



Sardsüsteemid ja kiibitehnoloogiad: hetkeseis ja väljavaated

Kiibid leiavad rakendust sisuliselt kõikides eluvaldkondades alates julgeolekust kuni tervishoiuni välja ning vajadus nende järele kasvab lähikümnendil plahvatuslikult. Tähtsamad tehnoloogilised arengud on seotud vabavaraliste komponentide, 3D-kiipide ning orgaanilisest materjalist elektroonikakomponentide arenduse ja levikuga. Eestis on perspektiivikas kiibidisaia, kiipide verifitseerimine ja turvalisuse testimine. Kiibitootmise osas näevad eksperdid Eestis potentsiaali väike- ja seeriatootmises ning erilahendustes. Suurte kiibitehaste rajamine Eestisse on suure investeerimisvajaduse ja kõrge riski tõttu vähetõenäoline. Eesti võimlusi suurendaks läbimurre vabavaraliste kiipide vallas, mille projekteerimine on jõukohane väikeettevõtetele.

Arenaguseire Keskuse uurimissuunas „Rohepöörde trendid ja stsenaariumid Eestis“ käsitletakse keskseid valikuid rohepöörde edasisel elluviimisel ning analüüsitakse, millised alternatiivsed stsenaariumid rohepöörde elluviimiseks Eestis erinevate edasiste arengute ja põhimõteteliste valikute korral kujunevad.

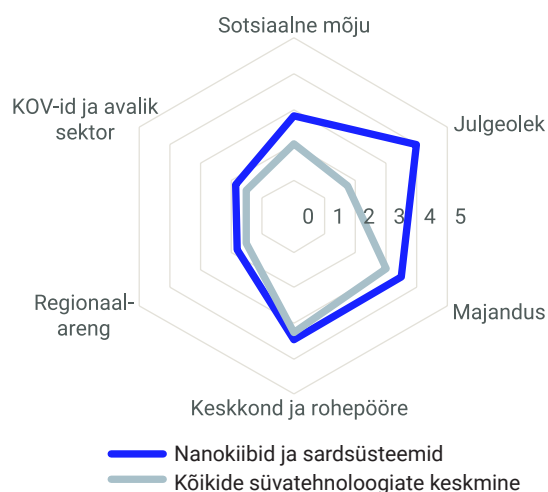
Tehnoloogiaseire raames hinnati Eestile olulisemaid süvatehnoloogiad ning nende puutumust rohepöördega.

Uurimissuuna materjalid: www.arenaguseire.ee

Kiibid on arvutustehnika ja asjade interneti (IoT) ehk sardsüsteemide põhikomponendid, mis koosnevad mikrokoopilistest elektroonika-, mehaanika- või optikakomponentidest. Kiibid leiavad rakendust sisuliselt kõikides eluvaldkondades, kus kasutatakse elektroonikat. Vajadus kiipide järele kasvab kiiresti ning seda tõukab tagant rohe- ja digipöörde. Kiipide ja sardsüsteemide globaalseks turumahuks 2021. aastal hinnati 550 mld eurot ning 2030. aastaks prognoositakse selle kasvu triljoni euroni.¹ Kiipide tootmine on koondunud väikese arvu globaalsete tehnoloogiaettevõtete kätte – TSMC, Samsung, Global Foundries, Intel. Kiibikriisist ajendatuna investeerib EL Aasiast sõltuvuse vähendamiseks Euroopa kiibitööstusse lähiaastatel 43 miljardit eurot eesmärgiga saavutada tootmises 20%-line globaalne turuosa. Seoses kiipide keerukuse kasvuga on nende arendus järjest töömahukam, mis on suurema osa väärtusloomest nihutanud pooljuhtide tootmisettevõtetele nende arendusettevõtetele.

Sardsüsteemide ja kiibitehnoloogiate positiivne keskkonnamõju seisneb erinevate protsesside täpsemas seiramises, juhtimises ning (energia)efektiivsuse suurendamises – näiteks tööstuses (digitaliseerimine, tarneahela juhtimine), põllumajanduses (täppisviljelus, muldade seire), energeetikas (päikeseenergia muundamine, energiasalvestus, nutikas võrk) ja transpordis (elektrisõidukid, elektroonilised juhiabid, isejuhtivad sõidukid). Plahvatuslikult kasvav nõudlus kiipide järele toob aga kaasa suureneva nõudluse kiipide tootmiseks tarvilike mittetaastuvatele või haruldaste maavarade järele, mille kaevandamine, transport ning töötlemine on väga suure negatiivse keskkonnamõjuga.

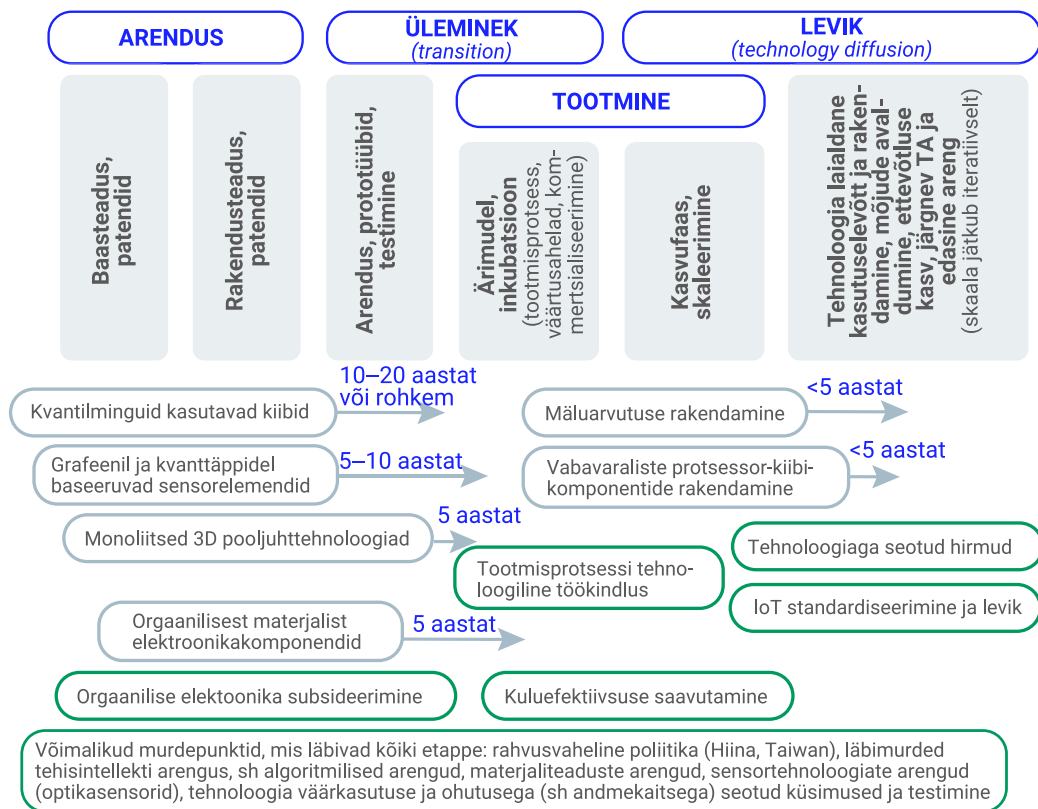
Kiibitehnoloogia on tihedalt seotud ka julgeolekuga – kiibid on kõigi kaasaegsete militaartehnoloogiate keskmes ning



Joonis 1. Süvatehnoloogia rakendamise valdkondlik mõju
Allikas: Koppel et al. 2023

nende arendustöö aitab kaasa autonoomsete kaitsesüsteemide, dronide, robotite ja muude mehitamata platvormide levikule. Teisalt on kiibitehased ja arenduskeskused potentsiaalsed küberrünnakute või sabotaaži sihtmärgid. Kiipide rakendusvõimlusi leiab väga erinevatest eluvaldkondadest – alates tervishoiust (kehasensorid, patsientide kaugseire, täpsemad ravimite manustamissüsteemid), riide ja moetööstusest (targad riided) kuni kriminalistika ja kohtuekspertiisini (nanosensorid kuriteopaiga analüüsiks jt) välja.

¹ McKinsey (2022). The semiconductor decade: A trillion-dollar industry, <https://www.mckinsey.com/industries%20semiconductors/our-insights/the-semiconductor-decade-a-trillion-dollar-industry>.



Joonis 2. Tehnoloogia ajatelg
Allikas: Koppel et al. 2023

Eeldused: Kiibitehnoloogiate arendustöö fookus on olnud väiksemate, kiiremate, madalama energiatarbega ja odavamate kiipide väljatöötamisel. Uuringus osalenud ekspertide hinnangul on kiibitehnoloogiates oodata ka edaspidi pidevat

arengut, ent mitte revolutsiooni. Erandiks on kvantilminguid ja -tehnoloogiaid kasutatavad süsteemid, mille väljatöötamine tooks kaasa muutused kogu arvutusmaailmas.

- Kiibitehnoloogiate areng on teiste süvatehnoloogiatega võrreldes kõige enam mõjutatud **globaalsest poliitikast**, sõltudes Taiwani kui maailma kõige olulisima kiibitootja suhetest Hiina ja USA-ga.
- Kiipide ja sardsüsteemide plahvatusliku levikuga võivad ühiskonnas üha rohkem esile kerkida **tehnoloogiaga seotud hirmud**, kui üha vähem leidub igapäevaseadmeid, mis ei sõltu kiipidest.
- **Vabavaralistel tarkvarakomponentidel** baseeruvate protsessorite ja mikrokontrollerite lai levik ja arendus toob turule odavamaid protsessoreid nii IoT kui ka masinõppe superarvutite jaoks ja loob võimalusi väikestele kiibidisainiettevõtetele.
- **Uudsed pooljuhtmaterjalid** võimaldavad keerukamate elektroonikakomponentide arendamist ja masstootmist, näiteks valgusside lahendusi.
- Kiibitehnoloogiate perspektiivne ja keskkonnasäästlik arendussuund on **orgaanilisest materjalist elektroonikakomponendid**.

Eesti TA ja majanduslik võimekus

Eesti teadus-arendustegevuse potentsiaal seisneb eelkõige orgaaniliste pooljuhtide uuringutes, rakenduslikumas poolel on perspektiivikas kiibidisaini, kiipide verifitseerimine ja turvalisuse testimine. Viimane võimaldab ära kasutada olemasolevat tugevat IT kompetentsi. Eesti võimalusi suurendaks läbimurre vabavaraliste kiipide vallas, mille projekteerimine on jõukohane väikeettevõtetele. Sardsüsteemide komponentide tootmine Eestis on vähetõenäoline tootmise suure investeeinguvajaduse ja kõrge riski tõttu. Majanduslikult realistlik on täita teatud etappe uudsete kõrgtemperatuursete pooljuhtseadiste, näiteks aluskristallide tootmisel. Kui tehnoloogiad lihtsustuvad, on võimalik hakata pakkuma erilahendusi või väikeseeriaid – suured rahvusvahelised kiibitehased väikeseeriaid ei tooda.

Viide:

Koppel, K., Kuusik, A., Arrak, K., Raik, J., Niidu, A., Köks, K., Lahtvee, P. (2023). Süvatehnoloogiate alternatiivsed arengutrajektoord ja nende tähendus Eestile. Civitta Eesti AS.

Riigi jaoks on valikukohaks põhimõtteline lähenemine küberturvalisuse tagamisele, arvestades sardsüsteemide üha laialdasemat levikut. Kaaluda tuleb, kas rakendada juhtumipõhist paindlikku lähenemist, mille puhul avalik sektor tagab eelkõige järelevalve ja sekkumise ebaõnnestumise korral, või reguleerida küberturvalisust ennetavalt ning juhtida sellealast koostööd akadeemia ja tööstuse vahel.

Näited Eesti ettevõtetest: Selfdiagnostics (meditsiinilised kiiplaborid), Analoo-disaini AS (mikroskeemide arendamine), LightCode Photonics (3D kaameratehnoloogia), Testonica (pooljuhtseadmete tarkvaraline testimine), GScan (osakeste sensortehnoloogia), Evikon (sensorseadmed).