen iGRID-järjestelmän käyttöönoton.
Lähde: Grundfos [13]

iGRID-lämpötilavyöhykeratkaisu

Yksiköt

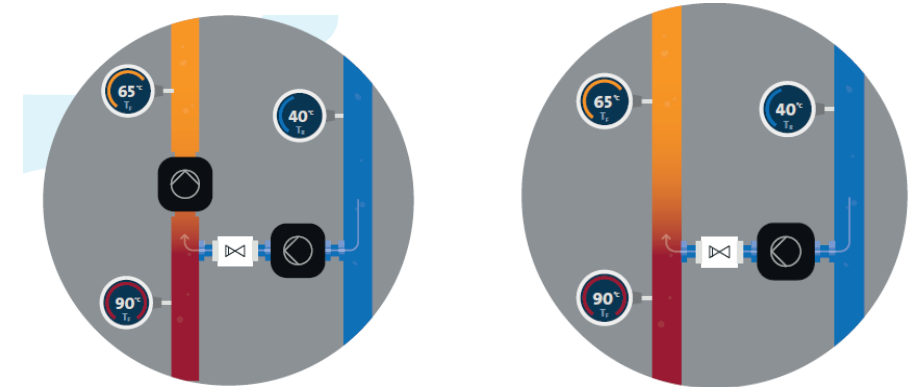
iGRID on sekoituskierto, joka ottaa veden paluuputkesta ja ohjaa sen menoputkeen lämpötilan alentamiseksi vaaditulle tasolle millä tahansa verkkovyöhykkeellä. Yksiköitä valmistetaan eri kokoonpanoissa.

Vapaavirtausratkaisussa

käytetään kahta pumppua. Menolinjan pumppu säättää tarvittavan paineen menovirrassa. Virtaus- ja paluuputkien liitoksen välissä oleva pumppu säättää toisiovirtauslämpötilan halutulle tasolle. Tämä kokoonpano eliminoi painehäviöt ja takaa korkean luotettavuuden.

Shunt pump ratkaisu

hyödyntää kantaverkkopumppujen painetta. Tehokkuus kasvaa menolämpötilan laskiessa sekoittamalla tulo- ja paluuvirtoja. Tällä ratkaisulla ei ole mahdollista alentaa painetta paikallisesti, mutta ratkaisu on helppo ottaa käyttöön, se on luotettava ja vähentää häviöitä venttiilien kautta



Vapaavirtaus-
ratkaisu

Shunt pumppu-
ratkaisu

Kuva 15: Grundfosin lämpötilanoptimointi (GTO) -yksiköitä erilaisissa kokoonpanoissa. Lähde: Grundfos [13]

iGRID- lämpötilavyöhykeratkaisu

Matalalämpötilavyöhykkeen pilottitoteutus Kööpenhaminassa
Lämpötilavyöhykeratkaisu otettiin käyttöön, jotta saataisiin alennettua keskimääräistä menolämpötilaa (alueella, jolla on omakotitaloja ja usemman perheen taloja) **79°C** asteesta **60°C** asteeseen. – Kts. kuva. 11. Ennen käyttöönottoa koko verkoston nimellis- menolämpötila oli **110°C**.

Asiakkaan vuosittainen lämmöntarve: 9 000 MWh	Ennen käyttöönottoa	Käyttöönoton jälkeen
Keskimäär. lämpötila (meno/paluu) [°C]	79/ 48	60/ 38
Jakeluhäviöt [MWh]	2 570	1 950
Verkon pumppujen lisäenergiankäyttö [MWh/rok]	0	14,0

Vaikutukset: jakeluhäviöt laskivat 24%,
CO₂ -päästöt vähenivät: 47 tonnia,
Yksinkertainen takaisinmaksuaika: 3 vuotta



FKuva 16: Matalan lämpötilan verkkovyöhyketoteutus Kööpenhaminan alueella. Lähde: Grundfos [13]



3. Tutkimus ja hankkeet

Heat Roadmap Europe

LowTEMP

Aarlborgin tutkimus



Heat Roadmap Europe (Euroopan lämpötiekartta)

- On 24 kumppanin yhteenliittymä tutkimuksen, koulutuksen, teollisuuden ja lainsäädännön aloilta
- Vuodesta 2012 lähtien tehtyjen tutkimusten sarja joka on keskittynyt vähähiilisiin lämmitysjärjestelmiin
- Ensimmäinen yleiseurooppalainen lämpöatlas (Peta) lämmityksen ja jäähdytyksen kysynnästä Euroopassa
- Etenemissuunnitelma lämmitysalan hiilineutralointiin 14 EU -jäsenvaltiolle, jotka kattavat yhdessä 80% päästöistä.
- Euroopan sähköntuotannossa häviää enemmän lämpöä kuin tarvittaisiin koko lämmityksen kokonaistarpeeseen!
- Tutkimus on avoimesti saatavilla, joten muut tutkimusalat voivat käyttää työkaluja ja malleja uusiin tutkimuksiin
- Horisontti 2020 :n rahoittama - EU:n ilmastotoimien talousarvio



Aarlborgin yliopiston tutkimuskeskus

- Suurin aihealueen tutkimuskeskus, jossa on mukana yli 400 tutkijaa
- Kaukolämpöä ja vähähiilisiä ratkaisuja koskevaa tutkimusta
- Yhteistyötä julkisten ja yksityisten yritysten kanssa sovelluskeskeisten ratkaisujen keksimiseksi
- Johtava kumppani neljännen sukupolven kaukolämpöön liityvissä asioissa
- Virtauslaboratorio ja lämpöjärjestelmien komponenttien laboratorio
- Insinööritutkimuksessa #1 Euroopassa ja #8 maailmanlaajuisesti (US News & World Report 2018)



LowTEMP -hanke

- EU:n rahoittama tutkimushanke itämeren alueella
- 24 hankekumppania 8 maasta
- Tietojen jakaminen naapurimaiden kanssa ja mallinnustyökalun kehittäminen, joka auttaa kuntia tekemään kaukolämpöä koskevia päätöksiä
- Seminaarimateriaaleja asiantuntijakoulutukseen
- Tietoalusta, jolla esimerkkejä hyvistä käytännöistä



LowTEMP2.0

4. Potentiaali ja tulevaisuudennäkymä

Tiekartta 2050

Tiekartta 2050

- EU:lla on tavoite olla hiilidioksidineutraali vuoteen 2050 mennessä
- Tärkeitä tavoitteita päästöjen vähentäminen, energiatehokkuuden kasvu ja uusiutuvien energiamuotojen käyttöönotto
- Matalan lämpötilan kaukolämmöllä on hyvät mahdollisuudet integroida uusiutuvia ja vähähiilisiä energialähteitä järjestelmään
- LTDH-järjestelmä on hyvin tehokas – vähän lämpöhäviöitä ja hukkalämpöä
- Tuotannossa käytetään yhdistelmää keskitettyjä ja hajautettuja lähteitä – luotettava järjestelmä



Viitteet

- [1] Al3xanderD. Pixabay. <https://pixabay.com/de/photos/windrad-feld-getreide-himmel-4550711/>
- [2] RoyBuri. Pixabay. <https://pixabay.com/de/photos/solar-dach-sonnenenergie-2666770/>
- [3] J. Conrad, S. Greif. Modelling Load Profiles of Heat Pumps (2019). <https://doi.org/10.3390/en12040766>
- [4] International Energy Agency (IEA). <https://www.iea.org/data-and-statistics?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=TPESbySource>
- [5] International Energy Agency (IEA). <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/heating>
- [6] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW). <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/heating-40-million-homes-hurdles-phasing-out-fossil-fuels-german-basements>
- [7] Business, Energy and Industrial Strategy (BEIS). https://www.icax.co.uk/Decarbonising_Heating_2022.html

last reviewed on: 13.04.2021



Viitteet

- [8] H. Lund et al. https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Generations_of_district_heating_systems_EN.svg
- [9] OnzeCreativiteitijd. Pixabay. <https://pixabay.com/de/photos/kohle-kohl-brannte-kraftstoffpumpe-842468/>
- [10] SD-Pictures. Pixabay. <https://pixabay.com/de/photos/industrie-sonnenuntergang-1752876/>
- [11] LowTEMP project. <http://www.lowtemp.eu/downloads/>
- [12] Euroheat & Power. Guidelines for District Heating Substations (2008). http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2017/BS2017_355.pdf
- [13] Grundfos Holding A/S. <http://net.grundfos.com/Apl/ccmsservices/public/literature/filedata/Grundfosliterature-6289184.pdf>

last reviewed on: 13.04.2021

ZEBAU GmbH

Centre for Energy, Construction, Architecture
and the Environment

Jan Gerbitz
Andreas Broßette
Merle Petersen

Große Elbstraße 146
22767 Hamburg
Germany

E-mail: info@zebau.de
Tel: +49 40 - 380 384 - 0
www.zebau.de