



Tööstuse teekaart

Rohetiiger koostas Kliimaministeeriumi ettepanekul Tööstuse ja ringmajanduse teekaardile kaks lisapeatükki:

1. Tööstussümbioos (lk 1-18)
2. Tehnoloogiad tööstuses (lk 18-27)

Eesti töötleva tööstuse areng ja tööstussümbioosi roll selles

Preambula

Kliimaministeeriumis on valmimas Kliimakindla majanduse seadus ja selle raames on koostamisel ka valdkondlikud teekaardid, sh. tööstuse teekaart. Teekaardi koostamist koordineerib ja teekaarti koostab Kliimaministeerium.

Rohetiiger on koostanud mitmeid teekaarte „alt-üles“ põhimõttel, st. lähtudes ettevõtjate realistlikust arusaamast valdkonna kujunemise võimalustest ja vajadustest Eestis, kuid olles samas kooskõlas tasakaalus majanduse põhimõtetega, kus igasugune majandustegevus peab mahtuma looduse taastumisvõime piiridesse.

Käesoleva kontseptsiooni eesmärgiks on aidata kaasa kliimakindla majanduse seaduse tööstuse teekaardi koostamisele, tuginedes Rohetiigri teadmiste ja kogemuste varasematest teekaartidest ning arusaamale töötleva tööstuse võimalustest ja piirangutest Eestis. Kontseptsioon ei ole kindlasti sektori põhjalik ja terviklik analüüs ning teaduslik-statistiline prognoos ja ka ei pretendeeri sellele. Tegemist on võimaliku visiooni kirjeldusega koos mõnede näidete, suuniste ja soovitustega mida oleks otstarbekas KKMS teekaardis kasutada.

I Töötleva tööstuse areng

Taust – tööstuse praegune struktuur lisandväärtuse põhjal

2025. aasta teise poole andmetel moodustab Eesti majandusest 75% teenindussektor ja 25% tööstus- tootmisektor (koos energeetikaga), töötleva tööstuse osakaal on ca 12,5%. Statistikaameti andmetel oli töötleva tööstuse lisandväärtus 2024. aasta andmete põhjal 4,7 miljardit eurot.

Riiklikul tasandil on töötleva tööstuse statistikat ajalooliselt korjatud ja jälgitud EMTAKi klassifikatsiooni järgi – st. ettevõtte müügitulu ja lisandväärtus on selle jaotuse all, mis on märgitud ettevõtte põhitegevusalaks EMTAKi järgi. Tulenevalt võib asjasse pühendamata inimesele – ja ka ettevõtetele

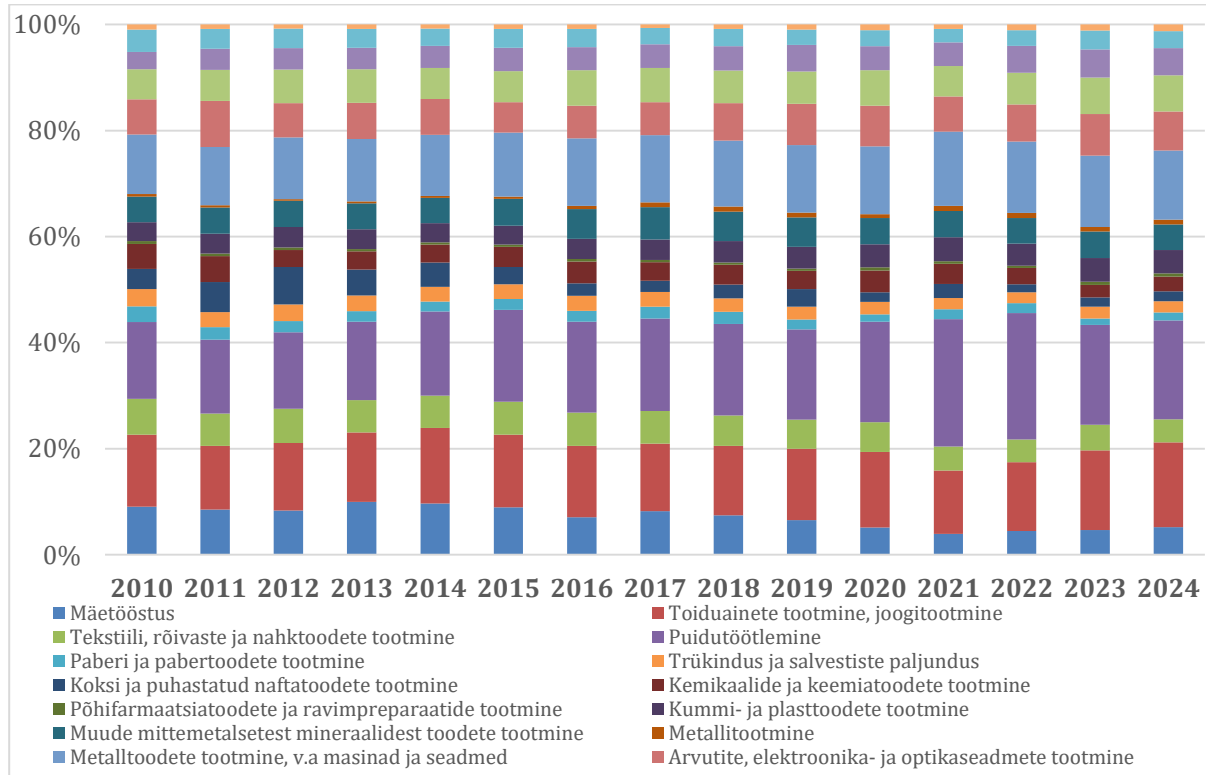
endale – olla keeruline aru saada, et millise jaotuse alt üht või teist ettevõtet otsida. Samuti ei ole statistilisel tabelil otsest seost erialaliitudega. Näiteks Masinatööstuse Liidu ettevõtteid leiab 6 jaotise alt, Rohetehnoloogiate Liidu ettevõtteid leiab liidu 2026. aasta andmebaasi põhjal hulgikaubandusest kuni inseneriteenusteni, kusjuures suure osakaaluga on teadustegevus tehnoloogia alal (EMTAK 72101). Kaitsetööstuse ettevõtted Eesti Arsenal ja Defsecintel Solutions leiab jaotise 28 alt – mujal liigitamata masinate tootmine. Sama jaotise alt leiab ka eelmise aasta parima eksportööri Tech Group ASi, kuigi esimesel hetkel neid samasse kategooriasse kaitsetööstusettevõtetega ehk ei oskaks liigitada.

Aasta töösturi Mart Ustavi farmaatsiatööstust Icosagen ei leia tööstuse valdkondadest vaid hoopis kategooriast EMTAK 72101 – teadus- ja arendustegevus, loodus- ja tehnikateaduste valdkonnas. Tööstuse alt ei leia ka vanametalli ja erinevate jäätmete töötlemist, mis tuleviku ringmajanduse seisukohalt kindlasti töötleva tööstuse alla võiks minna. Praegu on need tegevused kategooria all EMTAK 38 – jäätmete kõrvaldamine, kogumine ja taaskasutamine. Ei kajastu tööstuse statistikas ka palju räägitud Narva NEO magnetitehas – tehase tegevus on hoopis jaotuse all hulgikaubandus - muude keemiatoodete hulгимүүк. Skeleton Technologies Grup on samuti mitte tööstuse kategooria all vaid sarnaselt Icosageniga teadus- ja arendustegevuse all (EMTAK 72191).

Ülaltoodult arvesse võttes tuleb esitatud statistikasse ja ka selle põhjal tehtud prognoosi suhtuda kas teatud ettevaatlikkuse või siis sügava pühendumusega, sest üldlevinud arusaam tegevusest ei pruugi kattuda põhitegevusala tegeliku klassifikatsiooniga. Samas on see andmebaas olemas ja põhjalik ning mõistliku vea piires teatud reservatsioonidega ka täiesti kasutatav. Paremat pole kuskilt võtta ka.

Joonisel 1 on esitatud töötleva tööstuse struktuur lisandväärtuse järgi jooksevhindades EMTAKi klassifikatsiooni põhised. Skaalaks on valitud mitte absoluutarvud, vaid 100% - see aitab jälgida erinevate jaotiste osakaalude muutumist ajas.

Joonis 1. Töötleva tööstuse struktuuri muutumine lisandväärtuse põhised



Töötleva tööstuse kogu 4,7 miljardilisest lisandväärtusest (2024) annavad suurima – igaüks üle 200 miljonilise, kokku ca 75% kogu lisandväärtusest - panuse:

- | | |
|---|--------------|
| 1. Puidutöötlemine, välja arvatud mööbel | 740 miljonit |
| 2. Toiduainete ja joogitootmine | 633 miljonit |
| 3. Metallitoodete tootmine, v.a. masinad ja seadmed | 516 miljonit |
| 4. Elektroonika, arvutite ja optika tootmine | 294 miljonit |
| 5. Masinate ja seadmete remont ja paigaldus | 289 miljonit |
| 6. Elektriseadmete tootmine | 271 miljonit |
| 7. Mööbli tootmine, muu tootmine | 264 miljonit |
| 8. Mäetööstus | 208 miljonit |
| 9. Muude masinate ja seadmete tootmine | 203 miljonit |

Kuna mäetööstus Eestis on väga suures osas seotud põlevkiviõli tootmisega, siis on mõistlik mäetööstuse lisandväärtust ja arengut vaadata koos koksi ja puhastatud naftatoodete tootmisega (kuhu jaotisesse põlevkiviõli tootmine kuulub), mille lisandväärtus oli suhteliselt väike - 73 miljonit eurot.

Ülejäänud valdkondade panus lisandväärtusesse on 2024. aasta andmete põhjal alla 200 miljoni ja neid valdkondi selles dokumendis lihtsustamise mõttes ei vaadelda, välja arvatud erandid, kus valdkonna proportsioon tulevikus eeldatavalt märkimisväärselt kasvab.

Näitlikustamiseks ülaltoodud loetelu on allpool toodud mõned valikulised näited tuntud ettevõtetest nendes jaotistes (mitte prioriteetsuse või osatähtsuse järgi, lihtsalt näitena):

1. Puidutöötlemine – Harmet, Arcwood - Peetri Puit, Graanul Invest
2. Toiduainete ja joogi tootmine – MAAG, A Le Coq, E-piim, Eesti Pagar
3. Metalltoodete tootmine – Fortaco, Estanc, Kohimo
4. Elektroonika, arvutite ja optika tootmine – Ericsson, Incap Electronics
5. Masinate ja seadmete remont ja paigaldus – BLRT, Magnetic MRO
6. Elektriseadmete tootmine – ABB, Harju Elekter
7. Mööbli tootmine, muu tootmine – Standard, Jalax
8. Mäetööstus – Eesti Killustik, VKG Kaevandused, Tootsi Turvas
9. Muude masinate ja seadmete tootmine – Tech Group, Cleveron

Põhitegevusalade määratlusel võib olla palju erinevaid tagamaid ning registripõhist põhitegevusala võib ettevõtte ka muuta – näiteks teadus-arendustegevusest mingis valdkonnas tootmisettevõtteks. See on loomulik ja tulevikuvisionone koostades tuleb sellega ka arvestada.

Tööstuse fookusvaldkondade valiku vajalikkus

Kõik töötleva tööstuse valdkonnad annavad oma panuse riigi majandusse ning seetõttu oleks küüniline öelda, et mõni valdkond ei ole üldse tähtis – kindlasti on ja võib vabalt olla, et mõnel üsna väikese panusega valdkonnal või seda esindaval ettevõttel on näiteks regionaalselt suur tähtsus. Siiski on riigi seisukohalt mõistlik suunata tähelepanu ja toetus valdkondadele, mis on riigi majanduse seisukoha pealt kõige tähtsamad. Selliste fookusvaldkondade valik on alati keeruline ning läbipaistvuse mõttes ning segaduse vältimiseks peaks valik põhinema selgetele kriteeriumitele. Viimased võivad ajas küll muutuda, kuid ei tohiks muutuda liiga kiiresti. Soovituslikud kriteeriumid on järgnevad (mitte prioriteetsuse järjekorras):

- Müügitulu ja lisandväärtuse proportsioon kogu töötleva tööstuse suhtes;
- Lisandväärtuse suhe kogu müügituluse;
- Kasvupotentsiaal 10-15 aasta perspektiivis;
- Lisandväärtus töötaja kohta;
- Ressursi tootlikkus ja energiasääst (toodangu ühiku kohta minimaalselt ressursi ja energiat);
- Konkurentsieeliste olemasolu (teadmised, ressurss, tööjõud jms.).

Kriteeriume ja alamkriteeriume võiks olla kümneid ja sadu ning võiks minna väga spetsiifiliseks – suures pildis puudub selliseks detailsuseks vajadus ja täiesti piisab ka ülaltoodud selgesti väljendatavatest näitajast. Nende näitajate põhjal saab panna valdkonnad pingeritta ja põhjendatult ning emotsioonideta valida 5-7 fookusvaldkonda, milledele keskenduda.

Majanduse edu suhtes annab tulemust strateegia „Support the Best“ ehk „Toeta parimat“. Jagades tähelepanu ja piiratud ressursse kõigi valdkondade peale, on märkimisväärse edu saavutamise tõenäosus kasvõi mõnes valdkonnas pea olematu, eriti pidades silmas Eesti suurust ja võimalusi. Eelkõige väikeses riigis tuleb keskenduda sellele, kus on võimalused ja potentsiaal ning konkurentsieelised kõige suuremad. Järeleaitamistunnid ja toetused hääbuvatele tootmistele või majandusharudele võivad tunduda küll populaarsed ja vajalikud, kuid majanduse tuleviku koha pealt seda tarvis ei ole ja selliseid tegevusi tuleb vältida.

Allpool on näitlikult analüüsitud fookusvaldkondade valikut lähtuvalt mõnest ülaltoodud kriteeriumist.

Kriteerium 1. Müügitulu ja lisandväärtuse absoluutväärtus ja ka proportsioon näitab kui suurt rahalist mõju üks või teine valdkond omab kogu töötleva tööstuse sektoris praegusel hetkel. See on oluline näitaja, kuid seda peab vaatama koos tuleviku perspektiiviga – täna suur tegija ei pruugi seda enam olla aastal 2040 tulenevalt majanduse trendidest Eestis, Euroopas ja maailmas üldse. Absoluutväärtuse järgi on prioriteetid fookusvaldkondade valiku jaoks lisandväärtuse põhjal toodud lehekülj 3 olevas loetelus, proportsiooni järgi joonisel 1. Allpool on järjestus müügitulu põhjal (2023 statistikaameti andmetel):

1. Puidutöötlemine, v.a mööbel	3,4 miljardit
2. Toiduainete ja joogitootmine	2,7 miljardit
3. Metalltoodete tootmine	1,9 miljardit
4. Elektroonika, arvutite ja optika tootmine	1,5 miljardit
5. Elektriseadmete tootmine	1,1 miljardit
6. Masinate ja seadmete remont ja hooldus	0,8 miljardit
7. Muude masinate ja seadmete tootmine	0,7 miljardit
8. Mööbli tootmine, muu tootmine	0,6 miljardit

Täienduseks – tootmise alla praegu mitte kuuluva jäätmete kogumise, taaskasutuse ja käitluse müügitulu on 0,6 miljardit. Edaspidi peaks see jaotus kuuluma tööstusvaldkonda – eriti arvestades ringmajanduse arenguid.

Arvestades nii müügitulu kui lisandväärtust tinglikult koos, võiksid 5 esimest fookusvaldkonda esimese kriteeriumi põhjal olla:

- Puidutöötlemine
- Toiduainete ja joogitootmine
- Metalltoodete tootmine

- Elektroonika, arvutite tootmine
- Elektriseadmete tootmine

Kriteerium 2. Lisandväärtuse suhe kogu müügitulusse on tulevikuvaates kõige olulisim näitaja. Eesti töötlevas tööstuses statistikaameti andmeil viimastel aastatel ca 24-25% keskmiselt. Ei ole palju valdkondi, kus see proportsioon on oluliselt kõrgem keskmisest, nendeks valdkondadeks on ülaltoodud valikust esimesed 5 parimat:

• Masinate ja seadmete remont ja paigaldus	32%
• Mööbli tootmine, muu tootmine	31%
• Muude masinate ja seadmete tootmine	30%
• Metalltoodete tootmine, v.a.masinad	28%
• Elektriseadmete tootmine	26%

Ülejäänud töötleva tööstuse valdkondadel on see näitaja alla keskmise, sh. puidutöötlemisel 21% ja toiduainete tootmisel 18%. Viimase puhul on see täiesti arusaadav ja põhjendatud arvestades toidutootmise spetsiifikat. Võrdluseks teadus- ja arendustegevuse (kuhu kuuluvad praegu ka Skeleton ja Icosagen ning paljud rohetehnoloogia ettevõtted) jaotuses on lisandväärtuse suhe kogu müügitulusse 73-76%. Samasuguse näitajaga on ka insenerteenuste müük.

Kriteerium 3. Kasvupotentsiaali prognoosimine tuleviku vaates on alati vähemalt osaliselt subjektiivne ning ka vaieldav. Samas on olemas kogemustel põhinevad teadmised ning juba käimasolevad muutused, mis aitavad prognoose realistlikumateks kujundada. Lisaks on teada ka näiteks Euroopas ette valmistatavad regulatsioonid ja suundumused, mis mõjutavad Eestit nii osaliselt kui kaudselt. Kõik prognoositav ei pruugi mõistagi realiseeruda, kuid hetke teadmiste põhjal on suurusjärgulist prognoosi töötleva tööstuse jaotuste kasvupotentsiaalile võimalik anda.

Joonisel 2 on kujutatud tööstuse struktuuri võimalik muutus perioodil 2025-2040. Kõigi eraldi näidatud jaotuste absoluutarvuline väärtus perioodil suureneb ja nii suureneb ka summaarne töötleva tööstuse müügitulu ning lisandväärtus. Joonisele on lisatud 2 praegu töötleva tööstuse all mitte olevat jaotust – jäätmete kogumine ja taaskasutus ning teadus- ja arendustegevus.

Kasvu põhjused ja mahud on kriteeriumite kaupa aga erinevad, näiteks:

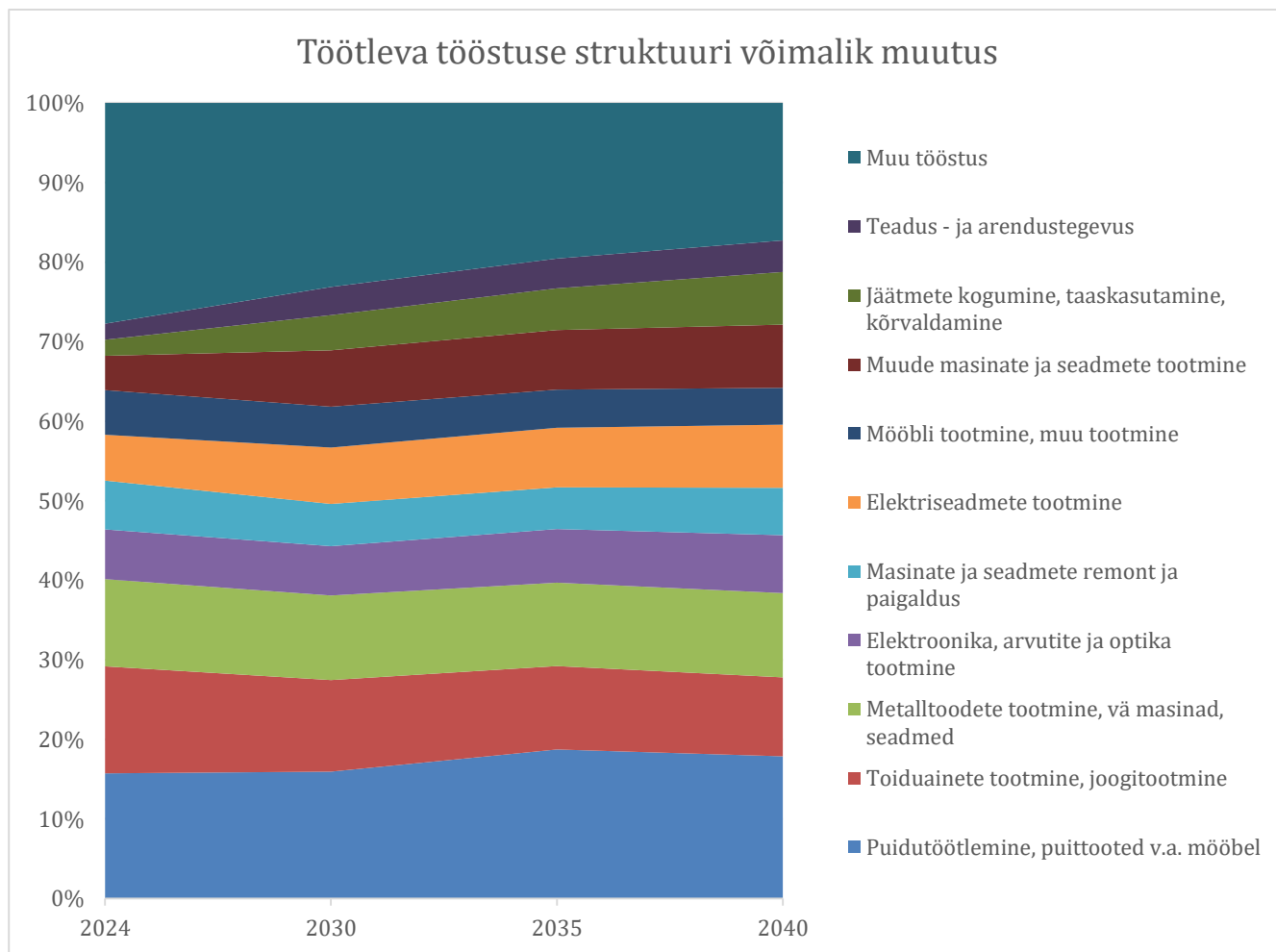
- Kasv saavutatakse lisandväärtuse suhte müügitulusse paranemisel – puidutöötlemine; jäätmete kogumine, taaskasutamine, kõrvaldamine;
- Kasv saavutatakse samaväärse lisandväärtuse suhte hoidmisel ja müügi mahul kasul – toiduainete tootmine; metalltoodete tootmine; masinate ja seadmete remont ja paigaldus; elektriseadmete tootmine, teadus- ja arendustegevus;
- Kasv saavutatakse mõlema näitaja paranemisel – elektroonika, arvutite ja optika tootmine;
- Stabiilsus nii müügitulu kui lisandväärtuse osas – mööbli tootmine.

Ülejäänud töötleva tööstuse osas mõne kriteeriumi näitajad kahanevad, mõned kasvavad, absoluutväärtuses on lisandväärtus samal tasemel, kuid arvestades ülaltoodud valdkondade kasvuga, kogu ülejäänud tööstuse lisandväärtuse proportsionaalne osa ajas kahaneb.

Kasvupotentsiaali järgi parimad valdkonnad kolmanda kriteeriumi põhjal on:

- Jäätmete kogumine, taaskasutamine, kõrvaldamine
- Teadus- ja arendustegevus ning inseneriteenused tööstusele
- Muude masinate ja seadmete tootmine
- Elektriseadmete tootmine
- Elektroonika, arvutite ja optika tootmine
- Puidutöötlemine, puittoodete tootmine
- Metalltoodete tootmine

Joonis 2. Töötleva tööstuse struktuuri võimalik muutumine 2025-2040



Kriteeriume 4, 5 ja 6 ei ole käesoleva töö mahu tõttu põhjalikult käsitletud ega analüüsitud – see jääb edaspidiseks.

Kriteerium 4. Lisandväärtus töötaja kohta on Eesti töötlevas tööstuses madal, olles vaid veidi üle poole Euroopa Liidu keskmisest. Kõrgeim lisandväärtus töötaja kohta on Eestis elektroonikatööstuses, ületades Euroopa Liidu keskmist paarikümne protsendi võrra. Samuti on Eestis masinate ja seadmete tootmise ettevõtteid, kus lisandväärtus ületab Euroopa Liidu keskmist. Üldiselt on aga töötlevas tööstuses Eestis kasvuruumi küllaga ja arendades fookusvaldkondi, on võimalik saavutada märkimisväärne lisandväärtuse tõus 5 aastases perspektiivis, edaspidi tõusunurk mõistagi langeb – lihtsam on jõuda madalalt tasemelt keskmisele kui niigi healt veelgi paremale.

Kriteerium 5. Ressursi tootlikkus ja energiasääst on olnud Eestis tähelepanu all pikalt (sh. KIKi energia- ja ressursitõhususe toetused) ja paljudes tootmisettevõtetes on saavutatud märkimisväärne efektiivsus. Siiski on sektori üldine ressursi tootlikkus madal ja kasvuruumi Euroopa Liidu keskmiseni jõudmiseks on reipalt. Energia kasutamise ja säästu osas on samuti väga häid näiteid.

Tuleviku Eesti tööstuse fookusvaldkondade märksõnadeks on tark tööstus, ressursi täppiskasutus ja minimaalne energiakulu. Ressursi- ja energiamahukas tootmine, eriti aga ressursi ja energia raiskamine, ei ole väikesele ja arenenud majandusega riigile ei sobilik ega jõukohane.

Kriteerium 6. Konkurentsieelised tööstuses tulevad teadmistest-kogemustest-oskustest ja saada olevatest ressurssidest, seda sõltumata riigist. Lisaks teadmiste kasutamise ja rakendamise oskus ning ettevõtlikus ning ärilised oskused. Eesti puhul on nüüd ja ka edaspidi üheks saada olevaks ressursiks puit. Seda tuleb kasutada koguses, mis üldist puidu tagavara ei vähenda ja maksimaalselt hästi. Tööstust puudutavate teadmiste ja oskuste poole pealt on Eestis märkimisväärselt hea tase ja ka potentsiaal masinate ja seadmete tootmises, metallitööstuses, elektroonikatööstuses, puidutööstuses. Suur kasutamata potentsiaal on jäätmete taaskasutuses ja kogumises (sh. vanametall ja tekstiil).

Eestis on tihtipeale puuduseks koostöö valdkonna ettevõtete vahel – tegutsetakse üksi ja ollakse pigem konkurendid. Sellisel moel tulevikus edu ei saavuta. On küll ka häid näiteid ning viimasel ajal on olukord paranemas. Põlvkondade vahetus omanike/juhtide hulgas aitab siin positiivset muutust tuua ja nii on potentsiaal ärilist rahvusvahelist edu saavutada suurem.

Kriteeriumite 4,5,6 üldistaval kokkuvõttel võiksid fookusvaldkondade valikul enim punkte saada:

- Elektroonika, arvutite ja optika tootmine
- Masinate ja muude seadmete tootmine
- Elektriseadmete tootmine

Fookusvaldkondade esialgne valik

Valides Eesti jaoks fookusvaldkondi, tuleb igal juhul pöörata tähelepanu sellele, milles Euroopa Liit tugev on ja milliseid valdkondi Euroopa Liit plaanib lähiajal tugevdada ning arendada. EL on tugev ja panustab ka edaspidi järgmistele valdkondadele:

- Masinatööstus
- Taastuenergia (nii tehnoloogia kui tootmine)
- Farmaatsiatööstus
- Aero-Space
- Keemiatööstus/materjalitööstus
- Rohetehnoloogiad
- Kaitsetööstus (jaguneb mitmete praeguste valdkondade vahel)

Tuginedes eelnevalt kirjeldatule, on Eesti tööstuse tulevikku ning majandust laiemalt silmas pidades otstarbekas valida teadlikuks arendamiseks järgnevad fookusvaldkonnad EMTAKi jaotiste järgi (mitte prioriteetsuse järjekorras):

- Puidutöötlemine, puittoodete tootmine + puitmööbli tootmine
- Masinate ja muude seadmete tootmine
- Elektroonika, arvutite ja optika tootmine
- Jäätmete kogumine ja taaskasutus
- Teadus- ja arendustegevus ning inseneriteenused tööstuse valdkonnas
- Metalltoodete tootmine
- Elektriseadmete tootmine

Nendest valdkondadest täiesti piisab selleks, et fookus liiga laiali ei läheks ja selleks, et oleks võimalik saavutada märkimisväärset rahvusvahelist edu. Kriteeriumite täpsemal läbi kalkuleerimisel võib mõni valdkond ära langeda või mõni – praegu väiksem – valdkond juurde tulla. Näiteks on hea potentsiaal ka muude transpordivahendite tootmisel (EMTAK 30), kuigi lisandväärtuse panus 2024. üldisesse mahtu oli selles jaotises alla 50 miljoni. Siia jaotise alla käivad näiteks Baltic Workboatsi laevade tootmine ning ka osad kaitsetööstuse ettevõtted.

II Tööstussümbioos ja selle võimalused Eestis

Tööstussümbioosi olemus

Tööstussümbioos on defineeritud kui koostööpõhine lähenemine, kus traditsiooniliselt erinevad ettevõtted vahetavad või taaskasutavad ressursse – olgu selleks siis tootmisjäägid, energia, vesi, kõrvalsaadused, teadmised ja oskused, aga ka tootmisvahendid ning isegi tööjõud. Sellise lähenemise eesmärk on muuta tootmine tõhusamaks, vähendada keskkonnakoormust ja luua uusi majanduslikke võimalusi.

Erinevalt traditsioonilisest lineaarsest majandusest, kus ressursid liiguvad tootmisest tarbimisse ja seejärel jäätmetena keskkonda, võimaldab sümbioos ressursse lõpuni kasutada ning paremini ringluses hoida, samuti optimeerida logistikat.

Tööstussümbioosi põhimõtted on triviaalsed ja lihtsalt mõistetavad ning ei vaja lahtiseletamist:

- Ressursside ringlussevõtt ja jagamine ettevõtete vahel
- Kulude ja keskkonnamõju vähendamine
- Koostöö ja innovatsioon moel kus võidavad kõik osapooled ja saavad sellest ka aru ning lõpptulemusena on 1+1 suurem kui 2

Tööstussümbioosi kõige traditsioonilisemaks variandiks on tööstuspark, mille planeerimisel arvestatakse juba ette sümbioosi tekkimist ning luuakse teadlikult vajalikud eeldused. Selline park võib tekkida erinevatel praktilistel põhjustel, näiteks:

- Tööjõu lähedus (suurlinnade läheduses paiknevad pargid)
- Ressursi paiknemine (maavarade kasutamisest lähtuv park)
- Logistika eelised (sadamates ja raudteesõlmedes paiknevad pargid)
- Energia kättesaadavus (suurte energiatootjate läheduse ettevõtted)

Lisaks praktilistele põhjustele võib ja tuleb tööstussümbioosile hoogu anda ka regulatiivselt ja riiklikult, näiteks:

- Läbi õigusliku raamistiku, seda nii Euroopa, Eesti kui KOVi tasemel ühise eesmärgiga, et asjaajamine tööstussümbioosiga seotud ettevõtete ja organisatsioonide vahel oleks lihtne.
- Määrates Eesti sisese koordineerija, kellel oleks ülevaade võimalustest ning vajadustest ja kes aitaks, nõustaks ja suunaks sümbiooside juurutamist olemasolevates potentsiaaliga asukohtades ning aitaks uusi „sümbioosibebesisid“ esimeste sammude tekkimisel.

On arusaadav, et igast tööstuspargist ei kujune tööstussümbioosi – kõrvuti võivad olla ladu, kaubanduspind, töökoda jms., millede vahel ei ole mitte mingisugust muud sidet kui ühine alajaam, kanalisatsioon ja ühendusteel. Ka selline park võib olla vajalik ja ka tasuv, aga see ei ole sümbioos. Lihtsalt tühja koha peale ilma ühegi eeliseta tööstuspargi tegemisel ei teki ka sümbioosi. Tõhusa sümbioosi tekkimiseks on vajalik väga hea planeerimine juba pargi rajamisel.

Tööstussümbioos ei ole olemuslikult Eesti jaoks olulisem kui mõne teise riigi jaoks. Oluliseks saab ta siis, kui teda teadlikult tekitada ja ära kasutada. Ega liiga palju võimalusi ka ei ole.

Uusi Eesti tööstusparke planeerides ja arendades tuleb planeerida pargid sinna, kus on olemas eeldusi sümbioosi tekkeks (soovitused ja näited allpool). Pargi rajamisel saab ning tuleb orgaanilisi eeldusi võimendada ja suunata ning uusi eeliseid juurde tekitada. Ka ettevõtete valik parki peab olema sümbioosi arvestav. See võib küll tunduda pargi (era)arendajale piirav, aga annab sümbioosi ja sellel põhineva sünergia tekkeks aluse. Lihtsalt ruutmeetri eest parima hinna pakkujal põhinev pargi arendus sümbioosile väga kaasa ei aita.

Arusaadavalt tuleb sümbioosi tekitada ka juba olemasolevate ettevõtete vahel nende praegustes asukohtades. Selleks ei pea ilmtingimata uusi parke looma või ettevõtteid ümber paigutama.

Kuidas juba toimivad ettevõtted saavad sümbioosi rakendada?

Arusaadavalt tuleb sümbioosi tekitada ka juba olemasolevate ettevõtete vahel nende praegustes asukohtades. Selleks ei pea ilmtingimata uusi parke looma või ettevõtteid ümber paigutama. Järgnevalt on kirjeldatud põhilised sammud, millest alustada:

1. Kaardista oma ressursivood

Alusta oma ettevõtte sisendite ja väljundite analüüsist

- Sisendid: Milliseid toormaterjale, energiat, vett ja kemikaale kasutate?
- Väljundid: Millised jäägid, kõrvalsaadused, heitmed või kasutamata ressursid tekivad?

2. Tuvasta potentsiaalsed sümbioosipartnerid

Otsi ettevõtteid, kellel võiks olla potentsiaali ja huvi sinu poolt pakutava vastu:

- Kas sinu jäägid ja kõrvalproduktid võiksid olla kellegi teise tooraine või vastupidi?
- Kas mõni ettevõtte vajab energiat, mida sa üle toodad või kas on mõnel ettevõttel üle energiat, mida sina vajad?
- Kas teie vahel on geograafiline lähedus, mis muudab koostöö logistiliselt mõistlikuks?

3. Planeeri pilootprojekt

Ära püüa kohe kogu tootmist ümber kujundada. Alusta väikese katsega ning arvuta eelnevalt paberil läbi võimalik tulu endale ja partnerile:

- Valige üks jääk või kõrvalsaadus ja üks potentsiaalne partner.
- Testige, kas materjal sobib teise tootmisprotsessi.
- Hinnake kulusid, kvaliteeti ja logistikat.

4. Loo usalduslik koostöö

Sümbioos eeldab avatud suhtlust ja läbipaistvust:

- Sümbioos peab olema kasulik ja huvitav kõigile osapooltele.
- Sõlmige koostöölepingud, mis määratlevad vastutuse, kvaliteedinõuded ja tarneajad.
- Jagage andmeid ressursivoo kohta.
- Kaasake regulaarselt partnerid aruteludesse ja arendustegevustesse.

5. Kaasa eksperdid ja teadusasutused

Paremad ja keerukamad sümbioosivõimalused vajavad tehnilist arendust või ohutushinnangut:

- Tehnikakõrgkoolid, ülikoolid ja rakendusüringute keskused saavad aidata materjalide sobivuse hindamisel.
- Võimalik on taotleda toetusi teadus- ja arendustegevuseks.

6. Kasuta digiplatvorme ja võrgustikke

Eestis on sümbioosiplatvormide arendamine alles algusjärgus, kuid need on väga vajalikud sümbioosi laialdasemaks toimimiseks. Sellise platvormi ja digitaalse materjalipanga vajaduse tõi välja ka 2025. aastal Regionaalministreeriumi poolt tellitud ringbiomajanduse uuring.

Materjalivoog.ee on üks selline algatus Eestis, kuid praegu on pausil. Fractory Eestis on ja on olnud vastavasuunalisi algatusi Soomes ja mujal on häid näiteid:

- Materiaalitori.fi¹ – Soome platvorm ressursivahetuseks
- Excess Material Exchange² – Hollandi ressursivahetuse platvorm

7. Mööda ja jaga tulemusi

Sümbioosi mõju tuleb jälgida ja kommunikeerida:

- Koguge andmeid säästetud ressursside, kulude ja keskkonnamõju kohta. See on ka triviaalne majandusliku kasu arvestamiseks.
- Kasutage tulemusi turunduses ja ESG-raportites.
- Jagage edulugusid, et inspireerida teisi.

Mõistagi ei teki sümbioosi vägisi ja kohustuslikus korras. Selleks peab ettevõtte olema kas väga pakiline vajadus, mis sunnib sümbioosi otsima või – ja seda eelistatult – ettevõtte omanike ja juhtkonna tahtmine jätkusuutlikul moel tootmist käitada ja arendada.

Tööstussümbioosi rakendamisel esinevad riskid

Kõrvalt vaadates on tööstussümbioosil palju plusse ja miinuseid nagu polekski. Miks siis ikkagi ei ole see laialdaselt rakendatud? Üks peamisi põhjusi on kindlasti see, et ettevõtte toimib antud hetkel ju ilma sümbioosita ja häda pole midagi. Jäätmed ja kõrvalproduktid on arvestatud toote hinda ja müüa ju saab ning konkurentsis püstitakse. Miks siis peaks mingi täiendava ja tüütu kõrvaltegevusega veel tegelema hakkama? Ega alati ei peagi. Aga kui konkurent näiteks leiab tööstussümbioosist täiendavad eelised ja kasumlikkuse, siis see, kes sümbioosi ei kasuta, võib tulevikus kõrvale jääda.

Allpool on kirjeldatud riskid ja takistused tööstussümbioosi rakendamise teel. Oodatult on nad kohati vastandid ülalpool loetletud vajalikele eelistele.

¹ <https://materiaalitori.fi/>

² <https://excessmaterialexchange.com/>

1. Tehniline sobimatus ja kvaliteediküsimused

- Kõrvalsaaduste varieeruvus: jääkide koostis võib ajas muutuda, mis raskendab nende pidevat kasutamist teise ettevõtte tootmises.
- Materjalide sobimatus: mõni jääk ei pruugi tehnoloogiliselt sobida uueks sisendiks ilma keeruka töötlemiseta.
- Ohutusnõuded: kemikaalide või bioloogiliste jääkide puhul tuleb arvestada tervise- ja keskkonnariskidega.

Need riskid on tehniliselt lahendatavad ja pigem on küsimus selles, kas täiendav töötlemine tasub ära ja on mõistlik. Tehniliselt ja keemiliselt saab peaaegu kõike teha.

2. Õiguslikud ja regulatiivsed piirangud, sh. Jäätmeseadus ja lubade süsteem

Paljusid kõrvalsaadusi käsitletakse seaduse järgi jäätmetena, mis piirab nende liikumist ja kasutamist. (plastijäägid, põlevkivitööstuse jäätmed jne.). Jäätmete käitlemine tähendab automaatselt ka jäätmekäitlusega seotud lubade päris keerukat taotlemist. Kui soovid jäätmeid kellelegi teisele edasi anda ning veel hullem – kui soovid neid vastu võtta ja kasutada - vastuvõtjal peab tihtipeale olema jäätmekäitleja litsents. Sellise litsentsi saamiseks peab vastuvõtva ettevõtte toomine ja tehnoloogia vastama oluliselt teistsugustele nõuetele kui tavaline tootmisettevõtte. Ehk siis on tootmisjäätmete turule viimine ettevõtja jaoks tülikas ja bürokraatiamahukas. Tihtipeale siin lugu lõppebki.

Tänane seadusandlus eeldab, et ettevõtte teab ette, kellele ja kuidas ta oma tootmisjääke edasi müüb ja mis saab olema tulevane kasutusotstarve. Kui me soovime, et ettevõtjad saaks oma tootmisjääke vabalt turul pakkuda, siis tänase seadusandlusega on see võimalus liiga piiratud. See ei tähenda, et kõrvalsaaduste või jäätmete müüja ei peaks vastutama enda poolt müüdava ressursi kvaliteedinõuetele vastavuse eest – nagu vastutatakse toodete ja tootmise eest.

3. Usalduse ja koostöö puudumine

Eestis väga levinud ja arvestatav risk, kuid – rääkides eelkõige nooremate juhtide ja omanikega – põlvkondade vahetudes äris ollakse rohkem avatud ja koostööaldis ning saadakse aru täiendavatest võimalustest, mida koostöö pakkuda võib.

- Konkurentsihirm: ettevõtted ei pruugi soovida jagada oma tootmisandmeid või jääkide koguseid.
- Kommunikatsioonibarjäärid: erinevate sektorite vahel võib puududa ühine keel ja arusaam sümbioosi võimalustest.
- Kultuuriline vastupanu: mõned ettevõtted eelistavad traditsioonilisi ärimudeleid ega näe sümbioosis väärtust.

Näiteks väikeettevõtte võib peljata koostööd suure tööstuspartneriga, kartes kaotada kontrolli või sõltuda liigselt.

4. Majanduslik ebakindlus ja kaheldav tasuvus

Peale maksta sümbioosirõõmu eest ei soovi keegi. Motivatsiooniks peab ikka olema kas uue tulu tekkimine või mingi kulu ärajäämine.

- Investeeringute vajadus: sümbioosi rakendamine võib nõuda uusi seadmeid, ladustamispindu või logistikat.
- Tasuvuse ebamäärasus: pole kindel, kas kõrvalsaaduse väärimine toob piisavalt tulu või säästu ja seda jätkuvalt.
- Tururiskid: kui väga spetsiifiline sümbioosipartner lõpetab tegevuse, võib kogu mudel kokku kukkuda.

5. Sümbioosivõrgustike puudumine

Kuigi alati on võimalik sümbioosi tekitamine ühe või mitme huvitatud ettevõtte initsiatiivil, on suurema ulatuse ja jõuga – piirkondliku või riikliku – sümbioosi tekkeks sellest vähe. Vaja on võrgustikku. Iseenesest võrgustik ei teki ja sümbioos laiaulatuslikuks ei saa. Põhjused:

- Puudub keskne koordineerija: ilma vahendajata on keeruline leida sobivaid partnereid ja hallata koostööd.
- Digiplatvormide vähesus: Eestis puudub veel toimiv ressursivahetuse platvorm, mis ühendaks ettevõtteid.
- Andmete kaardistamata olek: paljud ettevõtted ei tea, milliseid ressursse teised kasutavad või vajavad.

Näide: Soomes toimib materiaalitori.fi, Eesti materjalivoog.ee on pandud pausile.

6. Teadmiste ja oskuste puudumine

Eeldades, et tahtmine on olemas, on vaja ka oskusi. Samas mõnel juhul pole alustamiseks mingeid suuri eriteadmisi või oskusi ka vaja. Kitsaskohtadeks võivad olla:

- Vähene teadlikkus: paljud ettevõtted ei tea, mis on tööstussümbioos või kuidas see neid aidata võiks.
- Puuduvad spetsialistid: sümbioosi rakendamine nõuab interdistsiplinaarseid teadmisi – inseneriteadus, logistika, keskkonnajuhtimine.
- Koolituste ja mentorluse nappus: sümbioosi alaseid koolitusi ja praktilisi juhendeid on vähe.

Näide: Ettevõtte võib vajada abi kõrvalsaaduse analüüsimisel, kuid ei tea, kuhu pöörduda.

Kuidas neid väljakutseid ületada?

Teadlikkus ja tahtmine on olemasolevate ettevõtete puhul võtmesõnadeks. Kui ettevõtte ei tea, millised võimalused on, siis ei saa tekkida ka huvi ja motivatsiooni neid võimalusi uurida ning kasutusele võtta, kui

just vajadus otseselt ei sunni. Teadlikkusele lisaks on alati hea stardirahastus, aga pikemad tegevustoetusmehhanismid tuleb ära jätta. Sümbioosi mõte on ennast ise ära tasuda.

Abiks on ka siinkohal üsna triviaalsed tegevused:

- Riiklik tugi: KIK ja EIS pakuvad rahastust, nõustamist ja võrgustike arendust. Sarnaselt ressursi – ja energiatõhususe meetmetele, mis on olnud väga edukad ja populaarsed.
- Teadlikkuse tõstmine: seminarid, koolitused ja edulugude jagamine aitavad murda eelarvamusi. Riiklikult tuleks näiteks 5 aastase perioodi jooksul rahastada ettevõtjate jaoks tasuta koolituste ja infopäevade läbiviimisi.
- Platvormide loomine: digitaalsed ressursivahetuse platvormid ühendavad ettevõtteid ja lihtsustavad koostööd. Lihtsustatult peaksid platvormid sisaldama materjalipanka ja teenuste panku ning sisaldama ka instrumenti nende kombineerimiseks. Riigi osa võiks olla hea ja lihtsalt kasutatava platvormi arenduse ja „käima jooksmise“ tellimine ning edaspidi peab platvormi pidamine end ise ära tasuma. Kohe saaks alustada analüüsist, mis oli või jäi materjalivoog.ee puudu ja miks soomlaste platvorm edukalt töötab.
- Regulaatiivne reform: mängida läbi sümbioosi teekond ning kõrvaldada võimalikud regulaatiivsed takistused (sh. Jäätmeseaduses) ning vajadusel luua soodustavad regulaatiivsed.

Eesti võimalused suunatud tööstussümbioosi tekitamiseks

Mõistetavalt on mehhanismid tööstussümbioosi tekitamiseks olemasolevate ettevõtete põhjal erinevad planeeritud sümbioosist ja sestap on erinevad ka tööriistad, mida ühe või teise lähenemise puhul kasutada. Eelnevalt kirjeldatu käis olemasolevate ettevõtete vahelise sümbioosi tekitamiseks, allpool mõned näited ja võimalused suunatud sümbioosi kohta Eestis. Eeldatavasti on arendatavad kaitsetööstuspargid tööstussümbioosi tekitamise parkide planeerimisse sisse kirjutatud ja neid siinkohal näitena ära ei too.

Piirkondlikult on tekkiva tööstussümbioosi päris heaks näiteks Kiviõli ümbrus ja Lüganuse vald laiemalt. Sinna on vana põlevkivitööstuse juurde kerkinud ja kerkimas arvukalt taastuvenergia tootmist. Kiviõli tööstusparki rajatavad ettevõtted saavad kohalikku rohelist energiat, põlevkivi tööstusega harjunud linnas on uued tootmisettevõtted teretulnud ja inimesed on harjunud tööd tegema. Tööstuspargile lisaks on planeerimisel näiteks termopuidutehas ja hoonetele puit ning kombineeritud materjalidest seinaelemente tootev tehas. Riiklikult saab ja peab sellisele toimetamisele kaasa aitama ning on olemas võimalus tööstussümbioosi suunatud arendamiseks.

Sillamäe tekstiilijäätmete töötlemise piirkondlik keskus

Sillamäele planeeritav tekstiili töötlemise kompleks on osaliselt planeeritud tööstussümbioosina, kuid võimalusi on seal rohkem ja praegu on ka väga õige aeg neid ära kasutada. Kompleksi pole veel füüsiliselt rajama hakatud, planeerimise ja projekteerimise protsess on aga käimas. Täiendava sümbioosi tekkeks vajalikke eeldusi on mitmeid:

- On piisavalt ruumi planeeritavate tehaste ümber.
- On olemas logistilised head võimalused – sadam, raudtee, maantee.

- Elekteri- ja soojusenergia on kättesaadavad ja on võimalik (Ida-Virus harukordne riigikaitseliste piirangute tõttu) suure päikeseelektrijaama rajamine lisaks.
- On saadaval tootmistööga harjunud tööjõudu ja on olemas kohapeal kutsehariduskeskus, kus vajadusel uusi erialasid saab õpetada.

Praegu on kompleksi planeeritud neli omavahel sümbioosis olevat tootmisüksust:

- Tekstiili kogumine ja jäme liigiti sorteerimine.
- Tekstiili purustamine ja materjalipõhine peenjägamine. Saadakse teisene toore, mis osaliselt müüakse tagasi tekstiilitootjatele, osaliselt on sisendiks järgmisele tootmisüksusele.
- Erineva otstarbega ehitus- ja konstruktsioonplaatide tootmine tekstiili jäätmetest ja jäätmeplastist. Toodang on laiatarbekaup ja läheb nii müügiks kui sisendiks järgmisele tootmisüksusele.
- Sandwich paneelide ja hooneelementide tootmine plaatidest.

Selle südamiku külge on võimalik ja mõistlik planeerida teisi sidusettevõtteid, nii tootmise kui teenuste koha pealt.

Kuna tegemist on juba käimasoleva protsessiga on riigil siinkohal paslik ja võimalik abistada protsesside kiirendamise ja võimalike regulatiivsete piirangute lihtsustamise ning samuti täiendavate sümbioosettevõtete starditoetustega (ÕÜFi ettevõtluse toetuse voorud on läbi).

Kunda biotööstuspark

Pargi visioneerimine on käimas, loomise eesmärk on arendada välja ringmajandusele keskenduv tööstusala. Keskseks ideeks Estonian Celli puitmassitootmise kõrvalsaaduste kasutamine ja väärimine, aga mitte ainult. Planeeritakse täiendavat biogaasi tootmist, kasvusubstraadi tootmist (turba asendajaks) jm. Ka siin on olemas mitmed orgaanilised eeldused tööstussümbioosiks:

- Pidev kõrvalprodukti voog olemasolevast tootmisest
- Head energiaühendused
- Raudtee ja sadama lähedus

Tegemist on alt-üles algatusega, toimetamine käib, riigi poolne tugi taristu rajamiseks ning planeeringute kiirendamiseks ja võimalike piirangute vähendamiseks oleks koheselt rakendatav reaalne asi.

Potentsiaalne fosforhappe ja tsemenditööstus Lääne-Virus

Teoreetilise näitena maavaral põhinevast suuremahulisest tööstussümbioosist võiks olla fosforiidi-tsemendi tööstuse teke Kundas ja lähiümbruses. Kui Aru-Lõuna praeguse lubjakivikarjääri alal ja laienduses peaks tulevikus otsustatama fosforiit kasutusele võtta, siis tekiks üksteisega seotud suurtootmised:

- Fosforiidi rikastamine ja dikaltsiumfosfaadi tootmine (kasutatakse fosforiiti ja lubjakivi).

- Fosforiidi töötlemise käigus tekkinud kipsist Müller-Khüne protsessi baasil klinkri ja kõrvalproduktina väävelhappe tootmine, lisaks kasutatakse fosforiidi kaevandamise ja töötlemise käigus üle jäävat liiva.
- Toodetud klinkri kasutamine tsemendi tootmiseks (jahvatamine ja segamine, mis ka praegu Kundas toimub).
- Klinkri protsessist saadava väävelhappe kasutamine fosforiidi töötlemisel ja fosforhappe tootmisel (põhimõtteliselt suurem osa kipsis olevast väävlist retsirkuleeritakse).

Eelisteks – kohalik ressurss, varasem ja praegune tsemenditööstus, sadam ja ulatuslik materjalide ristkasutus ning regenereerimine ja retsirkulatsioon.

Põlevkivi põhine sümbioos on Eestis varasemalt olnud päris laialdane, kuid erinevatel põhjustel see enam ei toimi ning tulevikus saab see sümbioos olema pigem olemasolevate jäätmete põhine. Varasemalt toodeti põlevkiviõlist näiteks tolueeni ja sellest tolueenist bensoehapet – sellist tootmist pole ammu. Pikalt toodeti Kundas põlevkivituhk portlandtsementi, kus osa klinkrist oli asendatud põlevkivituhaga. Samuti kasutati teatud liiki tuhka Jõhvi ehitusplokkide tehases veel üsna hiljuti. Pragu on arenemas põlevkivituhast puhastatud kaltsiumkarbonaadi tootmine ja veel mõningad arendused/uurimised on selles vallas käsil.

Riigi ja omavalitsuste roll tööstussümbioosi tekkes

Mistahes uue tööstuspargi planeerimisel peaks olema riigi poolt arendajale pandud kohustus näha eelistatult ette tööstussümbioosi teke, veel parem oleks tööstussümbioosi teket motiveerida starditoetusega. Eriti peaks see kehtima riiklikult initsieeritud ja toetatud parkide arenduste puhul (näiteks kaitsetööstuspargid, IVIA pargid Ida-Virus jms.).

Riigi rolli tööstussümbioosi motiveerimisel ja riskide vähendamisel sai käsitletud riskide peatükis ja pisteliselt mujalgi. Kui on olemas riiklik huvi tööstussümbioosi tekitamiseks ja arendamiseks, siis tööriistad ja vahendid selle jaoks on üsna ootuspärased ja neid on võimalik luua olemasolevate struktuuride põhjal, tehes mõningaid suunatud täiendusi ja – nagu ikka – eraldades ka täiendavat raha eesmärkide täitmiseks.

Riiklikul tasandil:

- Seadusandluse ja regulatsioonide lihtsustamine – vähem bürokraatiat. Samas on ilmselt vajalik ka mõnede suunavate regulatsioonide ja mehhanismide lisamine. Vastav regulatiivne/seadusandlik analüüs on ilmselt otstarbekas läbi viia.
- Teadlikkuse tõstmine ja info levitamine – riigi poolt finantseeritud ja osalejatele (esialgu) tasuta koolitused, seminarid, mentorlus.
- Digiplatvormide arendamine – ressursivahetuse platvorm, kuhu ettevõtted saaks sisestada enda tootmisjääke ning teised sealt leida sobivaid materjale. Esimeses etapis võiks riik olla tellija sellise hea ja lihtsalt kasutatava platvormi loomiseks ja käivitamiseks, edaspidise eesmärgiga peab platvorm end ise ära majandama. Selle eelduseks on piisava ettevõtjate poolse huvi ehk tellimuse olemasolu. Kui seda pole, siis platvorm ellu ei jää ja kantslikult pole tarvis ka.

- Toetused, et maandada riske ja motiveerida ettevõtteid tööstussümbioosiga alustama. Toetused peaksid olema pigem starditoetused. Opereerimistoetused pole õige lahendus ja on pigem kuntslik äri tekitamine.

Kohaliku omavalitsuse ja piirkonna tasandil:

Iga omavalitsuse puhul ei ole tööstussümbioosiga tegelemine ei vajalik, ega praktiline – seda eriti väiksemate omavalitsuste puhul. Küll aga on omavalitsuste liidud õiged institutsioonid oma piirkonda ja liikmeid tööstussümbioosi sobilikkuse koha pealt hindama – ja kui potentsiaali on – vastavaid tegevusi käivitama, selleks:

- Potentsiaalsete ettevõtete/partnerite kaardistamine
- Piirkonna eeliste hindamine tööstussümbioosi seisukohast – kas on mingit orgaanilist eelist piirkonnas olemas või tekkimas
- Logistiline tugi: rendipinnad, kogumispunktid, ühised tootmisalad, ringmajanduskeskused, tööstuspargid
- Kohaliku poliitika kujundamine: poliitilised otused ja arengukavad, mis on eelduseks praktiliste otsuste tegemiseks

Ettevõtjate jaoks on oluline, et ettevõtluskeskkond, kus nad tegutsevad oleks nende tegevusi toetav ja mitte piirav. Sama kehtib ka tööstussümbioosi tekitamise kohta riiklikul initsiatiivil. Nagu eelnevatest kirjeldustest näha, on mitmeid kohti, kus ettevõtjad ise, kui ka riiklikul tasandil, saaks paremini tegutseda.

Mõned välja toodud probleemipüstitused vajavad eraldi põhjalikumat analüüsi ja koostööd osapoolte vahel, et selguks, mida ja kuidas täpselt on vaja teha, et sellele oleks ka päriselt mõju. Samas on olemas ka lihtsaid ja lühikeses ajaperspektiivis teostatavaid tegevusi, mis ei nõua ka suurt eelarvet, pigem tahtmist ja pealehakkamist.

Tehnoloogiad tööstuses

1. Eesmärk ja ulatus

Teekaardi eesmärk on kirjeldada Eesti tööstuse kestlikkust ja konkurentsivõimet toetavate tehnoloogiate prioriteete, kasutuselevõtu loogikat ning avaliku sektori ja ettevõtete võtmetegevusi ajahorisondil 2026–2040.

Fookus on tehnoloogiate rakendamises (adopteerimises). Eesti tööstus on enamasti tehnoloogiate kasutaja ja integreerija, mistõttu on oluline luua tingimused, mis teevad olemasolevate (globaalsete) lahenduste kasutuselevõtu lihtsaks ja majanduslikult mõistlikuks. Paljude riikide ja ettevõtete kogemus näitab, et üheks tööstuse edendamise arengustrateegiaks võib olla maailma tehnoloogia- ja majandustrendide adopteerimine kohalike oludega. Leitakse kiiresti kasvavad sektorid või tehnoloogiad, mille teadus-arendustegevus on suures osas tehtud ning sisenetakse nendesse sektoritesse õigel ajal. Parim hetk on siis, kui esimesed tooted on juba laiemalt kasutusele võetud ja turg hakkab kiiresti kasvama. Selles faasis on teeb kiire nõudluse kasv turule sisenemise lihtsamaks.

Käsitletavad teemad:

- kestlikkust toetavad tehnoloogiad (energia- ja ressursitõhusus, digitaliseerimine, rohetehnoloogiad);
- tehnoloogiate kasutuselevõtu takistused ja võimalused (oskused, investeeringud, regulatsioon, taristu);
- Eesti tööstuse tehnoloogiline valmidus ja rahvusvahelised arengusuunad;
- soovitud ja tegevusplaan avalikule sektorile ning ettevõtetele.

2. Lähteseis: miks tehnoloogia ja kestlikkus peavad käima käsikäes

Eesti töötlev tööstus seisab silmitsi sisendhindade tõusu, eksporditurgude ebastabiilsuse, tööjõupuuduse ja kasvavate keskkonnanõuetega. Kestlikkus peab olema integreeritud tootearendusse, tootmisse ja ärimudelitesse. Tehnoloogia on võtmetegur, sest see võimaldab mõõta, optimeerida ja juhtida ressursikasutust, vähendada süsiniku jalajälge ning luua uusi väärtuspakkumisi.

Eesti tööstuse keskkonnajalajalg ei ole olemuslikult suurem kui teistel sektoritel – piirangud tekivad eeskätt tehnoloogiate kättesaadavusest, teadmiste ja oskuste olemasolust ning investeerimisvõimekusest. Tihti tekib keskkonnajalajalg tööstushoonete kehvast seisust mitte kasutatavast tehnoloogiast tingituna. Hoonete renoveerimisega seotud soovitud on kirjas peatükis „Tööstuse energiavajadus ja selle katmise võimekus”

Antud teekaardi keskne mõte kiirendada tehnoloogiate kasutuselevõttu ja vähendada barjääre nende rakendamiseks.

3. Tehnoloogiad ja prioriteetsed kasutusjuhud

Järgnevas tabelis on tehnoloogiad koondatud seitsmesse kategooriasse. Iga kategooria all on kirjeldatud peamised kasutusjuhud ja mõju. Kõikide kategooriate eduka rakendamise eelduseks on andmestiku olemasolu või selle kogumine ja protsessikaardistus. Olulised on muutuste juhtimine, oskused ja kindlasti ka investeerimisvõimekus.

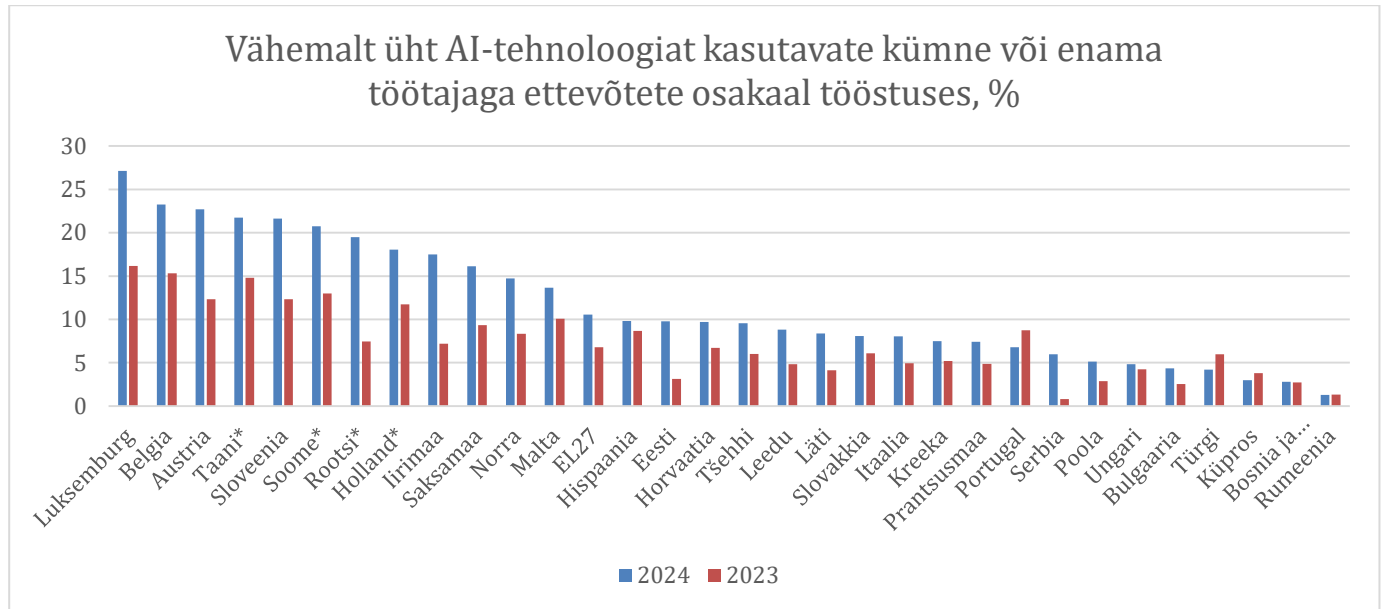
Kategooria	Peamised kasutusvaldkonnad	Peamine mõju
A. Digitaalne tootmisjuhtimine (ERP/MES/SCADA)	<ul style="list-style-type: none">• tootmise planeerimine ja võimsuse juhtimine reaajas• materjali- ja energiamõõtmise töökeskuste kaupa• seisakute ja raiskamise vähendamine, efektiivsuse tõstmine	Vähendab raiskamist, loob aluse mõõdetavale kestlikkusele ning võimaldab AI/analüütika kasutust.
B. Automatiseerimine ja robotika (sh koostöörobotid)	<ul style="list-style-type: none">• pakkimine, sorteerimine, masinate teenindus, kvaliteedikontroll• ohtlike ja rutiinsete tööde vähendamine• paindlik tootmine inimese ja roboti koostöös	Tõstab tootlikkust ja tööohutust; aitab leevendada tööjõupuudust.
C. IoT ja andmehõive (sensorid,	<ul style="list-style-type: none">• andmete automaatne kogumine tootmisliinilt ja sensoritest• seadmete monitooring ja -juhtimine	Võimaldab andmepõhist juhtimist ja ennetavat hooldust; aluseks AI-le ja

seadmete ühendatus)	(sh 5G kasutusjuhtudel) • reaajas olekuinfo digitaalse kaksiku ja AI jaoks	kaksikutele.
D. Tehisintellekt ja agendid („TI-kratid“)	• tootmise ja tarneahela planeerimine sekunditega (sagedased ümberplaneerimised) • kvaliteediprobleemide juurpõhjuste leidmine (mitme teguri koosmõju) • ennustav hooldus, optimeeritud graafikud ja ressursside kasutus	Automatiseerib otsustamist ja tõstab efektiivsust; loob uue konkurentsieelse reaajas juhtimises.
E. Digitaalsed kaksikud ja simulatsioon	• tootmisliini parameetrite katsetamine ilma tootmist seisma panemata • toote ja protsessi elutsükli simuleerimine • sünteetiliste andmete kasutus olukordades, kus kõiki andmeid ei saa füüsiliselt mõõta	Vähendab investeringuriski, on odavam („test before invest“) ja kiirendab parenduste juurutamist.
F. Ressursi- ja energiatõhusus (mõõtmine, optimeerimine, jääksoojus).	• energiakasutuse seire ja juhtimine (ISO 50001 loogika) • materjalikadude vähendamine, protsesside optimeerimine • energia- ja ressurssitõhususe sidumine tootmisjuhtimisega	Vähendab kulusid ja heidet; tugevdab varustuskindlust ja hinnakindlust. Vt. ka „Tööstuse energiavajadus ja selle katmise võimekus“
G. Ringmajandus, materjalipangad ja tööstussümbioos	• kaskaadkasutus: esmalt kõrge väärtus, seejärel ringlusse, viimases järjekorras energia • kõrvalvoogude ja jäätmete väärimine (biojätmed→biogaas; puidujätmed→materjalid/biokeemia) • materjalipangad ja digitaalsed platvormid sekundaarse toorme vahetuseks	Vähendab sõltuvust importtoormest, loob uusi ärimudeleid ja kohalikku lisandväärtust.

Digitaliseerimine ja AI

Digitaliseerimine aitab vähendada kulusid ja tõsta tootlikkust. Eesti tööstuse digiküpsus on madal, puuduvad pikaajalised strateegiad. Soovitav on luua 10-aastane digitaliseerimise ja AI strateegia ja integreerida need tootmise juhtimisse. Õnneks riigi poolt on esimene algatus www.eesti.ai näol loodud. Eesti.ai eesmärk on töötada välja AI-lahendusi tööstuse kõrval ka avalikus sektoris, hariduses, finantssektoris, tervishoius, energeetikas ja keskkonnas, transpordis ja liikuvuses aga ka kaitses ja küberjulgeolekus. Tehisintellekt tähendab arvutisüsteeme, mis on loodud täitma ülesandeid, mis tavaliselt nõuavad inimintellekti. Need süsteemid kasutavad mustrite tuvastamiseks, otsuste tegemiseks ja kogemusest õppimiseks algoritme, andmeid ja arvutusvõimsust.

Ettevõtete konkurentsivõimet määrab aina rohkem tehisarukasutamise võimekus. Hüpe tehisarukasutamiseks on aga palju keerulisem kui ühe kindla töökoha automatiseerimine. Kuigi Eesti ettevõtete tehisarukasutamise kasv on viimastel aastatel olnud kiire – 2024. aastal kasutas vähemalt üht AI-lahendust 14% ettevõtetest. 2025. aastaks oli selliste ettevõtete osatähtsus Eestis kasvanud juba 22%-ni. Siiski jäädakse sellise kasutusega selgelt alla liiderriiikidele. Kui 2024. aastal kasutas mõnda AI-lahendust 14% Eesti ettevõtetest siis tööstuses oli see näitaja keskmisest väiksem (9%) samas kui teenuseid pakkuvate ettevõtete hulgas suurem (17%). Samalaadne erinevus tööstus- ja teenussektori vahel on ka teistes riikides, aga Eestis ilmneb suur vahe eriti tööstuses, kus ettevõtete näitaja jääb alla EL-i keskmisele.



Tehisarukasutamine ei ole enam pelgalt tehnoloogiline uudishimu. Täna tekitab see reaalseid muutusi nii tööstuses kui ka igapäevaelus. AI kasutamine tööstuses võimaldab laia spektrit tööstusprotsesse automatiseerida, alates keerukate analüüside teostamisest kuni füüsiliste süsteemide (nt robotid ja droonid) juhtimiseni. Kõige tõhusamad lahendused kombineerivad sageli mitut AI vormi: generatiivseid mudeleid keele jaoks, analüütilisi mootoreid andmepõhisteks järeldusteks ning üha enam ka autonoomseks otsustamiseks ja tegutsemiseks võimelisi süsteeme, mida nimetatakse AI agentideks või eesti keeles ka TI krattideks. TI kratt on AI-süsteem, mis suudab iseseisvalt planeerida ja täita mitmeastmelisi ülesandeid. See tugineb alusmudelitele, tegutseb (sh digitaalseid tööriistu kasutades), suhtleb teiste krattidega ning kohaneb uue infoga.

AI kasutamine ja eriti keelemudelid, mis muutusid laialdaselt komertskasutuseks kättesaadavaks vähem kui kolm aastat tagasi, on kasvanud erakordselt kiiresti. Siiski on organisatsioonidel AI täieliku potentsiaali saavutamiseni veel pikk tee. Suurt lõhet potentsiaali ja tegeliku progressi vahel selgitab aeg, mida on vaja organisatsioonidel kohanemiseks, täiendava innovatsiooni loomiseks ja töötajate ümberõppeks. Seetõttu võivad AI tegelikud majanduslikud kasud nähtavaks muutuda alles siis, kui on toimunud ulatuslikud organisatsioonilised ja struktuursed muutused.

Digitaliseerimine on puhta ja konkurentsivõimelise tööstuse mootor. Ilma andmeteta ei saa juhtida ressursikasutust, mõõta keskkonnamõju ega optimeerida tootmist. Eesti tööstuse digiküpsus on ebahütlane –

paljud ettevõtted kasutavad endiselt Excelit, samas kui teised rakendavad tehisintellekti ja digitaalseid kaksikuid. Rohepöörde kontekstis on oluline, et digitaliseerimine ei keskenduks ainult tootlikkusele, vaid ka keskkonnamõjule. Näiteks MES-süsteemid võimaldavad jälgida energiakasutust ja materjalivooge töökeskuste kaupa. Tehisintellekt saab optimeerida tootmisgraafikuid, vähendada seisakuid ja prognoosida hooldusvajadusi. Digitaalsed kaksikud võimaldavad simuleerida toote elutsüklit ja hinnata selle kogukulu.

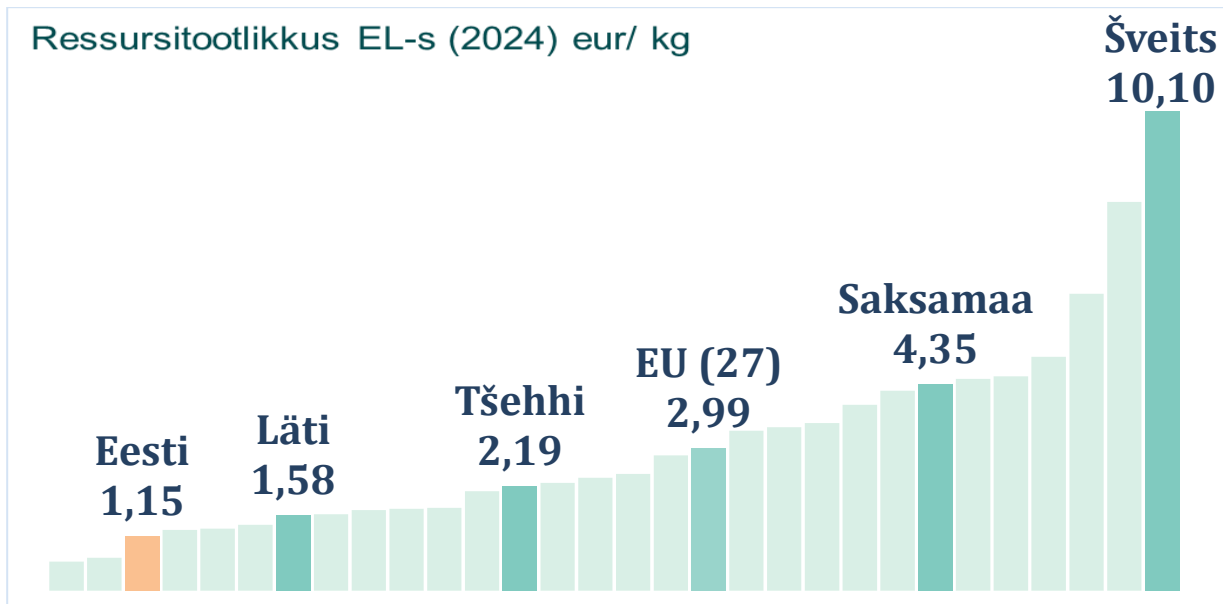
TI kratid ja AI kasutamine koos robootika arendamisega ühendab parema tajuvõime, AI juhtimise ja ohutu koostöö inimesega, et automatiseerida keerukamaid liigutus- ja käsitööprotsesse ning liikuda paindlikuma tootmise poole. Eelkõige on mõistlik kaardistada protsessid, kus robotiseerimine annab kiire võidu (nt. pakkimine, sorteerimine, masinate teenindus, kvaliteedikontroll). Praegu on tööstusrobotite kasutus Eestis madal (34 robotit / 10 000 töötajat vs EL keskmine 219 robotit).

Rohetehnoloogiad

Rohetehnoloogia (cleantech) on puhas tehnoloogia, mis inimeste vajadusi rahuldades ei ületa keskkonna taluvusvõimet. See tähendab, et toode või teenus on loodud säästlikult nii materjalide kui ka energia mõttes. Kasutatakse taastuvenergiat ja minimaalse energiamahukusega taaskasutatavaid materjale. Samas on rohetechnoloogia ka mõtteviis ehk inimeste keskkonnasäästlikum käitumine igapäevases tarbimises. Rohetechnoloogia laialdasema kasutamise üheks eelduseks on ülalmainitud digitaliseerimise kiirendamine tööstusettevõtetes.

Eesti rohetechnoloogiate areng on viimastel aastatel liikunud selgelt pilootidest skaleerimise suunas. Tekkinud on arvestatav idufirmade ökosüsteem, samal ajal kui suured energia- ja taristuettevõtted viivad ellu kapitalimahukaid taastuvenergia ning soojusmajanduse projekte. Hea märk teekaardi vaates on see, et rohetechnoloogiad ei ole enam ainult üksikute entusiastide teema vaid neid toetavad juba ka sektoriorganisatsioonid ja sihtotstarbeline riskikapital. Näiteks Eesti Rohetechnoloogia Liit koondab oma kodulehe andmetel 160+ rohetechnoloogia ettevõtet ning ettevõtted on alates 2017. aastast kaasanud kokku üle 977 miljoni euro. Samal ajal on SmartCap Green Fund teatanud investeringutest mitmesse Eesti rohetechnoloogia ettevõttesse (nt vesinik, energiahõive, ringmajandus, põllumajanduse digitaliseerimine), mis näitab turu küpsemist ja tehnoloogiate kommertsialiseerumise kiirenemist.

Üheks suurimaks rohetechnoloogia rakendusvõimaluseks Eestis on bioressursipõhine (ring)majandus. Näiteks kõrgtehnoloogilised biorafineerimistehased toodavad taastuvast bioressursist toitu ja toidukomponente, biomaterjale, -kemikaalväetisi ja proteiinisööta. Samuti toodetakse bioenergiat ning see võimaldab fossiilse toorme asendamist taastuvaga. Mainitud tegevused on olulised üleminekuks kliimanetraalsele majandusele ja kõrgema lisandväärtuse loomisele. Viimane on Eesti tööstusele ja ettevõtlusele ülioluline, et hakkaksime oma ressursse paremini väärindama. Momendil kuulume ressursitootlikuselt Euroopa autsaiderite hulka.



Eesti on biomassi tootev riik, kus pindalast ligi 75%-l (3,38 miljonil hektaril) on võimalik toota puidu ja põllumajanduslikku biomassi. Domineerib lineaarne majandusmudel, kus põllumajanduse ja metsanduse kõrvalvood, jäägid ja jäätmed ning kohati ka toodang jäävad kasutamata või leiavad madala väärtusega rakenduse. Näiteks Eesti siseselt kasutatavast puidust umbes pool kasutatakse energeetiliselt ehk põletatakse soojuse tootmiseks.

Väljakutseks on ka nõrk võimekus biomassi ja kõrvalsaadusi kõrgema lisandväärtusega töödelda (mittetoimiv tööstussümbioos). Takistuseks piiratud teadmised ja tehnoloogilised võimalused, investeerimisvõimekus. Kohati on takistusteks ka väikesed ja hajutatud bioressursside mahud, killustatud planeerimine, mittetoetav regulatiivne keskkond ja maakasutuse piirangud või kogukondade vastuseis. Lahenduseks oleks väärimistehnoloogiate ulatuslikum rakendamine: biorafineerimine, loomsete kõrvalproduktide väärimine, kompostimine, bio- ja biokeemilised tehnoloogiad.

Rohetehnoloogiaid on hästi rakendatud energeetikasektoris, aga potentsiaali on palju enamaks. Energiasektor on tehnoloogiliselt üks lihtsamini süsinikuneutraalseks muudetavaid sektoreid. Kohalikust ressursist ja ringmajanduse potentsiaalst piisaks, et kindlustada Eesti peaaegu täielik taastuvenergia allikatelt põhinev energiatootmine ning sellega koos ka energiajulgeolek ning varustuskindlus. Pikemalt vt. „Tööstuse energiavajadus ja selle katmise võimekus” ja <https://rohetiiger.ee/energia-teekaart-2021-2031-2040/>

Allpool mõned näited Eesti rohetehnoloogia arengust.

1) Taastuvelekter ja energiasüsteemi skaleerimine

- Taastuvenergia ettevõtteid on Eestis palju, olgu nimetatud mõned: Alexela, Utilitas, Gren, Enefit Green, Sunly, Silpower.
- Suured taastuvenergia mahud tekitavad tööstusele eeldused elektrifitseerimiseks, kuid nõuavad võrgu, paindlikkuse ja salvestuse arengut.

2) Puhas soojus, salvestus ja sektorisidumine (sector coupling)

- Utilitas arendab kaugkütte dekarboniseerimist mh suuremahulise soojussalvestuse ja soojuspumpadega. Ettevõtte on teatanud 1100 MWh soojussalvestite rajamisest Tallinnas. Sama teeb Gren Tartus ja Pärnus.
- Salvestus ja soojuspumba lahendused annavad võimaluse kasutada tööstuse jääsoojust hoonete kütmiseks. Samuti on selliste lahendustega võimalikud elektri/soojuse sidumine, paindlikkusteenused, CO₂ ja kulude vähendamine. Tehnoloogiline eeskuju, kuidas madala kvaliteediga (temperatuuriga) energia muuta kõrge väärtusega soojuseks.
- Geothermal Baltic arendab sügavat geotermaalenergia kasutuselevõttu Narvas. Nimetatud lahendus on täielikult heitmevaba, ei sõltu ilmastikuoludest ning seda saab kasutada baassoojuskoormuse katmiseks soojusvõrkudes või tööstuses

3) Vesinik ja elektrolüüs (tööstuse ja energiasüsteemi liides)

- Stargate Hydrogen on avanud elektrolüüserite tootmisega seotud tehase ning positioneerib end rohelise vesiniku tarneahela tööstusettevõttena. Stargate lahendused on kasutusel Utilitase Tallinna vesinikutootmise kompleksis. Vesinikul on tähtis roll tööstuses (kõrgetemp. soojus, kemikaalid), aga ka süsteemiteenusena (ülejääkelekter → H₂). Tallinnas toodetud rohevesinik kasutatakse ära transpordis ning see on saadaval Alexela spetsiaalsetes tanklates.

4) Uued materjalid ja ringmajandus (bio- ja süsinikupõhised materjalid)

- Fibenol arendab puidujääkide väärimist (ligniini ja puidusuhkrud) ning on EU-taustaga kajastustes toodud kui Imaveres asuva biotööstusliku suuna näide.
- UP Catalyst on toodud esile kui Eesti cleantech-sektori näide kestlike materjalide valdkonnas. Toodetakse kriitilisi materjale, CO₂/biomassi väärimine uuteks materjalideks.
- Biogaasi ja biometaani tootmine mitmete ettevõtete poolt: Eesti Biogaas, Estonian Cell, JetGreen.

5) Energiatalletus ja tööstuse elektrifitseerimise eeldused

- Skeleton Technologies tegutseb energiasalvestuse valdkonnas (superkondensaatorid / suure võimsustihedusega lahendused) ning seda tuuakse esile Eesti cleantech'i lipulaevana. Nende lahendused aitavad luua ja kindlustada võrgustabiilsust, lühiajalist paindlikkust, tööstuse tipukoormuste silumist.
- Lühiajaliste salvestite kõrvale on koos taastuvenergia rajamisega vaja rajada pikaajaline salvesti. Eestisse sobib selleks parima lahendusena Zero Terrain tehnoloogial põhinev vesisalvesti.

4. Kasutuselevõtu takistused ja võimalused

Takistused:

- andmete puudulik või käsitsi kogumine (ebatäpsus, katkestused) – AI ja optimeerimine ei skaleeru;
- oskuste ja muutuste juhtimise nappus (ebaühtlane digipädevus; strateegiad sageli puuduvad);
- investeringute risk: väga varajases faasis on kulud suured ja turg väike; liiga hilja sisenemisel domineerivad mastaabieelise konkurendid;
- regulatiivne ja menetluslik koormus (nt tööstuskatsete läbiviimine, kõrvalsaaduste kasutus, ringmaterjalide standardid);
- taristu ja integratsioon: masinate ühendamine, küberturvalisus, standardite puudumine;
- turunõudlus ja tellimuspõhise majanduse nõrgenemine sunnib looma uusi ärimudeleid;

- planeeringute aeglane menetlemine.

Peamised võimalused:

- kiired „quick win“ robotiseerimisjuhtumid (pakkimine, sorteerimine, masinate teenindus, kvaliteedikontroll);
- AI abil tootmise reaalajas ümberplaneerimine (kuni kümneid kordi päevas) kui konkurentsieelis;
- digitaalsed kaksikud ja „test before invest“ platvormid investeerimiskriisi vähendamiseks;
- tööstussümbioos ja kaskaadkasutus – ühe sektori kõrvalvoog teise sisendiks;
- strateegilised partnerlused tehnoloogia eesliini riikidega ja riskijagamine (eriti baastehnoloogiate varases faasis).

Tööstuses tuleb luua eeldused materjali (jätmete) taaskasutusse võtmiseks, siis kujunevad ka vastavad ärimudelid. Edasi tuleb töötada digitaalsete ja füüsiliste materjalipankade loomisega, kus info erinevate jäätmevoogude kohta on avalik ja kust ettevõtted leiavad vajalikku toorainet. Ringsete lahenduste turule toomisega tuleb tegeleda roheliste hangete tingimustes, nõudes teatud osas ringseid materjale. Kokkuvõttes peab ringmajandus muutuma normiks, mitte erandiks. See nõuab esialgu lisaressurssi ja koordineerimist, kuid pikas plaanis vähendab sõltuvust importtoorainest, loob uusi töökohti ja vähendab keskkonnakoormust.

5. Teekaardi ajatelg 2026–2040

Allpool on esitatud nelja etapiga ajakava. Täpsed aastad on suunavad ja kohandatavad meetmete käivitumise järgi.

2026–2027: Vundament

- andmehõive ja andmeladude loogika juurutamine tootmises; standardid ja andmemudelid
- piloodid: AI planeerimise/kvaliteedi; koostöörobotite kiirvõidud; energiamonitoring
- „test before invest“ demokeskuste ja robotplatvormide käivitamine (koos ülikoolide ja keskustega, nt. AIRE)
- juhtrühma/koordineerimise käivitamine kestlike TA- ja investeringumeetmete jaoks

2028–2030: Skaleerimine

- MES/ERP laiem kasutuselevõtt; IoT ühendatus tootmisliinidel; küberhügieen ja integratsioon
- AI kasutus tootmis- ja äriprotsesside juhtimises (planeerimine, kvaliteet, hooldus) vähemalt võtmesektorites
- materjalipankade ja kõrvalvoogude platvormide piloteerimine; ringmaterjalide hanketingimuste loomine (rohehanked)
- oskuste programm: tööstuse digipädevus, andmejuhtimine, AI kasutusjuhtude portfell

2031–2035: Integratsioon ja ringluse normaliseerimine

- digitaalsed kaksikud laiemas kasutuses (tootmisliinid, energiavoog, kvaliteet)
- toote elutsükli jälgitavus (LCA, tooteandmed, võimalikud digipassid) muutub tavapraktikaks
- tööstussümbioosi õigusraami ja standardite küpsus: kõrvalsaaduste vahetus „jäätmeoata“ ohutusstandardite alusel
- ringluse suunatakse oluliselt enam materjale; ringmajandus „normiks, mitte erandiks“

2036–2040: Küps ökosüsteem

- poolautonoomne tootmise juhtimine ja optimeerimine (agentide ja AI abil) – inimene jääb süsteemi juhtima
- ringmaterjalide turud ja logistikavõrgud toimivad; materjalipangad ühendatud tarneahelatega
- energiatõhususe ja ressursitõhususe standardpraktika, mõõtmise automatiseeritud ja auditeeritav
- Eesti tööstuse tehnoloogiline konkurentsieelis põhineb paindlikkusel, koostööl ja kiirel innovatsiooni adopteerimisel

6. Soovitused ja meetmepaketid avalikule sektorile

Teekaardi elluviimine eeldab valdkondadeülest, kuid ettevõtete vajadusest lähtuvat tuge. Riik peab looma keskkonna, mis vähendab riski ja kiirendab uute tehnoloogiate kasutuselevõttu nii tööstuses kui laiemalt.

Peamised suunad

- „Test before invest“: demo- ja arenduskeskused (robotplatvormid, AI tootmises, digitaalsed kaksikud)
- standardid ja lihtsustatud regulatsioon ringmaterjalidele ja kõrvalsaadustele (tööstussümbioos)
- rohehangete tingimused, mis loovad nõudluse ringsete materjalide ja kestlike toodete järele
- maksu- ja finantsstiimulid (sh esimestele tegutsejatele) AI, automatiseerimise ja ressursitõhususe investeringuteks
- oskuste arendamine: andmejuhtimine, tootmisanalüütika, AI kasutusjuhtude disain, küberturvalisus
- strateegiline partnerlus tehnoloogia eesliini riikidega ja riskijagamine (eriti baastehnoloogiate varajases faasis)

Tulemusmõõdikud

- 2035: 30% tööstusettevõtteid panustab kestlike toodete või tehnoloogiate arendusse
- ringlusse jõuab 50% enam materjale võrreldes 2025. aastaga
- ökodisaini põhimõtted on kirjeldatud ning laialdaselt kättesaadavad
- 2026–2027: juhtrühma moodustamine, meetmete väljatöötamine, ökodisaini põhimõtete kirjeldamine
- 2027–2030: meetmete rakendamine ja juhtrühma ettepanekud riigile ning ettevõtetele
- 2031–2035: meetmete täiendamine ja uue perioodi ettevalmistus

Osapooled

- juht: Kliimaministeerium, Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, tööstuse erialaliidud
- rakendajad: ministeeriumid ja haldusala asutused, ettevõtted; kaasatakse TA-asutused

7. Mõõdikud ja seire

Tehnoloogiatekonda tuleb juhtida mõõdikute kaudu. Allpool on soovituslik KPI-komplekt (osa numbreid pärineb algmustandist).

Valdkond	Mõõdik	Soovituslik siht
Digiküpsus	MES/ERP kasutuse osakaal tootmisettevõtetes; andmehõive automatiseerituse tase	kasv kaks korda 2030. aastaks
Robotiseeritus	Robotite arv 10 000 töötaja kohta (34 vs EL keskmine 219)	jõuda ≥ 100 (2030) ja ≥ 150 (2035)
AI kasutus	Vähemalt ühe TI-lahenduse kasutus ettevõtetes (14%→22%)	≥ 40% (2030) ja ≥ 70% (2035)
Materjaliringlus	Ringlusse võetava materjali määr (~19,83%)	≥ 30% (2035) ja 70% (2040)
Ressursitootlikkus	EUR/kg (1,15 vs EL 2,99)	≥ 1,6 (2030); ≥ 2,0 (2035); ≥ 3,0 (2040)
Energiatõhusus	Energiaintensiivsus (kWh/€ lisandväärtus) ja ISO 50001 praktika	pidev langus; ISO 50001 laialdane levik
Jälgitavus	LCA/tooteandmete katvus (tootegrupid) ja andmete auditeeritavus	võtmesektorites standardpraktika 2035

8. Juhtimine, rollid ja koostöö

Teekaardi elluviimiseks on vajalik püsiv koordineerimine, kus avalik sektor tagab raamistiku ja stiimulid, ettevõtted toovad kasutusjuhtude prioriteetid ning TA-asutused koos avaliku sektoriga toetavad katsetamist, demonstreerimist ja oskuste arengut.

Soovituslik korraldus:

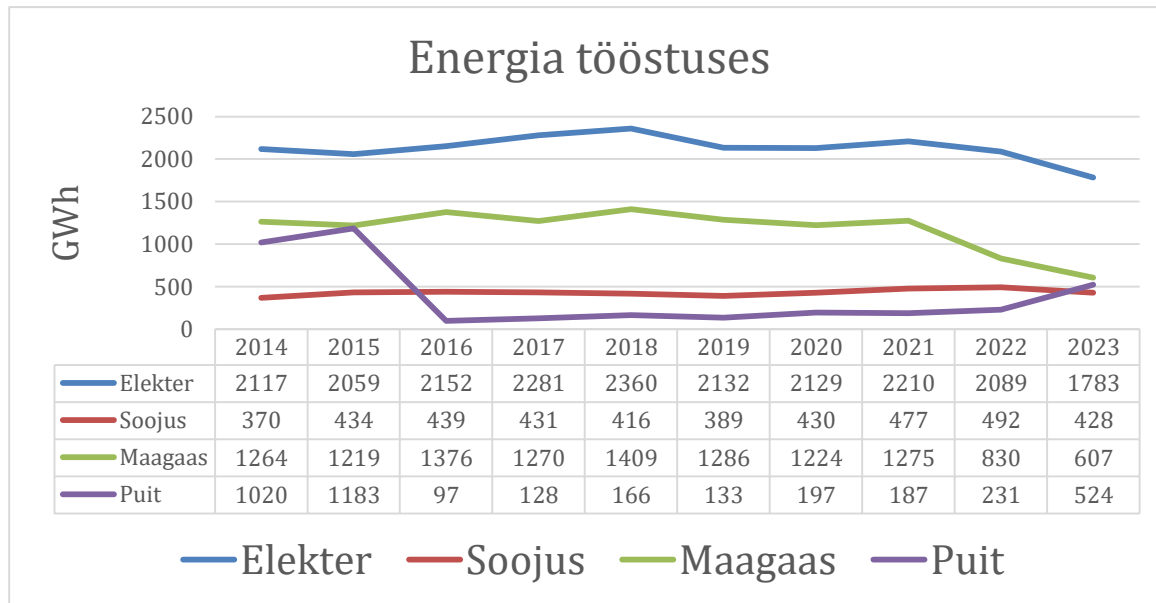
- valdkondadeülene juhtrühm (Kliimamin, MKM, erialaliidud) – prioriteetid, meetmed, seire
- sektoripõhised töögrupid – kasutusjuhud, standardid, andmemudelid, regulatsiooni kitsaskohad
- „Test before invest“ võrgustik (ülikoolid, arenduskeskused, ettevõtted) – pilootide kiirendamine
- andme- ja küberturbe põhimõtted – ühised miinimumstandardid tööstusandmete kasutuseks

Lisa: lühisõnastik

- ERP – ettevõtte ressursside planeerimise süsteem
- MES – tootmise täitmise süsteem; ühendab plaani ja reaalse tootmise
- IoT – asjade internet; sensorid ja seadmete ühendatus
- Digitaalne kaksik – füüsilise protsessi/toote digitaalne mudel simulatsiooniks ja optimeerimiseks
- LCA – olelusringi hindamine; toote keskkonnamõju mõõtmine elutsükli lõikes
- TI-kraft (agent) – AI-süsteem, mis suudab iseseisvalt planeerida ja täita mitmeastmelisi ülesandeid

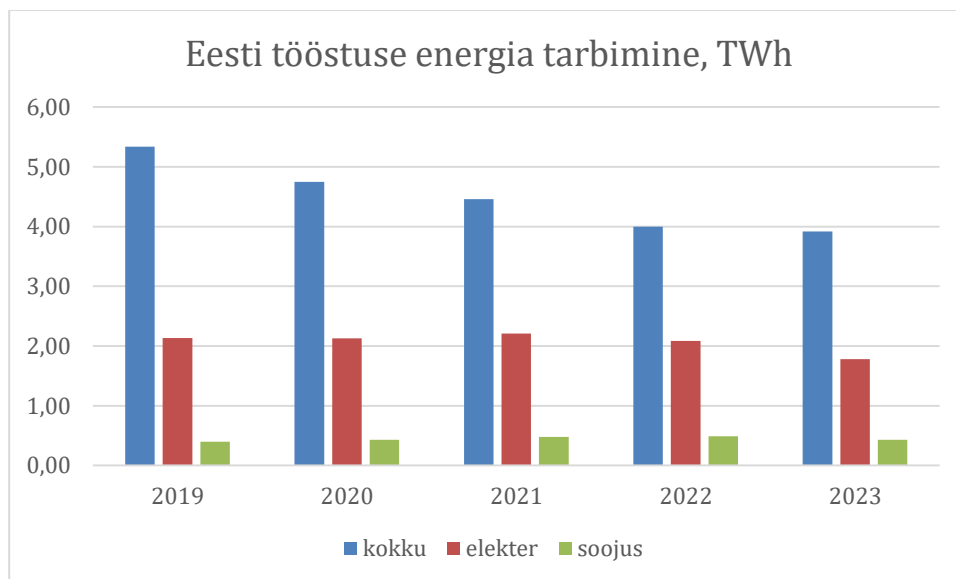
Tööstuse energiavajadus ja selle katmise võimekus

Eesti tööstussektor on üks olulisi energiatarbijaid riigis, mõjutades nii majanduse konkurentsivõimet kui ka keskkonnaalaseid eesmärke. Tööstuse energiavajaduse prognoosimine ja selle katmise strateegiate väljatöötamine on seetõttu kriitilise tähtsusega.



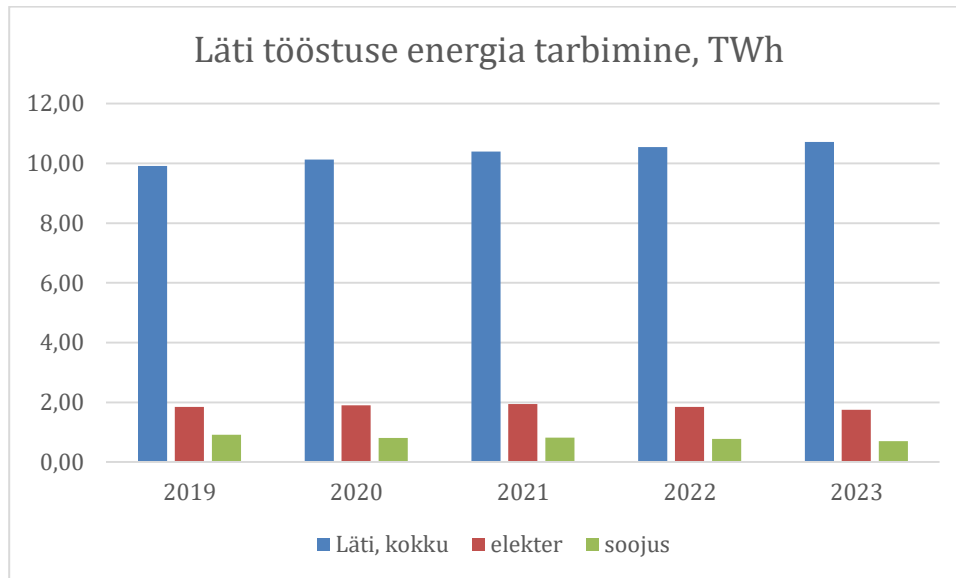
Joonis 7: Energia tööstuses

Balti riikidega võrrelduna on energia tarbimine tööstuses viimaste aastate jooksul vähenenud enim Eestis kukkudes 5,34 TWh tarbimiselt 2019. aastal 3,92 TWh-ni 2023 e. 36%. Elektrienergia tarbimine on samal ajal püsinud peaaegu samal tasemel 2,1 TWh aga 2023. aastal vähenenud siiski tasemini 1,8 TWh.(Joonis 8)



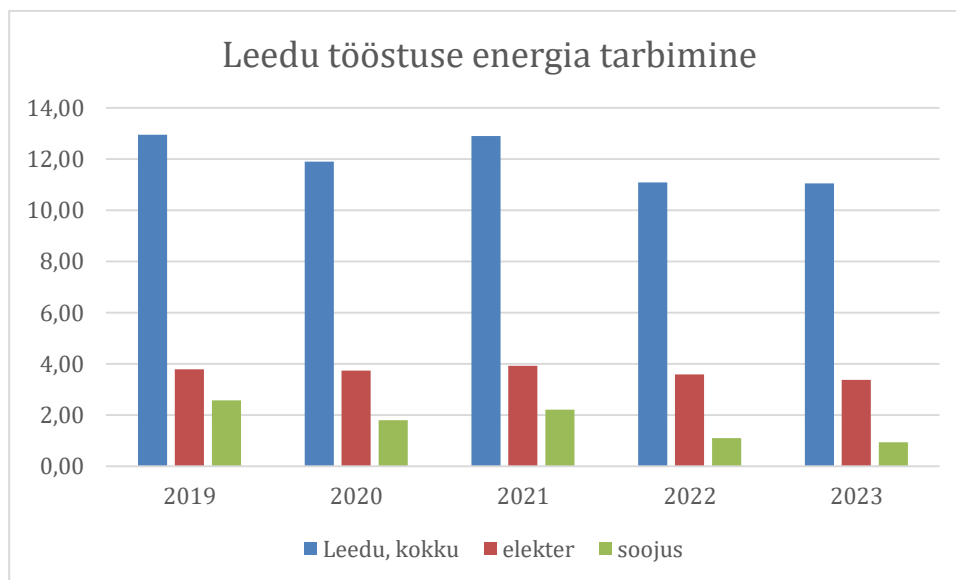
Joonis 8.

Läti elektrienergia tarbimine on samal tasemel Eestiga, e. 1,8 TWh aastas, samal ajal üldine energiaintensiivsus on Lätis palju suurem, olles tasemel 10,7 TWh aastas ja see on viimastel aastatel isegi suurenenud. (Joonis 9)



Joonis 9.

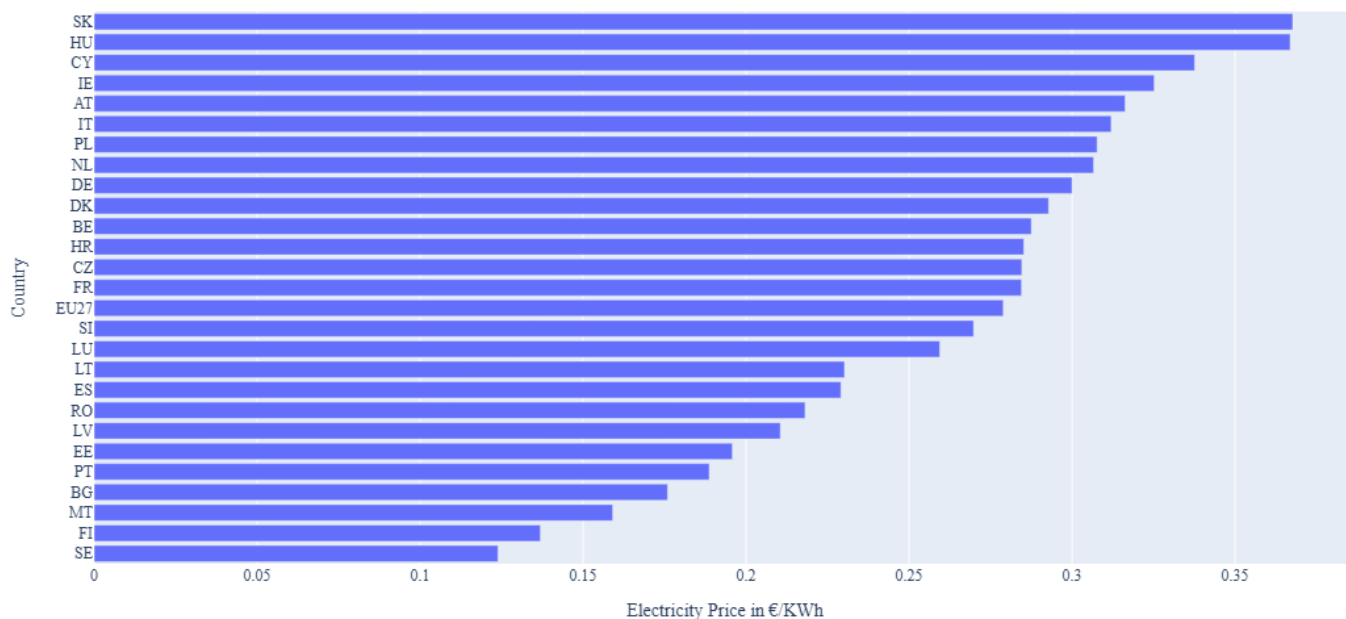
Leedu tööstuse energiatarve on samuti aastatega vähenenud, olles tasemel 11 TWh aastas ja elektrienergia tarve on olnud stabiilne 3,4 TWh tasemel. (Joonis 10)



Joonis 10.

Kui enamusele Eesti tööstusettevõtetele ei ole energia hind kõige esimese tähtsusega probleem siis energiamahukale tööstusele on energia kättesaadavus ja energia hind kriitilise tähtsusega. Võrreldes elektri hindu Euroopa hindadega võib nentida, et Eesti hind ettevõtetele ei ole kallis aga võrreldes Rootsi või Soome hindadega siiski kallim. See omakorda võib energiamahuka tööstuse arengut Eestis pidurdada.

Retail Electricity Price for small size firms, including all taxes, in 2023-S2



Joonis 11: elektri hinnad Euroopas

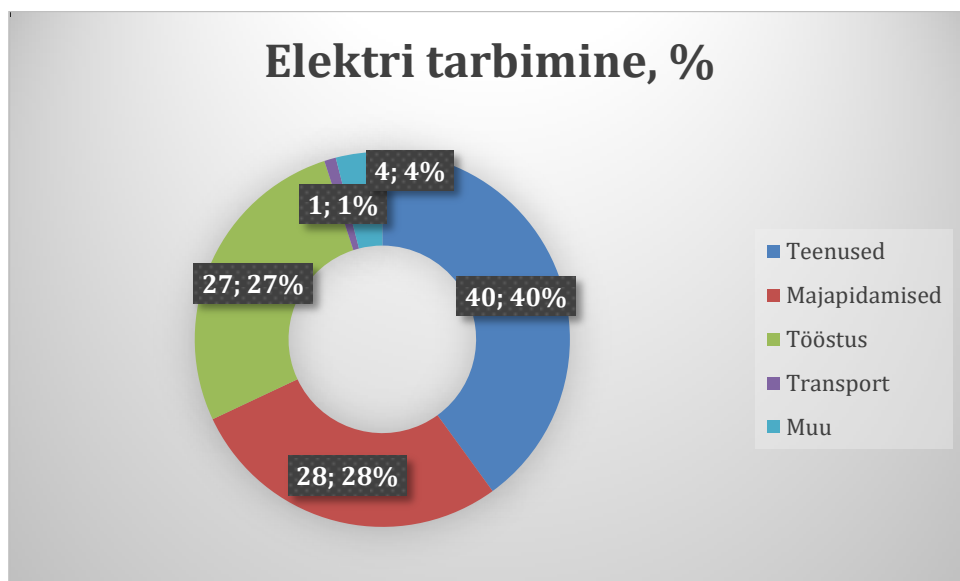
Praegu on Eesti mittekodutarbijate elektri hind suurem kui naabritel. Uue ENMAK-iga soovitakse elektri hinda muuta tööstustele konkurentsivõimelisemaks läbi mitme meetme:

- Elektri hinna maksuerisused suurematele tarbijatele
- Otseostulepingud ja kogukonnaenergeetika
- Võimalus paindlikumalt rajada otseliine
- Kasutada paindlikkusteenuseid ja salvestust

Tööstussektori summaarne energiatarbimine hõlmab elektri, soojuse, jahutuse ja transpordikütuste vajadusi. Täpsed prognoosid aastateks 2025, 2031, 2035 ja 2040 sõltuvad mitmetest teguritest, sealhulgas majanduskasvust, tehnoloogia arengust ja energiätõhususe meetmete rakendamisest. Siiski on üldine trend suunatud energiätõhususe parandamisele ja taastuvenergia osakaalu suurendamisele, mis võib kaasa tuua energiavajaduse stabiliseerumise või isegi vähenemise pikaajalises perspektiivis.

Elekter

Elektrienergia tarbimine tööstuses on viimastel aastatel olnud stabiilne, kuid tulevikus võib oodata muutusi seoses tootmisprotsesside automatiseerimise ja digitaliseerimisega.

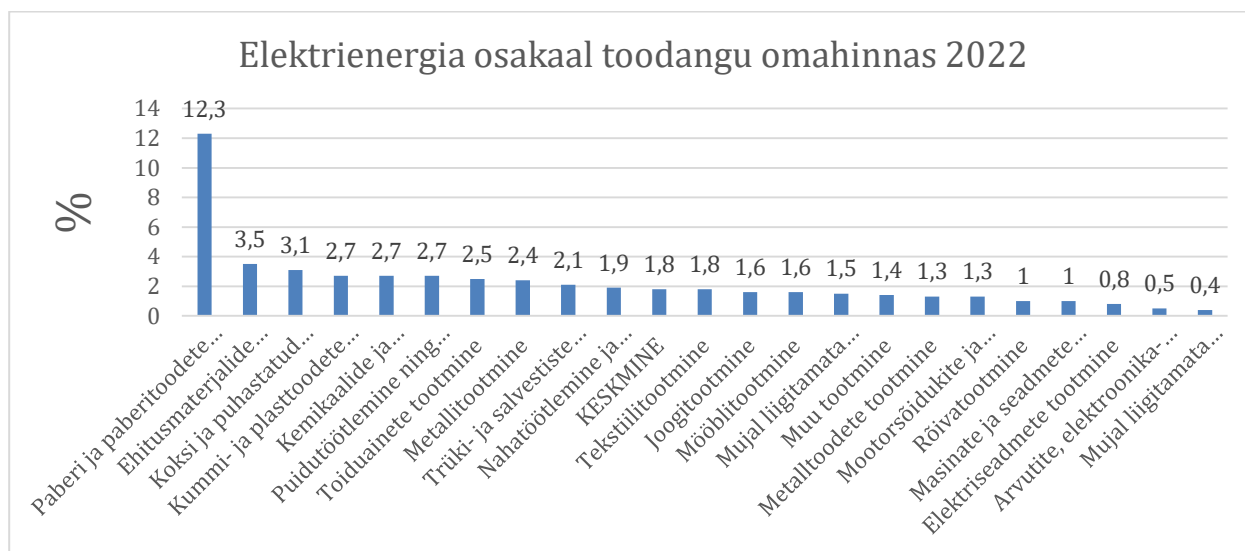


Joonis 12.

Rohetiigri hinnangul ei ole tõenäoline, et siia tekib väga energiamahukaid tööstusi, kus elektrikulud moodustavad isegi kuni 80% tootmiskuludest. Selliseid tingimusi suudavad pakkuda praegu ainult Põhjamaad, USA ja Hiina.

Elektritarbimise kasv tööstuses sõltub mitmest tegurist: odavast taastuvenergiast, sobivast asukohast, kiirest loamenetlusest, poliitilisest toetusest ja haritud tööjõu olemasolust. Riik on hakanud takistusi vähendama, et tööstusinvesteeringuid rohkem siia meelitada.

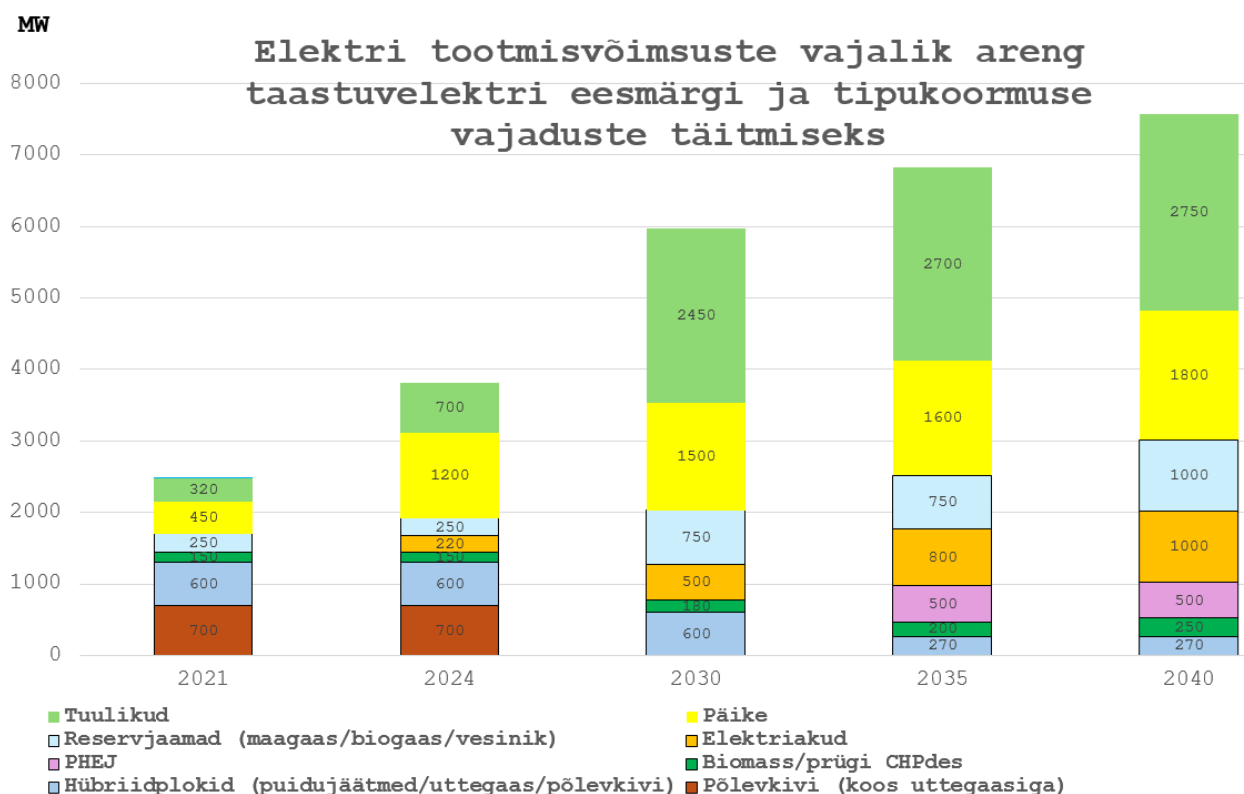
Eesti võiks keskenduda nutikatele, tõhusatele ja kõrge lisandväärtusega tööstustele, kus elektrikulud jäävad alla 5% tootmiskuludest. Enamikule Eesti praegustest tööstustest jääb elektri osakaal isegi alla 2% toodangu hinnast.



Joonis 13.

Kui siiski rajatakse energiamahukaid ettevõtteid, siis peaksid need ise tagama vajaliku energiaportfelli, näiteks läbi pikaajaliste elektrilepingute.

Praegu töös olevad elektritootmisvõimsused ning tuleviku elektritarbimise katmiseks Rohetiigri poolt välja pakutud elektritootmismix on joonisel 14.



Joonis 14.

Lisaks on Eesti elektrisüsteem integreeritud regionaalsesse energiaturgu, omades ühendusi Soome ja Lätiga. Alates sellest aastast ei ole enam ühendust Venemaaga.

Eesti energiasüsteem seisab silmitsi olukorraga, kus taastuvenergia (eriti tuule ja päikese) tootmismahd ületab tihti tarbimist. Et vältida energia raiskamist ja piirangute rakendamist tootmisele on vajalik kasutada elektrienergia ülejääki otstarbekalt just elektri ülejäägi tundidel. Heaks lahenduseks on kindlasti tööstuste rajamine, s.h ka ENMAKli uues projektis ettenähtud energiantensiivsete tööstuste rajamine. Selliste tööstuste rajamine on võimalik teatud tingimustel, e.

- Kvaliteet üle kvantiteedi – arendada ainult selliseid tööstusinvesteeringuid, mille lisandväärtus energiaühiku kohta on vähemalt keskmine või sellest kõrgem.
- Eelduste loomine uutele väärtusahelatele peab olema iga investeeringu lahutamatu osa.
- Tööstuspoliitika peab arvestama ka muid tegureid: tooraine kättesaadavus, oskustööjõud, kapitali hind ja logistika.

Tuleb vältida energiamahuka tootmise idealiseerimist – see pole eesmärk omaette, vaid vahend väärtusahela arendamiseks ja energiakasutuse optimeerimiseks.

Ülaloodud tingimustele lisaks tuleks luua võimalused kasutada odavat elektrienergiat perioodidel, mil tootmine ületab nõudlust. Samuti saab luua uusi väärtusahelaid. Energiamahukate projektide baasil saab arendada kõrgema lisandväärtusega tegevusi (nt pakendid, biokomposiidid, farmaatsia). Perspektiivikad valdkonnad Eestile on nt. puidu ja biomassi väärindamine; muldmetallide väärindamine (nt magnetitehas Narvas). Kui aga arendada madala lisandväärtusega projekte, võib tekkida risk, et energia „lukustatakse“ nendesse ning suuremad lisandväärtust loovad projektid jäävad siia tulemata.

Soojus ja jahutus

Rohetiigri Energia teekaardi kohaselt väheneb Eesti soojuse tarbimine 12,75 TWh-lt 2022. aastal 10,11 TWh-le 2030. aastal ja 8,8 TWh-le 2040. aastal. Samas tööstuse soojusvajadus võib kasvada 1 TWh võrra, kui uusi ettevõtteid lisandub. Jahutuse tarbimine suureneb 325 GWh-lt 2021. aastal 697 GWh-le 2030. aastal ja 1,4 TWh-le 2050. aastal.

Eesti tööstuse soojusenergia tarbimine on võrreldes hoonete küttevajadusega mõõdukas, kuid see mõjutab oluliselt energiabilanssi. Kliimaseadusest tulenevad nõuded ja Rohetiigri Energia teekaardi suunised näitavad, et soojuse ja jahutuse tootmine peab aastakümne lõpuks olema keskkonnasõbralik ja tõhus. See eeldab biomassi, soojuspumpade, geotermiaalenergia ja heitsoojuse integreerimist tööstusprotsessidesse ning ulatuslikku taristu renoveerimist. Kui uued energiamahukad tööstusinvesteeringud realiseeruvad, võib tööstuse soojusvajadus kasvada ligi 1 TWh võrra. Samas tuleb tagada, et see kasvuks kasutatav energia oleks taastuv ja soodustaks madala süsinikusisaldusega väärtusahelate tekkimist. Tõhusate lahenduste toel saab tööstus kasutada madalama hinnaga ja keskkonnasõbralikku soojusenergiat.

Nagu mainitud langeb hoonefondi renoveerimise ja energiatõhususe paranemise tõttu soojuse vajadus 2040. aastaks 8,8 TWh-ni. See suurusjärg on üle nelja korra suurem kui tööstuse soojuse tarbimine, kusjuures vajab tööstus peamiselt protsessisoojust (auru või kuuma vett) keemias, paberitööstuses, toiduainete töötlemises ja metallisektoris.

Suurem osa protsessisoojust toodetakse kohapeal katelseadmetes ja keemilistes protsessides, kuid olulise rolliga on ka kaugküte. Kaugkütte sektoris moodustasid 2022. aastal kütustest u 60 % hakkepuu ja muud puidujäätmed. Lisaks rakendati sektoris 2023. aastast säästlikud puidutarneahelad, mis tagavad vastutustundliku varustamise. Puidukütust täiendavad maa- ja biogaas, põlevkiviõli ja põlevkivigaas, kuid nende osakaal (v.a biogaas) väheneb kiiresti ning peale 2040.aastat neid enam ei kasutata. Tööstuslikus soojuse tootmises toimub järkjärguline üleminek gaasi- ja õlipõletamisest hakkepuidule, elektrilistele kateldele, soojuspumpadele ja geotermiaal lahendustele.

Tööstuse jaoks on väga oluline kasutada ülejäävat heitsoojust omatarbeks ning sellest veel ülejääva osa suunamist olemasolevatesse kaugküttevõrkudesse. Heitsoojuse kasutamisel on täna palju kunstlike administratiivseid piiranguid alates soojusettevõtja definitsioonist kuni hinnakujunduseni välja. Sellised piiranguid ei tohiks olla, sest alles siis tekib tööstusettevõtetal motivatsioon heitsoojust kaugküttevõrkudes kasutada. Uued kaugküttevõrgud tuleb ehitada kohe madalatemperatuuriliseks ja taastuvenergia põhiseks. Tööstuslike soojuspumpade laiem kasutamine võimaldab soojuse tootmise kõrval samuti jahutuse tootmist.

Kui uusi energiamahukaid tööstusettevõtteid ei lisandu, püsib tööstuse soojusvajadus pikas plaanis lähiaastatega samal tasemel või väheneb tänu energiatõhususele. ENMAKi eelnõu võimalikul realiseerumisel tähendab uute tehasteni jõudmine, et tööstuse soojusvajadus kasvab ligikaudu ühe teravatt-tunni võrra võrreldes praeguse tasemega. Tootmise kasvu korral võib suurendada tööstusliku auru tarbimine ning vajadus suure võimsusega katelseadmete järele.

Soojusvõrkude uuendamine on hädavajalik: renoveerida tuleb veel umbes 500 km vanu torustikke ja lisada u 200 km kaugjahutustorustikke linnadesse. Võrkude automatiseerimine ja digitaalne juhtimine aitavad vähendada praegu üle 650 GWh suuruseid soojuskadusid aastas. Töökindlate kaugjahutuse süsteemide arendamine linnades võimaldab tööstus- ja teenindussektoril rahuldada kasvavat jahutusnõudlust.

Jahutusvajaduse kasv. Rohetiigri teekaart prognoosib, et jahutuse tarbimine kasvab 2022. aasta 3 GWh tasemelt vähemalt 35 GWh-ni aastaks 2040. Põhjuseks on eelkõige kaugjahutusvõrkude areng aga ka vastavate äripindade ja andmekeskuste lisandumine ning suvised kuumalained. Tööstusel tasub mõelda suvisel perioodil heitsoojuse kasutamist läbi absorptsioonsoojuspumpade jahutuse tootmiseks.

Hoonete ja tööstushoonete primaarenergia tarbimist peab vähendama vähemalt 16% 2030. aastaks ja 20–22% 2035. aastaks. Selleks tuleb 2040. aastaks renoveerida üle 25 miljoni ruutmeetri hooneid ning pärast 2030. aastat peavad kõik uued hooned olema heitevabad, olemasolevad hooned aga heitevabad hiljemalt 2050. aastal. Kuigi see ei pruugi olla tööstuse prioriteet siis ka tööstusettevõtted peaksid soojuskadude vähendamiseks investeerima seadmete soojusisolatsiooni, soojusvahetite ja soojustagastuslahenduste uuendamisse.

Transport

Transpordisektori energianõudlus sõltub suuresti fossiilkütuste asendamisest alternatiivsete kütustega, nagu biogaas ja elektrienergia. Üleminek taastuvatele energiaallikatele ja energiatõhususe parandamine võivad vähendada transpordikütuste koguvajadust tulevikus.

Eesti tööstuse tarneahel toetub mitmele transpordiliigile:

Maanteetransport – Eesti teedevõrk on ligi 57 565 km pikk ja sellest on 16 465 km riigimaanteed, millest 12 926 km on kaetud kõvakattega. Maanteetransport on tööstuse peamine liikumisviis, kuna võimaldab paindlikku kaupa-vedu tehaste, ladude, sadamate ja piiripunktide vahel. Rasked veosed nagu palk, põlevkivi ja ehitusmaterjalid liiguvad samuti valdavalt veoautodel. Siinkohal tasub meeles pidada, et maanteetranspordi CO₂ heide on 2318 kt, kuid arvestades heidet CO₂ekv tasemel, ehk lisades juurde CH₄ ja N₂O ning korrigeerides tegeliku kütuste tarbimise statistika arvestust, tuleb CO₂ekv-ks 2309 kt. Heitest ligikaudu 70% tuleb sõitjate ja 30% kaubaveost. Sõitjate veost omakorda enam kui 90% moodustab sõiduautode emissioon.

Raudteetransport – Ühiskasutuses olevate raudteeliinide kogupikkus on u 900 km (koos tööstuslike haruliinidega u 1200 km).. Raudteetranspordi CO₂ koguseks on 49,45 kt lisades juurde NH₄ ja N₂O on tulemuseks 50,2 kt CO₂ekv. Raudteetranspordil kasutatakse põhiliste kütustena diiselkütust ja elektrit. Kuna Eesti Raudtee ja Elroni andmetel sõidavad

elektrirongid 100% taastuenergiaal 2021. aastast, ning Eesti Raudteel on plaanis ka edaspidi osta taastuvelektrit, siis võib öelda, et raudteetranspordi kasvuhoonegaasid pärinevad diiselveuritest ja diislrongidest.

Rail Baltica kaubaveekoridori valmimine (esmasel lõigul 2028, täismahus 2030) loovad uusi marsruute Poola ja Lääne-Euroopa suunal. Tõenäoliselt hakkavad tööstusettevõtted kasutama raudteed senisest rohkem tooraine ja valmiskaupade vedamiseks, mis võib vähendada maanteeveo osakaalu.

Sadamad ja meretransport – Eesti sadamaregistris on 45 sadamat. Suurimad tööstuskaubaga tegelevad sadamad on Muuga, Tallinna sadamad, Paldiski, Kunda, Pärnu ja Sillamäe. Sadamate kaudu liikus 2023. aastal 23 miljonit tonni veoseid. Meretranspordi CO₂ heide riikliku bilansi järgi oli 2019. aastal 16,43 kt ning CO₂ekv 16,6 kt, kuid lisades parvlaevanduse (suur- ja väikesaared) ning puksiirteenuse, siis tegelik CO₂ekv vastaval aastal on suurem, ehk 25,1 kt.

Õhutransport – Eesti riigisisese lennutranspordi CO₂ heide riikliku bilansi järgi oli 2019. aastal 3,88 kt. Lisades siia juurde CH₄ ja N₂O, arvestatakse CO₂ekv-ks 3,92 kt. Tööstuse osa siin praktiliselt puudub. Kõige suurema osa ehk 96% moodustavad reisilennud, millest peamine emissioon tuleneb regulaarlendudest (86%) ja väike osakaal on tellimislendude emissioonil (14%).

Sektori suured väljakutsed on seotud logistikasektori digitaliseerimisega, mille käigus võetakse kasutusele lahendused nutikatesse tarneahelajuhtimissüsteemidesse (IoT, AI, autonoomsed sõidukid), mis aitavad optimeerida vedusid, vähendada tühisõite ja muuta tarbimise prognoose täpsemaks. Siinjuures pidurdavad investeeringuid riskid ja ebaselgus. Majanduse aeglane taastumine, kõrged energiahinnad ning geopoliitiline ebakindlus pidurdavad uute investeeringute tegemist. Transiidivoogude taastumine sõltub poliitilistest arengutest ja Lääne-Euroopa nõudlusest.

Rohetiigri transpordi teekaart seab eesmärgiks transpordisektori CO₂ heite vähendamise 90% võrra aastaks 2040 (võrreldes 2018. aastaga).

Kaubaveo keskkonnajalajälge on võimalik vähendada kui elektriliste ja vesinikveokite osakaal suureneb märgatavalt. Samuti peab riik looma toetuskeemid raskete elektriveokite ostuks ja laadimistaristu rajamiseks. Suur potentsiaal on biometaani kasutamisel raskeveokites, kus elektrifitseerimine pole otstarbekas.

Energia salvestusvõimalused ja vajadused tööstusettevõtetes

Energiasalvestus on muutumas üha olulisemaks komponendiks kaasaegses tööstuses, võimaldades ettevõtetel paremini hallata energiatarbimist, suurendada energiatõhusust ning toetada taastuenergia integreerimist tootmisprotsessidesse.

Tööstusettevõtete energiasalvestuse vajadused tulenevad mitmest tegurist:

- Energiavarustuse usaldusväärsus: Salvestussüsteemid võimaldavad tagada pideva energiavarustuse ka siis, kui esineb katkestusi või kõikumisi elektrivõrgus.

- Kulude optimeerimine: Energia salvestamine võimaldab ettevõtetel tarbida energiat madalama hinnaga perioodidel ning kasutada seda tipptundidel, vähendades seeläbi energiakulusid.
- Taastuenergia integreerimine: Taastuenergiaallikate, nagu päikese- ja tuuleenergia, tootmine on varieeruv. Salvestussüsteemid võimaldavad talletada ülejäävat energiat ja kasutada seda siis, kui tootmine on madal.

Eesti tööstusettevõtetel on mitmeid võimalusi energiasalvestuse rakendamiseks. Levinuimad on:

- Liitium-ioon akud - laialdaselt kasutusel tänu oma kõrgele energiatihendusele ja efektiivsusele. Need sobivad hästi lühiajalisteks salvestusvajadusteks ning kiireks energia vabastamiseks.
- Termilised salvestussüsteemid: Soojusenergia salvestamine, näiteks vesisalvestid, sulasoola või faasimuutmismaterjalide abil, võimaldab talletada soojust tootmisprotsessidest või taastuenergia allikatest ning kasutada seda hiljem kütmiseks või tööstusprotsessides.
- Vesiniku salvestus: Üleliigse elektrienergia kasutamine vee elektrolüüsiks vesiniku tootmiseks pakub pikaajalist salvestusvõimalust. Toodetud vesinikku saab kasutada nii energia tootmiseks kui ka toorainena erinevates tööstusprotsessides.

Kuigi energiasalvestustehnoloogiad pakuvad märkimisväärseid eeliseid, seisavad tööstusettevõtted silmitsi mitmete väljakutsetega nende rakendamisel:

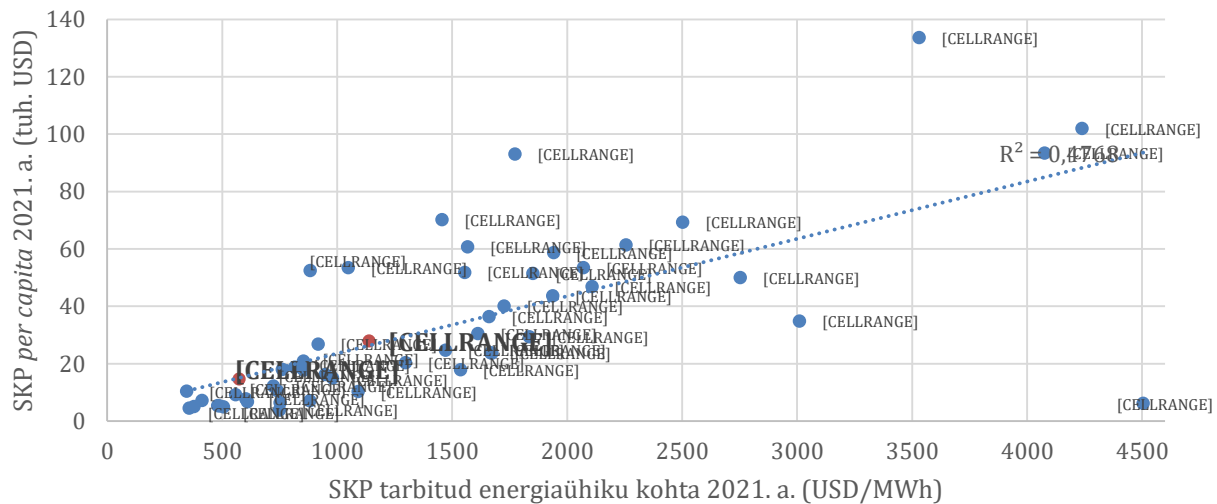
- Kõrged alginvesteeringud: Salvestussüsteemide paigaldamine nõuab sageli suuri esialgseid investeeringuid, mis võivad olla takistuseks eriti väiksematele ettevõtetele.
- Tehnoloogiline areng: Salvestustehnoloogiad arenevad kiiresti, mistõttu võib olla keeruline valida kõige sobivamat lahendust, mis oleks ka tulevikukindel.
- Regulaatiivne raamistik: Selgete regulatsioonide ja toetuste puudumine võib pidurdada energiasalvestuse laialdasemat kasutuselevõttu.

Tulevikus on oodata energiasalvestustehnoloogiate edasist arengut ja kulude langust, mis muudab need lahendused kättesaadavamaks ka laiemale hulgale tööstusettevõtetele. Samuti on oluline riiklike toetuste ja regulatsioonide areng, mis soodustaks energiasalvestuse integreerimist tööstusprotsessidesse.

Kokkuvõttes on energiasalvestusvõimaluste rakendamine Eesti tööstusettevõtetes tähtis samm energiatõhususe parandamisel, kulude optimeerimisel ning taastuenergia integreerimisel, aidates kaasa nii ettevõtete konkurentsivõime tõstmisele kui ka riiklike energiapoliitika eesmärkide saavutamisele.

Energiatõhusus

Energiatõhusus on seotud jõukusega – suurema SKP-ga riigid suudavad ühe energiaühiku kohta rohkem väärtust luua. Eesti energiatõhusus on viimase kümnendiga oluliselt paranenud. Kui 2010.a loodi Eestis 1 MWh energia kohta 626 eur väärtuses SKPd siis 2021. aastal juba 973 eur väärtuses. (Joonis 15) Kasv näitab eelkõige siiski seda, et tööstusest on SKP loomine liikunud teenuste sektorisse aga ka tööstuse energiatõhususe kasv on paranenud nagu ka hoonete energiatõhusus.



Joonis 15.

Tööstuses energiatarbimise vähendamiseks läbiviidavad projektid jagunevad suures plaanis kolme kategooriasse: tootmistehnoloogilised, ehituskonstruksioonilised ja tehnosüsteemidega seonduv.

Tootmistehnoloogilised energeetilised projektid

Tööstusettevõtted jagunevad energeetiliselt laias pildis kaheks – energiantensiivsed ja mitte energiantensiivsed. Esimesse kategooriasse liigituvad paberitööstus, ehitusmaterjalide tootmine, ning osaliselt puidu-, toiduaine- ja keemiatööstus. Enamus ja suur hulk Eesti tööstusettevõtteid aga tegutsevad valdkondades, kus energia tarbimise suhe käibesse või kogukuludesse on madalam (alla 5%) ning siia kategoriseerivad metallitööstus, elektroonikatööstus, mööblitööstus, plastitööstus, trükitööstus ja tekstiilitööstus. Muidugi on erandeid ja kõik sõltub, mida toodetakse. On energiakulukamaid protsesse ja vastupidi.

Energia intensiivsetes tööstustes tegeletakse energia kokkuhoiu nimel igapäevaselt. Vastasel juhul ei ole võimalik olla konkurentsivõimeline kui toote sisendressursid mahult või rahaliselt moodustab liiga suure osa. Enamus tehtavatest investeeringutest on kapitalimahukad ja võivad nõuda olulisi muudatusi protsessi ümberplaneerimisel või -ehitusel. Projektid on keerukad ja aeganõudvad, nõuavad planeerimist, ekspertide kaasamist ja tihtipeale ka riiklikku tuge elluviimiseks.

Soovitused energiantensiivsetele tööstustele.

- Auditeerida protsesse järjepidevalt kaasates sobilikke eksperte Eestist või välismaalt. Püsiv protsessi ülevaatus sõltumatu energeetika eksperdi pilgu läbi toob tihtipeale uusi vaatepunkte ja võimalusi leidmaks uusi lahendusi efektiivsuse suunal.
- Ehitada välja piisava detailsusega mõõtmisüsteemid ja juurutada KPId energiatarbe seiramiseks. Energeetilise protsessi alustalaks on korrektne sisendinfo kogu protsessi osas. Ainuke võimalus teha adekvaatseid kalkulatsioone, on tarbimist mõõta

süsteemselt ning detailselt. Kui pole ülevaadet, kust energia tuleb, kus seda kulutatakse ning kus tekivad kaod, pole võimalik parimal viisil protsessi ka optimeerida.

- Olla püsivas suhtluses kohalike omavalitsuste ja riigiga. Anda sisendit, rääkida probleemidest ning suunata Eesti poliitikuid õiges suunas otsuseid tegema. Mida rohkem Eesti tööstus kaasa räägib, seda suurem tõenäosus on, et keskkond tootmisettevõtete jaoks paraneb ja sektorit väärtustatakse rohkem.

Mitte energiantensiivsetes tööstustes üldjoontes ei teostata investeeringuid tootmiseadmetesse eesmärgiga vähendada energiakulu. Investeeringute peamine rõhk on tootlikkuse kasvatamisel, töajookulude vähendamisel, tootearenduse võimaldamisel, uute toodete tootmisel või digitaliseerimisel. Energia kokkuhoid jääb teisejärguliseks, kuna ei moodusta suurimat osa primaarressursist, mida kasutatakse. See ei muuda energia kokkuhoidu vähem tähtsaks, aga see pole primaarne.

Soovitused mitte energiantensiivsetele tööstustele (kehtivad muidugi kõikidele tootmisettevõtetele):

- Panna pöhirõhk ressursikasutusele ja tootlikkusele. Energia võib olla oluline sisend, kuid enamus töötleva tööstuse ettevõtete jaoks on peamiseks sisendressursideks töajood ja toomaterjal.
- Automatiseerida, kasutada tänapäevaseid AI lahendusi ja digitaliseerida protsesse niipalju kui võimalik. Oluline on kasvatada seeläbi tootlikkust ja sõltuda vähem töajood.
- Kasutada võimalikult palju riiklike meetmeid projektide realiseerimiseks. Olgu selleks digitaliseerimise meetmed, ressursitõhususe programm, arenguprogrammid ja muud, mis aitavad reaalsuses projektide kasumlikkust kasvatada ning lühendada tasuvusaega.
- Tegeleda tehnosüsteemide energiatõhususega ja sisekliima parandamisega. Need on kohad, kus on võimalik viia läbi kasumlikke projekte, saavutada märkimisväärset energia kokkuhoidu ning kasvatada töötajate rahulolu läbi paremate töitingimuste. Pöhirõhk peab olema energia täpselt mõõtmisel ning tehnosüsteemide vajaduspõhisel juhtimisel.

Hoonete ja tehnosüsteemide energiatõhususe projektid

Energiatõhusesse panustavad investeeringud jagunevad üldjoontes kaheks: ehituskonstruksioonilised ja tehno- ning tootmist toetavate süsteemidega seonduvad. Ehituskonstruksioonilised – antud kategooriasse kuuluvad kõikvõimalikud hoonetega piirnevad projektid, sh fassaadi soojustamine, akende vahetus, katuse vahetus/soojustamine, vundamendi soojustamine jne. Hoone tervikrenoveerimisel on märkimisväärne efekt primaarenergia vähendamisele ulatudes kohati üle 50%, kuid arvestades investeeringu suurust (keskmiselt alates 600 €/m²) ei oma projektid mõistlikku tasuvusaega. Tööstuses tekib suur hulk vaba- ja heitsoojust, mis on seotud tootmisprotsessiga. Seeläbi võivad küttekulud olla oluliselt madalamad ja hoonete konstruksioonidesse tehtavad investeeringud seeläbi palju kehvema tasuvusega kui üldse tasuvusaega tekib. Põhjus, miks nimetatud projekte üldse realiseerida seisneb nõuetele vastava sisekliima tagamises. Tehnosüsteemidega seonduvad – kuna enamus energiatarbimisest hoones on tehnosüsteemide poolt tekitatud eesmärgiga hoida inimestele või tootmise jaoks sobivat sisekliimat, siis tuleks ka antud valdkonnale panna senisest oluliselt suuremat rõhku.

Tarbimise tark juhtimine, selle vähendamine ja tehnosüsteemide renoveerimine on madalaima eriinveeringuga (30 – 80 €/m²) ettevõtmine, mille tasuvusaeg jääb keskmiselt 4 – 8 aasta juurde.

Vastavalt hoonete energiatõhususe direktiivile 1275/2024 tuleb järgmise 8 aasta jooksul renoveerida 26% halvima energiatõhususega hoonetest. Eesmärk on aastaks 2050. viia hoonete CO₂ heide nulli. 26% energiatõhususe saavutamine eeldab, et kõik mitteeluhooned peaksid jõudma E-klassi tasemeni. Lisaks eelmainitule on kohustus paigaldada enamikule hoonetest päikese-elektrijaamad, ehitada välja keskne hooneautomaatikasüsteem, tagada korrapärane süsteemide hooldus, võtta kasutusele seiresüsteem ning tagada valgustuse automaatjuhtimine. Need on vaid mõned näited kohustustest, mis tööstuslikus kinnisvaras tulevikus tuleb tagada.

Kuna ehituskonstruksiooniliste projektide investeeringud on eelduslikult liiga kõrged eelmainitud eesmärgi täitmiseks, siis enamik energiatarbimise vähenemisest ning energiatõhususest tuleb saavutada läbi tehnosüsteemide. Tuginedes viimasele Kliimaministeeriumi uuringule, kus käsitleti eeskätt kiirelt tasuvaid projekte, võib väita, et:

- tööstustes on energiasäästu potentsiaal keskmiselt 30%;
- lahenduste tasuvusaeg jääb alla 5 aasta;
- keskmine eriinveering on 41 €/m²;
- CO₂ kokkuhoid m² kohta on 28 t/a

Tulemustest lähtub, et tehnosüsteemide juhtimisel ja renoveerimisel on märkimisväärne mõju kasvuhoonegaaside vähendamisel, primaarenergia kokkuhoiul ning ärilisel tasuvusel. Põhilisteks meetmeteks on:

- Mõõtmis- ja seiresüsteemide rajamine – tegemist peaks olema esmase lahendusega, mis tagab energiatarbe seire ning energiamärgise optimeerimise – kokkuhoid ligikaudu 5-10%.
- Hooneautomaatikasüsteemide rajamine või kaasajastamine sh ringluspumpade vahetamine, virtuaalse elektrijaama rakendamine ja börsihinna järgi juhtimine – kokkuhoid 20 – 40%. Keskmine tasuvusaeg 4-6 aastat.
- Valgustuspaigaldise standardikohane projekteerimine ning selle järgne renoveerimine ja automatiseerimine – kokkuhoid kuni 90%. Keskmine tasuvus alla 5 aasta.
- Soojussõlmede, külmajaamade ja katelde automaatika vahetus, rajamine või töhustamine – kokkuhoid 10 – 20%.
- Päikeseelektrijaamade ehitus – tasub vaid omatarbimise katmiseks ning eeldab realiseerimiseks teatud eeltingimusi nagu soodsad ilmakaared, lihtne paigaldus, katuse vastupidavus – kokkuhoid keskmiselt 3-5%, tasuvusaeg 10+ aastat.
- Suruõhu süsteemide optimeerimine, lekete elimineerimine ja soojustagastuse rakendamine hoonete kütmiseks või tootmisprotsessi sisendiks. Tasuvusajad algavad 6 kuust ning suurematel projektidel ca 2-4 aastat.
- Kütte-ventilatsioon-jahutuse süsteemide renoveerimine. Tasuvusaeg ja projekti realiseeritavus sõltub paljuski baasolukorrast ja tehnilisest lahendusest. Parimate projektide tasuvused jäävad 3 aasta juurde. Pikemad ja ulatuslikumad lahendused ulatuvad 10 aasta piirimaile, mille põhiline väljund on kvaliteetne sisekliima.

Soojuse taaskasutus eeldab investeeringu teostamiseks kolme põhilist eeltingimust: soojus peab tekkima püsivalt, olema piisava temperatuuriga ning peab olema tarbija. Õhust soojuse

taaskasutamine on väga vähese potentsiaaliga. Tootmiseseadmetest, kus tekib püsivalt sooja ja seda annab utiliseerida ehk olemas on tarbija, omavad olulist mõju.

Veesäästupaketi realiseerimine, reaktiivenergia kompenseerimine, laetiivikute paigaldamine, primaarenergia vahetus, soojuspumpade kasutuselevõtt, tehnohoolduse ja elektrikäidu kvaliteedi parandamine, börsihinna järgi juhtimine – väiksema mõjuga ja alati mitte igal pool rakendatavad meetmed.

Seiresüsteemid

Seiresüsteemi põhieesmärk on tööstuse energeetiline haldamine. Energiatõhususe eesmärkide saavutamiseks on vajalik ülevaade hoonepõhiselt kuludest, nende muutustest ajas ning andmed peavad olema adekvaatsed ja võrreldavad. Tänapäevased süsteemid võimaldavad:

- luua visuaalse pildi portfelli energeetika haldamiseks;
- hinnata energiakulu tootmisühikusse;
- eristada tootmistehnoloogilise energeetika hoonega seonduvast;
- hinnata ja analüüsida energiakulusid ning neid optimeerida;
- analüüsida energiakulusid portfelli üleselt;
- võtta vastu tarku otsuseid süsteemide renoveerimiseks ja auditeerimiseks;
- hinnata realiseeritud projektide mõju ja tulemusi;
- hinnata hoone energiamärgist ja selle mõjutegureid;
- hinnata energeetilist CO2 jalajälge ja selle muutust ajas;
- raporteerida tulemusi reaalajas.

Seiresüsteemide kasutuselevõtu tasuvus on üldjoontes kohene. Keskmiselt hoitakse korrektse info omamise ning optimeerimise kaudu kokku kuni 5% hoonete energiakulust ning otsused on läbimõeldud. Vale projekti realiseerimine või õige projekti tegemata jätmise osutub tulevikku vaatavalt väga kalliks ning seda on tarvis vältida.

Kokkuvõte

Erinevatel tööstussektoritel on väga erinevad võimalused ja piirangud. Energiaintensiivsetes ettevõtetes on energiasääst sageli konkurentsivõime eeltingimus ning investeeringud tootmistehnoloogiasse on vältimatud. Mitteenergiaintensiivsetes sektorites saab olulisi tulemusi saavutada tehnosüsteemide optimeerimise ja tööprotsesside digitaliseerimise kaudu. Oluline on teada, kuhu kui palju kulub, millised on osakaalud ja kui suur on potentsiaal. Eri ettevõtted peavad tegelema erinevate prioriteetidega ning rakendama lahendusi, mis annavad efekti ning on tasuvad. Olenemata tööstuse tüübist on võimalik lihtsamate lahendustega kokku hoida 20 – 30% tehnosüsteemide ja tootmistoetavate süsteemide energiatarbest. Keskmise tasuvusaja 5 aasta juures on tagatud investeeringu rentaablus ning taskukohasus.