ÕPPEMATERJAL

Rohetehnoloogiate olemus ning rakendamine majanduses

Sihtrühm	Gümnaasiumiõpilased (10.-12. klass). Eelteadmisi teema kohta ei eeldata.
Kasutus	Õpetaja tugimaterjal. Sisaldab selgitusi ja näpunäiteid, mis aitavad tundi üles ehitada.
Ajaline kestus	Üks 45-minutiline tund, millele järgneb kuni 45-minutiline grupiharjutus.
Eesmärk	Aidata õpilastel kujundada terviklik arusaam, mis on rohetehnoloogia ning milline roll on sellega seoses ringmajandusel ja jääkide väärindamisel tänapäeva majanduses.
Õpiväljundid	Tunni läbinud õpilane: • selgitab oma sõnadega, mis on rohetehnoloogia, ja oskab nimetada selle kolm tunnust; • eristab lineaar- ja ringmajandust ning oskab tuua mõlema kohta näiteid; • kirjeldab jäätmehierarhia astmeid ja oskab põhjendada, miks kõik taaskasutusviisid pole sama väärtusega; • eristab mõisteid „jääk“ ja „jäätmed“; • nimetab rohetehnoloogia valdkondi ja oskab tuua näiteid nende rakendamisest Eestis; • selgitab, miks rohetehnoloogia võib olla ettevõttele majanduslikult kasulik.

Kuidas materjali kasutada

Materjal on koostatud nii, et selle saaks kasutusele võtta õpetaja, kes pole rohetehnoloogiaga varem kokku puutunud. Rohelistes kastides on pakutud harjutuseks arutelukohad klassile ning kollases kastis on juhitud tähelepanu kohtadele, milles võib kergemini eksida.

1 Mis on rohetehnoloogia?

Rohetehnoloogia arengu taga on kaks praktilist probleemi. Esiteks kasvavad kasvuhoonegaaside heitkogused ja sellega kiireneb kliima soojenemine. Teiseks ületab loodusvarade tarbimine nende taastumise kiiruse. Rohetehnoloogia all mõistetaksegi tehnoloogilisi lahendusi, mis aitavad mõlemat probleemi vähendada.

Ingliskeelses kirjanduses kasutatakse mõisteid *green technology* ja *cleantech* – tehnoloogia, mis vähendab inimtegevusega kaasnevat keskkonnamõju ja loob seejuures ka majanduslikku väärtust. Oluliseks tuleks pidada ka rohetehnoloogia mõjude **mõõdetavust**. Rohetehnoloogiaks ei tee

toodet ainuüksi see, et seda nimetatakse „looduslikuks“ või „ökoloogiliseks“. Loeb hoopis, kas keskkonnale loodav kasu on võimalik ka arvudesse panna – näiteks mitu kilogrammi süsinikdioksiidi jääb õhku paiskamata, kui palju jäätmeid on võimalik käidelda ja ringlusesse saata või kui palju vett tehnoloogia abil kokku hoitakse.

Rohetehnoloogia tunnused

Rohetehnoloogiat saab ära tunda kolme omaduse kaudu:

- **keskkonnakasu**: lahendus peab keskkonnakahju mõõdetavalt vähendama, olgu väiksema heite, väiksema ressursikulu või väiksema jäätmehulga näol;
- **tõhusus**: sama või parem tulemus saavutatakse väiksema kuluga. Klassikaline näide on LED-lamp: hõõglamp muundab valguseks vaid umbes 5% tarbitud energiast, kaotades 95% soojusena, samas kui LED-lamp on **5-10 korda tõhusam** ning kestab ka 20-30 korda kauem;
- **innovatsioon**: uus materjal, uus tootmisviis või uus ärimudel, mille mõju on tõestatav.

Arutelukoht klassile

Päikesepaneel ja päikesepaneeli tehas – kumb on rohetehnoloogia?

Vastus: tegelikult mõlemad, aga eri viisil: paneel ise on rohetehnoloogia toode (toodab heitevaba energiat), tehas aga rakendab rohetehnoloogiat siis, kui valmistab paneele väikese energia- ja ressursikuluga. Tasub lasta klassil arutleda, et rohetehnoloogia ei peitu ainult tootes endas, vaid sageli ka selles, kuidas see valmistatakse.

Kus võib eksida?

Rohepesu

Mõni ettevõte nimetab toodet „keskkonnasõbralikuks“, ehkki tegelik mõõdetav kasu puudub. Seda nimetatakse rohepesuks - inglise keeles on selle kohta kasutusel sõna *greenwashing*. Mõõdetavus eristab rohetehnoloogiat tühjast loosungist – kui väite taga pole konkreetset arvu ega sõltumatut kontrolli, tasub jääda ettevaatlikuks.

2 Rohetehnoloogia valdkonnad

Rohetehnoloogiad on levinud erinevates valdkondades. Esimeses tunnis pole tarvis iga valdkonda põhjalikult lahata – piisab, kui õpilastele tekib arusaam, kui mitmekülgne see valdkond tegelikult on.

Üks tuntumaid valdkondi on **taastuvenergeetika**: energia tootmine looduslikult taastuvatest allikatest – päike, tuul, vesi, biomass ja maasoojus. **Puhta transpordi** alla kuuluvad näiteks elektri- ja vesinikusõidukid, ning kergliiklus. **Energiatõhusa ehituse** all mõeldakse hooneid, mis hea soojustuslahenduse ja tarkade süsteemide abil kulutavad vähem energiat. **Mahepõllumajanduses** kasutatakse näiteks täppisviljelust, kus andurite ja andmete abil saab igale taimele anda täpselt nii palju vett ja väetist, kui vaja.

Eraldi tuleb esile tõsta **ringmajandust ja jääkide väärindamist**, mida käsitlevad lähemalt järgmised kaks peatükki.

Kuus peamist suunda, millega Eesti rohetehnoloogia-ettevõtted täna tegelevad.

- **Taastuvenergia ja energiasalvestus.** Energia tootmine looduslikult taastuvatest allikatest nagu päike, tuul, vesi, bioenergia – ning vesinikutehnoloogiad. Üha suurem rõhk on energia salvestamisel (näiteks akudel) ja nutivõrkudel, mis aitavad tarbimist ja tootmist paremini tasakaalus hoida.
- **Ringmajandus ja materjaliteadus.** Tootmisjääkide, vanade akude ja muude materjalide väärindamine ehk nende ringlussevõtt uueks tooraineks. Siia kuulub ka biolagunevate materjalide ja pakendite arendamine. Sellest räägivad lähemalt järgmised kaks peatükki, sest jäätmete muutmine ressursiks on rohetehnoloogia üks kandvamaid ideid.
- **Nutikas ja roheline transport.** Elektrisõidukite arendamine, laadimistaristu laiendamine, ühistranspordi optimeerimine ning uued logistikalahendused, mis vähendavad süsiniku jalajälge. Siia alla mahub ka kergliiklus.
- **Põllumajandus- ja toidutehnoloogia.** Täppispõllumajandus, kus andurite ja andmete abil saab anda igale taimele täpselt nii palju vett ja väetist, kui vaja, samuti vertikaalne põllumajandus ja muud lahendused, mis võimaldavad toota toitu väiksema ressursikuluga.
- **Energiatõhus ehitus ja nutilinnad.** Hoonete energiatõhususe parandamine, passiivmajade ehitus, roheliste ehitusmaterjalide kasutamine ning linnaruumi planeerimine nii, et see toetaks säästvat liikumist ja tarbimist.
- **Jäätmekäitlus ja veepuhastus.** Tehnoloogiad, mis aitavad reovett tõhusamalt puhastada ning prügi sortida, taaskasutada või energiaks muuta.
- **Tehisintellekt ja andmed.** Tehisintellekt aitab seal, kus inimene üksi hätta jääks: see modelleerib kliimamuutusi ja ennustab nende mõju, kiirendab uute materjalide – näiteks paremate akude või päikesepaneelide – avastamist ning suudab tohutust andmehulgast leida mustreid, mis aitavad ressursse säästa. Suur osa eespool nimetatud suundadest – nutivõrgud, täppispõllumajandus, nutilinnad – tugineb just tehisintellektile ja andmetöötlusele.

3 Jäätmetest ressursiks: ringmajanduse olemus

Selleks et mõista, miks jääkide kasutamine on rohetehnoloogias nii kesksel kohal, tuleb esmalt heita pilk sellele, kuidas majandus on seni valdavalt toiminud. Seda toimimisviisi nimetatakse lineaarmajanduseks.

3.1 Lineaarmajandus: võta, tooda, viska minema

Lineaarmajandus liigub sirgjooneliselt. Loodusest võetakse toorainet, sellest valmistatakse toode, toodet tarvitatakse mõnda aega ja lõpuks rändab see prügikasti. Iga samm kulgeb ühes suunas ning teekond lõpeb jäätmetega. Selle mudeli vaikiv eeldus on, et toorainet jagub lõputult ja prügile leidub alati ladestamisruumi. Kumbki eeldus ei pea aga paika.

Nõnda tekib **kahekordne kaotus**. Esmalt läheb raisku väärtuslik tooraine, mis pärast üht ainsat kasutuskorda muutub jäätmeks. Teiseks tekitab jäätmete ladestamine ja põletamine omakorda uut keskkonnakahju. Lineaarne majandus seega mitte üksnes ei kuluta ressursse, vaid maksab nende eest topelt.

3.2 Ringmajandus: ressurss jääb ringlema

Ringmajandus pöörab lineaarmajanduse loogika ümber, lähtudes sihist hoida materjale ja tooteid võimalikult kaua kasutuses ning vältida jäätmeteket juba enne, kui see tekkida jõuab. Kui lineaarmajanduses on jääk teekonna lõpp, siis ringmajanduses on ta hoopis uue ringi algus.

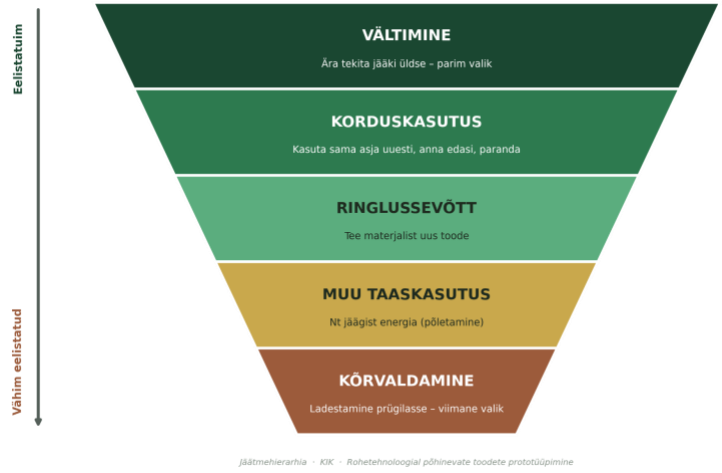
Ringmajanduse kolm lihtsat lähtekohta

1. Toode kavandatakse juba algusest peale vastupidavaks, parandatavaks ja hiljem osadeks lahtivõetavaks – nõnda väldib disain ise jäätmeteket.
2. Kasutuses olevat toodet hoitakse võimalikult kaua käibel: seda parandatakse, uuendatakse, renditakse või jagatakse.
3. Kui toode on lõpuks oma aja ära elanud, ei lähe ta prügimäele, vaid võetakse materjalideks lahti, et sellest saaks valmistada midagi uut.

> **Arutelukoht klassile**
>
> **Pandipakend. Kas oled kursis pandipakendi süsteemi edukusega Eestis?**
>
> Vastus: Eesti pandipakendi süsteem esindab ringmajandust ehedal kujul. Tühi pudel või purk ei liigu prügikasti, vaid läheb taaraautomaati, kust materjal suundub uuesti ringlusse. Tagastusmäär on Eestis umbes 90 %. Valdav osa pakenditest leiab tee tagasi ringlusse, mitte loodusesse. See on harukordselt hästi toimiv süsteem, mida tasub näitena meelde tuletada.

3.3 Jäätmehierarhia

Ringmajanduses pole kõik lahendused sama väärtusega. Väärtuse järjekorda aitab selgitada jäätmehierarhia – rahvusvaheliselt kokku lepitud raamistik, mis ütleb, milline tegevus on keskkonnale eelistatum ja milline võiks olla viimane valik. Loogika on lihtne: mida vähem materjali läbi töödeldakse ja mida kauem ta esialgsel kujul ringleb, seda parem.



Jäätmehierarhia · KIK · Rohetehnoloogial põhinevate toodete prototüüpimine

Näide 1: vanad riided

Väikseks jäänud teksapüksid võivad läbida väga erineva teekonna. **Äraviskamine** tähendaks, et suure tõenäosusega lähevad need olmeprügiga põletusse või prügilasse – see on halvim variant. **Muu taaskasutus** tähendaks riide töötlemist näiteks isolatsioonimaterjaliks. **Ringlussevõtuna** käsitletakse vanast uue kanga tootmist. Sellest kõrgem väärtus oleks aga **korduskasutusel** – teksasid kantakse edasi, müüakse või parandatakse – need jäävad rõivana edasi kasutusse. Kõige mõjusam oleks aga üleliigsete rõivaste **vältimine**: osta vähem ja vastupidavamat, et üleliigseid riideid ei tekikski.

Näide 2: toidujäägid

Söögikõlbliku toidu annetamine inimestele on kohe pärast vältimist parim samm – toit täidab oma esialgse otstarbe ja jõuab toidulauale, mitte prügikasti. Toidujäägi suunamine biogaasi tootmisse või kompostimisse on **ringlussevõtt** – toitained jäävad ringlusse. Halvim on toidu äraviskamine olmeprügiga.

4 Kust jäägid tulevad ning kuidas neid väärindatakse

Igapäevakeeles tähendavad **„jääk"** ja **„jäätmed"** enam-vähem sama asja, kuid ringmajanduse jaoks on nende vahel oluline erinevus. Jääk on see, mis tootmisel või tarbimisel üle jääb – näiteks saepuru, toidukoored või vana telefon. Jäätmeks muutub jääk alles siis, kui keegi otsustab, et sellel pole enam väärtust, ja viskab selle minema. Ringmajanduse mõte ongi hoida ära see teine samm – jääk leiab uue kasutuse enne, kui temast jõuab saada jääde.

4.1 Jääk inimeste tarbimisest

Suur osa jäägist tekib meie endi argielust: toidujäägid, pakendid, vana elektroonika, riided, mööbel. Iga inimene tekitab aastas mitusada kilogrammi olmejääki. Suur osa sellest ei pea muutuma jäätmeks, sest tegu on väärtusliku toorainega, mis õigel käitlemisel uue elu saab.

Liigiti kogumine kui lähtekoht. Kui paber, plast, klaas, biojäätmed ja metall kogutakse juba kodus eraldi, saab need puhtalt ringlusse suunata; segaprügist on materjale hiljem märksa raskem kätte saada. Biojäägist – toidujääkidest ja muust orgaanikast – valmib kompostimisel mullaparandaja või käärimisel biogaas, millest saab kütet ja elektrit. Riided, mööbel ja seadmed, mida üks omanik enam ei vaja, leiavad korduskasutuse kaudu tee järgmise kasutajani, selle asemel et jõuda prügimäele.

4.2 Jääk tööstuse tootmisest

Tööstuses tekib jääki toodete valmistamisel. Peaaegu igas tootmisprotsessis jääb midagi järele – näiteks saepuru ja puiduhake puidutööstuses, metallilaastud metallitööstuses, tuhk energiatootmisel, vadak piimatööstuses. Ringmajanduse mõtteviis esitab siin alati ühe ja sama küsimuse: kas selle jäägi saab muuta mõne uue toote tooraineks? Üllatavalt sageli on vastus jah – ja sel juhul ei muutugi jääk jäätmeks.

Tehnoloogiad, mis muudavad tööstusjäägi ressursiks

Järgnevas tabelis on toodud näiteid sellest, kuidas erinevad tehnoloogiad jääki väärindavad ja kus neid Eestis kohtab.

Tehnoloogia või lahendus	Kuidas jääki kasutatakse	Kus seda Eestis kohtab
Puidujääkide väärindamine	Saepurust valmistatakse pelleteid ning sellest omakorda soojusenergiat ja biokütuseid.	Puidu- ja energiatööstuses üle Eesti.
Biogaasi tootmine	Põllumajandus- ja toidujääkidest ning sõnnikust saadakse käärimisel biogaasi, millest toodetakse elektrit ja soojust. Puhastatuna (biometaaniks) sobib see ka transpordikütuseks.	Biogaasijaamades ning jäätmekäitlus- ja energiaettevõtetes.
Toidutööstuse kõrvalsaaduste väärindamine	Vadakust ning puu- ja köögiviljajääkidest valmistatakse loomasööta, valgupulbreid või lausa uusi toiduaineid.	Piima- ja toiduainetööstuses ning toidujääke väärindavates idufirmades.
Ehitus- ja lammutusjäätmete ringlus	Betoon ja tellis purustatakse uueks täitematerjaliks; metall ja puit suunatakse ringlusse.	Jäätmekäitlus- ja taaskasutusettevõtetes ning ehitussektoris.
Plasti ja metalli ringlussevõtt	Kogutud plast ja metall sorteeritakse, puhastatakse ja töödeldakse uute toodete tooraineks.	Taaskasutus- ja jäätmekäitlusettevõtetes ning pakenditööstuses.

Arutelukoht klassile:

Miks jäägi väärindamine ettevõtetele mõistlik on?

Jäägi väärindamine pole pelgalt hea tahte avaldus. Üsna sageli on see lihtsalt tulus. Materjal, mille äraveo eest tuli varem peale maksta, muutub müüdavaks tooteks. Lisaks vähendab oma jäägi kohapeal ärakasutamine sõltuvust sisseostetavast toorainest. Just seepärast liiguvad paljud ettevõtted ringmajanduse poole mitte üksnes seaduse sunnil, vaid puhtalt majandusliku arvestuse kasu tõttu.

5 Rohetehnoloogia majanduses

Rohetehnoloogia ei ole nišš, vaid üks kiiremini kasvavaid majandusharusid maailmas. Sellega tekivad uued töökohad, uued ettevõtted ja uued ettevõtlusviisid.

5.1 Miks ettevõte roheliselt mõelda võiks?

Levinud on arvamus, et keskkonnasõbralikkus on ettevõttele kulu, mida kantakse hea südametunnistuse nimel. Tegelikkuses on tihti vastupidi: roheline mõtteviis on muutunud konkurentsieeliseks. Selle taga on kolm ajendit, mis sageli mõjuvad korraga.

Esiteks **kulude kokkuhoid**: energia, tooraine ja jäätmekäitlus maksavad raha, nii et iga säästetud kilovatt-tund ja iga ringlusse suunatud jääk parandab potentsiaalselt ettevõtte finantstulemusi. Teiseks **kliendid ja maine**: üha enam ostjaid – nii inimesi kui ka teisi ettevõtteid – eelistab keskkonnateadlikke tarnijaid, ning suured tellijad nõuavad seda sageli juba lepingus. Kolmandaks **seadused**: Euroopa Liit karmistab pidevalt keskkonnareegleid, mistõttu varakult kohanevad ettevõtted on tulevikus eelisseisus.

5.2 Rohelised ärimudelid

Ringmajandus on toonud kaasa mitu uut moodust ettevõtluseks. **Rohelise tootmise ehk keskkonnasõbraliku tootmise** puhul tõhustab ettevõte oma protsesse – kulutab vähem energiat, tekitab vähem jääki ja püüab tekkinu ise uuesti ära kasutada –, säästes nõnda korraga nii keskkonda kui ka kulusid. **Teenusepõhise mudeli** korral toodet ei müüda, vaid renditakse või jagatakse; kuna omanikuks jääb ettevõte, on tal otsene huvi teha toode võimalikult vastupidav ja parandatav. Mõelgem seejuures näiteks tööriistade rendile või sõidujagamise teenusele. **Ringmajanduse mudel** läheb veel sammu kaugemale: toode on algusest peale kavandatud nii, et see võetakse kasutusea lõpus tagasi – materjalid suunatakse uuele ringile.

5.3 Rohetehnoloogia Eestis

Eestis tegutseb hulk ettevõtteid, kelle rohetehnoloogia on rahvusvaheliselt konkurentsivõimeline. Et mitte jääda kinni üksikute nimede loetlemisse, on järgnevas tabelis lahendused rühmitatud tehnoloogiavaldkonna kaupa.

Tehnoloogiavaldkond	Kuidas seda Eestis arendatakse
Taastuvenergia tootmine	Päikese- ja tuuleparke ning biogaasijaamu rajavad nii suuremad energiaettevõtted kui ka väiksemad kohalikud tootjad. Siht on katta üha suurem osa elektritarbest taastuvallikatest.
Energia salvestamine	Eestis arendatakse energiasalvestust mitmel erineval tasemel, alates suurtest akuparkidest kuni unikaalsete pumphüdroelektrijaamadeni (vesisalvestiteni). Nende eesmärk on tagada elektrivõrgu stabiilsus, toetada taastuvenergia kasutuselevõttu ja tasandada elektrihindade kõikumisi.
Nutikas ja jagatud transport	Sõidujagamise ja kergliikurite platvorme on Eestis arendatud nii oma turu kui ka maailmaturu tarvis. Need vähendavad vajadust isikliku autosõidu järele.
Iseliikuv kuller- ja tarnetehnoloogia	Iseliikuvad tarnerobotid võtavad üle osa kullerautode sõitudest ning vähendavad sellega tihedat linnaliikluse koormust ja heidet.
Jääkide väärindamine	Puidujääkidest valmivad pelletid ja biokütused, toidu- ja põllumajandusjääkidest biogaas, sorteeritud materjalist uus tooraine.

6 Mida saab igaüks ise ära teha

Rohetehnoloogia ja ringmajandus ei ole üksnes ettevõtete ja inseneride pärusmaa. Suur osa muutusest sünnib igapäevastest valikutest. Järgnevad soovitused on sellised, mille saab kohe käiku võtta – ja iga soovituse juurde käib põhjendus, **miks see toimib**. Nõnda näeb õpilane, et tegu pole tüütute reeglitega, vaid ringmajanduse põhimõtete päris rakendamisega.

Kõige mõjusam on jäätmeteket ära hoida

Korduvkasutatavate esemete kasutamine – näiteks veepudel või kohvitops – asendab oma eluea jooksul sadu ühekordseid. Kõige lihtsam loogika kehtib siingi: jääki, mida ei teki, ei pea ka ringlusse võtma. Sama mõte kehtib ostmisel. Enne ostu tasub korraks peatuda ja küsida, kas asja on

tegelikult vaja ja kui kaua see vastu peab. Üks vastupidav toode on keskkonnale enamasti parem kui mitu odavat, mis kiiresti katki lähevad.

Tasub pikendada asjade iga

Katkine ese ei ole veel jääde. Parandamine hoiab materjalid ringluses ja säästab raha. Kui mõni ese on ühe inimese jaoks oma aja ära elanud, ei tähenda see, et ta oleks kõigi jaoks kasutu – riided, raamatud ja seadmed leiavad taaskasutuse kaudu sageli uue omaniku. Just see ongi ringmajanduse „kasutusea pikendamise“ põhimõte igapäevase näitena.

Sulge ring teadlikult: sorteerimine ja tagastamine

Liigiti kogutud jäätmest – paber, pakend, biojäätmed, klaas, metall – saab teha uue toote; taaraautomaati tagastatud pudel ja purk on materjal, mis jääb ringlema. Kus võimalik, tasub biojäätmed komposti suunata – paljudes kodudes ja koolides on see juba igapäevane.

Kes ise mõistab, kuidas ringmajandus toimib, oskab seda ka teistele selgitada – ja teadlik tarbija teeb paremaid valikuid. Siia juurde kuulub ka oskus roheväiteid kahtluse alla seada: kas lubaduse taga on mõõdetav arv ja sõltumatu kontrollimise võimalus? Kriitiline mõtlemine on rohetehnoloogia juures sama tähtis kui tehnoloogia ise.

7 Kokkuvõtteks

Kui sellest tunnist peaks meelde jääma mõni mõte, siis võiks rõhuasetus olla järgmisel:

Rohetehnoloogia seob mõõdetava keskkonnakasu majandusliku väärtusega – ainuüksi „looduslik“ silt ei tee millestki veel rohetehnoloogiat. **Lineaarmajandus** (võta, tooda, viska ära) raiskab ressursse, **ringmajandus** aga hoiab need ringluses ja väldib jäätmeteket juba enne tekkimist.

Jäägid sünnivad nii inimeste tarbimisest kui ka tööstuse tootmisest, ent kummalgi juhul saab neist õige käitlemisega uus ressurss. Eestis rakendatakse rohetehnoloogiat juba paljudes valdkondades, taastuvenergiast jääkide väärindamiseni. Ja lõpuks – muutus ei oota kuskil kauges tulevikus, vaid algab igaühe enda valikutest: vähem jäätmeteket, pikem kasutusiga ja teadlik sorteerimine.

KIK TOETAB

Projekti rahastas Sihtasutus Keskkonnainvesteeringute Keskus · KIK toetab · kik.ee