



Eesti Soojustehnikainseneride Selts
Estonian Association of Thermal Engineers



Tartu Regiooni Energiaagentuur
Tartu Regional Energy Agency

ESTISE loengutesari.

Jääksoojus ja soojussalvestid

Ülo Kask

Tartu Regiooni Energiaagentuur

30.10.2023.

Teemad

- Saateks
- Mõisted
- Heitsoojuse mõiste Eesti õigusaktides
- Heitsoojuse allikad
- Salvestamine
- Energia looduslik salvestumine ja salvestamine energeetikas
- Soojuse salvestamine. Materjalid. Lühidalt teooriat
- Soojuse salvestamise eesmärgid
- Uuringu: „Analüüs ja ettepanekud energia salvestus- turu käivitamise kohta.“ lühitutvustus

Saateks

- Tööstus kasutab kogu maailmas ~38% energia lõpptarbimisest ehk üle 58 600 TWh (2010).
- Tööstuslik heitsoojus on pikka aega tähelepanuta jäänud, kuna ettevõtted paiknevad hajutatult ning saadavad heitsoojuse hulgad ja parameetrid on väga erinevad, võrreldes elektritootmisel tekkivate heitsoojuse hulkadega.
- Peale otsesele taaskasutusele on ka võimalus kasutada tööstuslikku heitsoojust külma ja jahutuse, soojuse ja elektri tootmiseks mitmete tehnoloogiate ja seadmete abil.
- Elamutes saab käsitleda heitsoojuse tekkimist ja kasutamist seotuna soojuse tootmise, kütmise, õhuvahetuse ja sooja tarbevee kasutamisega.
- Järjest täienevate energiatõhususe nõuete rakendamine elamusektoris on loonud olukorra, kus uute hoonete püstitamisel ja olemasolevate hoonete rekonstrueerimisel üritatakse saavutada võimalikult energiatõhus tulemus.
- Püütakse saavutada järjest parema realiseerimispotentsiaaliga lahendusi, mis aitavad heitsoojust koguda ja kasutusele võtta selle tekkekohas, kuna sel tulemusel väheneb hoonesse täiendavalt tarnitud energia hulk ning paraneb energiaklass hoone energiamärgisel (nt ventilatsiooni õhu soojuse taaskasutus).

Mõisted

- Väliskirjanduses ja eri keeltes on tehnoloogilistest protsessidest ja tehnilistest seadmetest protsesside läbiviimisest ülejäävat ehk liigset soojust nimetatud mitmeti (nt ingl *waste heat, residual heat, surplus heat and excess heat*).
- Eesti keeles soovitatakse kasutada vaid ühte mõistet – **heitsoojus**, - sest sisuliselt on eeltoodud mõisted suhteliselt sarnased ja hakata neis vahet tegema võib viia ebakõladele meie õigusaktides ja raskendaks mõistmist tavakeeleski.
 - **Heitsoojus** (*waste heat, excess heat, Abwärme (f), hukkalämpö, бросовое тепло*) - tootmisprotsessis vabanev ja seal kasutust mitteleidv soojus. Heitsoojuse teke on mis tahes energiamuundumises termodünaamiliselt paratamatu. Heitsoojuse tagasisuunamine tootmisse, ja tarbimisse (kasutamine kütteks või vee soojendamiseks) võimaldab kokku hoida loodusvarasid (peamiselt kütuseid) ja vähendada üldist saastust.
 - **Jääksoojus** (*residual heat, Restwärme, остаточное тепло*) - jääksoojus tekib (domineerib) tuumareaktorite väljalülitusrežiimis. Reaktori seiskamise järgsete protsessidest arusaamiseks on võetud kasutusele mõiste „jääksoojus“.
 - **Liigsoojus ehk üleliigne soojus** (*excess heat, surplus heat, überschüssige Wärme, избыток тепла*) – eesti keeles sisuliselt sama, mis heitsoojus. Mõned näited, kuidas kasutatakse inglise keeles seda väljendit: *The excess heat from the combustion, can efficiently be used for the drying process* (Põlemisel tekkivat liigset soojust e heitsoojust saab tõhusalt kasutada kuivatusprotsessis); *Recovery of excess heat from the cooling zone is applicable when grate coolers are used* (Jahutustsooni liigsoojust e heitsoojust saab taaskasutusse võtta vastavate restjahutitega e jahutuspaikidega); *Cooling the photovoltaic constrains to store the excess heat in the garden* (Fotogalvaaniliste elementide (PV-elementide) ülekuumenemise piiramiseks jahutatakse neid ja seda üleliigset soojust e heitsoojust saaks salvestada aias (pinnases) ning taaskasutada maasoojuspumpade abil). Märkus: tõlge eesti keelde on vaba ja paremaks mõistmiseks pikemalt selgitatud.
- **Heitsoojust** käsitletakse kõigi soojuse vormidena (nii varjatud kui ka ilmne e tajutav), mis eraldub süsteemist ja ei ole süsteemis eesmärgipäraselt kasutatav.
- Heitsoojuse allikad tööstustes võivad olla üksikud masinad või terved süsteemid, mis eraldavad soojust keskkonda. Hoonete heitsoojus eraldub peamiselt õhuvahetusest ja reoveest.
- Heitsoojus eraldub kas soojusjuhtivuse teel, kiirgusena või konvektsiooni abil või soojuskandja kaudu nagu heitgaas, jahutusvedelikud või aur.

Tööstuslik heitsoojus. Mõisted

- Tööstuslikes protsessides üle jäävat soojust saab paljudes olukordades osaliselt kasutada nii ettevõtte sees kui ka väljaspool.
- Nagu eespool nägime on mitu määratlust ja mõistet, nt heitsoojus, soojuse ülejääk, sekundaarne soojus, madala kvaliteediga soojus, must, valge või roheline heitsoojus.
- Sellest segasest olukorrast ülesaamiseks on kirjanduses soovitatud järgmisi definitsioone ehk mõisteid:
- **Tööstuslik heitsoojus** (ingl *excess heat* – jääk- ehk liigsoojus) on kõigi voogude (gaas, vesi, õhk jne) soojussisaldus, mis eraldub tööstusprotsessist antud ajahetkel.
- Osa sellest võib olla nii ettevõtte siseselt kui ka väljaspool kasutatav soojus (ingl *usable heat*) nii tehniliselt ja ka majanduslikult.
- Kui protsessi käigus tekkivat soojust kasutatakse väliselt ja seda ei saa kasutada sisemiselt kui alternatiivi toodetavale või ostetavale soojusele (vt allpool tõelise liigse kuumuse/soojuse kohta), võib seda nimetada **valgeks heitsoojuseks** (ingl *white excess heat*).
- Kui see on saadud biomassi muundamisel, võib seda nimetada **rohelisteks heitsoojuseks** (ingl *green excess heat*) (on võimalik ka segu).
- Kui soojust oleks saanud tehniliselt ja majanduslikult kasutada hoopis ettevõtte sees, võib seda nimetada **mustaks heitsoojuseks** (ingl *black excess heat*).
- **Mittekasutatav heitsoojus** (ingl *non-usable excess heat*) on ülejäänud osa soojusest, kui ettevõtte sees ja väljaspool kasutatavad osad on maha arvatud.
- Pakutakse, et seda osa võib nimetada raisatud soojuseks (ingl *waste heat*).
- Sageli kasutatavat mõistet “**tõeline heitsoojus** (ingl *true excess heat*)” võib määratleda valge või roheline heitsoojusena, sõltuvalt fossiilsest või biomassi päritolust.

Tööstuslik heitsoojus. Mõisted 2

- Eespool toodud määratluste õigeks tõlgendamiseks on oluline, et oleks antud ka sõna „tööstus“ definitsioon. Siinkohal peetakse silmas igasugust tööstust, mis toodab materjale, seadmeid, s.h väiksemad VKEd.
- Ühiskonnas on ka teisi ettevõtteid, mis toodavad heitsoojust. Üks ilmne näide on soojuse ja elektri koostootmisjaamad (SEK jaamad). Need on mõeldud nii elektri kui ka soojuse koogenereerimiseks.
- Mõnes riigis, kus elektri hinnad on kõrged, saab selliseid kondensatsioonijaamadest väiksemaid SEK jaamu kasutada vähemalt osalise tööajaga ka kondensatsioonirežiimis.
- Sellistel juhtudel võib nende jaamade üleliigne ehk heitsoojus leida kasutust madalatemperatuurilisi tehnoloogiaid kasutavates seadmetes.
- Suurte kondensatsioonielektrijaamade seadmete soojust saab samamoodi kasutada nt kaugkütte või -jahutussüsteemides, kui saab nõustuda mõnevõrra madalama elektritootmise tõhususega (elektri osakaal, võrreldes kondensatsioonijaamaga on SEK jaamas väiksem), kuid kasutatakse ära heitsoojus, mis suurendab energiamuundamise koguefektiivsust ehk primaarenergia tõhusamat kasutust.
- Teine näide on munitsipaalsete reoveepuhastite liigne soojus, mille temperatuuri saab tõsta kaugküttesüsteemile sobivaks soojuspumpade abil. Seda tüüpi süsteem on suhteliselt tavaline suurte kaugküttesüsteemidega linnades, kuid mitte siis, kui reoveepuhastusjaam asub väga kaugel katlamajast või SEK jaamast.
- Seega on selles valdkonnas suur vajadus ühise keele, definitsioonide ja määratluste väljatöötamiseks.
- Näeme, et see valdkond on mitmetahuline ja kui paljude mõistetega opereeritakse. Eestis on soovitatud jääda esialgu ühe mõiste – **heitsoojus** – juurde olgu see pärit kas tööstusettevõtetest või mujalt, fossiilsetest või taastuvatest energiaallikatest.

Meie õigusaktid seonduvalt heitsoojuse mõistega

- Tööstusheite seaduse (edaspidi THS) eesmärk on saavutada keskkonna kui terviku kaitse kõrge tase, minimeerides saasteainete heite õhku, vette ja pinnasesse ning jäätmetekke, et vältida ebasoodsat mõju keskkonnale. Inimtegevusest tulenev **soojuse otsene või kaudne väljutamine** välisõhku, vette või pinnasesse, mis võib kaasa tuua vähendamist vajava mõju keskkonnale, inimese tervisele, heaolule, varale ja kultuuripärandile **on saastamine** THS § 5 lg 1 mõttes.
- Välisõhku, vette või pinnasesse otseselt või kaudselt **väljutatav soojus on heide tööstusheite seaduse tähenduses**, vastavalt THS § 5 lg 3. Tööstusheite seaduses on reguleeritud nt jäätmepõletus- või koospõletustehase loa taotluse esitamise raames eralduva soojuse kohta andmete esitamise kohustus, tehase asukoha valikul jäätmete põletamisel tekkiva soojuse tarnet vajava soojusetarbija või soojustrassi läheduse kriteeriumiga arvestamise kohustus, samuti kohustus kasutada jäätmete põletamisel või koospõletamisel tekkiv soojus ära võimalikult suures ulatuses (hea näide on Iru Elektrijaam).
- **Kaugkütteseaduses ega elektrituruseaduses heitsoojust käsitletud ei ole.**
- Energiamaajanduse korralduse seaduse (edaspidi EnKS) § 2 punktis 27 on **heitsoojust** nimetatud tõhusa kaugkütte ja -jahutuse mõiste juures, mille kohaselt on tõhus kaugküte ja -jahutus kaugkütte- või kaugjahutussüsteem, mis kasutab vähemalt 50 protsenti taastuvenergiat, 50 protsenti heitsoojust, 75 protsenti koostoodetud soojust või 50 protsenti taastuvenergia ja heitsoojuse või koostoodetud soojuse kombinatsiooni.
- EnKS § 10 lg 1 punktide 3 ja 6 kohaselt koostab ettevõtja tööstusheite seaduse tähenduses käitise tõhusaks koostootmisjaamaks muutmise kulude ja tulude analüüsi, kui kavandab:
 - üle 20 MW summaarse nimisoojusvõimsusega ja kasulikul temperatuuril **heitsoojust** tootva tööstuskäitise olulist rekonstrueerimist või ehitamist;
 - olemasoleva soojuselektriijaama olulist rekonstrueerimist selliselt, et efektiivselt kasutada ära lähedal asuva tööstuskäitise **heitsoojust**.

Meie õigusaktid seonduvalt heitsoojuse mõistega 2

- Kui kaugkütteettevõtte soovib osta heitsoojust, peab ta kuulutama välja konkursi soojuse ostmiseks ja määrama sealjuures tehnilised tingimused ja muud olulised aspektid.
- Tehniliste tingimuste määramine võib osutuda suhteliselt keerukaks ja üht ettevõtet soosivaks, mis rikuks konkurentsitingimusi.
- Tööstusliku heitsoojuse kasutuselevõtuks kaugküttevõrkudes võiks luua lihtsustatud tingimused. Kaugkütteettevõtte võiks ise otsustada selle ostu, kui see osutub majanduslikult kasulikuks.
- Sisseostetava soojuse hind ei tohiks tõsta soojuse hinda kaugkütte võrgupiirkonnas, seega saab see olla madalam kui kaugkütteettevõtte muutuvkulude hind (viimase asjakohasus on Konkurentsiameti KA poolt soojuse hinna kinnitamisel kontrollitud). Kaugkütteettevõttel on huvi tööstuslikku heitsoojust osta, kui ta saab sellega hoida soojuse hinda stabiilsena või seda alandada, sest see parandab tema konkurentsivõimet turul (tarbijad ei lähe lokaalküttele).
- Mida rohkem tekib kaugküttevõrkude jaoks heitsoojuse kasutamise võimalusi (rohkem oleks seda saada suveperioodil), seda kindlamini peaks võtma kasutusele kahe või mitmetariifse soojuse hinna.
- Kui nt suvel soojuse hinda alandada, siis tarbijad, kellel on sooja tarbevee valmistamiseks elektriboilerid, oleksid rohkem motiveeritud sooja tarbevett võtma kaugküttevõrgust. Loomulikult tuleks selleks taastada (mõnel pool ka ehitada) hoonesisene sooja tarbevee jaotustorustik.
- Puuduvad toetusmeetmed heitsoojuse kasutusele võtmiseks (v.a ettevõtete ressursitõhususe meede, lõppes 2020, uus peaks avanema 2024). Ilma toetusteta ei pruugi ettevõtete investeeringud heitsoojuse kasutusele võtmiseks olla kulutõhusad.
- Üldjuhul puudub ettevõtetes vajadus madalatemperatuurilise soojuse järgi.
- Kui see on olnud tasuv, siis paljudes kohtades on see juba kasutusele võetud, kas pesuvee soojendamiseks, põrandakütte kontuurides või ruumi sissepuhkeõhu ettesoojendamiseks.
- Valdavalt jääb heitsoojusest saadud (kasutusele võetud) võimsus alla 1 MW ettevõtte kohta.

Heitsoojuse allikad

- Heitsoojus eraldub mitmesuguste protsesside kõrvalproduktina, näiteks:
 - atmosfääri juhitud põlemisgaasid (koostootmisjaamade sisepõlemismootoritest, gaasiturbiinidest, küttekateldest, tööstusahjudest jm),
 - keskkonda sattunud kuumutatud vesi, õhk ja kondenseerunud aur (tööstusprotsesse läbinud ja kondenseerumata või kondenseerunud aur, jahutusõhk ja -vesi jm),
 - kuumutatud tooted, mis väljuvad tööstusprotsessidest (tellised ahjust, terastooted lõõmutusahjust jpm),
 - soojusülekanne kuumade seadmete pindadelt (nt tsemendi ja lubja ahjud jm).
- Heitsoojuse allikad erinevad:
 - oleku (peamiselt vedeliku ja gaasi (õhu) voolused),
 - temperatuurivahemiku (allika ja ümbritseva keskkonna vahel),
 - temperatuuri muutumise ja soojussisalduse (soojushulga) poolest.

Tööstusharud ja majandussektorid heitsoojuse allikaina Eestis

- Energiatootmine (elekter ja soojus), sh kaugküttevõrkude tagastuva vee soojuse kasutamine madalatemperatuuriliste võrgupiirkondade soojusega varustamiseks, et alandada kaugküttevõrgus tagastuva vee temperatuuri. Suitsugaasides oleva veeauru kondenseerimine, kondensaadi soojuse kasutamine;
- Mineraalõli rafineerimine, põlevkiviõli tootmine;
- Tsemendiklinkri tootmine (Eestis on klinkri põletamine lõpetatud 03.2020);
- Lubja tootmine;
- Klaasi tootmine;
- Paberimassi tootmine;
- Paberi või papi tootmine;
- Keraamiliste toodete valmistamine;
- Keemiatööstuse toodete tootmine (ammoniaak, Nitrofert AS peatas tootmise 08.2013);
- Ehitusmaterjalide tootmine;
- Toiduainete ja joogitööstus;
- Puidu- ja mööblitööstus (kuivatid);
- Reoveepuhastus (heitvee soojuse kasutamine (soojuspumpade (SP) vahendusel) madala temperatuurilistes kaugküttevõrkudes);
- Teenussektor (hotellid, Spaa'd, suured kaubandus- ja spordihallid jm hooned, kus palju ventilatsiooni heitsoojust);
- Põllumajandus (nt piima jahutamine lautade juures, biogaasijaamad, sõnnikuhoidlad);
- IT valdkond, andmekeskused (serveripargid).

Ettevõtete heitsoojuse allikad ja heitsoojuskandjad

- Suured põletusseadmed (tööstuskatlad – kuumad gaasid, heitaur ja kuum vesi),
- Tööstusahjud (tsemenditööstuses klinkripõletusahjud, lubjapõletusahjud, tellisepõletusahjud, metallisulatusahjud – kuumad gaasid, klaasisulatusahjud (-vannid) – suitsugaasid, kuum õhk),
- Autoklaavid, aurumoodustajad (heitaur),
- Kuivatid (puidukuivatid – niiske õhk, värvikuivatid – saastunud soe õhk),
- Külmutus- ja jahutusseadmete kompressorid (agens, soe vesi või soe õhk),
- Suruõhuseadmete kompressorid – soe vesi, soe õhk),
- Keedukatlad (heitaur, soe vesi), pastörisaatorid (heitaur, kuum vesi),
- Jahutus- ja lõõmutuskambrid (kuum või soe õhk),
- Tuhajahutus (põlevkiviõli tööstus, kuum vesi või õhk)
- Jahutusvannid (soe vesi, soe õhk, soe õli),
- Elektriliste seadmete jahutus, sh serverid (õli, soe õhk),
- Ventilatsioon (soe õhk),

Ettevõtete heitsoojuse allikad ja heitsoojuskandjad 2

- Kanalisatsioonivesi (soe vesi).
- Reoveepuhastusjaamade heitvee soojuse (soe vesi, 8-10°C, potentsiaal Tallinna Vesi AS reoveepuhastusjaamas, Paljassaares),
- Suurte trafode jahutus (kuum õli või õhk),
- Serveriparkide jahutus (soe vesi, soe õhk),
- Kaevandustest väljapumbatav vesi (aasta ringi ühtlase temperatuuriga vesi, 8-10°C, suunatakse SPsse, kus tõstetakse temperatuuri kuni 70°C ja seda kasutatakse nt kasutatakse Kiikla küla kaugküttevõrgus),
- Prügilates kas küünalpõletis metaani põlemisel tekkiv soojus või biogaasil töötavast koostootmisjaamast saadav soojus, vt eelpool. Kasutamata nt Jõelähtme prügilas).
- Viljakuivatid (soe ja niiske õhk, töötavad lühiajaliselt)
- Pesumajad ja keemilise puhastuse ettevõtted (kondensaad, soe vesi või soe õhk).

Salvestamine

Salvestama – (ingl k – *storage, save*).

1. tähendus - *salve panema. Suurem osa viljast, kartulitest on juba koristatud ja salvestatud (salve pandud).*

2. tähendus - *talletama, jäädvustama; andmeid säilitamiseks põhimälust välismällu kopeerima. Laulud, muusika, kõne, tekst salvestatakse helilindile, heliplaadile. Terve kontsert salvestati videolindile. Andmed salvestatakse arvuti mäluseadmetes. Digitaalkujul salvestatud info. Faili salvestama. Mitmesugused informatsiooni salvestavad seadmed. **Aku laadimisel salvestatakse temasse elektrienergiat.** Taimed salvestavad fotosünteesis päikesekiirgust. Inimese mälu salvestab muljeid, tähelepanekuid, kogemusi. Loodus on salvestanud kibuvitsamarjadesse nagu terve apteegitäie ravimeid.*

Akumuleerima – (ingl k – *accumulate*) *koguma, kuhjama, salvestama. Tellislõõrid akumuleerivad sooja. Taimed akumuleerivad päikeseenergiat. Kapitali akumulatsioon.*

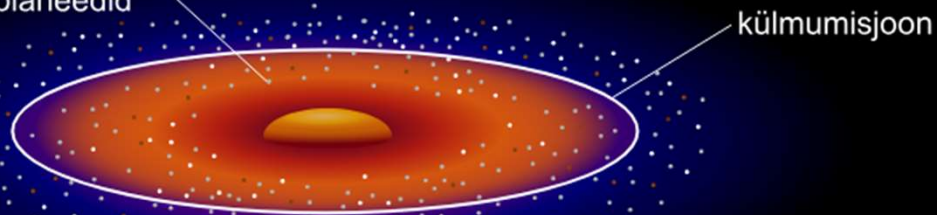
Allikas: <https://www.eki.ee/dict/ekss/index.cgi?Q=salvestama&F=M>

Salved



Energia looduslik salvestumine

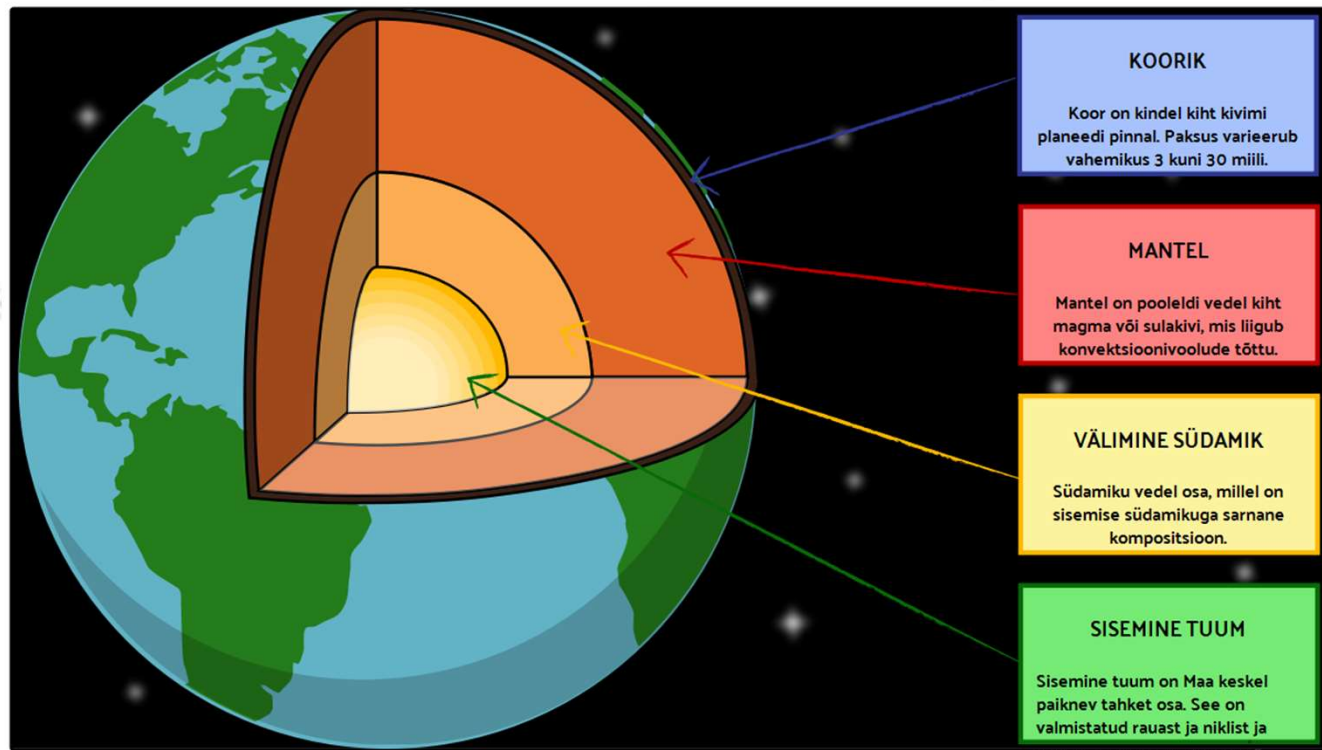
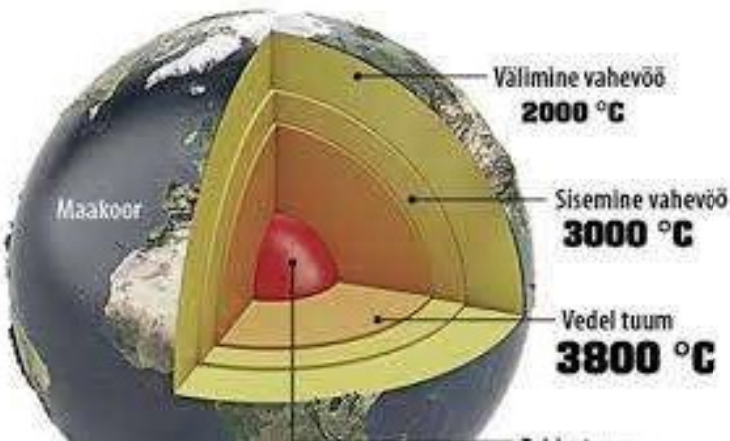
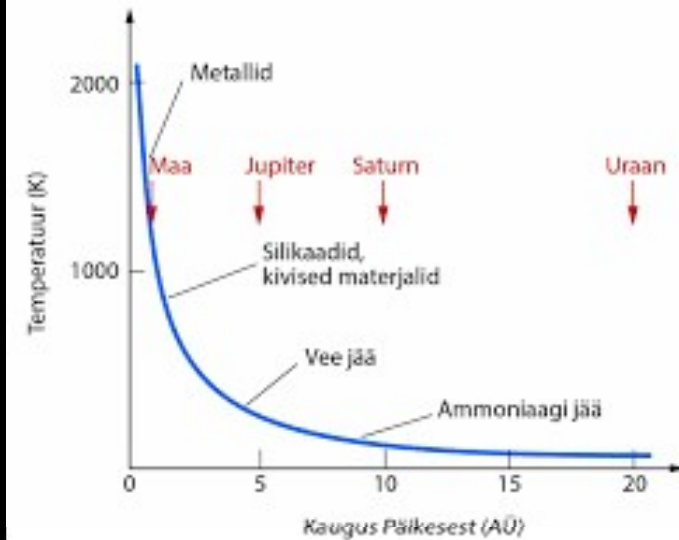
kondenseeruvad ainult
kivimid ja metallid, siia
tekivad maatuüpi planeedid



külmumisjoon

kondenseeruvad kivimid,
metallid ja vesinikuühendid,
siit alates tekivad hiidplaneedid

98% päikeseudust moodustab vesinik ja
heelium, mis ei kondenseeru mitte kusagil



Salvestunud energia

- Päikesesüsteemi tekkimise käigus oleme saanud radioaktiivsed elemendid (uraan, toorium)
- Maa süvasoojus on talletunud Maa kui planeedi tekkimise käigus
- Loodus on meile Päikese energiat salvestanud juba sadu miljoneid (al 360-300 mln a) aastaid
 - Fossiilsed kütused
 - Biokütused



Salvestamine energeetikas

- Energia salvestamine pole midagi uut. Patareisid on kasutatud alates 1800. aastast ja pumphüdroenergiajaamad on USA-s töötanud alates 1920. aastatest.
- Nõudlus dünaamilisema ja puhtama elektrivõrgu järele on toonud kaasa uute energiasalvestusprojektide rajamise ning uute või paremate energiasalvestuslahenduste väljatöötamise märkimisväärse kasvu.
- Soojussalvestite rakendamine tööstus- ja ehitussektoris võib anda Euroopa Liidus 7,8% energiasäästu aastas.

Ajaloost

- Ajalooliselt on olnud energiasalvestitel kolm olulist rolli. Esimesed kaks käivad nii elektri- kui soojussalvestite kohta.
- Esimene neist on tiputarbimise kompenseerimine nt madalama hinna või tarbimisega ajal salvestatud energiaga.
- Teine on varustuskindluse tagamine nt varutoite kaudu (nt UPS) või muul moel.
- Kolmas ja samuti oluline on elektripaigaldistes ja võrkudes elektrikvaliteedi, sh sageduse ja toitepinge tagamine.

Soojuse salvestamine

- Soojuse salvestamist on kasutatud aegade algusest, kus lõkke ümber koondatud kivid andsid sooja ka pärast tule kustumist. (nt ka mustlase saun)
- Esimene tahkekütusel töötav veesoojendusseade aga patenteeriti alles 1868. aastal Benjamin Waddy Maughan'i poolt [[http://www.waterheaters4less.net/#! water-heater-history/c|hci](http://www.waterheaters4less.net/#!water-heater-history/c|hci)].
- Esimene veesoojendi, mille Norra immigrant Edwin Rudd töötas Ameerikas välja 1989. aastal, oli maagaasiboiler, mis kasutas akumulatsioonipaaki [<https://plumbingnav.com/water-heaters/water-heater-history/>]
- Soojust salvestatakse peamiselt eesmärgiga seda hiljem kasutada. Näiteks kasutatakse päeval akumuleeritud Päikeselt saadud energiat öösel sooja tarbe- või küttevee saamiseks või päiksejaamades elektri tootmiseks. Samuti kasutatakse soojust akumuleerimist kaugküttesüsteemide töö stabiliseerimiseks.

Soojust salvestavad ained/materjalid

Aineid, millesse soojust salvestada, on arvukalt. Laialdasemalt on kasutusel oma hinna ja hea erisoojuse tõttu vesi (vedelikud) ning mineraalsed ained (kivi).

Peamised nõuded soojussalvesti materjalidele on:

- suur materjali erisoojus;
- hea soojusülekanne soojussalvesti materjali ja soojuskandja vahel; mehhaaniline ja keemiline stabiilsus;
- täielik reverseeritus;
- laadimis/tühjenemistsüklite arv;
- madal soojakadu salvestusperioodil;
- lihtne juhtida;
- soojusjuhtivustegur (määrab laadimise/tühjenemise kiiruse). [1]

Allikas:

I. Cabeza, F. L. (2014). Advances in Thermal Energy Storage Systems: Methods and Applications. Woodhead Publishing. 573 lk.

Soojuse salvestite näiteid

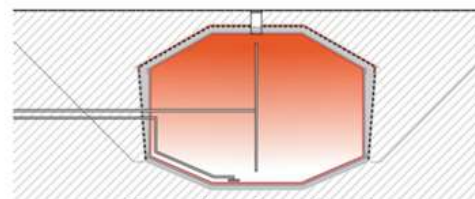


Vatajankoski liivaaku katseseade meenutab suurt elektrilist saunakerist, kus kivide asemel liiv ning selle sees kanalid, mille kaudu liiv tulise õhuga kuumaks köetakse.

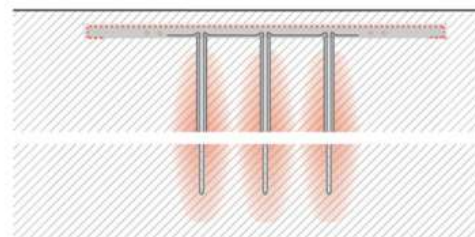


NAD 500, 750, 1000v1

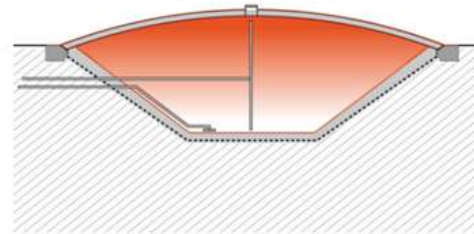
Paak-soojussalvesti
(60 kuni 80 kWh/m³)



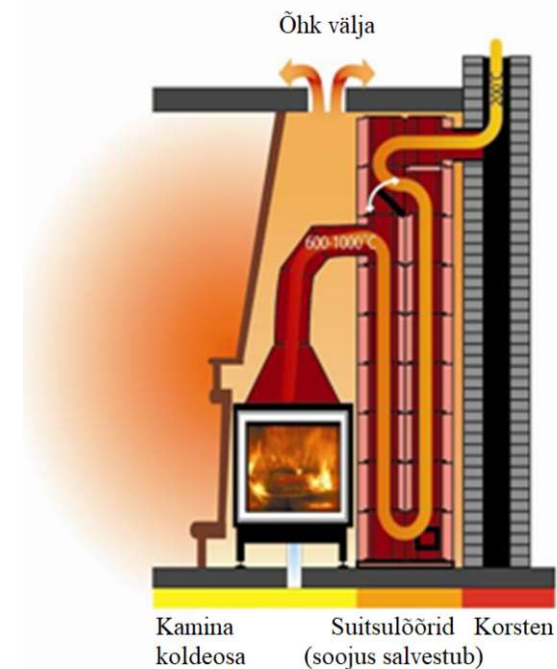
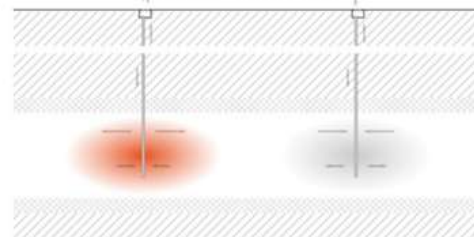
Puurauk-soojussalvesti
(15 kuni 30 kWh/m³)



Süvend-soojussalvesti
(60 kuni 80 kWh/m³)



Põhjavee soojussalvesti
(30 kuni 40 kWh/m³)



Teooriast

- Tulenevalt sellest, et soojus ei ole energia vaid selle ülekande vormiga seotud suurus, siis ei akumuleerita ehk salvestata mitte soojusenergiat vaid soojuse kujul ülekantavat energiat.
- See ülekantav energia sõltub juba omakorda energia salvestussüsteemi omadustest.
- „Termodünaamika määratleb soojuse kui energia ülekandevormiga seotud suuruse st soojus ei ole energia vaid energia ülekandmise viis. Soojushulk on energiakogus, mis kandub temperatuuridevahe olemasolul ühest termodünaamilisest süsteemist (kehalt) teise(le), suurendades või kahandades vastavalt ühe või teise süsteemi energiat.“
[2,3,4]

- Allikad:

- 2. Ots, A. (1972) Termodünaamika. Tallinn: Valgus. 317 lk.
- 3. Ots, A. (2011) Soojustehnika aluskursus : termodünaamika. Põlemine. Soojusülekanne : õpik kõrgkoolidele. Tallinn: TTÜ Kirjastus. 816 lk.
- 4. Rosin, A., Link, S., Hõimoja, H., Drovtar, H. (2013). Energiasalvestid ja salvestamistehnoloogiad. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool. 160 lk.

Soojushulk

- Missugusel kujul soojusena ülekantav energia säilitatakse, sõltub konkreetse energia salvestussüsteemi omadustest
- Ülekantav soojushulk muudab sagedamini süsteemi kas entalpiat ja siseenergiat või muutub mehaaniliseks tööks, mida tehakse välisjõudude vastu.
- Valemissse panduna on see järgmine:
- **$Q = \Delta U + A$** , kus
- Q on süsteemi juhitud soojushulk J;
- ΔU – siseenergia muutus J;
- A – töö J.

Entalpia

- Entalpia ehk füüsikaline soojusmahtuvus on termodünaamilise keha siseenergia ja rõhuenergia summa. Süsteemi entalpia on ekstensiivne suurus [2].
- **$H = U + pV$** , J, kus
- H on entalpia J;
- U – siseenergia J;
- pV – rõhuenergia J.

Entalpia 2

- „Kui entalpia muutus ΔH on positiivne, siis juhitakse süsteemi soojust ja reaktsiooni nimetatakse endotermiliseks.
- Kui energia eemaldub süsteemist soojusena, siis on entalpia muutus ΔH negatiivne (siseenergia väheneb) ja reaktsiooni nimetatakse eksotermiliseks.
- Reaktsioonide tulemusena eralduvad või neelduvad soojuse voogusid nimetatakse „varjatud soojuseks“ ehk faasimuutussoojuseks“ [4].

Salvestamise eesmärk

Lühiajaline salvestus (kuni 24 h)

- Soojuse salvestamise eesmärgiks on vähendada kulusid tootmisüksuse paigaldamisel (ei vajata lisa soojust tootvaid seadmeid) kui tarbimisprofiil võimaldab salvestusega tootmise koormustippe tasandada või pikema perioodi jooksul seadmeid kasutada.
- Kaugküttevõrgus aitab salvestus varieerida soojusallikaid sõltuvalt hetkehindadest (kütus, elekter, heitsoojus).
- Madala tarbimise perioodil, kui tootmisvõimsust jääb üle salvestame ja hiljem kui tarbimine ületab tootmisvõimsust, saame puudujääva osa salvestist juurde.
- Tuleb arvestada ka salvestuskadudega.

Salvestamise eesmärk (kontseptsioon), 2

Lühiajaline salvestus

- Soojuse salvestamine elektri tootmiseks toimub nt torn- või rennpäikeseelektrijaamades. Osa toodetavat elektrit salvestatakse päeval ülekuumendatud auruna (võik keraamilises materjalis) , mida kasutatakse turbiini käitamiseks ja elektri tootmiseks öösel, kui päikesekiirgus puudub.
- Lühiajaline on ka soojuse salvestamine (suitsu)saunas kerisekividesse, ahju massi jms.
- Jahutuse korral kui elektrit kasutatakse kompressorite käivitamiseks, võib nihutada salvestamise madala elektri hinna perioodile ja kui elektri hind on kõrge, saab jahutust salvestist.

Salvestamise eesmärk, 3

Pikaajaline salvestus (üle 24 h)

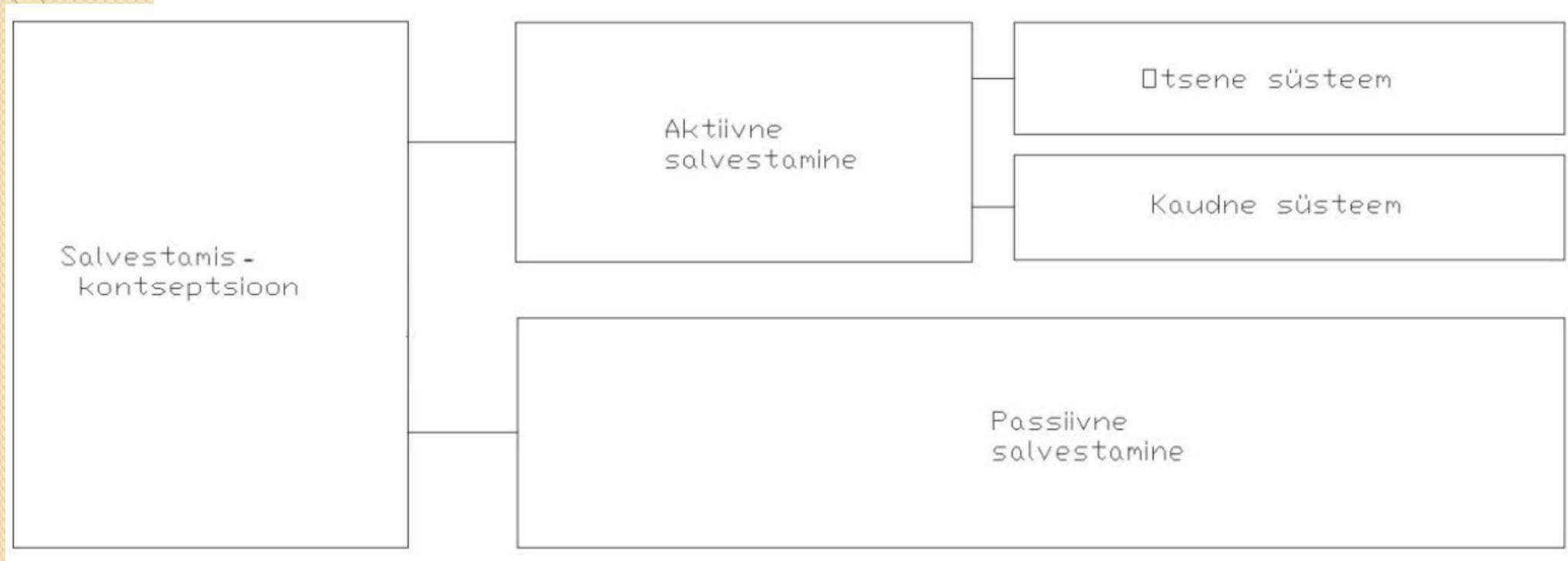
- Pikaajalise ehk aastaajalise (sesoonse) salvestamise all tuleb mõista salvestamist mingil aastaajal, kus salvestatud soojust kasutatakse teisel aastaajal.
- Näiteks kui on suur päikesekollektorite jaam, siis enamiku saadavast soojushulgast salvestatakse, et seda kasutada jahedal perioodil (nt kaugküttesüsteemi või üksikhoone) soojusvajaduse katmiseks.
- Veel üheks näiteks on suvel päikesekiirguse või hoonest jahutussüsteemiga eemaldatud soojuse salvestamine kivimitesse või maapinda (nt energiavaiad), mida talvel kasutatakse soojuspumba abil hoone kütmiseks.

Klassifitseerimine

- Temperatuuri järgi jaotatakse akumuleerimine kaheks [4]:
- madalatemperatuuriline energia salvestamine temperatuuridel kuni 200 °C. Kasutusel enamasti kütte- ja jahutussüsteemides;
- kõrgtemperatuuriline salvestamine temperatuuridel üle 200 °C. Kasutatakse tööstuses, elektrijaamades.

- Lisaks võib soojuse salvestamist klassifitseerida salvestamise kontseptsiooni järgi (vt järgnev joonis).
- **Aktiivse salvestamise** korral osaleb soojuskandja energia ülekandes sundkonvektsiooni teel. See saab toimuda kasutades kas soojusvahetit, päikesekollektorit või aurugeneraatorit (kaudne süsteem).
- Otseste süsteemi korral on soojuskandja ja soojussalvestina kasutatav aine sama, kaudses süsteemis aga eraldatud.
- **Passiivse süsteemi** korral on üldjuhul tegemist soojusülekandega soojuskandja ja tahke materjali vahel [1,4].

Soojuse salvestamise kontseptsioon ehk käsitus



Allikas: 4

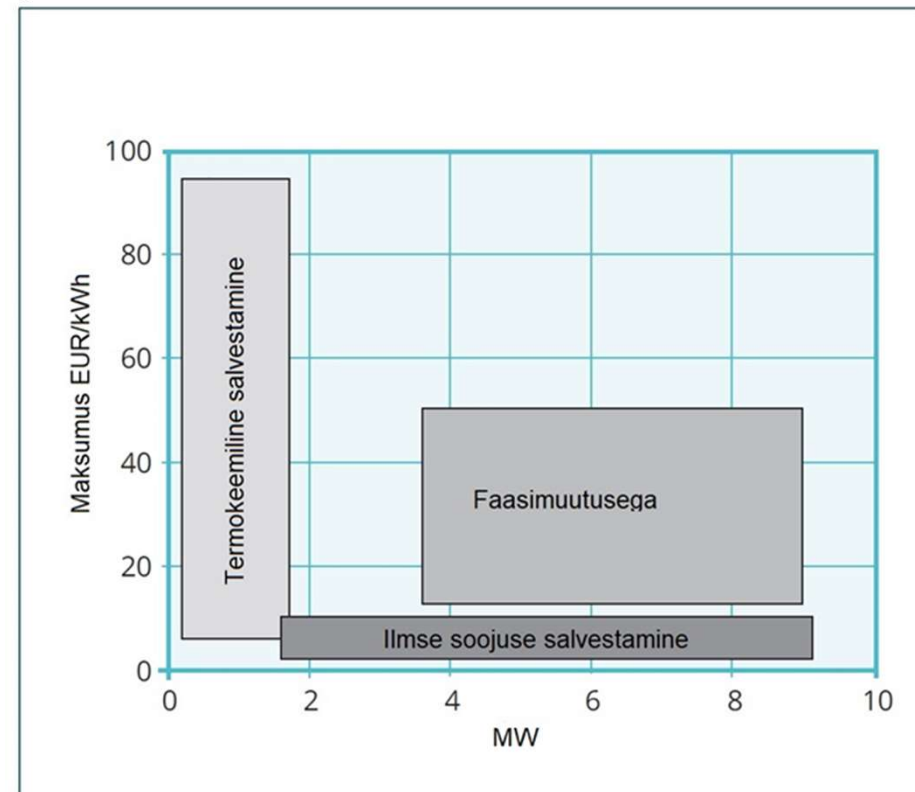
Klassifitseerimine 2

Salvestamismehhanismi järgi ja salvestusmaterjali omadusi arvestades oleks kolmeks põhiliseks salvestuse jaotusklassiks :

- faasimuutuseteta (ilmne soojus, tajutav soojus ehk füüsikaline soojus (*Sensible heat*));
- faasimuutusega (peitsoojus, varjatud soojus (*Latent heat*));
- keemiline (termokeemiline soojus (*Thermochemical heat*)).

Eelistatud tehnoloogiad Eestisse

- Senini on tavaline veega mahtsalvestamine osutunud investeringult kõige soodsamaks lahenduseks. Kaugküttesüsteemis koos koostootmisjaamaga Kuressaare Soojus ASs. Ja nüüd ka Tartus Gren ASi kaugküttesüsteemis. Lühiajaline salvestus.



Soojuse salvestuse maksumus

**Uuring: Analüüs ja ettepanekud energia
salvestus- turu käivitamise kohta.**

Sissejuhatus

Teostaja: FinantsAkadeemia OÜ

Meeskond: Olavi Grünvald, Ülo Kask ja Siim Link

Tellijä: Majandus ja

Kommunikatsiooniministeerium, 2022.



ÜLESANDE PÜSTITUS

- ❑ **Töö ulatus:** elektri ja soojuse salvestus
- ❑ **Eesmärk:** Eesti salvestusturu arengu, sh erinevate tehnoloogiate turule toomise soodustamine
- ❑ Selgitada välja, mis on takistused ja milliseid riigipoolseid tegevusi on vajalik ja mõistlik ellu viia
- ❑ **Toetusmeetmed:** võimalikult vähe rahalisi otsetoetusi, rõhuasetus takistuste kõrvaldamisel
- ❑ **Metoodika:** materjalialalüüs, intervjuud, simulatsioonimudelid

Arvestati, et salvestus saab **panustada:**

- taastuvenergia arengusse, kliimaneutraalsusesse
- energiasõltumatus/-julgeoleku suurendamiseks
- energiaallikate mitmekesisusesse
- energiasüsteemide toimimiskindlusesse
- energiaturgude efektiivsusesse (teenuste paljusus)
- ressursikasutuse efektiivsusesse
- energiahindade stabiilsusesse ja langetamiseks

TÄNANE SEIS SALVESTUSES

- ❑ Salvestus on defineeritud elektrituruseaduses (ELTS; alates 25.03.22) – paindlikkusteenused
- ❑ Suuremahulisi salvestusseadmeid täna Eesti turul veel pole
- ❑ Planeerimisel on 2 PHJ ning mõned mahtsoojussalvestid (Tartus rajamise faasis)
- ❑ Akusalvestus areneb aga on varases faasis (PV tootjad (väikesed, suured), võrguoperaatorid)
- ❑ Oluline arengupulss tekib elektrisüsteemi Mandri-Euroopaga sünkroniseerimise järel – süsteemiteenused
- ❑ Ärimudeli nurgakivi on arbitraaž, lisanduvad teised teenused (nt süsteemiteenused)
- ❑ Maailmas täna >90% elektri salvestusmahust PHJ-s – soodne hind, tehnoloogiline kindlus, pikk eluiga
- ❑ Eristatakse järgmisi salvestusviise:
 - Elektriline
 - Elektrokeemiline
 - Mehhaaniline
 - Soojuslik
 - Keemiline
 - Termokeemiline

Arbitraaž on kauba samaaegne ostmine ja müümine eri turgudel eesmärgi ga teenida riskivaba kasumit turuhindade erinevusest. Näiteks on arbitraaživõimalus olemas, kui on võimalus osta kohe midagi madala hinnaga ja müüa kõrgema hinnaga. Arbitraaž on kauplemisstrateegia.

Elektri salvestamine



Elektri salvestuse tehnoloogiad

Mitmetes energiasalvestussüsteemides (**ESS**) ei saa elektrit otse salvestada ja seetõttu muundatakse see esmalt erinevateks vahevormideks ja seejärel vajaduse korral tagasi elektriks.

- Salvestuskestvuse järgi võib salvesteid jagada kolmeks:
- **Lühiajalised energiasalvestid.** Sellesse gruppi kuuluvad tehnoloogiad, millel on suur võimsustihedus (MW/m^3) ning mis on võimelised reageerima lühikeste ajaperioodide jooksul. Lühiajalisi salvesteid kasutatakse üldjuhul elektri kvaliteedi parendamiseks elektrivõrgus: tagamaks pingestabiilsust siirdeprotsesside (lühiste või lülitamiste) ajal, mis kestavad sekundeid või äärmisel juhul kuni minut.
- **Pikaajalised energiasalvestid.** Neid tehnoloogiaid kasutatakse üldiselt elektrivõrgus süsteemiteenusteks ning on võimelised salvestama ja võrku andma energiat minutitest kuni tundideni. Üldiselt kasutatakse neid juhtimistarneteks, sageduse reguleerimiseks ja avariireservideks.
- **Ülipikaajalised energiasalvestid.** Nagu nimigi ütleb, kasutatakse neid seadmeid üldjuhul koormus- ja tootmisgraafikute järgmiseks 24 tunni või pikemate ajaintervallide (kuni mitu kuud) jooksul.

TEHNOLOOGIAD

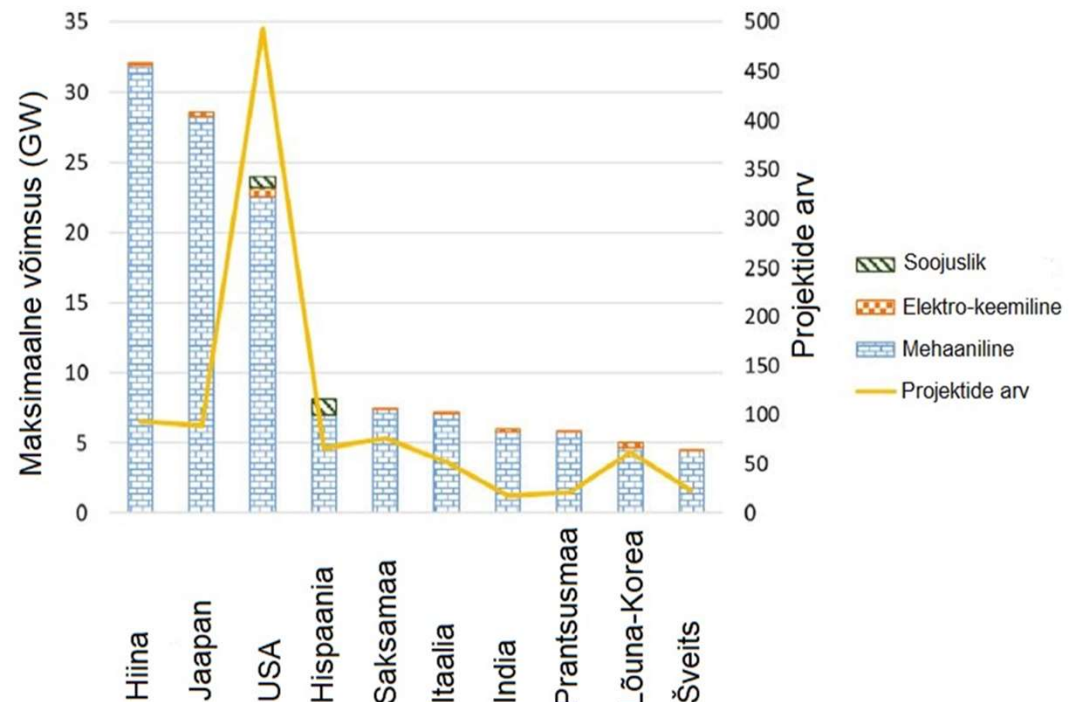
- Elektriline (superkondensaatorid, ülijuhtivad magnetsalvestid)
- Elektro-keemiline (patareid, akud – liitiumioonakud, läbivooluakud jt)
- Keemiline (vesinik, ammoniaak jt)
- Mehaaniline (pumphüdrosalvesti, suruõhusalvesti, hooratas jt)

MIDA SALVESTUS PAKUB?

Salvestamine panustab mitme olulise eesmärgi saavutamisse:

- energiajulgeolek (sh energiasõltumatuse suurendamine),
- energiaallikate mitmekesisus,
- süsteemide toimimiskindlus,
- energiaturgude efektiivsus ja energiakasutuse efektiivsus,
- vähendada tipp-koormuse katmiseks vajalikke tootmisvõimsusi,
- muuta tarbijale energia hinda odavamaks,
- pakkuda sageduse hoidmise teenust ja bilansienergia teenust elektrivõrgus.

- Kuna erinevad salvestusteenused vajavad eri tüüpi salvesteid, salvestusvajadus üha kasvab ning salvestustehnoloogiate alal käib väga intensiivse arendustegevus, siis langeb nende salvestamisvõimaluste maksumus juba lähitulevikus oluliselt ja sellest tulenevalt võib eeldada pump-hüdrosalvestuse osakaalu langust. Samas pole „võitjatehnoloogiate“ ennustamine võimalik.



Eelistatud tehnoloogiad Eestisse

Eestis võiks eelisarendada:

- **Mehaaniline salvestus:** Pump-hüdrosalvestus (PHES), suruõhksalvestus (CAES), hooratas (FES). Probleemaatilisem nendest on hooratassalvestus, mida võiks kasutada suurte tuulikute juures, kuid on ka paremaid ja odavamaid lahendusi
- **Termo-keemiline salvestus:** Liitium-ioonakud (ka muud nt Na-ioonakud), läbivooluakud (redox)
- **Keemiline salvestus:** Vesinik. Sobib suurte tuuleparkide ja PV-jaamade juurde.

Salvestus tehnoloogia	Maksimaalne võimsus, MW	Tühjenemise aeg	Eluiga või tsüklite arv	Energia-tihedus (Wh/l)	Kasutegur
Pump-hüdrosalvestus	3 000	4h – 16h	30 – 60 aastat	0,2 – 2	70 – 85%
Liitiumioonakud, Na ionakud	1 000	1 min – 8h	1 000 – 10 000 tsüklit	200 – 400	85 – 95%
Läbivooluakud (redox)		mitmeid tunde	12 000 – 14 000 tsüklit	20 – 70	60 – 85%
Vesinik	Sõltub tuuleenergia ja vesiniku-transpordi arengust	minutid – nädal	5 – 30 aastat	600 (alates 200 bar)	25 – 45%

Soojuse salvestamine



Soojuse salvestuse tehnoloogiad

Soojuse salvestamise võib jagada järgmistesse kategooriasse:

- 1) Faasimuutuseta salvestamine
- 2) Faasimuutusega salvestamine
- 3) Keemiliste protsessidega salvestamine

- Faasimuutuseta salvestamine – tõstetakse salvestava aine (nt kivi, vesi, savi, liiv, metallid jt) temperatuuri ja aine agregaatolek ei muutu.
- Faasimuutusega salvestamine – temperatuurimuutusega kaasnev salvestava aine (nt parafiin, rasvhape, soolahüdraadid, jt) faasimuutus (sulamine-tahkumine).
- Keemilise protsessi korral peavad olema keemilised reaktsioonid (nt $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (tahke) + soojus \leftrightarrow MgSO_4 (tahke) + $7\text{H}_2\text{O}$ (gaas)) pöörduvad – endotermiline reaktsioon ehk soojuse salvestamine; eksotermiline reaktsioon ehk soojus vabaneb. Protsessi läbiviimiseks kasutatakse katalüsaatorit.

MIDA SOOJUSE SALVESTUS PAKUB?

- Jääksoojuse parem kasutamine
- Koormistippude nn silumine
- Lisatootmisüksuste installeerimise vältimine (töötaksid nt mõned kümned tunnid aastas ainult)
- Reservi võimalus tootmise avarii korral
- Odava elektri kasutamine soojusvarustuses
- Taastuvatest allikatest (nt päike) toodetud soojuse kasutamise ajatamine
- Tipukoormuse (kallite) kütuste kasutamise vältimine
- Koostootmisjaama töö paindlikumaks muutmine

Eelistatud tehnoloogiad Eestisse

- Senini on tavaline veega mahtsalvestamine osutunud investeringult kõige soodsamaks lahenduseks
- Gren Eesti AS, Tartus Baltimaade suurim uus tööstuslik soojuse salvesti (~10000 m³).



Tartu külje all Lohkvas paikneva soojussalvesti maksimaalne maht on ca 500 MWh/a ning mahuti võimsus on kuni 30 MW ehk sama palju kui tarbib energiat näiteks suurem kortermaja või kaubanduskeskus ühel talvekuul. Tegemist 45 m kõrguse ja 17 m läbimõõduga isoleeritud veemahutiga, kus CHPs üle jääv soojus salvestatakse vette (küttevesi).

Väljavõtte ajakirjandusest

<https://gren.com/ee/news/avasime-tartu-elektrijaamas-ainulaadse-soojussalvesti-eestis>

- **Tartu elektrijaamas avati ainulaadne soojussalvesti Eestis. 5,5 miljonit eurot maksma läinud seadme salvestusmaht on kuni 500 MWh/a ning see võimaldab vähendada CO₂ heidet ligi 2000 tonni aastas.**
- Eriinvesteering 0,183 M€/MW ja 11€/kWh.
- Lühiajaliselt suudab salvesti anda võrku sama palju soojust kui 30MW katlamaja, pehmemal talvapäeval, kui väljas on null kraadi, katab see ühe kolmandiku kogu Tartu linna kütmiseks vajalikust soojusest,“ selgitas projekti eestvedaja Margus Raud.
- „Seade ei anna võitu mitte ainult varustuskindluses ja hinna stabiliseerimises, vaid võimaldab vähendada fossiilse gaasi kasutamist ligi 9000 MWh/a, mis on võrdne 18 suure kortermaja aastase tarbimisega.
- Varem pidi külmadel öödel käivitama gaasikatlad, kuid salvesti olemasolul selleks vajadus puudub, kuna soojus tuleb salvestist,“ märkis Raud.

Mahtsalvesti Tartu kaugküttesüsteemis



VEEGA MAHTSALVESTAMINE

- Tehnoloogiline valmisoleku tase (TRL) on 9 ehk kõrgeim
- Eeldatav investeeringu suurus kahe allika põhjal: 0,5 mln €/MW; 0,1-10 EUR/kWh
- Kasutegur 50-90%
- Energiatihedus 10-50kWh/m³
- Senini ei ole Eesti tingimustes olnud kaugkütteeettevõtetele atraktiivne (va väikesed puhvermahutid-akupaagid). See võib muutuda energiakandjate hinna tõusuga.
- Kaugküttevõrkudes kasutamise võimalused:
 - 1) suvine päikeseenergia
 - 2) Odav (nt öine) elekter
 - 3) Koostootmisjaamade üle jääv heitsoojuse (eriti suvel) kasutamine
 - 4) Samal ajal avariimahuti ja nn koormustippude siluja

SOOJUSE SALVESTUS - KOKKUVÕTE

- Kõige odavam ja kõrgema TRL tasemega on mahtsalvestus
- Energia hindade kallinedes võib suuremahulised (nt kuni 250MW) mahutid osutada kaugküttevõrkudes otstarbekaks
- Kaugkütte hinna kujundamise riiklik metoodika on soovitatav üle vaadata, et kaugkütte-ettevõtetel tekiks motivatsioon salvesteid rajada. Salvestit soovitakse käsitleda võrgu osana, mitte tootmisüksuse osana.
- Võrk ise on ka olemuselt suur veemahuti. Mahuteid saaks vaadelda kui võrguvee avariimahutit, milles hoitakse „kuuma reservi“ varustuskindluse tagamiseks.
- Investeeringu tulemusena tekkiv nn kulude kokkuhoid „võetakse ettevõttelt“ ära soojuse hinna langusega. Siiski investeeringu tulemusena varade väärtus suureneb, mille pealt arvutatakse nn põhjendatud tulukus. Milline komponent on lõpuks prevaleeriv, sõltub konkreetsest juhtumist.

Takistused ja meetmed



Takistused: õiguslik-administratiivsed

Strateegilise vaate täiendamine

Kirjeldada: salvestite koht TE arengus, koht varustuskindluse tagamisel, võimalikud mahud, nägemus teadmiste parandamine

Tasude ja aktsiisi arvestamine

Täna tasutakse võrgutasud, aktsiis ja TE-tasu sisendelektrilt, põhjendatud oleks kaoelektri põhine arvestus – mõõtmise keerukus

Standardid, nõuded ja reeglid

Integreerimise teemad: akude juhtimise andmeside, hoonete automaatikasüsteemid; Süsteemihalduse teenuste turureeglid (väljatöötamisel), nõuded uusehitistele (salvestuse valmisolek)

Elektrivoogude mõõtmine

Probleem kui tarbimispunkti taga on tarbimine võrgust, tootmine ja salvestus

Hinnaregulatsioon

Soojuse tootjatel ja elektri võrguettevõtjatel võib olla vähe motivatsiooni innovatsiooniks, kui hinnad tuleb KAs kinnitada. Olemas ainult WACC nt 5%.

Takistused: majanduslikud

Integreerimise platvormide arendamine

Oluline süsteemi- ja paindlikkusteenuste pakkumiseks. Täna investeringul suur ebakindlus (mahud on veel väikesed, SH turg pole avanenud)

Ebavõrdse konkurentsi oht

Läti ja Leedu võrguhaldurite akulahendused (ELi abiga). Eestis ELTS keelab, EL ei luba.

Elektri hinnarisk

Ainult elektrituru vastu on täna keeruline projekte finantseerida – suurematele projektidele võib kaaluda riigi garantii andmist.

Finantseerimise raskused

Akutehnoloogiatest finantseerivad pangad täna ainult liitiumakusid. Teised tehnoloogiad (nt läbivooluakud) hajutaksid riske.

Süsteemi- ja paindlikkusteenuste turg on vajalik komponent ärimudelil.

Kompetentsi loomise vajadus

Kui ei osata hinnata akulahenduse alternatiivi sobivust (tehnilist, majanduslikku) võib soodsam lahendus jääda rakendamata.

Meetmed: õiguslik-administratiivsed

Strateegilise vaate täiendamine	Vajalikud täiendused strateegiatesse: REKK (mõiste sees), ENMAK2035; MKMi (Kliimaministeeriumi) juhtimisel; aastaks 2025
Täiendavate teenuste turule toomine	ELTS loob eeldused: süsteemihaldus, paindlikkus; arendavad Baltikumi SHd (sh Elering), jaotusvõrgud; sünkroniseerimine M-Euroopaga 2026
Liitumisprotseduuride kiirendamine	Spetsiifilisi probleeme välja ei toodud (va pingelohu katsed) – oluline on protsessi pidev optimeerimine; tegelevad võrguettevõtted ja salvestajad
Tasude ja aktsiisi arvestamise kord	Kaaluda kaelektri põhise arvestuse sisseviimist; MKM, EMTA, KA; vaadatakse üle 2022-2023
Motivatsioonisüsteem soojuse tariifiarvestusse	Preemia ettevõttele soojuse hinda ja KHG emissiooni vähendava innovatsiooni eest – kõrgem tootlus piiratud perioodiks

Meetmed: rahalised

PHS

Miks: TE areng, hinnastabiilsus, süsteemi toimimine, julgeolek, küps tehnoloogia;

Põhjus: arbitraaži vastu keeruline finantseerida;

Meede: vajadusepõhine garantii

Akud (liitium, läbivoolu)

Miks: PV-elektri areng, paindlikkus- ja süsteemiteenused;

Põhjus: toetuseta kallis, tehnoloogiate riski hajutamine (läbivooluakud jm);

Meede: investeringutoetus (sh integreerimisele)

Vesinik

Miks: pikaajaline salvestus, alternatiivsed kasutusvõimalused;

Põhjus: tulevikutehnoloogia – salvestuse eesmärgil kasutamine pole täna mõistlik;

Meede: pilootprojektide finantseerimine (toimub täna)

Mahtsoojus-salvestid

Miks: sõltuvuse vähendamine maagaasist (veel: CHP'de sujuvam töö, veehoidla);

Põhjus: kui maagaasi hind langeb siis on gaasi lahendus tasuvam;

Meede: investeringutoetus (finantseeritakse salvestuse pilootprogrammist)

Mõjude hindamine



MÕJUHINNANGU VALDKONNAD

- ❑ Otsetoetuse kulu tarbijatele ja riigile
- ❑ Võrguteenuste tasude muutus
- ❑ Mõju elektrienergia tootmise tuludele
- ❑ Sotsiaalmajanduslikud mõjud (tööhõive, SKP, maksulaekumised)
- ❑ Muutused energiatõhususes
- ❑ Mõju kasvuhoonegaaside ($\text{CO}_{2\text{ekv}}$) heitele
- ❑ Mõjud energiajulgeolekule, süsteemi stabiilsusele ja varustuskindlusele

EELADATUD VÕIMSUSED EESTIS 2030

TEHNOLOOGIA	MW	SELGITUS
PHEJ	725	Paldiskisse (500MW – 2030.a) ja Ida-Virumaale (50/225MW 2026.a)
Vesinik	255	Energiateekaart2035 – eeldab meretuuleparke, vesinikku 2TWh elektrit
Akud: väikeakud + suured akud	120 +120	Väikeakud Energiateekaart2035 (2040 juba 500MW), eeldus: suured samas mahus
Soojussalvestid	320	Tallinn, Tartu, Pärnu – arendamisel; muljal eelkõige CHPde aga ka katlamajade juurde (Tartu, Kuressaare, Rapla, Jõgeva jt)

OTSETOETUSTE KULU

- Investeering kokku kuni 2030a ca 1,5 mlrd € - 30% investeeringu toetust kõigile oleks ca 0,5 mlrd €
- Otsetoetus mõeldud akudele (ringi võib täiendavalt piirata) ja mahtsoojussalvestitele (**MSS**)
- Väikeakude ja MSS-ide toetamine maksaks ca 50 mln€, määraga 30%
- Väikeakudel võib toetuse saajate ringi piirata – nt koormatud võrgu piirkondades
- PHJ-ide grantii – 2021.a elektrihindade põhjal ca 21M€ aga Energiasalve arvestuse kohaselt oleks maksjaks salvestaja!
- Elektrisalvestuse toetused maksaks kas riik või tarbija, nt läbi võrgutasude (a’la taastuvenergia toetus)
- Soojussalvesti investeeringutoetust tarbijatele edasi kanda ei saa
- Kulu tarbijatele võib täies mahus katta salvestite mõjul toimuv elektri hinna langus (Energiasalv / Thema Consulting Group)

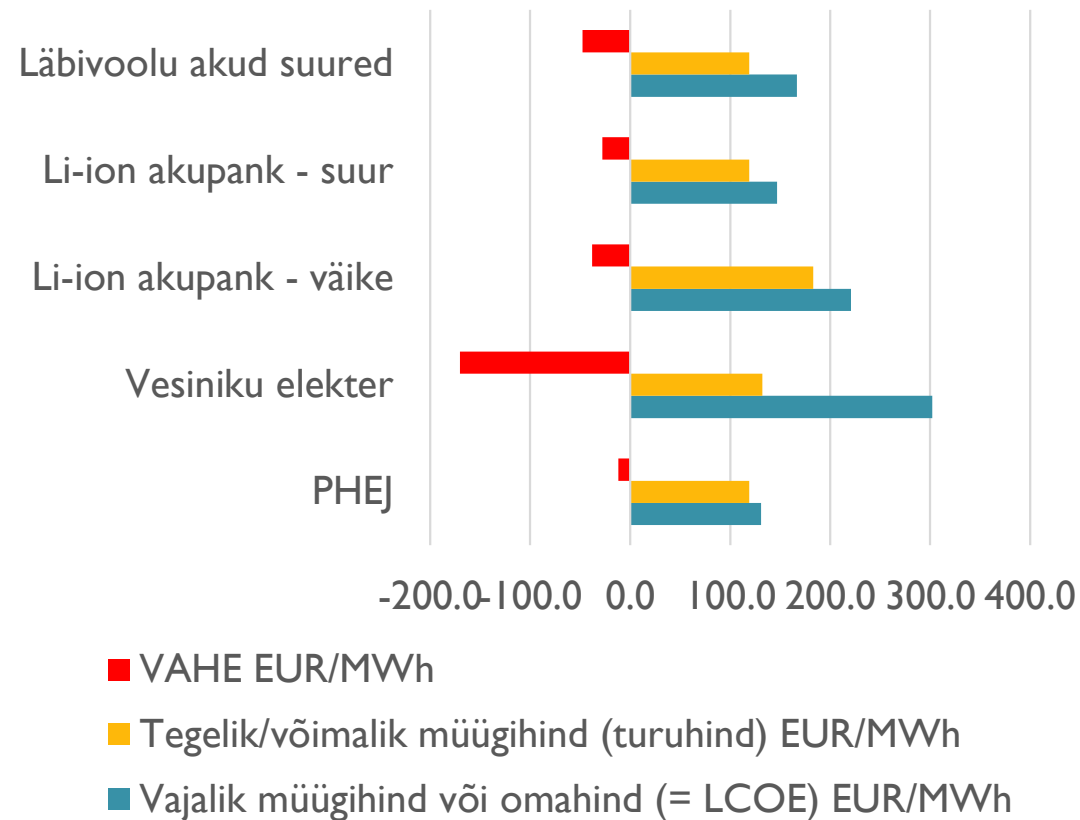
	Ühik	PHEJ	Vesinik	Akud - väike	Akud - suur	Mahtsoojus -salvestid	KOKKU
Potentsiaal Eestis 2030a (võimsuse järgi)	MW	725	255	120	120	320	1 550
Ühiku maksumus	k€/MW	1 250	1 600	1 000	667	111	1010
Investeering kokku	M€	906	408	120	80	36	1 565
Investeeringutoetus @30%	M€	272	122	36	24	11	469

VÕRGUTASUDE JA TOOTMISE TULUDE MUUTUS

- ❑ Võrgutasud muutuvad, kui otsetoetusi finantseeritakse võrgutasude kaudu
- ❑ PHJ garantii ja akude otsetoetused tooksid ca **2,8€/MWh** võrgutasude kasvu
- ❑ Salvestite kaelekter vähendab võrgutasusid ca **0,4€/MWh**
- ❑ Kaelektrisse ei ole arvestatud vesinikku
- ❑ Eeldatakse keskmise elektri hinna langust – Thema Consulting ca 4% 500MW PHJ mõjul 2021.a hindade alusel
- ❑ Madalam otsa hinnatõus on väiksem ehk pakkumise kõver lamedam, kui kõrgema otsa hinna langus – pakkumise kõver on järsema tõusuga
- ❑ Selline muster peaks soodustama just TE pakkujaid

SOTSIAAL - MAJANDUSLIKUD MÕJUD

- Arvutati sisend-väljund raamistiku abil: otsesed, kaudsed, kaasnevad mõjud
- Eeldus: kodumaine TE asendab kodumaist fossiilenergiat
- Lisandväärtus langeb marginaalselt (0,15% EE LVst) – kahjum + fossiilenergia vähenemine > TE ja salvestite tootmise kasv
- Investeeringutest ajutine positiivne impulss
- Tööhõive pigem kasvaks (vesiniku mõju)
- Riigi maksutulud langevad – saaste ja kaevandusõiguste tasude mõjul
- Positiivne impulss elektri hinna languse korral



ENERGIATÕHUSUS JA KHG

- ❑ **Tõhususe** mõõdikud: kaoenergia ja primaarenergia kasutus
- ❑ Kaoenergia suurendab energiatootmise vajadust – oluline mõju on vesinikul
- ❑ Eeldatud on, et salvestitesse talletatakse TE-d ja samas koguses väheneb fossiilenergia toodang
- ❑ Võimalik on veel võrgukadude vähenemine

- ❑ **KHG** muutus arvutati (fossiilse) primaarenergia kasutuse muutusest
- ❑ Arvestati maagaasi ja põlevkivi/-õli kasutuse muutusega
- ❑ Põlevkivi põhjal võiks vähenemine olla kuni 3 mln t (2020.a Eestis kokku 12,9 mln t)

	GWh	PHJ	Vesiniku elekter	Li-ion akud - väiksed	Li-ion akud – suured	Läbivool u aku – suured	Soojus- salvesti	KOKKU
Salvestistest väljastatud energia		1 740	612	230	230	19	20	2 852
Kaoenergia		549	1 388	41	41	5	0,4	2 024
Fossiilenergia kasutuse muutus		-5 800	-2 040	-768	-768	-64	-0,5	-9 440

ENERGIAJULGEOLEK / VARUSTUS- KINDLUS JA TASUVUS

JULGEOLEK, VARUSTUSKINDLUS

- ❑ Hinnati kvalitatiivselt
- ❑ Võrgu võimekus – salvestus aitab vähendada koormust võrgule (paindlikkusteenused)
- ❑ Energiajulgeolek – võimalus vähendada sõltuvust importelektrist ja kütustest
- ❑ Süsteemi toimimine – salvestus saab panustada pinge reguleerimisse

TASUVUS

- ❑ $Tasuvus = \text{tegevuskulud kaetud} + \text{investeeringu tootlus}$
- ❑ Täna suuresti arbitraaži põhine, kuid tulevikus võimalus teenida lisateenustega (SH, paindlikkus)
- ❑ Arbitraaži korral: marginaal ja ostuhind (st mida kõrgem ostuhind seda kõrgem peab olema marginaal)
- ❑ 2021.a elektrihindade põhjal oli kõige tasuavam PHJ, vesinik aga kõige suurema kahjumiga

Salvestusest dokumendis

Eesti üleminek süsinikuneutraalsele soojus- ning jahutusmajandusele aastaks 2050. SEI, 2022

Soojuse salvestamine

- **Soojuse salvestamise võimsused, näiteks tasandusmahutid, aitavad tasandada tarbimiskõverat tippkoormuse ajal.** Hooajaline soojuse salvestamine kuumaveemahutites on kaugküttesüsteemide jaoks rahaliselt problemaatiline variant, kuna suured kapitaliinvesteeringud kuumavee hooajalistesse mahutitesse tõstavad hindu, mis suure tõenäosusega toob kaasa raskusi soojuse hinnale kooskõlastuste saamisel Konkurentsiametist. 2021. aasta seisuga ei ole Eestis ühtegi soojuse- ja külmasalvestit. Modelleerimise tulemusena arvutati, et **kaugküttesenaariumi puhul on 2050. aastaks vaja 2,6 l GW soojuse salvestamise võimekust**, et tulla toime mahuka üleminekuga kaugküttele, kasutades tipptarbimise katmiseks kuumaveemahuteid.
- **Maa-alused soojuse salvestamise tehnoloogiad võivad olla üks võimalikest hooajalistest soojuse salvestamise lahendustest, nt soojuse salvestamine maasoojuspuuraukudes, tuule- ja päikeseenergia salvestamine soojusena liivas (maa-alused liivaakud).** Nende tehnoloogiate arendamine ja tehnilis-majandusliku teostatavuse katsetamine Eesti kontekstis peaks olema üks valitsuse prioriteete kuni aastani 2030.

ENMAK2035

- **Energiajulgeoleku peatükis soovitus:**
- EJ.0.6. Salvestussüsteemide rajamine ja kohaliku tarbimise soodustamine/eelisarendamine võrgukoormuse vähendamiseks ja kohaliku ressursi kasutuse maksimeerimiseks. Salvestusseadmete turuletulekuks regulatsiooni ja soodsate tingimuste loomine.
- **Taastuvenergiäle ülemineku peatükis:**
- TA.2. Soojusvarustuses üleminek taastuvatele energiaallikatele, heitsoojuse kasutamine, **soojussalvestite kasutamine**, soojusvarustuse elektrifitseerimine.
- TA.3.5. Akutehnoloogiate majandusliku elujõulisuse suurendamine ning **salvestuse oskusteabe kasvu toetamine**

TAL TECH

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn,
Tel 620 2002 (E-R 8.30–17.00)

taltech.ee

ulo.kask@trea.ee; ulo.kask@gmail.com; ulo.kask@taltech.ee

Vaata veel:



Heitsoojus.

Allikad, potentsiaal, kasutamise tehnoloogiad,
seadmed ja näiteid.

Ülo Kask
Tartu Regiooni Energiaagentuur
22.03.2021.

Soojusenergeetikainseneride täiendkoolitus.

**Soojusenergia salvestamine - arendused ja
arenguplaanid**

Ülo Kask
Energieetika ekspert
Tartu Regiooni Energiaagentuur
29.08.2023, TTÜ, Tallinn

TAL
TECH



TÖÖSTUSLIKU JA MUU HEITSOOJUSE KASUTAMINE
SOOJUSPUMPADE ABIL (NÄITEID EESTIST JA MUJALT
EUROOPAST).
VENTILATSIOONIÕHU JA KANALISATSIOONI VEE
SOOJUSE SUUNAMINE SP ABIL KAUGKÜTTESSE.
TEHNILINE JA MAJANDUSLIK TEOSTATAVUS

ESPELi liikmete sisekoolitus
Ülo Kask, energeetikaekspert
TREA, 12.05.2021.