

TUUMENERGIA PROGRAMM JA SELLE ARENDAMINE

Projektijuhtimine ja inimressurss

Henri Ormus **30.07.2024** Fermioni Suvekool, Mõdriku

Kes ma olen?



Energeetika, MSc, TTÜ 2007



Tuumaenergeetika, MSc, KTH Rootsi 2009



Internship – SMR R&D, Westinghouse, USA 2010



Pöyry, tehniline konsultant, kvaliteedijuht 2010-2015



Fennovoima, Hanhikivi 1, Change Manager 2015-2021



Finnish Nuclear Society, Rahvusvaheliste asjade sekretär 2015-2022



European Nuclear Society, asepresident 2017-2021



Teaduste Akadeemia, Energeetikakomisjon 2019->



Fermi Energia kaasasutaja, juhatuse liige





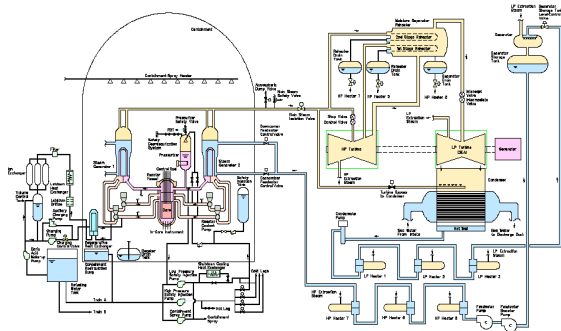
TUUMAENERGIA PROGRAMMI ARENDAMINE

Küsimus:
Millised on põhilised
tuumajaama programmi
arendamise etapid?



Tuumajaama elutsükkel on 80-120 aastat

Planeerimine,
projekteerimine,
litsenseerimine
5 ~ 20 aastat



Ehitus
5 ~ 10 aastat



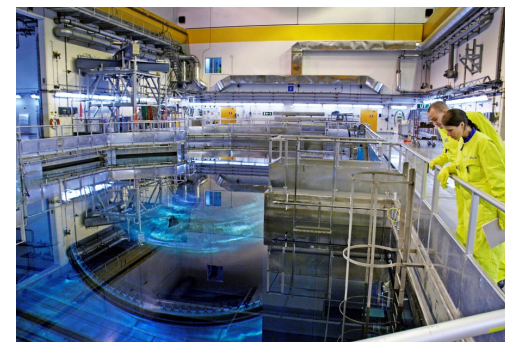
Dekommissioneerimine
10~20 aastat



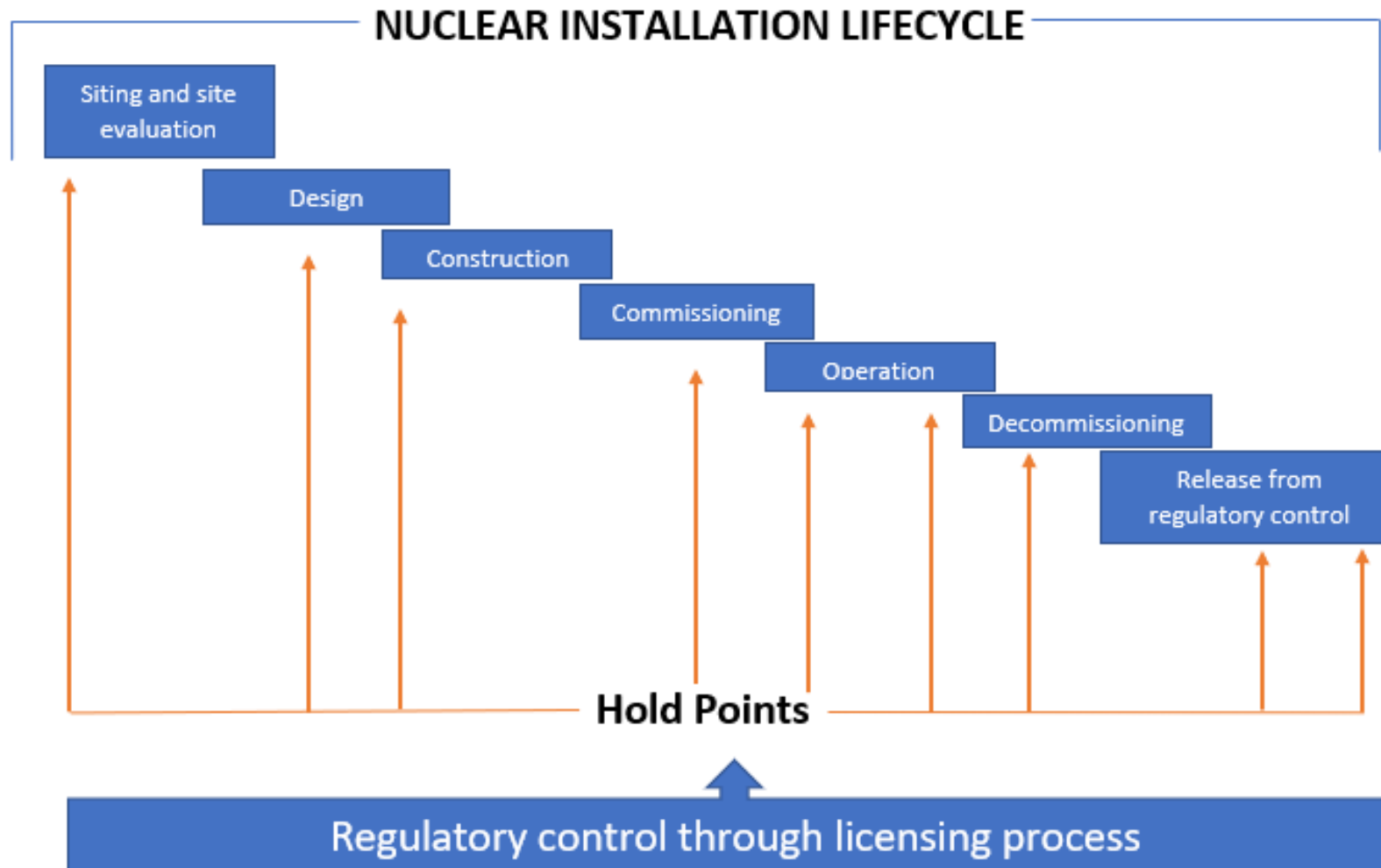
Asukoha ettevalmistus
3 ~ 5 aastat



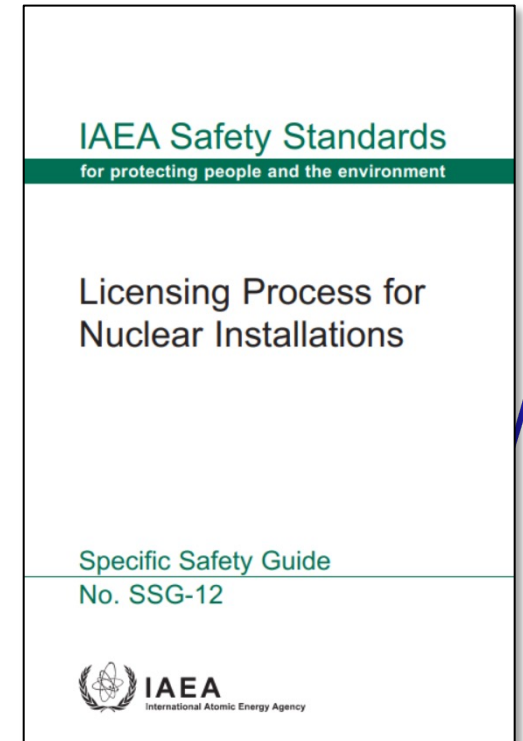
Opereerimine
60~100 aastat



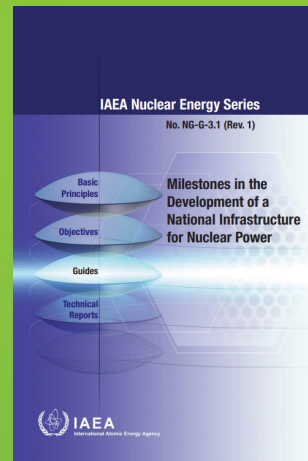
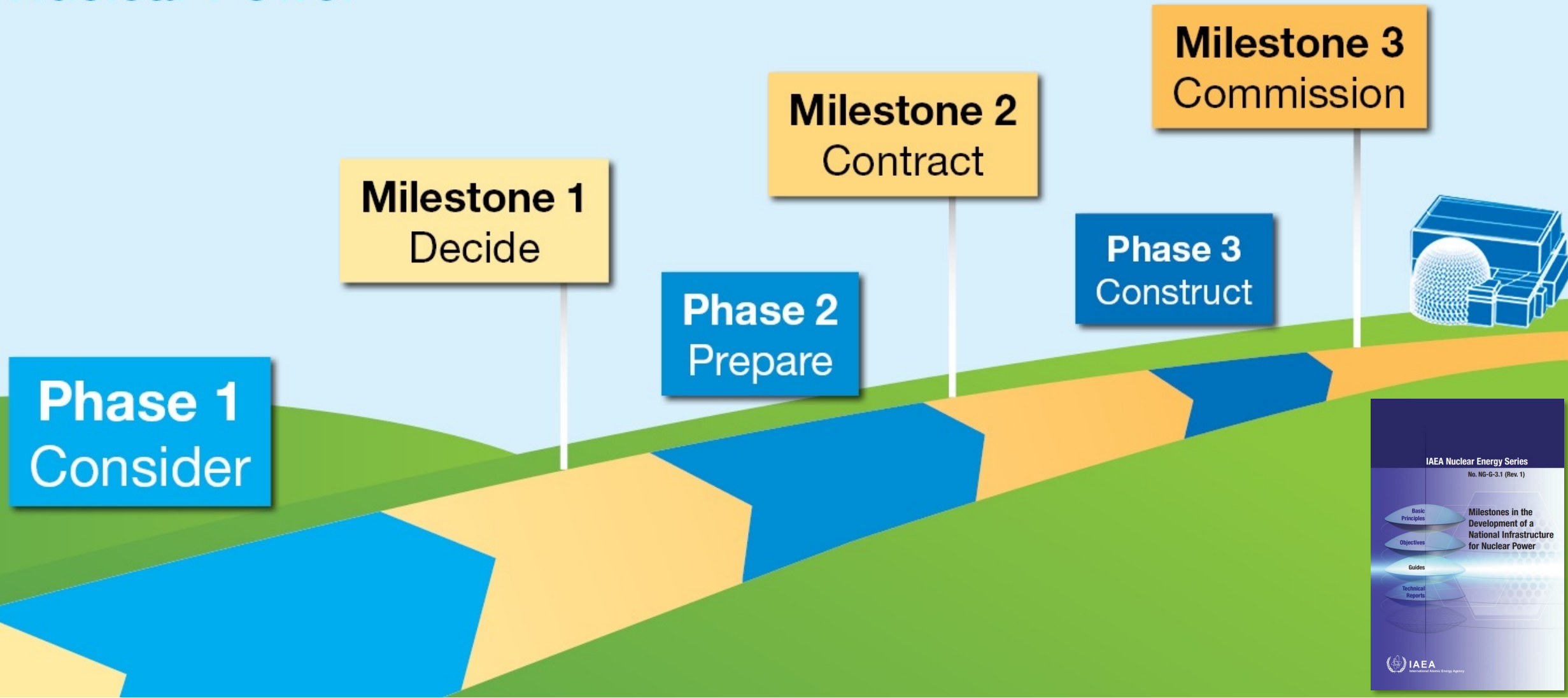
Tuumajaama eluetapid



Tuumarajatise eluetapid ja litsentseerimise kontrollpunktid



Introducing Nuclear Power



Olkiluoto tuumajaama, Soome (2×890 MWe + 1600MWe)





Olkiluoto 3 tuumajaama ehitus

Olkiluoto 3 tuumajaama turbiinihalli ehitustööd



Taishan TEJ, Hiina (2×1660 MWe EPR)



Hinkley Point C, UK (2×1630 MWe EPR)



Leningrad-2 TEJ, Sosnovõi Bor (2×1085 MWe VVER-1200)



Barakah TEJ, UAE (4×1345 MWe APR1400)



Tuumaenergia taristu 19 elementi



National position



Nuclear safety



Management



Funding and financing



Legal framework



Safeguards



Radiation protection



Regulatory framework



Electrical grid



Human resource development



Stakeholder involvement



Site and supporting facilities



Environmental protection



Emergency planning



Nuclear security



Nuclear fuel cycle



Radioactive waste management



Industrial involvement



Procurement

Nuclear Infrastructure Issues - IAEA Milestones Approach

IAEA Nuclear Energy Series

No. NG-T-1.6

Management of Nuclear Power Plant Projects

Basic Principles

Objectives

Guides

Technical Reports



IAEA

International Atomic Energy Agency

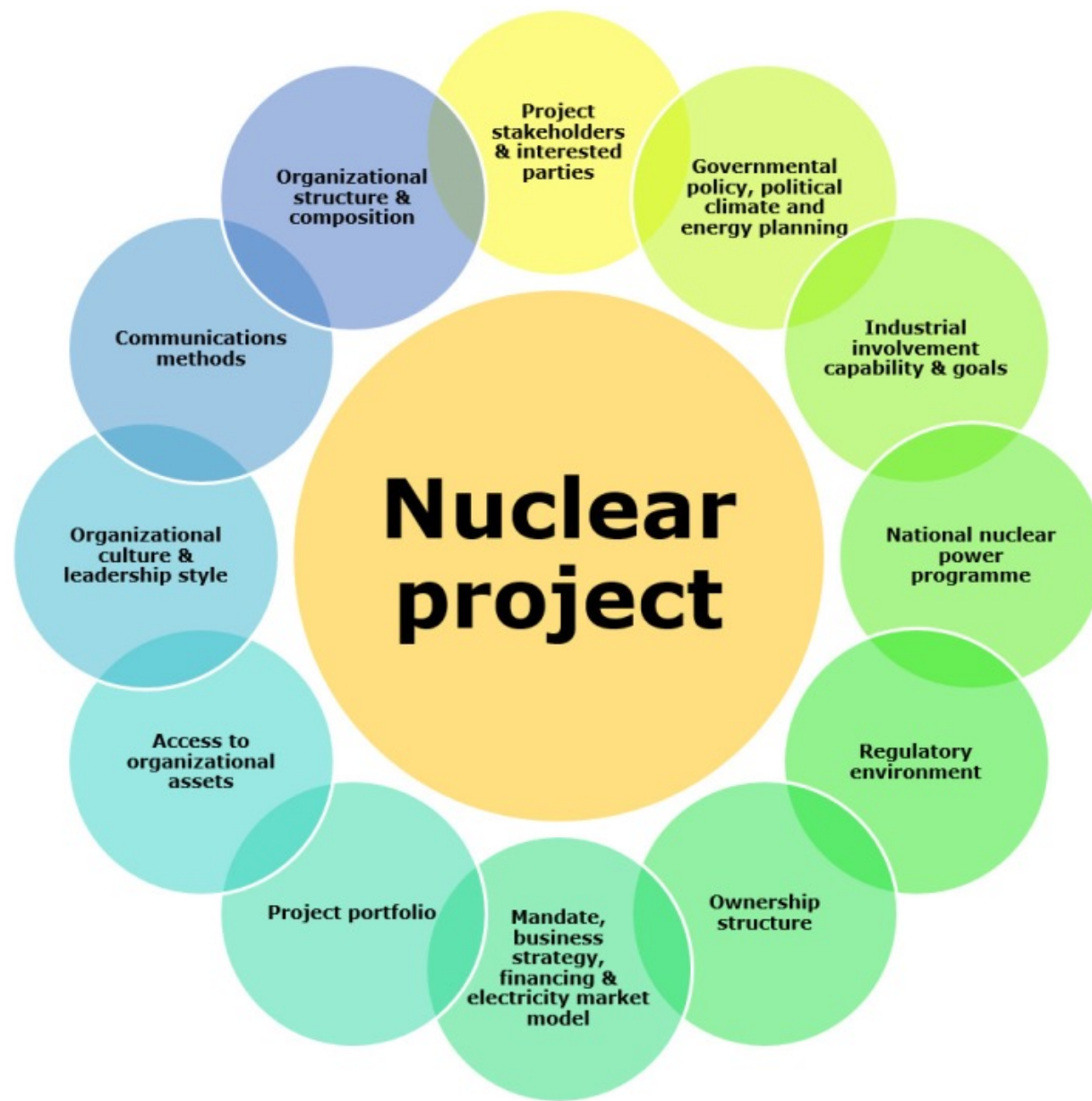


FIG. 3. Enterprise and external environment factors that influence nuclear projects.

Projektijuhtimine

On üks olulisemaid aspekte tuumajaama projekti õnnestumisel

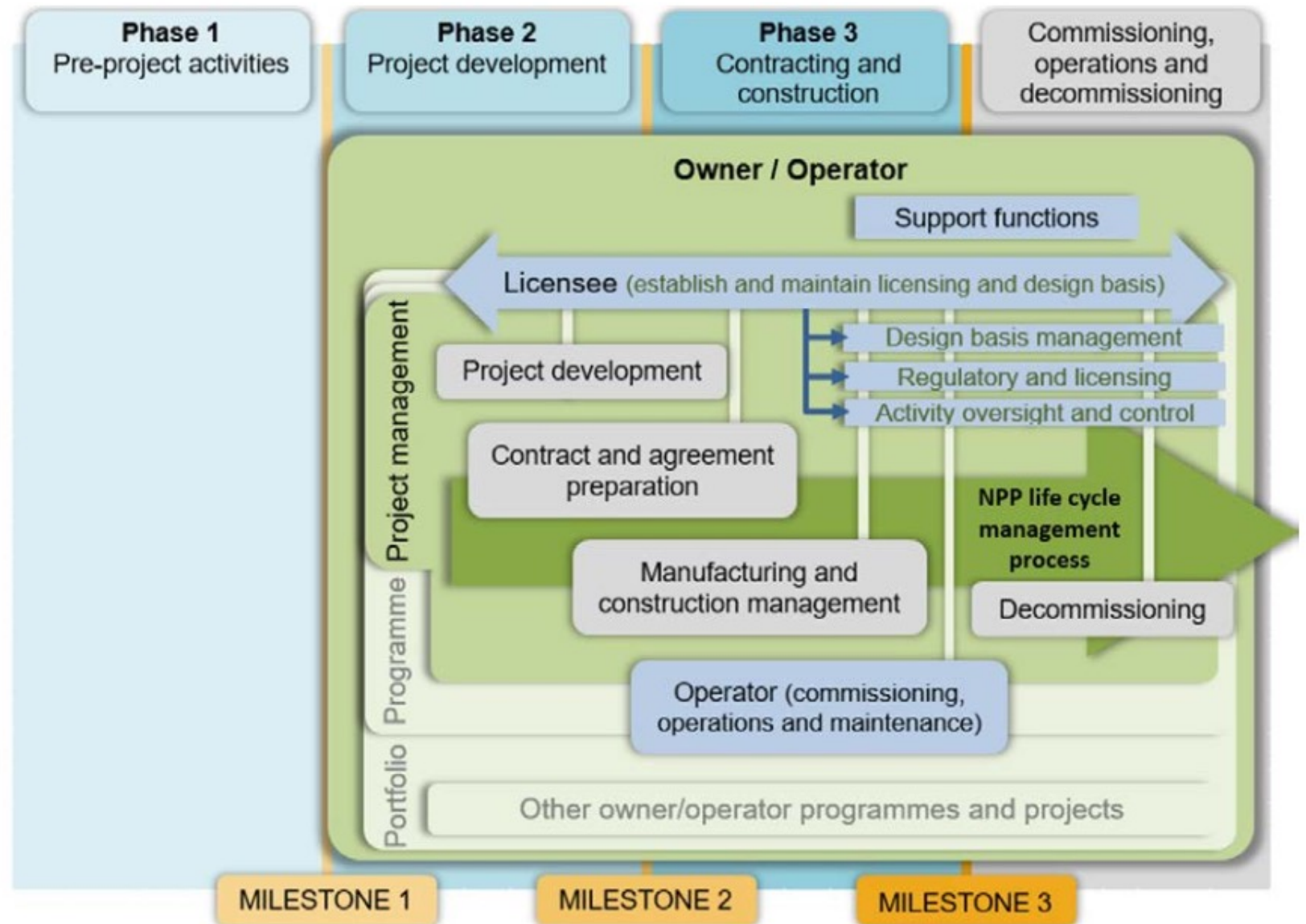
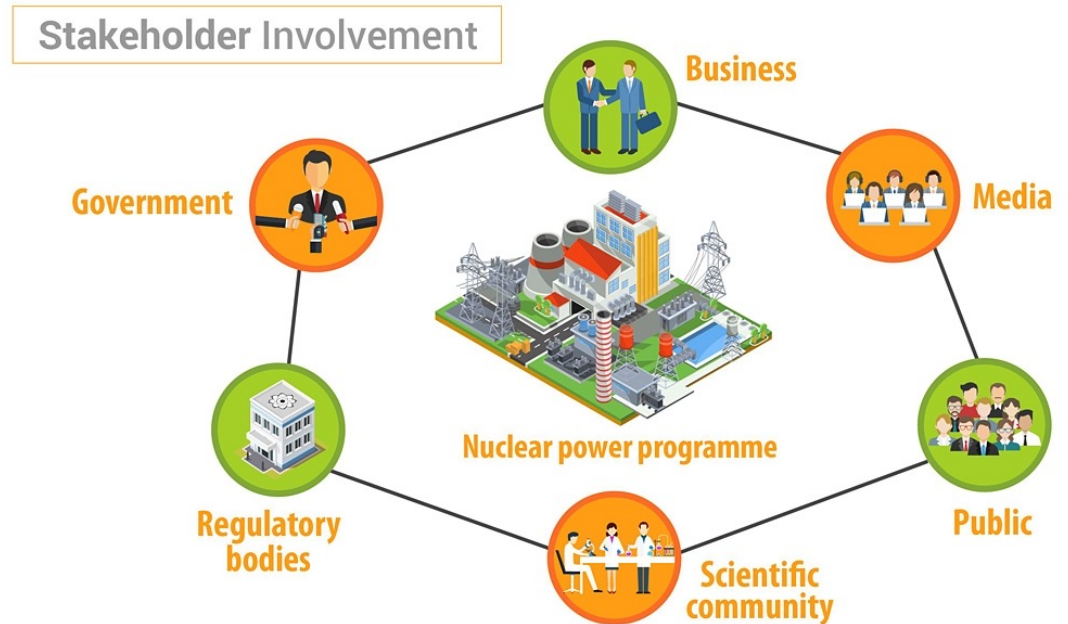


FIG. 5. Structuring of a typical NPP project within an owner/operator's portfolio for a newcomer country.

Projekti sidusrühmad

- Avalikkus
- Valitsus vastutab üldise poliitika ja mõnel juhul rahastamise eest
- Turg (elektritarbijad) vajavad elektrit ja on valmis maksma õiglast hinda
- Jaama omanik (Operaator) vastutab projektide arendamise ja klientide hüvanguks elektri tootmise eest. Võtab kogu projektiriski, kui seda tasakaalustavad hea struktuur ja atraktiivsed turud
- Tehnoloogia tarnija vastutab tehnoloogia, projekti graafikujärgse tarnimise ja eelarve eest
- Regulaator vastutab inimeste ja keskkonna ohutuse eest
- Investorid pakuvad rahalisi vahendeid
- Meedia



Edukas projekt vastab kõigi sidusrühmade vajadustele

Küsimus:
Millised on tuumajaama
programmi peamised
riskid?



Projekti Riskid

- Poliitilised
- Regulatiivsed
- Ehituslikud
- Opereerimise
- Elektrituru
- Tehnoloogia
- Finantseerimise

Table I: Nuclear power project risk matrix

	Development	Construction	Operation	Decommissioning
Technical		Safety		
		Design completion/changes	Safety	Safety
	Regulatory assessment	Regulatory assessment/approvals	Plant performance	Design completion/changes
	Site suitability	Vendor & Contractor performance	Skilled & experienced workforce	Regulatory assessment/approvals
	Environmental impact	Equipment supply chain	Nuclear event elsewhere	Contractor performance
	Planning approvals	Skilled & experienced workforce	Nuclear event	Equipment supply chain
		Construction quality	The environment	Skilled & experienced workforce
		Transport routes to site	Fuel supply chain	Transport routes to/from site
	Industrial relations			
	Plant performance			
Business Case			Electricity trading arrangements	
			Electricity price	
	Economics	Design changes	Carbon price	
	Demand forecast	Delay	Fuel costs	Decommissioning fund
	Used fuel & radioactive waste disposal		Capital additions	
			Early closure	
		Cost of waste and used fuel disposal		
		Decommissioning fund performance		
Societal & Political	General public support and local approval			
	Policy supporting the need for nuclear power			
	Policy for waste management			
	Decommissioning & waste management mechanism			
	Carbon pricing mechanism			
	Environmental policy			



Source: [WNA](#)

Küsimus:
Millised tüüpilised
probleemid
tuumajaamade
arendamisel?



Tüüpilised probleemid tuumajaamade arendamisel

- Disain pole ehituse alustamiseks piisavalt küps
- Detailne tööprojekt ja töödokumentatsioon ei ole planeeritud ehitamise ajaks valmis, viivitused tootmises, projektijuhtimise väljakutsed (keeruline projekt)
- Keerulised regulatiivsed nõuded
- QA/QC probleemid, vead ja mittevastavused
- Ebapiisav tuumaehituse kogemus
- Ebapiisav tuumaklassi seadmete tootmise kogemus (tuumastandardid)
- Omanikul puudub suurte ehitusprojektide juhtimise kogemus
- Ebapiisav projektikontroll (aeg, kulud, kvaliteet)
- Kehv vastutuse ja töökorralduse määratlemine kaasatud osapoolte vahel
- Ebapiisav ajakava integreerimine ja osapooltevaheline suhtlus
- Puudulik strateegiline ja operatiivne planeerimine (protsessid, tegevused, verstapostid)
- Poliitilised muutused
- Finantsprobleemid



Eduka projekti kriteeriumid

- Hästi projekteeritud ökonoomne jaam
- Stabiilne regulatiivne režiim
- Riskide jagamine kõigi projekti osapoolte vahel
- Tugev projektimeeskond
- Täieulatuslik projekti planeerimine ja juhtimine





I FAAS
TUUMAENERGIA PROGRAMMIGA ALUSTAMISE
KAALUMINE

II FAAS
LEPINGUTE JA EHTUSPROJEKTI
ETTEVALMISTUS

III FAAS
JAAMA LOAMENETLUS JA EHTUS

2023

2024

2025

2026

2027

2028

2029

2030

2031

2032

2033

2034

2035

2036

Tuumaenergia
töörühma
lõpparuanne

Riigikogu teadlik
otsus tuumaenergia
kasutuselevõtu
võimaldamiseks

Regulaatori
loomine ja
arendamine

Tehnoloogia
valik

REP
I etapp
asukoha eelvalik

Tuumaenergia ja ohutus
seaduse väljatöötamine

Regulatsiooni väljatöötamine

Maakasutusõigus

Ehitusloa ettevalmistus,
projekteerimine

REP
II etapp
asukoha kinnitamine

Ehitusloa taotlemine

Eeltööd ja platsi
ettevalmistus

Ehitusloa menetlus

Lõplik investeerimisotsus

Hanked, ehitus, testimine, kütuse laadimine

Kasutusloa
menetlus

Kasutusloa
taotlus

Ehituse järelevalve

Käidu
järelevalve

Kasutus

Mõtteid koju kaasa

1. Tuumaprojektid on kapitalimahukad ja pikaajalised, kuid nende tegevuskulud on madalad väikse kütusekulu tõttu
2. Projektide standardiseerimine on riskide vähendamise ning kulude ja ajakava eesmärkide saavutamise võti
3. Tugev projektijuhtimine projekti omaniku poolt on projekti õnnestumiseks hädavajalik





INIMRESSURSS

Küsimus:
Kes töötavad
tuumajaamas?
Milliste ametite või
erialade esindajaid
leidub tuumajaamast?



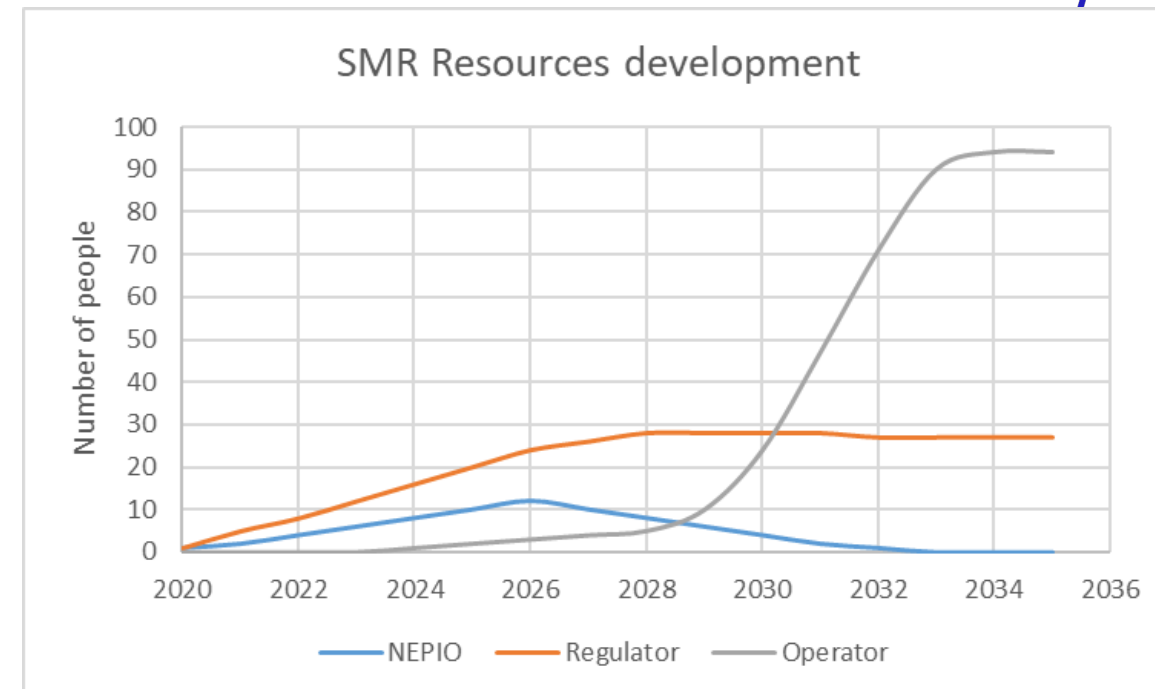
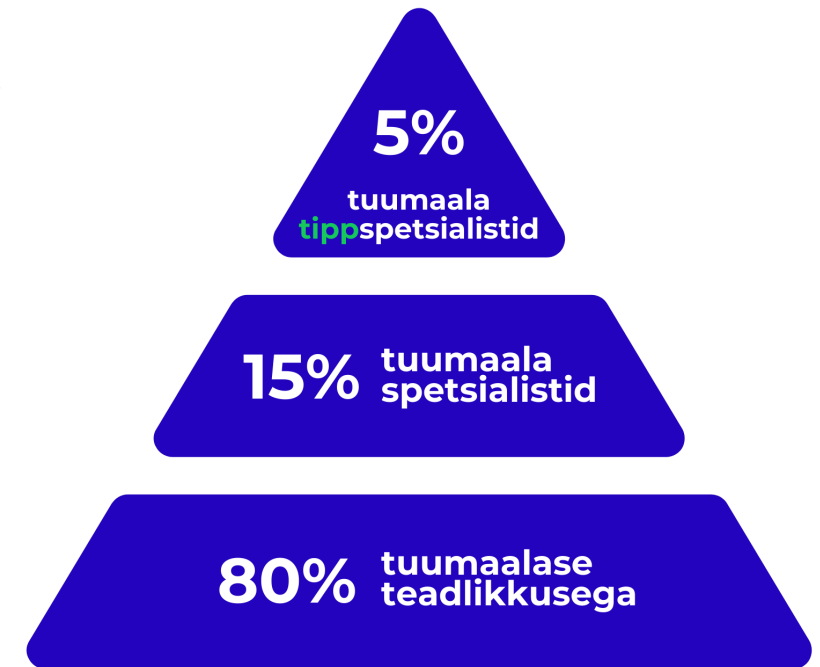
Suur osa tuumajaama töötajatest on kontoritöölised
või töötavad osaliselt kontoris.



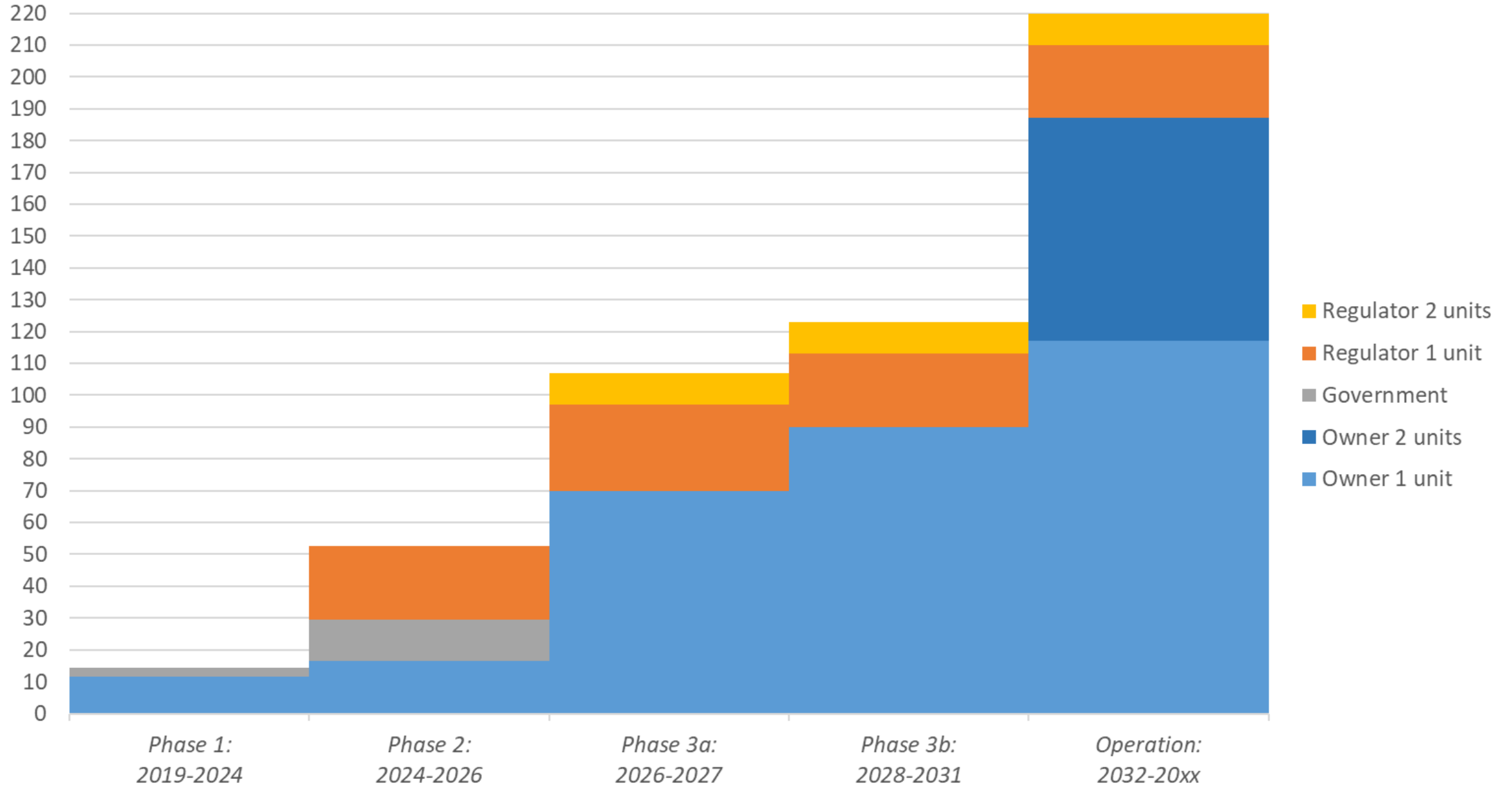
Milliseid inimesi on vaja?

Jaotus eri tasemel ekspertteadmiste vahel:

- **5% tuumaala tippspetsialistid** - sügav tuumateadmine nt teadlased, põhilised projekteerimis- ja ohutuseksperdid
- **15% tuumaalal spetsialistid** - töötajad tugeva tuumaalase kogemusega nt protsessiinsenerid, käidu-, hooldus- ja järelvalvetöötajad
- **80% tuumaalase teadlikkusega** – töötajad ilma tuumaenergeetika alase taustata aga heade teadmistega tuumaohutuskultuurist ja tuumaala nüanssidest



Töõjõu vajadus 2x300MWe reaktori puhul



Meie strateegia

- Fermi pikaajaline eesmärk on Eestis välja arendada **siseriiklikud kompetentsid** kõigis väikereaktori opereerimiseks vajalikes valdkondades.
- Seda aitavad saavutada:
- Tudengite koolitamine välisülikoolide magistriprogrammides
- Kursused Eesti ülikoolides
- Kohalik teadus- ja arendustöö
- Job exchange ja välisekspertide kaasamine



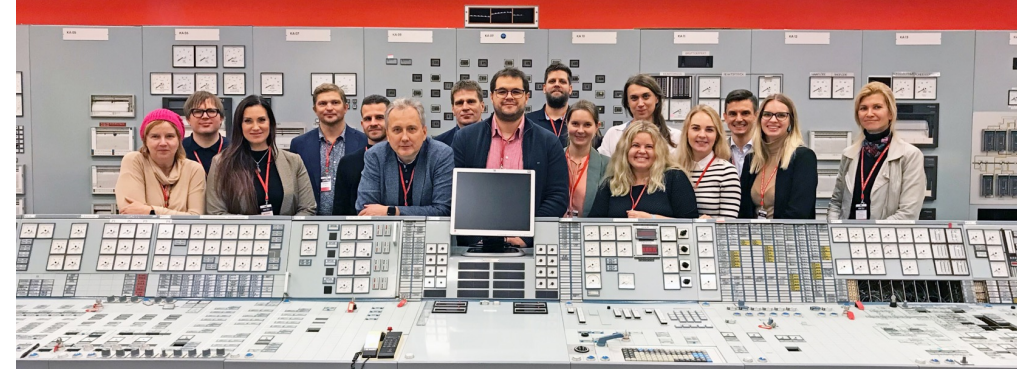
Kuidas tööjõud koolitada?

- **Lühike koolitusaeg**
 - Enamus kompetentside jaoks on Eestis juba täna vajalik haridus- ja koolitussüsteem olemas
 - Eestis on hulk tuuma ja kiirguseksperte juba täna
- **Keskmise pikkusega koolitusaeg** (et täita puudujääke):
 - Olemasoleva tööstuspersonali ümberõpe (põlevkivi, keemiatööstus, energeetika)
 - Koolitused ja välisekspertide kaasamine (teatud spetsiifilistes rollides)
- **Pikaajaline koolitus:** Vajadus väliste ekspertide abi järele kahaneb ajas kui kodumaine oskusteave välja kujuneb (seda on näidanud teiste riikide kogemus)



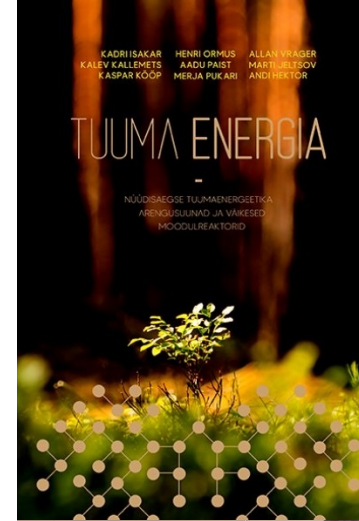
Inimressursi arendamine: Mida juba teeme (1/2)

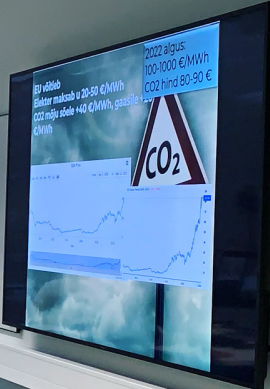
- Loengud ülikoolides
 - “Kaasaegne tuumaenergia” (TalTech, Fermi)
 - “Reaktorifüüsika” (TalTech, KBFi)
 - “Tuumatehnoloogia seminar” (UT, Fermi)
 - Õppeaine välja töötamisel (TalTech Virumaa Kolledž, Fermi)
- Suve- ja sügiskoolid toimunud 6 korda, kokku 200+ osalejat
- Stipendiumid
 - Fermi Energia stipendium tuumaenergeetika magistriõpinguteks, igal aastal 2 tudengile, 1000 €/kuus kaheks aastaks
 - Akad. Anto Raukase nimeline stipendium koostöös Teaduste Akadeemiaga



Inimressursi arendamine: Mida juba teeme (2/2)

- Loengud Eesti koolides Fermi Energia spetsialistid on käinud enam kui 60 üldhariduskoolis üle Eesti. Eesmärk 100% Eesti koolidest ja jätkata.
- Seminarid ja tuumajaamade külastused ettevõtjatele, ametnikele, poliitikutele, kohalikele elanikele ning akadeemiale
- Fermi Energia iga-aastane konverents
- Raamat „TUUMA ENERGIA“
- Fermi töötajate erinevad rahvusvahelised koolitused näiteks IAEA's või rahvusvaheliste partnerite juures KSUs Rootsisis ning USAs GE Hitachi reaktorite operaatorite ja hooldusmeeskonna koolituskeskustes





Inimressursi arendamine: Järgmised sammud

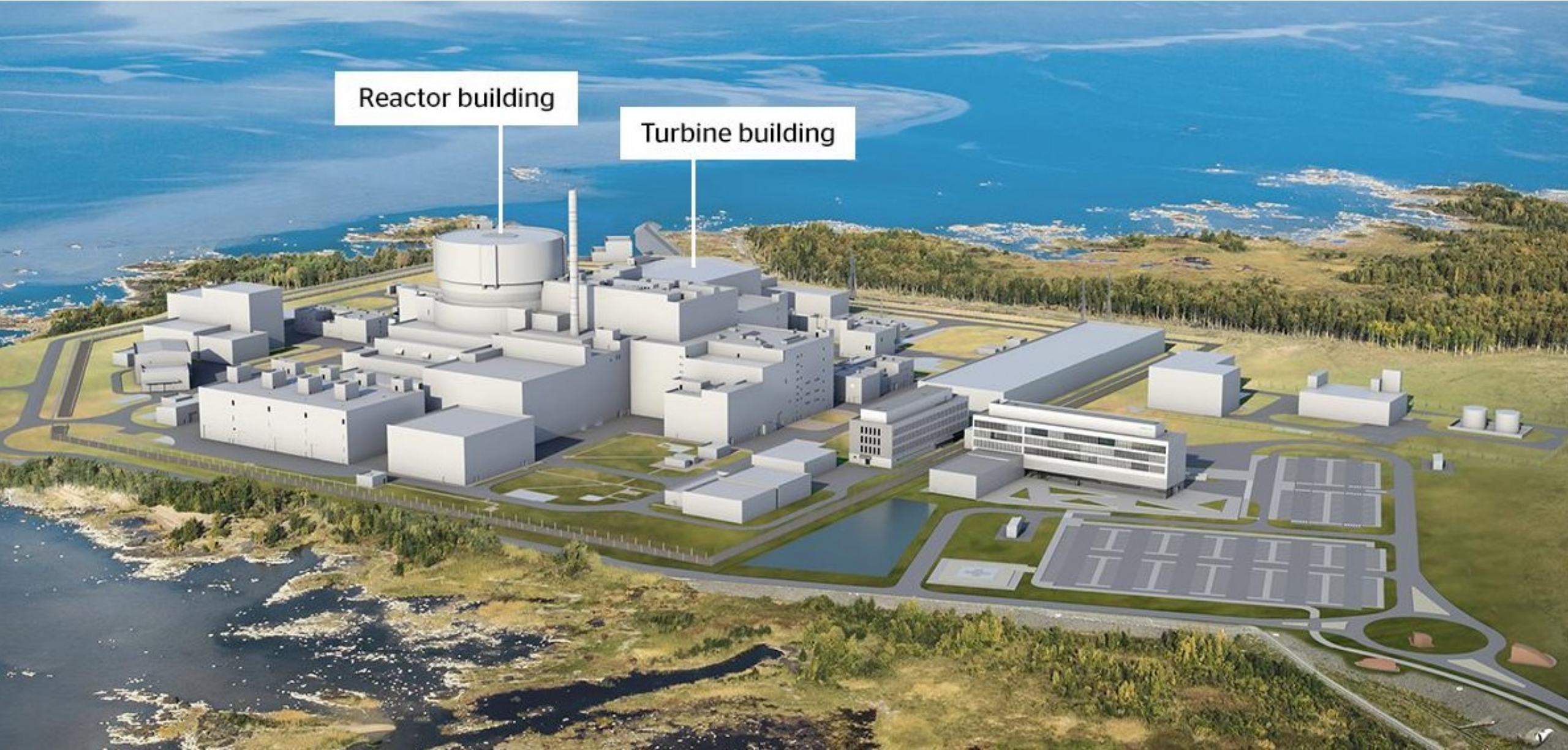
- Detailsem mehitus ja koolitus plaan vastavalt valitud tehnoloogia vajadustele koostöös GE Hitachiga
- Täiendavad õppeained Eesti ülikoolides ja õppeasutustes
- Ümberõppe- ja täiendkoolitusprogramm Eesti tööstuses olemasoleva tööjõu kaasamiseks koostöös Rootsi KSU ja TalTech Virumaa Kolledžiga
- Väikereaktori operaatorite värbamine ja koolitused koostöös GE Hitachi ja KSUga





**MÕNED NÄITEID
ERINEVATEST TÖÖDEST
TUUMAJAAMADES**

Fennovoima Hanhikivi-1 tuumajaama arenduprojekt VVER 1200 MWe (3200 MWth)



Preparatory construction work continued at the project site in Pyhäjoki



In the plant supplier's support functions area, construction work on the reinforcement workshop and the anticorrosion treatment workshop continued. In addition, the plant supplier began the construction of storage areas and workshops, which will be used for the storage of plant components.



In the sea area, the RAOS Project continued with the water construction work and dredging of the nuclear power plant's cooling water discharge channel, the cooling water intake structures, and the construction work of the harbor.



Staff facilities for a total of 2,500 people as well as a canteen have been built to the project site.



Lehto Group began the construction of Fennovoima's administration building in August 2020. The administration building is planned to be completed at the first half of 2022.

Fennovoima Hanhikivi-1 tuumajaama
ehitusplats, Soome





Olkiluoto 3 tuumajaama simulaator, Soome

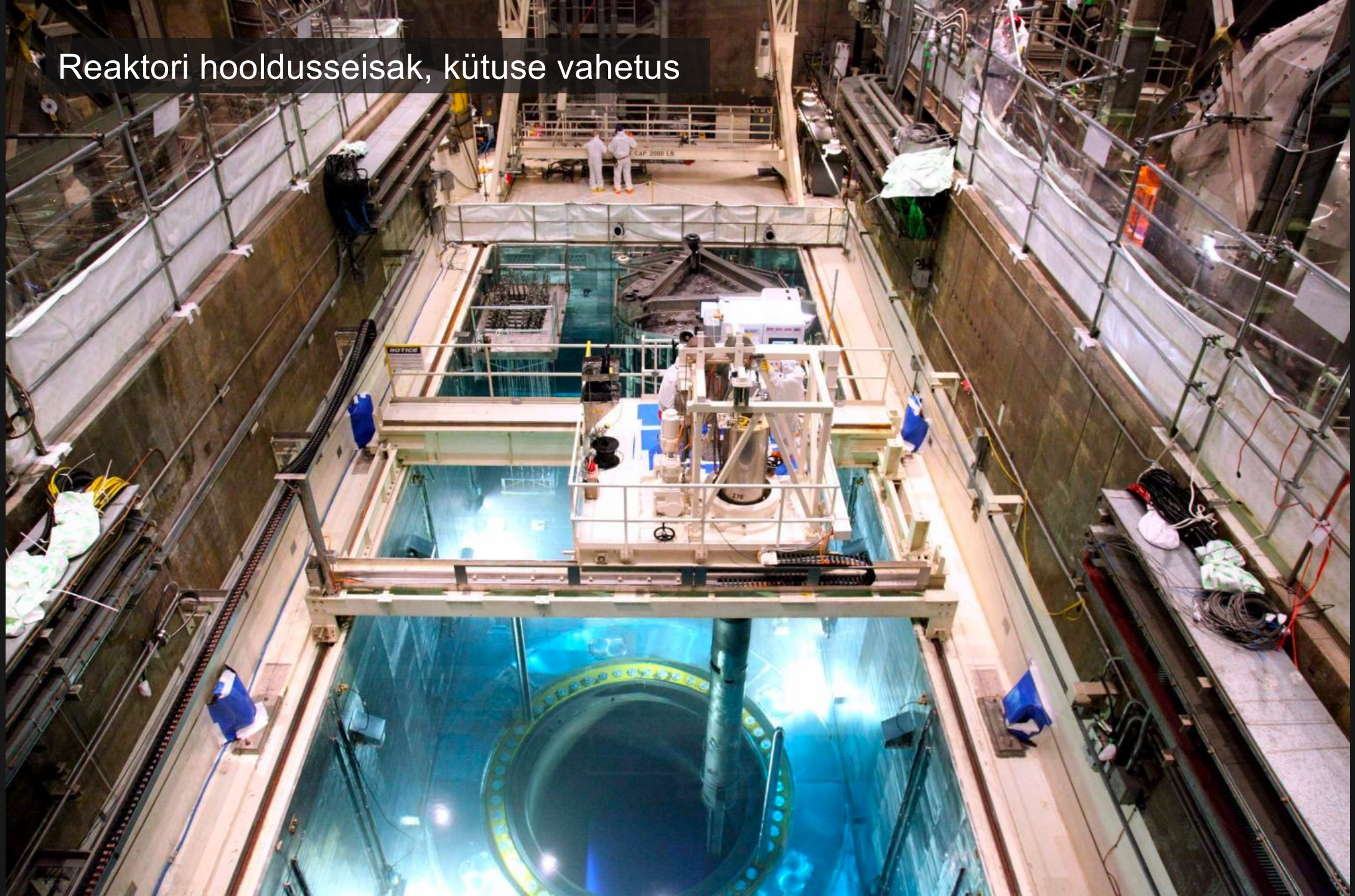


Loviisa tuumajaam. Vahetuse vanem jälgib reaktori ja turbiini operaatorite tööd.



Loviisa tuumajaam. Kontrollruumitehnik käitleb mitmesuguseid abisüsteeme, näiteks kliimaseadet, ning teostab süsteemikatseid, eraldusi ja taastamisi.

Reaktori hooldusseisak, kütuse vahetus





Erinevad testimised ja uuringud laboris (Hot cell)

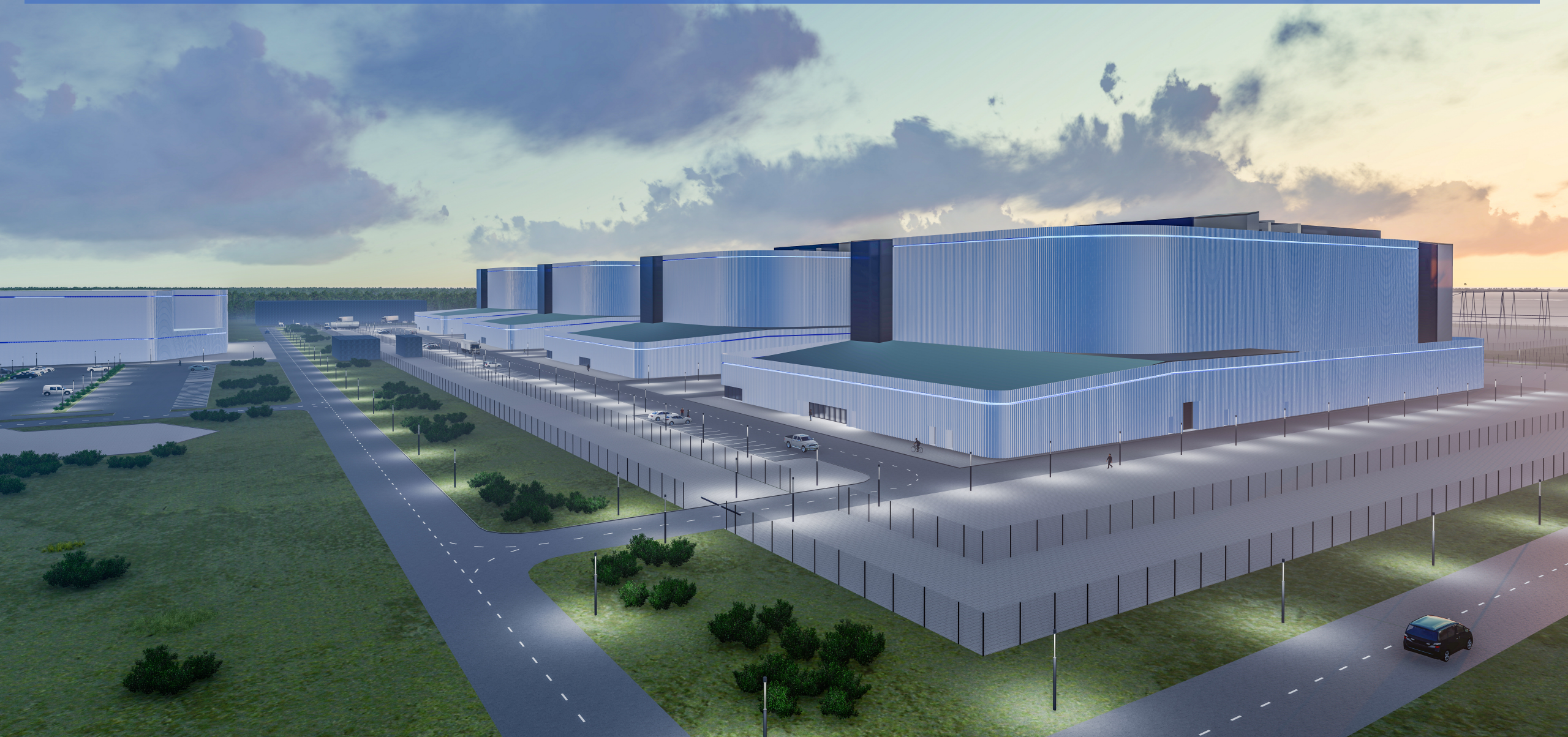
Rahvusvahelise Aatomienergia Agentuuri (IAEA) inspektorid kontrollivad regulaarselt tuumajaamasid ja seotud rajatisi.



Rahvusvaheline koostöö, konverentsid, töörühmad, koolitused jne.



KOKKUVÕTTEKS: Tuumaenergeetika on väga mitmekülgne, HighTech ja seal leidub palju võimalusi erinevate valdkondade spetsialistidele.



A blue-tinted photograph of a surgical team in an operating room. The team is positioned around a patient, with several surgeons visible, some wearing masks and caps. The scene is dimly lit, with the primary light source being the overhead surgical lamps. The word "LISAKS" is overlaid in large, white, bold, sans-serif capital letters in the center of the image.

LISAKS

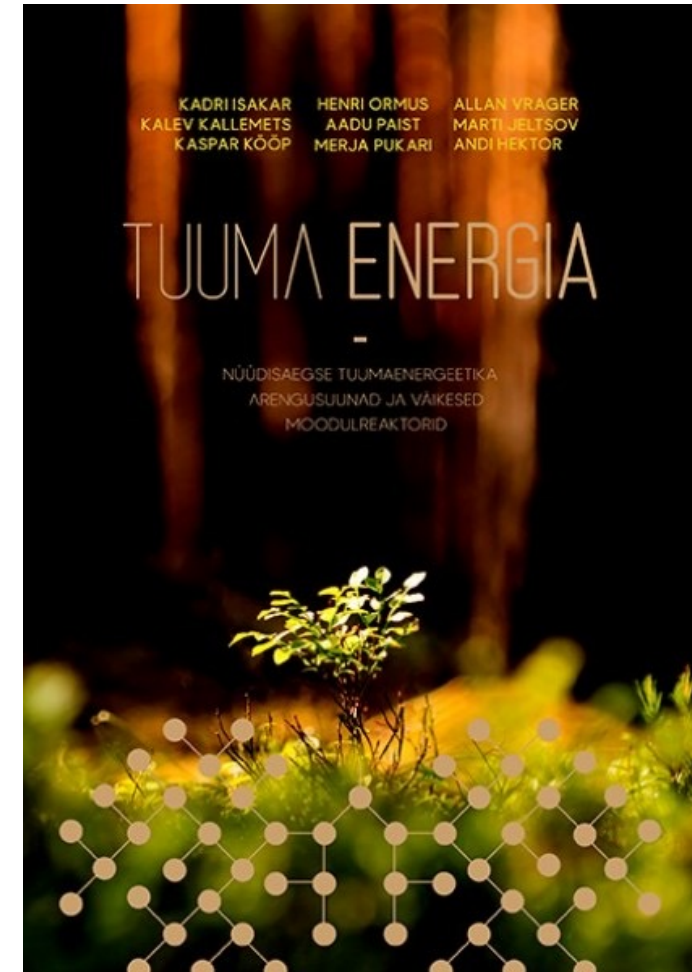
Kes teist on huvitatud õppima tuumaenergeetikat või sellega seonduvat?

- Vaata: Fermi Energia stipendium magistrantidele ([LINK](#))
- Sealt leiad ka erinevad tuumavaldkonnaga seotud magistriprogrammid



Kasulikku lugemist:

- [Milestones in the Development of a National Infrastructure for Nuclear Power](#)
- <https://fermi.ee/publikatsioonid/>
- [Fermi Energia 2020. aastal tehtud ja tellitud uuringute eestikeelne kokkuvõte](#)
- [Teostatavusanalüüs väikse moodulreaktori \(VMR\) sobivusest Eesti energiavarustuse tagamiseks ja kliimaeesmärkide täitmiseks 2030+](#)
- [Necessary state competences and their development, Vesa Suolonen, VTT Technical Research Centre of Finland Ltd](#)
- [Development of an SMR programme competence, Olli Kymäläinen, Nici Bergroth, Fortum](#)
- [Raamat: Tuuma energia](#)



Noorte meelespea:)

1. Minge õppima
energeetika/füüsika erialasid ja
kandideerige Akad. Anto Raukas
nimelisele stipendiumile
fermi.ee/raukas
2. Välismaale tuumamagistrisse
Fermi Energia Stipendiumiga
fermi.ee/stipendium
3. Kuulake Reaktori Reedet
fermi.ee/reaktorireede
4. Teema huvitab? Vaata, jälgi, liitu:
facebook.com/Tuumanoored
5. Põhiteemad selgeks:
moodulreaktor.ee



Aitäh!

