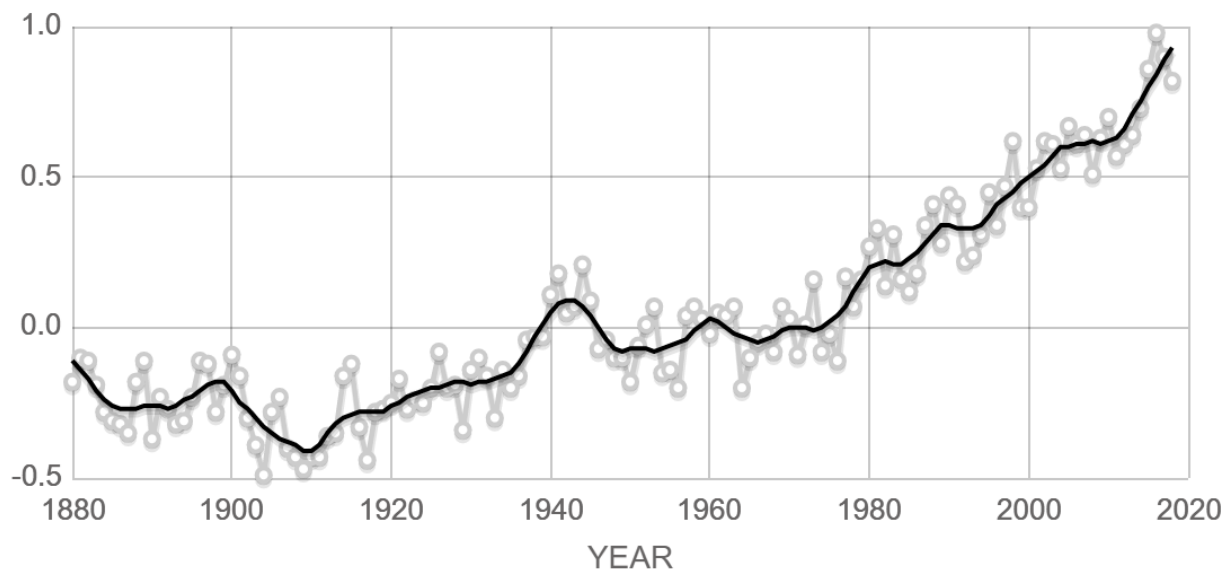


A satellite night view of Europe, showing the continent illuminated by city lights against a dark background. The lights are concentrated in major urban centers and along coastlines, creating a glowing pattern across the landmass.

TUUMAENERGIA 21.SAJANDIL
KALEV KALLEMETS, MARTI JELTSOV

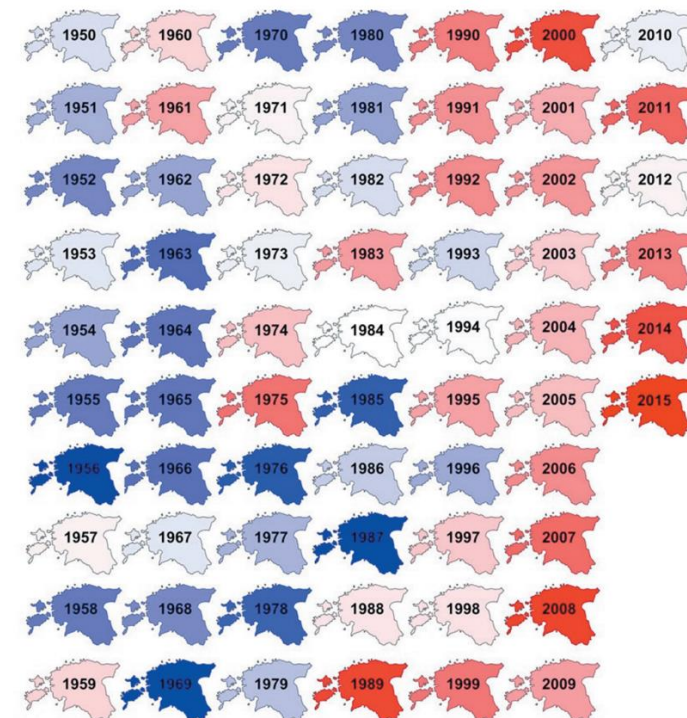
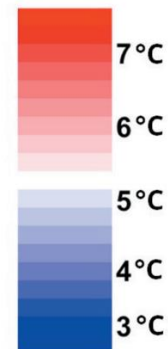
MURE: KLIIMA SOOJENEV

Temperature Anomaly (C)



Source: climate.nasa.gov

Annual mean air temperature in Estonia

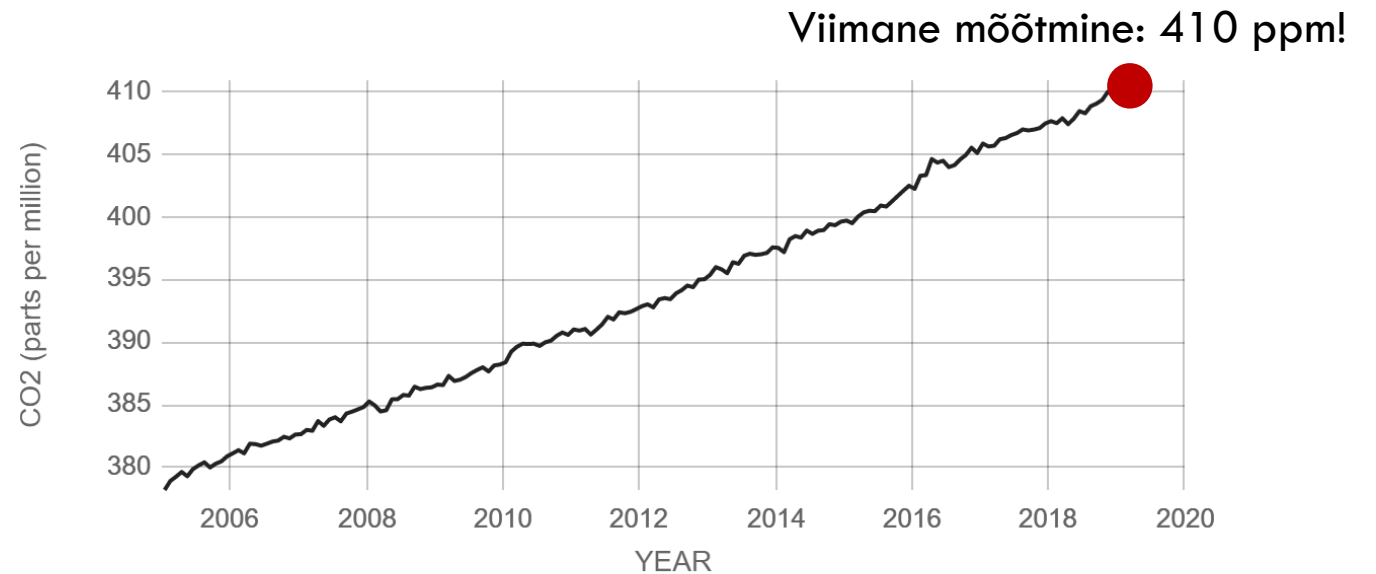
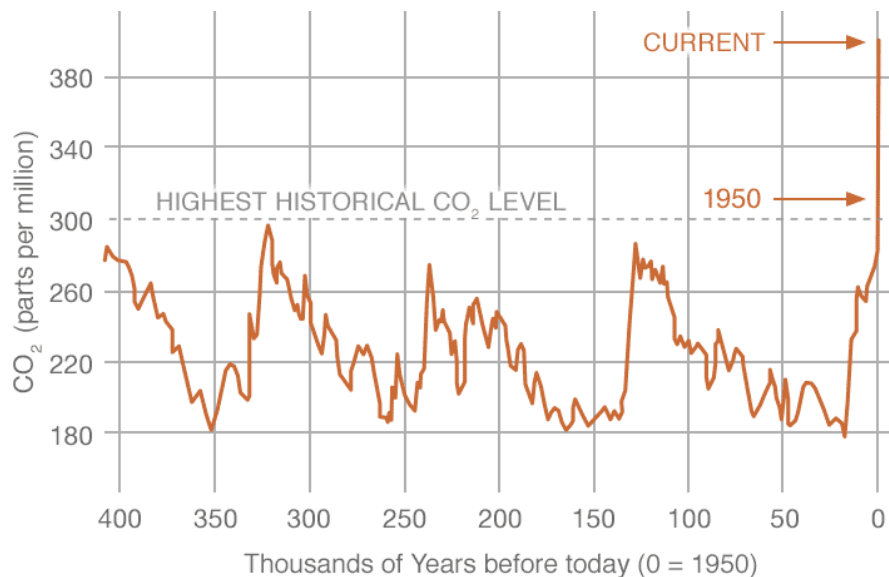
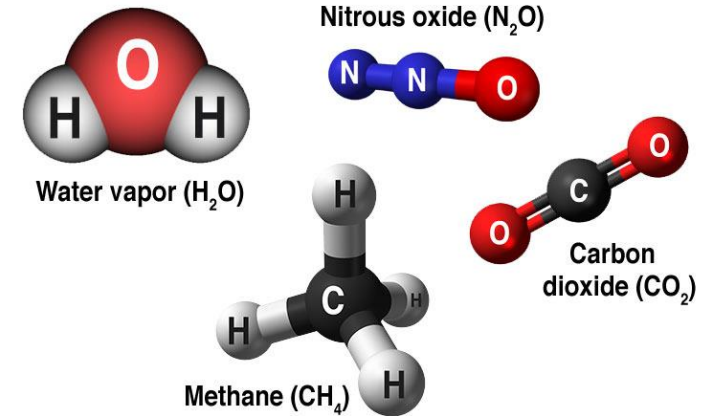


Sepp et al., „Kust tead, et kliima soojeneb,” Riigikogu toimetised, 38, 2018

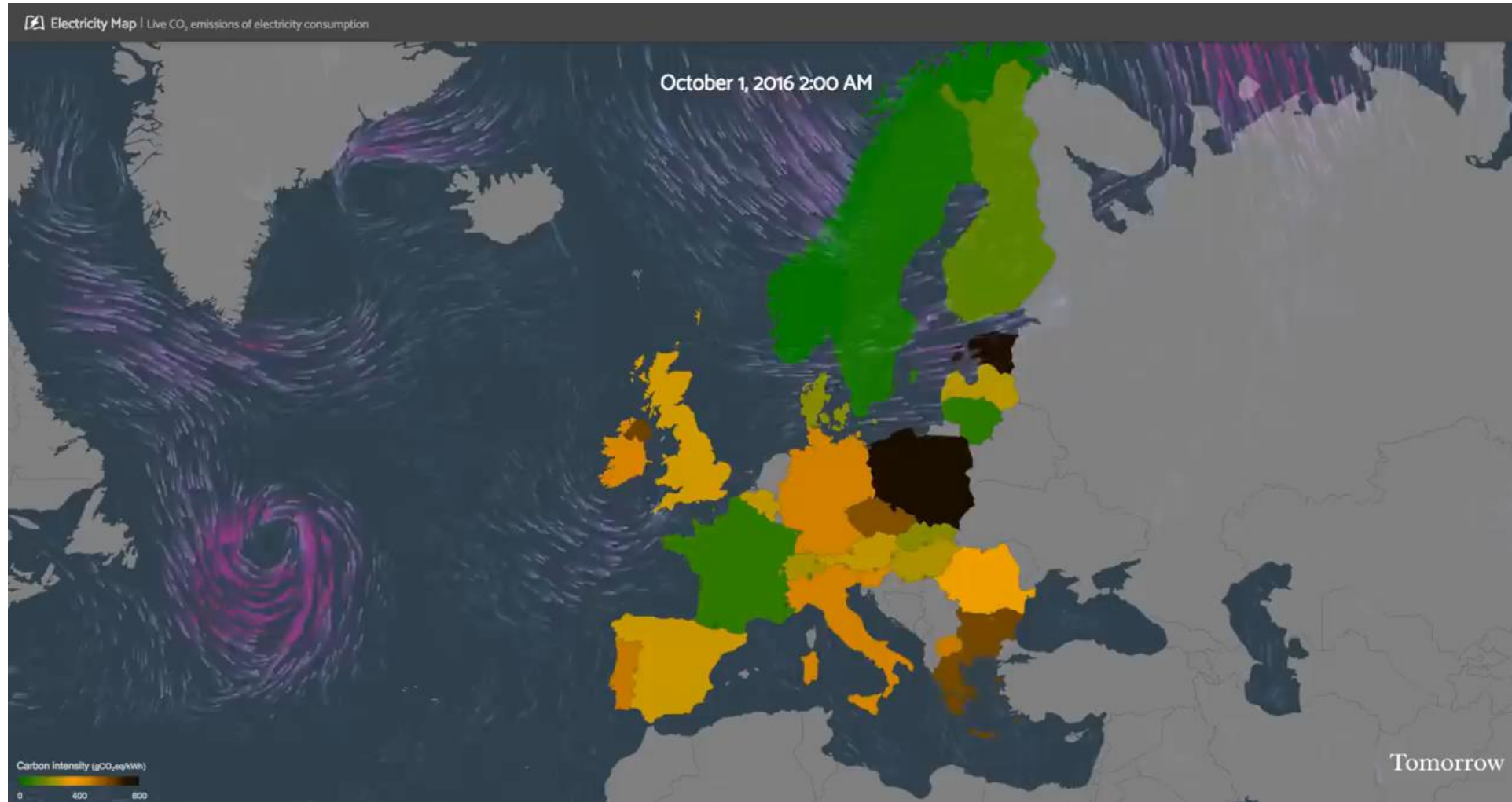
PÕHJUS: KASVUHOONEGAASID

CO₂ tase on Tööstusrevolutsiooni algusest alates tõusnud 3 korda

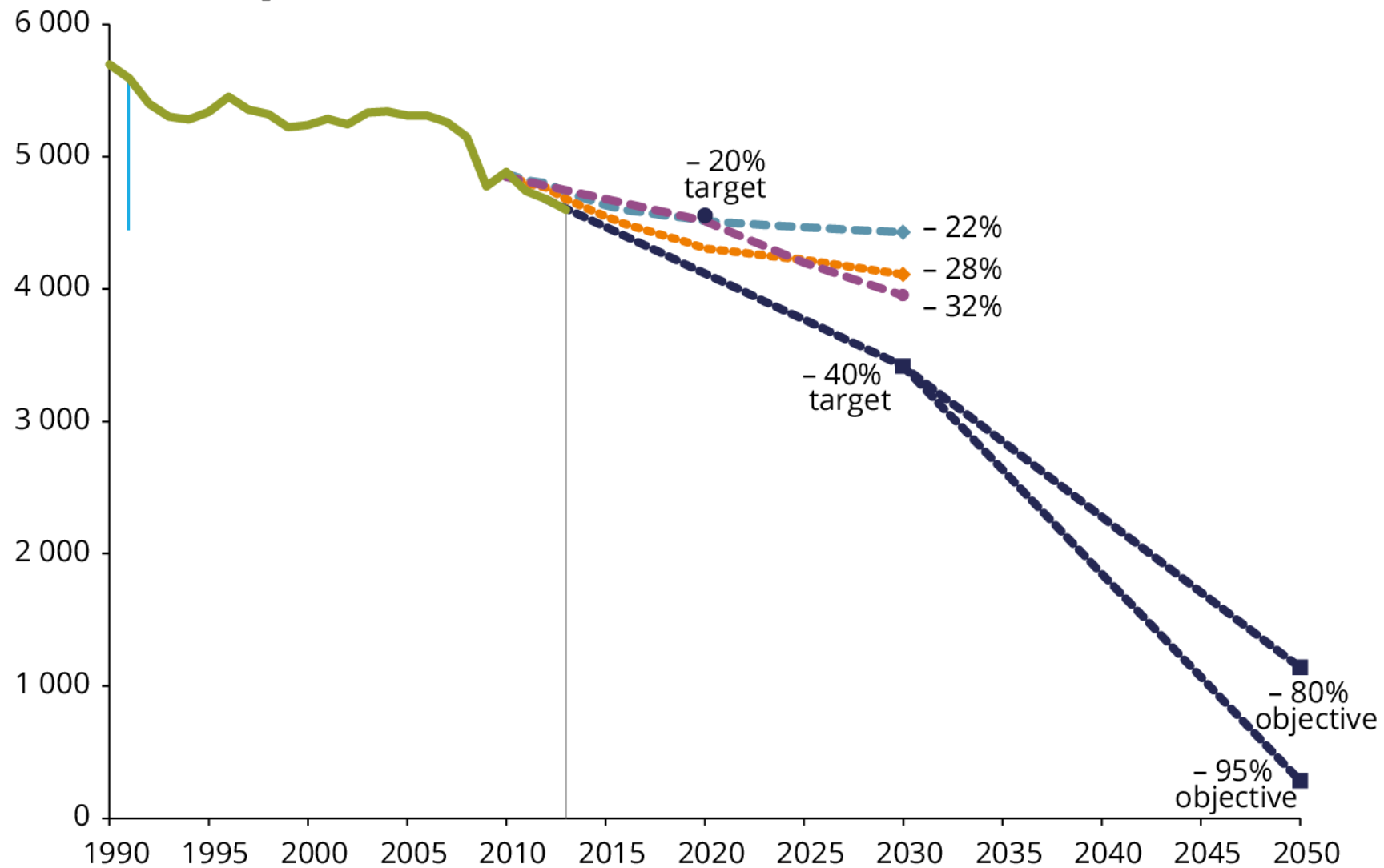
CO₂ on kõige pikemaajalise mõjuga kliimasoojenemise tegur



ÜKS PÕHJUSTEST: EESTI ENERGEETIKASEKTOR



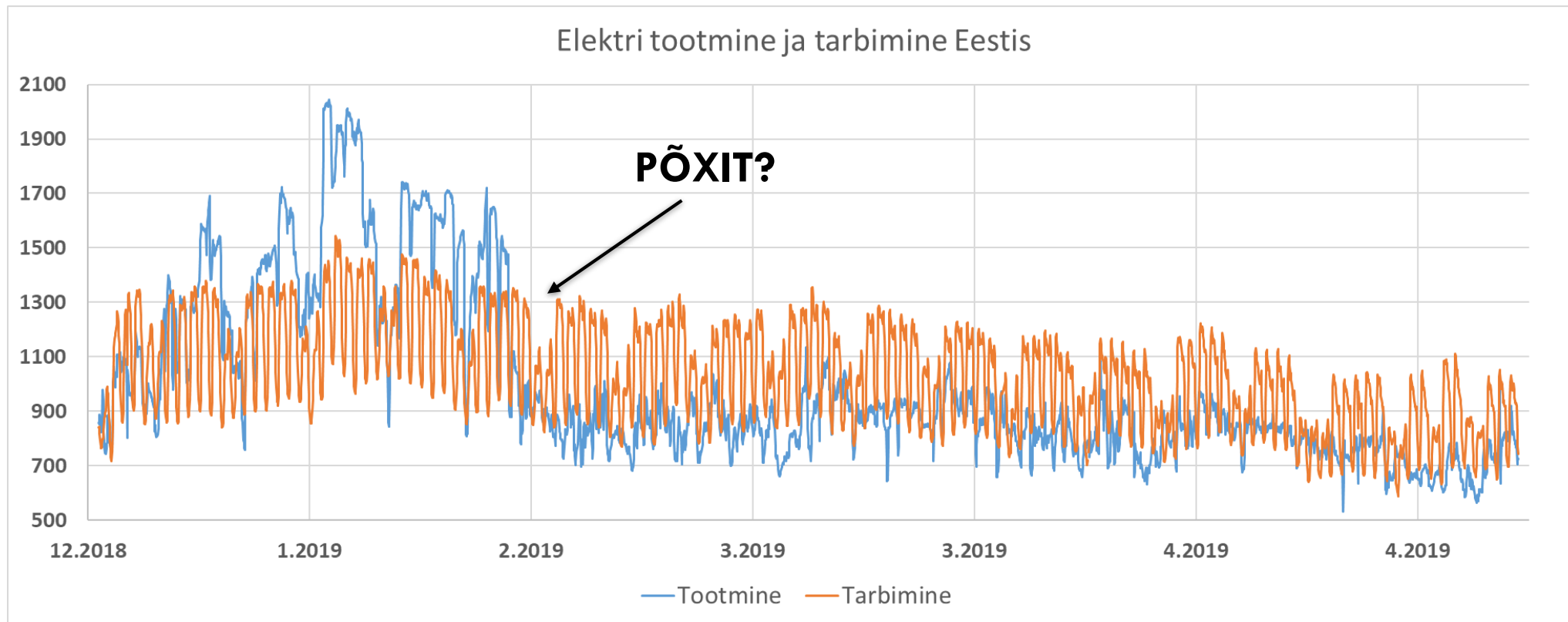
Million tonnes CO₂-equivalent



- EU historic emissions
- - - EU projections 'with existing measures'
- - - EU projections 'with additional measures'
- - - Linear path to targets and objectives
- - - Commission 2013 baseline with adopted measures

[HTTPS://WWW.EEA.EUROPA.EU/SOER-2015/SYNTHESIS/REPORT](https://www.eea.europa.eu/soer-2015/synthesis/report)

JÄTKUSUUTLIKKUS JA VARUSTUSKINDLUS



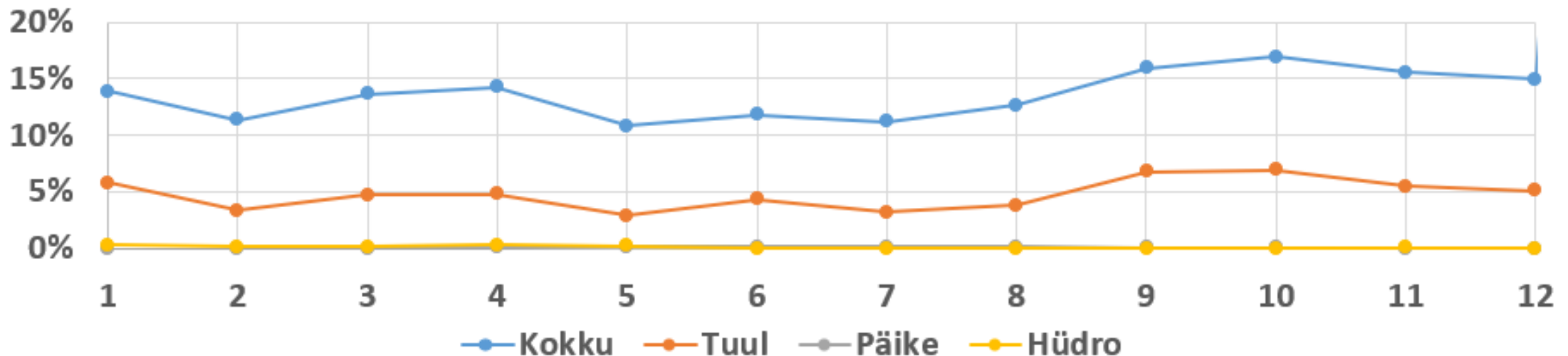
JÄTKUSUUTLIKKUS JA VARUSTUSKINDLUS

Biomassi kasutamine vabastab CO₂ ja pakub konkurentsi põllumajandusele (*Indirect Land Use Change*)

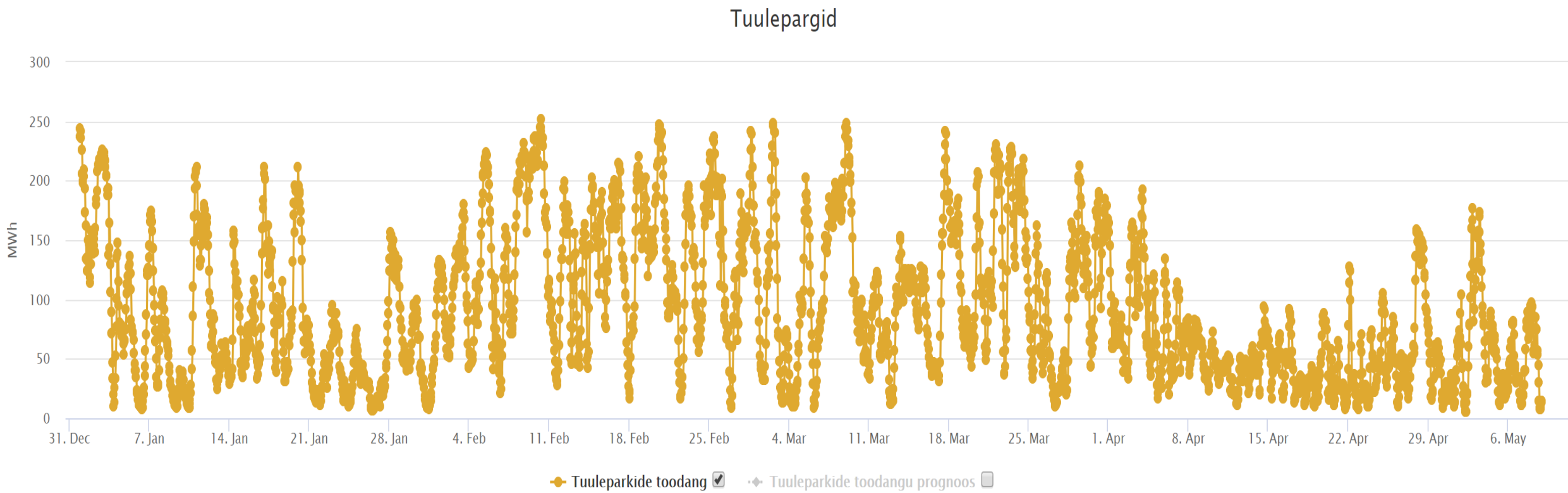
Tuul ei taga täna ega ilmselt lähiajal varustuskindlust

- Tuuleenergia toodang Eestis 2018: Võimsus 300MW, keskmine 70MW, mediaan 51MW

Taastuvenergiast toodetud elektri osakaal (aasta keskmine 15.7%) - 2018

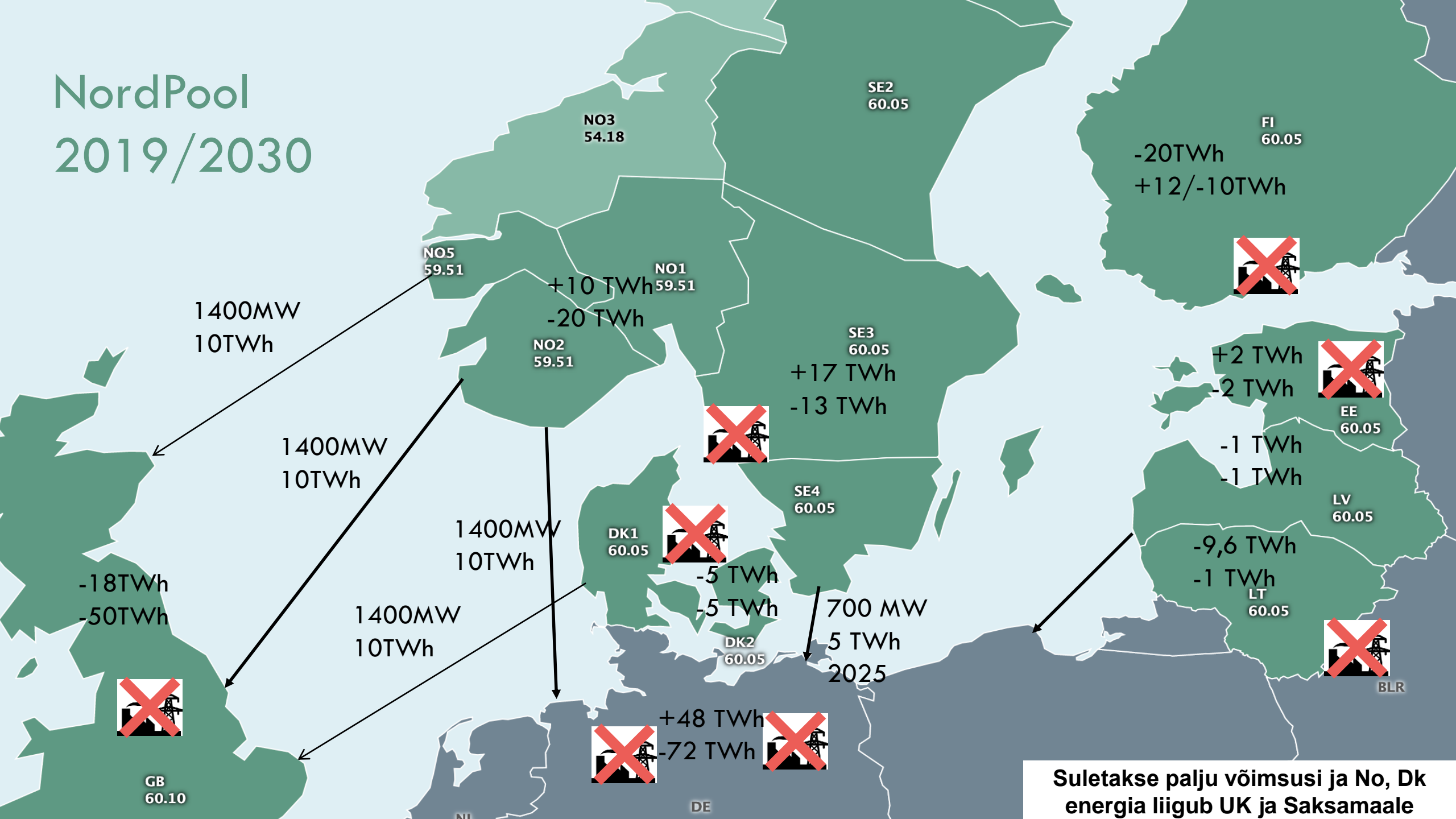


JA SEE STABIILSUSE KÜSIMUS



Allikas: Elering

NordPool 2019/2030



Suletakse palju võimsusi ja No, Dk energia liigub UK ja Saksamaale

FINLAND'S INTEGRATED NATIONAL ENERGY AND CLIMATE PLAN

DRAFT VERSION SUBMITTED TO THE EUROPEAN COMMISSION

20 DECEMBER 2018

Table 12. Projection of demand, generation capacity and interconnector capacity in peak load situations [MW].³⁰

	2020	2030	2040
Peak demand	15,300	16,200	17,000
Generation capacity *	13,680	13,920	12,960
Deficit	1,620	2,280	4,040
Interconnector capacity	4,850	6,050	6,050

**including strategic reserves in 2020, wind power equalling 6% of installed capacity, PV capacity not included*

Sweden's draft integrated national energy and climate plan

„The production of wind power will increase to 2040. In 2040, wind power production is over 50 TWh compared to 19 TWh in 2020. In 2030, solar power is also increasing and in 2040 it is almost 5 TWh in the energy system. An electricity system with a large share of variable electricity, such as wind and solar power, will bring several challenges in terms of power control. **Without any other power source that replaces nuclear power, there is an increased risk of power failure situations occurring more often in the future.**“

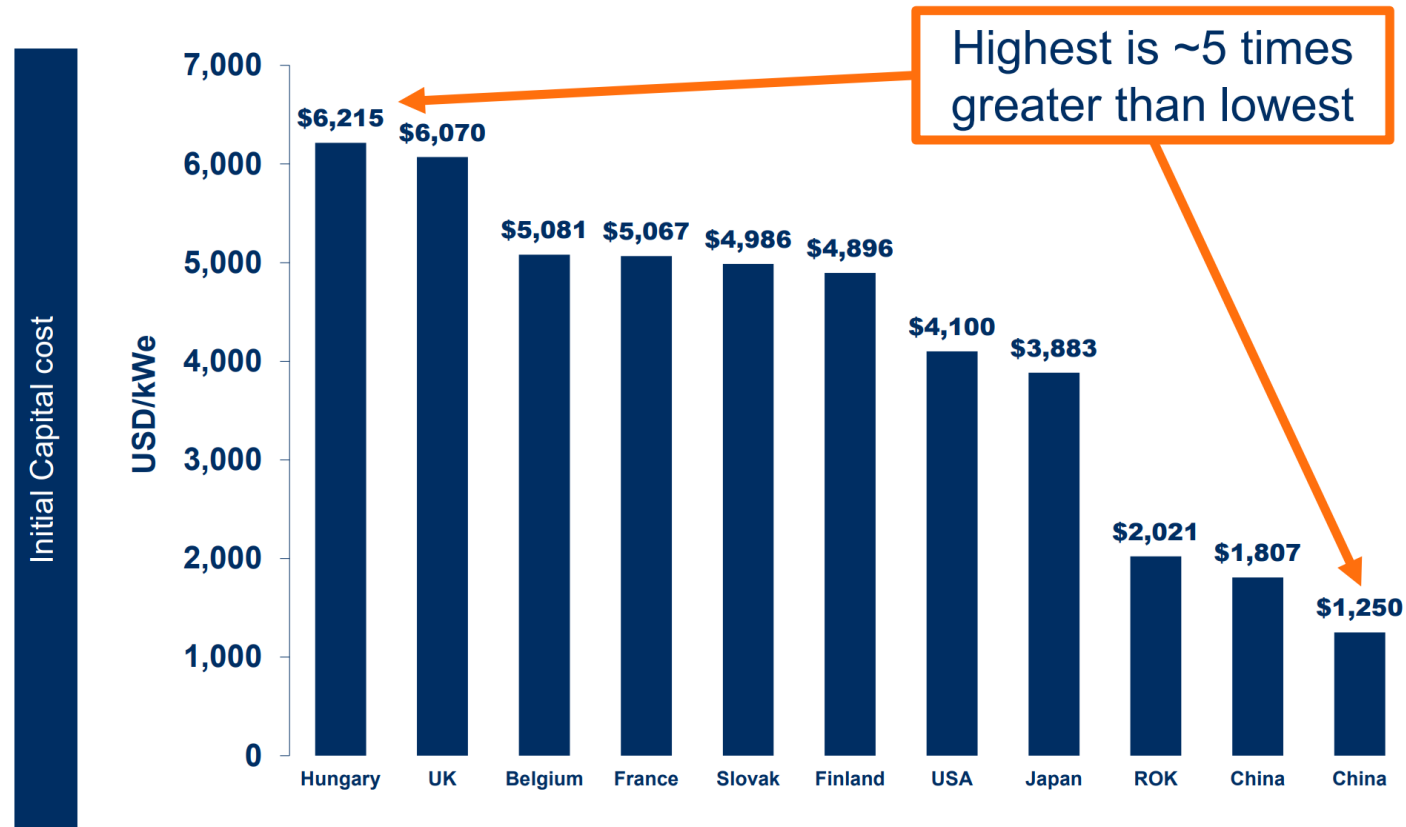


TUUMAENERGIA

Tehnoloogia, mis on olemas, süsinikuvaba, pakub odavat elektrit ja on stabiilne.

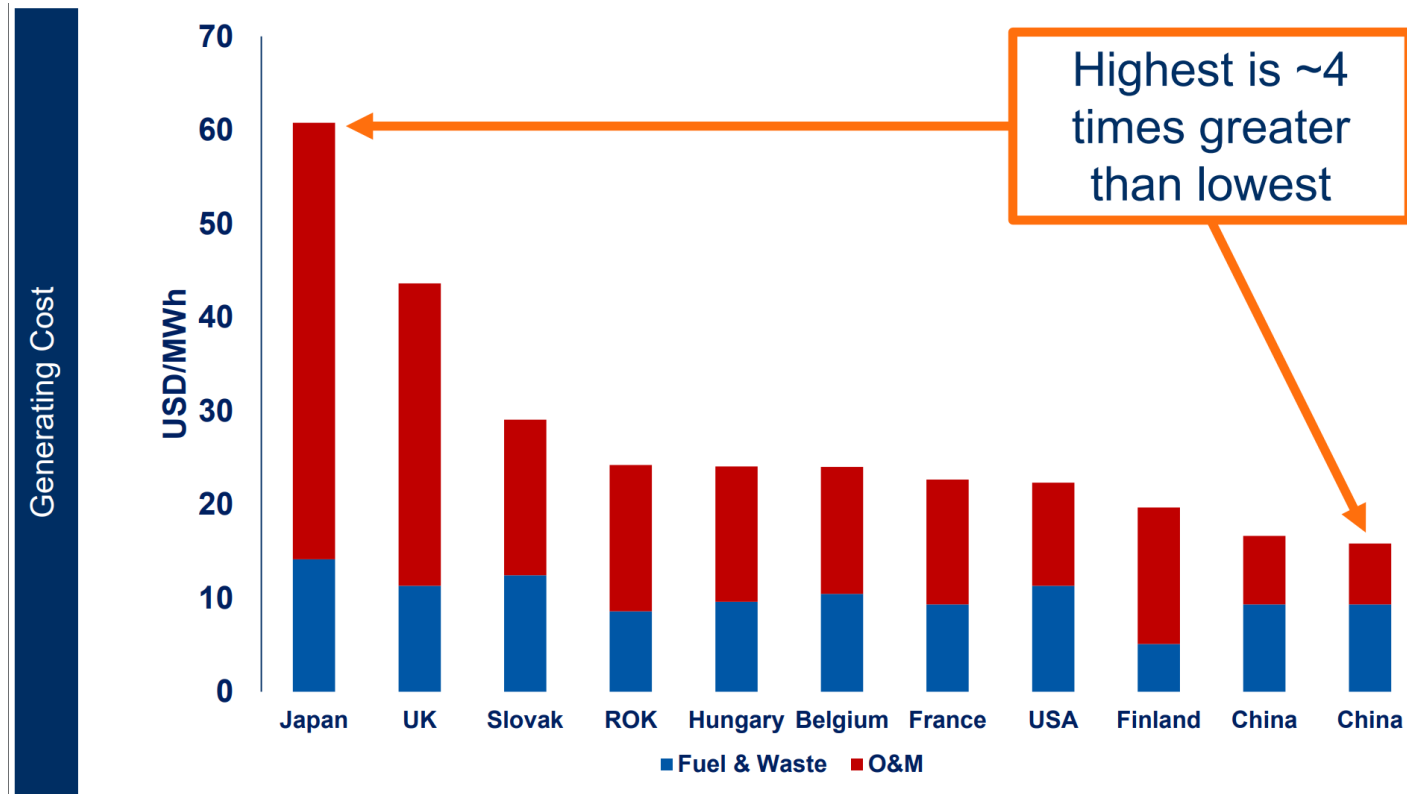
Siiski on selle tehnoloogia levik mõnevõrra raskustes.

SUURTE JAAMADE KAPITALIKULUD VARIEERUVAD



Source: OECD 2015, Projected Cost of Generating Electricity, Table 3.4, overnight capital costs in USD/kWe

SUURTE JAAMADE JOOKSVAD KULUD VARIEERUVAD



Source: OECD 2015, Projected Cost of Generating Electricity, Table 3.18, overnight capital costs in USD/kWe

TUUMAENERGIA TÄNA MAAILMAS

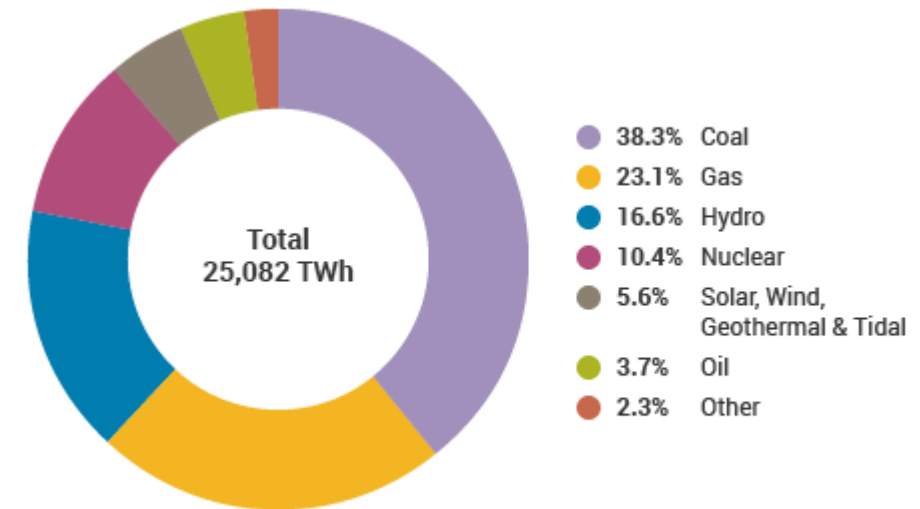
450 jaama töötab 30 riigis

Kogemust 18 000 reaktor-aastat

Kokku 400 Gwe

11% maailma elektritoodangust

Hetkel ehitatakse ligi 50 uut tuumajaama 15 riigis



Source: IEA Electricity Information 2018

TUUMAENERGIA TURUPAKKUMINE

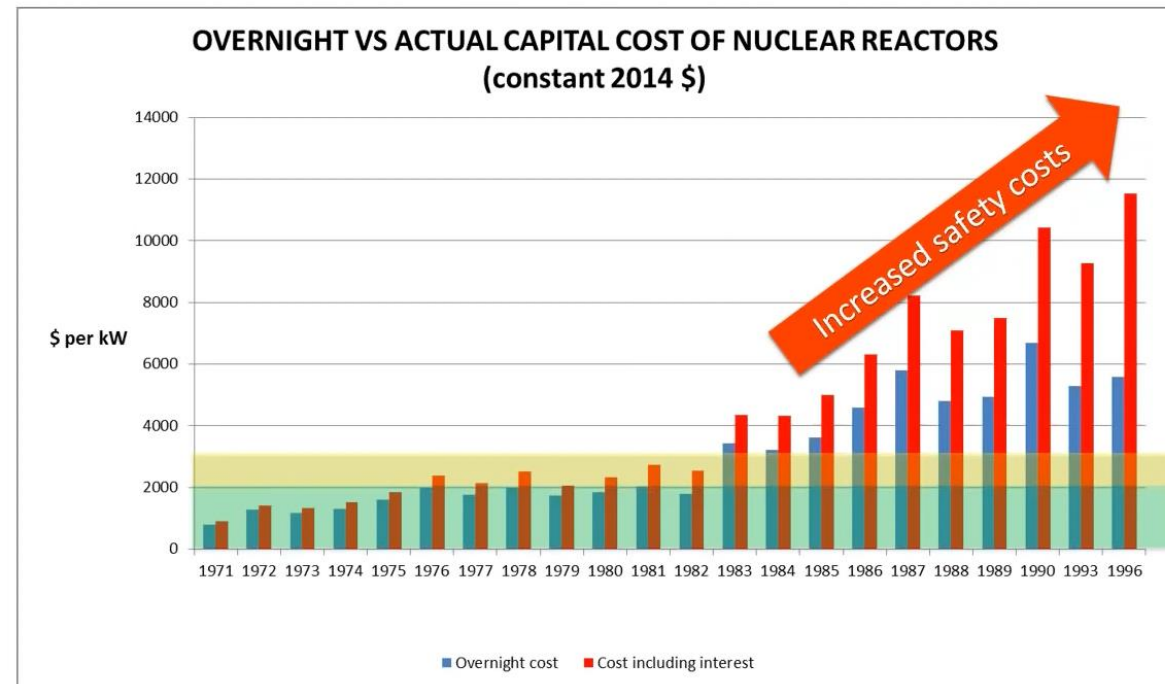
Ehkki juba odav, tuumaenergiat saab ja tuleb teha veel odavamaks

50% on kapitalikulu, millest suur osa intress, mida saab vähendada lühema ehitusajaga, mida saab omakorda tagada paindlikuma litsenseerimise ning lihtsama reaktrodisainiga

- Südamikus probleemi pole, tuuma kallidus tuleneb peamiselt ehitusprojekteerimisest ja -juhtimisest

Väikesed MoodulReaktorid (VMR)

- Ehitusaeg ~ 3 aastat
- Lihtne ja robustne ehitus
- Madalam kapitalivajadus (võimalus erainvestoritele)
- Paindlik elektri ja kaasproduktide tootmine



Nuclear viable
Nuclear dominant

REAKTORITE NELJAS PÕLVKOND

Eesmärgid

Jätksuutlikkus

- Efektiivsem kütusekasutus (i.e. breeding)
- Jätmete hulga ja radioaktiivsuse vähendamine (transmutation of minor actinides)

Majanduslik tasuvus ja konkurentsivõime

- Tehases tootmine, moodul-lahendused

Ohutus

- Parendatud töökindlus ja ohutus
- Veelgi madalam tuuma sulamise tõenäosus
- Minimaalsed mõjud väliskeskkonnale (abi, evakuatsioon, reostus)

Turvalisus

- Kütus terroristide jaoks mitteatraktiivsel kujul
- Minimaalne tuumarelvamaterjali leviku oht

Reaktoritüübid

Ülikõrgtemperatuuri reaktor (VHTR)

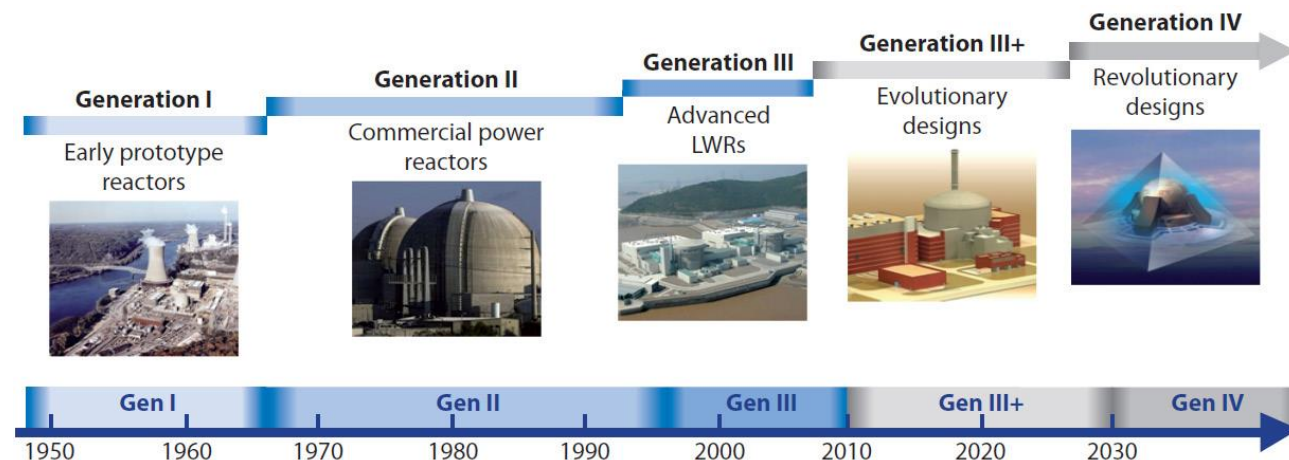
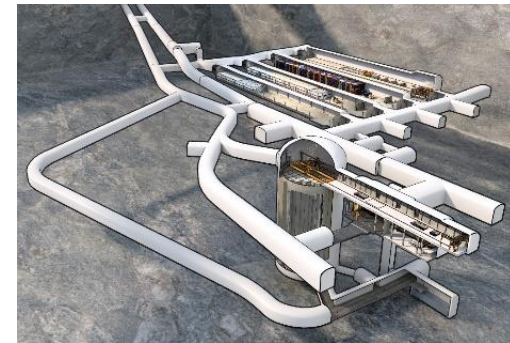
Gaasjahutusega reaktor (GFR)

Sulasoolareaktor (MSR)

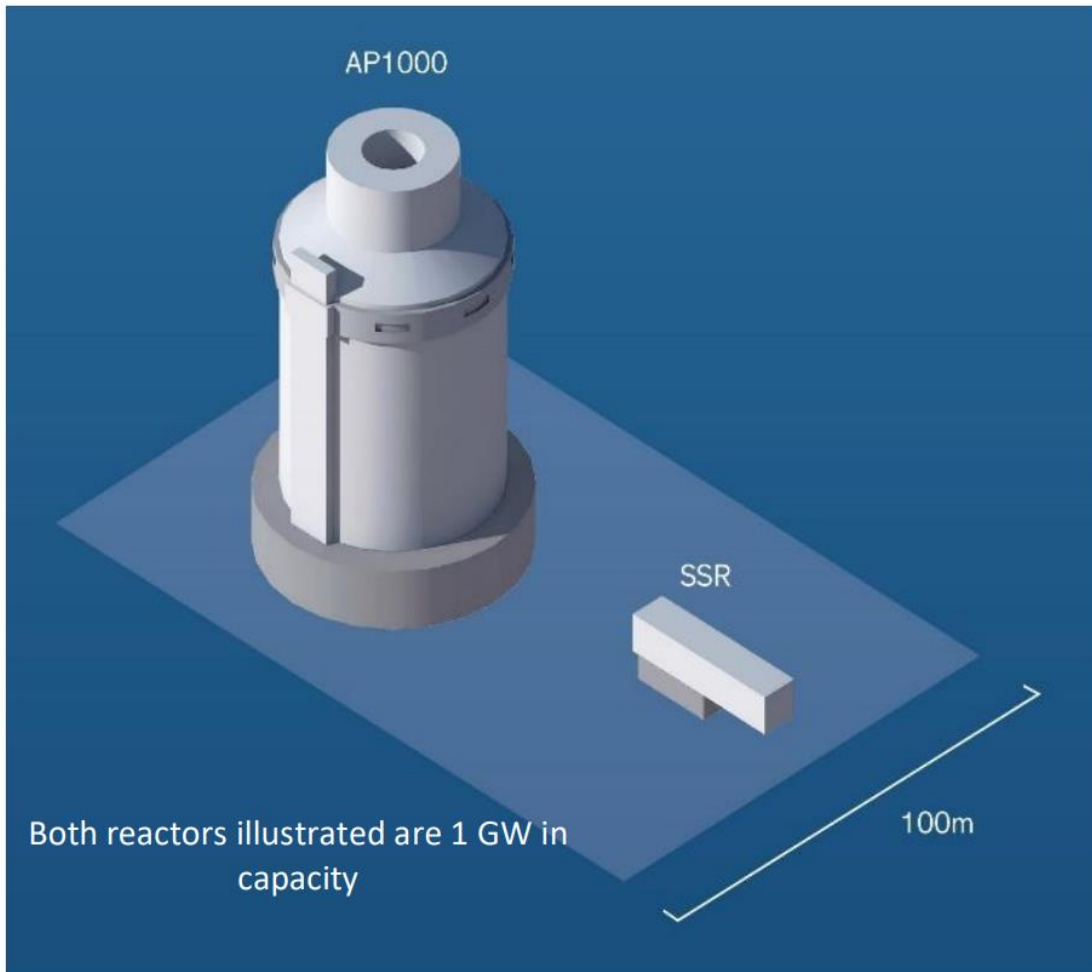
Ülekriitilise vee reaktor (SCWR)

Naatriumjahutusega reaktor (SFR)

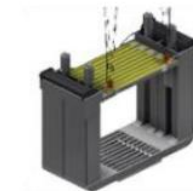
Pliijahutusega reaktor (LFR)



VÄIKESED MOODULREAKTORID



NuScale Module
50MWe **700t***, **415m³**
*ref: www.nuscalepower.com



Moltex SSR Module
150MWe **18t**, **50m³**

LITSENSEERIMINE

Litsenseerimine peab arenema (ja areneb ka) vähemalt sama kiires tempos kui reaktoridisainide arendamine

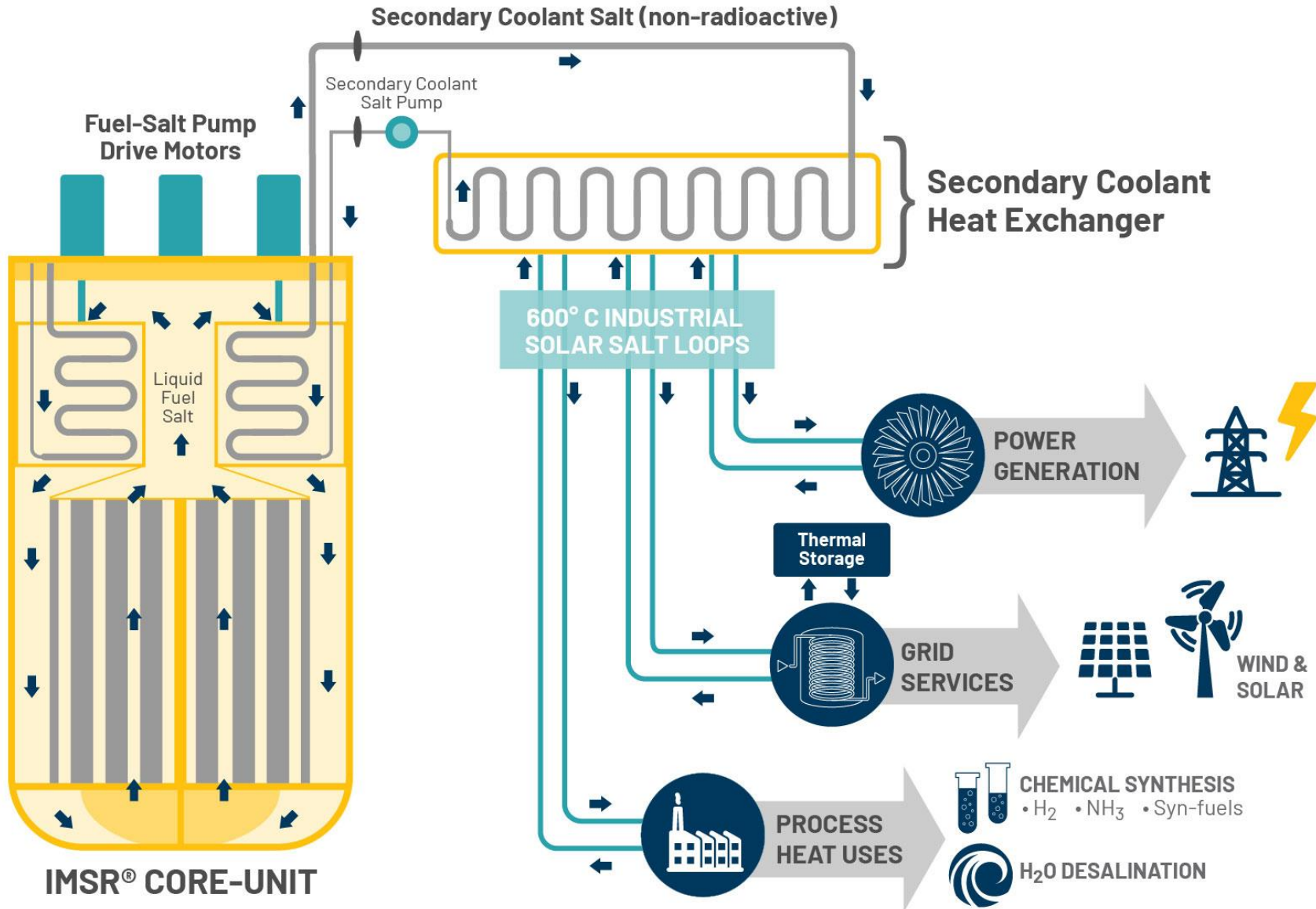
- Ühtsed standardid
- Reaktoridisainide arendamisel on rõhk kandunud innovatsioonilt reaktoritehnoloogias innovatsioonile tõestatud tehnoloogia turule toomises
 - MSRE kogemusel ELYSIUM, Terrestrial, Moltex
 - Tõestanud veetehnoloogiate „lihtsamad“ versioonid NuScale, GE Hitachi BWRX-300

Lisaks elektritootmisele on olulisel kohal nn kõrge temperatuuri kaasproduktid

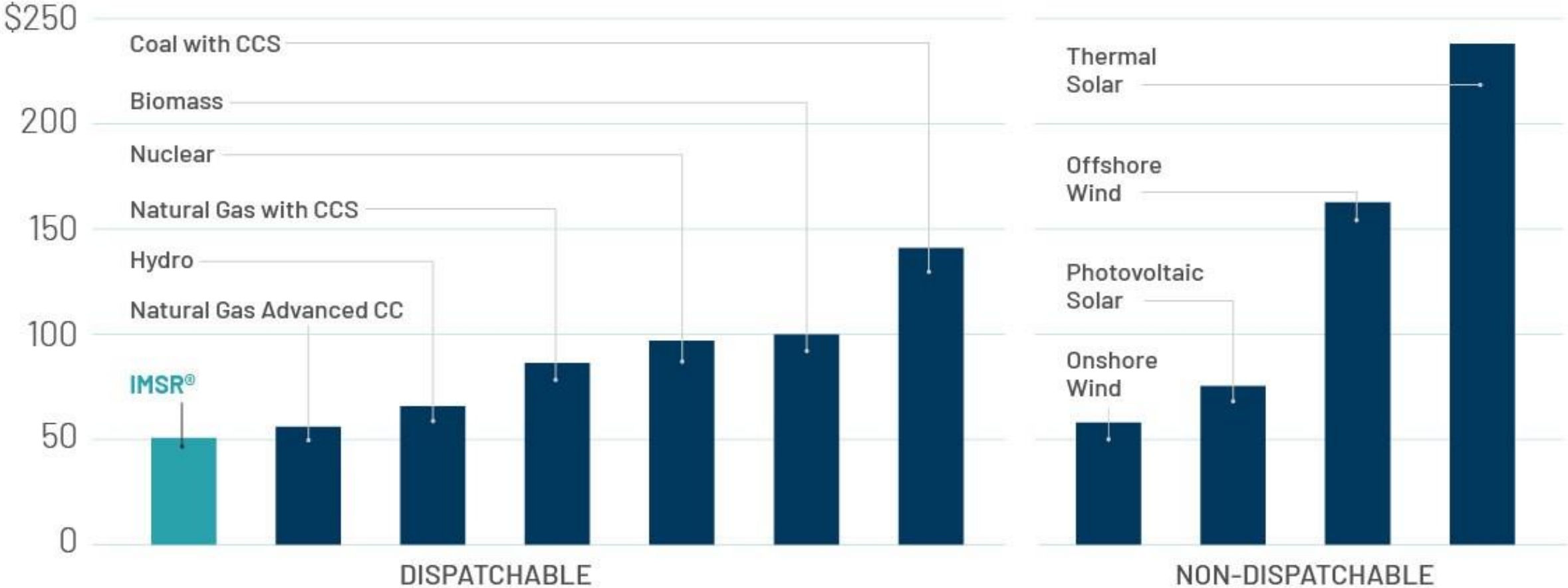
- Kütuste rafineerimine
- (Kaug)sooja pakkumine
- Ammoniaagi tootmine
- Vesiniku tootmine
- Salvestamine
- Joogivee puhastamine



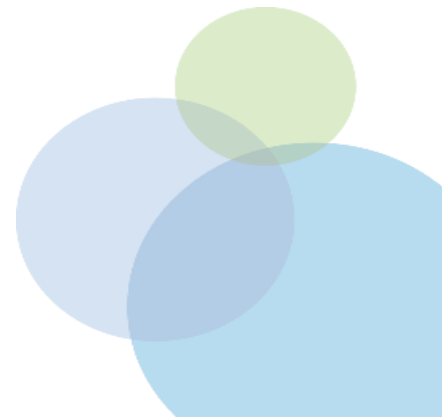
TERRESTRIAL ENERGY (KANADA) 200MW ISMR



TOTAL SYSTEM COST



Commercially deployed molten salt heat store



SALVESTUSE EELIS

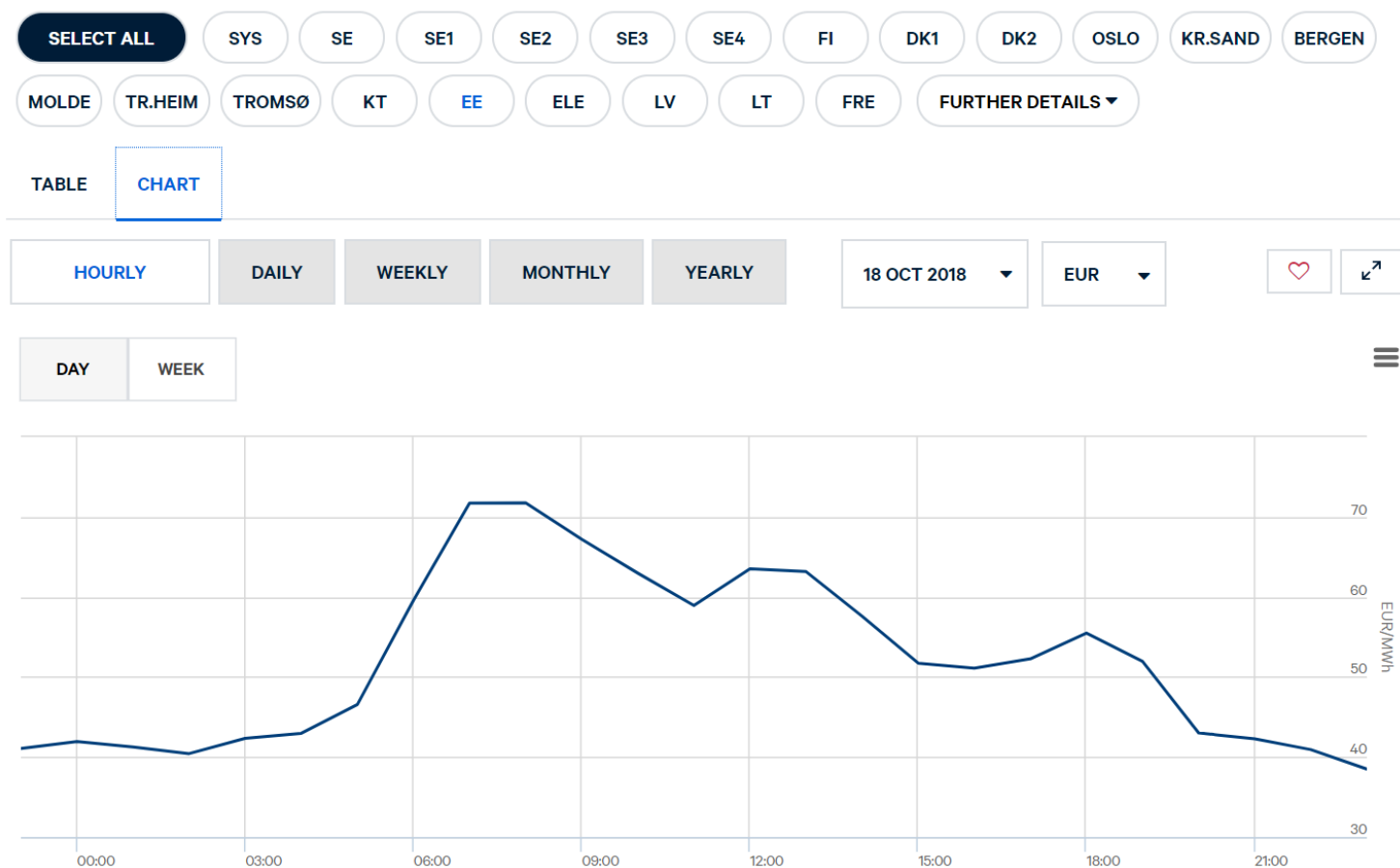
600C vedelsoola temperatuur ja soojuse salvestus võimalda b 300MWe reaktoril toota ja salvestada sooja soola 24h, kuid sellest toota elektrit 8 tunnil päevast (kõige kallimal ajal).

18 oktoober- 12h alla 50€/MWh

12 h üle 50 €/MWh

8 h üle 60 €/MWh

„Salvestuse“ hind 5€/MWh



KOKKUVÕTTEKS

- Kliima soojeneb CO₂ taseme tõusuga. Nõudlus energia järgi kasvab
- Taastuvate energiaallikate kasv on pidurdumas, rakendamine ajas ja ruumis piiratud (kuniks pole vastavamaheulist salvestust ning ülekandeliine)
- Ainult juhuslike tootmisega tootmisvõimsustega ei ole võimalik tagada elektri varustuskindlust ning suur väljakutse tagada pinge stabiilsust.
- Tuumaenergia muutub väiksemaks ja sobivamaks avatud elektriturule.
- 4nda põlvkonna tehnoloogiad võimaldavad asukohti tootmiste ja asulate lähistel.
- Kõrgtemperatuurne 600C väljund võimaldab süvadekarboniseerimist vesiniku ja selle derivaatide (sünteetiline kütus, ammoniaak, metanool jne) tootmist.