Tartu Regiooni Energiaagentuur
Tartu Regional Energy Agency

SMARTLIVING

Kodused kütteseadmed, nende tõhus kasutamine. Kütusekulu arvestus

Ülo Kask

Energeetika ekspert, TREA

27.10.2021.

Teemad

- Soojusvarustusviis, kütteseade, liigid
- Kuhu miski kütteseade sobib, hübriidsed lahendused
- Lokaalküte
- Kohtküte
- Arvutused

SMARTLIVING

Soojusvarustusviisid

Hoonete soojusvarustuse viisid (seega ka soojusvarustussüsteemid) liigitatakse kolmeks [1]:

- **kaugküte** – asulat või piirkonna mitut tarbijat või hoonet teenindav soojusvarustussüsteem. Sageli nimetatakse ka keskkütteks, kuigi viimane on rohkem hoonest lähtuv käsitlus;
- **lokaalküte** – hoonekeskne soojusvarustus (nt katel kortermaja keldris või eramus, pliitkatel, maasoojuspump eramus jm). Ka seda soojusvarustusviisi on nimetatud keskkütteks;
- **kohtküte** – ruumikeskne soojusvarustus (nt ahjud, salvestav kamin, pliit õhksoojuspump jm).

Hoonete erineva soojusvarustusviisi korral võidakse korraldada küte, ventilatsiooniseadmete soojusega varustamine ja sooja tarbevee valmistamine kas kaugkütte või lokaalkütte energiaallika ehk kütteseadme baasil.

Kohtkütte puhul on tavaliselt igal energiaallikal/kütteseadmel oma eesmärk: ahi ja õhk-õhk soojuspump kütavad üldjuhul ühte ruumi (vahel mitut), pliidiga ja salvestava kaminaga saab lisaks toiduvalmistamisele ka tarbevee soojendamise korraldada ja ruumi kütta kui on soemüür.

[1] - Majandus- ja taristuministri määrus nr 36 30.04.2015, „Nõuded energiamärgise andmisele ja energiamärgisele,“ RT I, 06.05.2015. 2.

Energiaallikad ja seadmed soojusega varustamisel

Hoone kütmisel (soojusega varustamisel) kasutatavad energiaallikad on (vt allikas 1):

- **soe vesi või aur** (kaugkütte korral), mille vahendusel edastatakse soojus katlamajast tarbijatele (hoonetesse);
- **kütus** (mistahes tahke, vedel või gaasiline põlevaine, mis sobib kütteseadmetes - kateldes, ahjudes - põletada);
- **elekter** (mõeldud on juhtumit, kui kasutatakse otsest elekterkütet küttekehade (radiaator, kiirgur jm) vahendusel);
- **soojuspump** (iga liiki soojuspumbad, neid käivitab ka üldjuhul elekter);
- **muu energiaallikas** (nt päikesekollektor sooja tarbevee valmistamiseks, kütuseelement, mikrokoostootmisseade jm).

Millega arvestada soojusvarustuse kavandamisel

- Ühe või teise soojusvarustusviisi soovitamiseks/valimiseks hoonete soojusega kindlustamiseks on vaja nii hoone funktsionaalsust kui ka kogu energiasüsteemi toimimist süsteemselt analüüsida.
- Soojusvarustussüsteemide (kaugküte, lokaalküte, kohtküte) hindamisel on erilise tähtsusega järgmised tegurid:
  - Hinnang investeeringu mahule ja tasuvusele, st saadava energia hind, mis sisaldab ka käidukulusid ja ruumi (maa) vajadust;
  - Süsteemi tõhusus ehk kui palju primaarenergiat on vaja kulutada kindlal eesmärgil muundatud (toodetud) sekundaarenergia (soojus, elekter) saamiseks;
  - Kasutatud primaarenergia allika liik, st kas on tegemist taastuva või taastumatu energiaallikaga;
  - Energiamuundamise mõju keskkonnale ja tervisele.

- Tehnilised häired, järsud hinnamuutused ja muud energiasüsteemide toimimisega seotud nn kriisiolukorrad mõjuvad häirivalt mitte ainult nende süsteemide tarbijaile vaid kogu ühiskonnale.
- Eelnevast lähtuvalt võiksid energiasüsteemid olla paindlikud, lihtsa struktuuriga, hajutatud, madala riskitasemega.
- Iseloomulik on see, et keskkonnale sõbralike meetmete rakendamine mõjub hästi ka tööhõivele ja varustuskindlusele (nt kohalike biokütuste kasutamine).

Lokaalküttesüsteemid, lokaalkütte katlamajad ja seadmed

- Lokaalküte ehk kohalik küte on hoonekeskne soojusvarustusviis ja lokaalkatlamaju võib liigitada osalt sarnaselt kaugküttekatlamajadega.

- Lokaalküttes kasutatavaid küttesüsteeme saab liigitada:
  - soojusallika asukoha järgi (keldrikatlamaja, katuse katlamaja, hoone kõrvalhoones, konteinerkatlamaja);
  - kasutusviisi järgi;
  - soojuskandja liikumisviisi järgi (alt ülesse, ülalt alla, horisontaalselt);
  - soojuse ülekandmisviisi järgi küttekehalt ruumi (radiaatorite vahendusel, sooja õhuga);
  - kasutatava energiakandja (kütus, muundatud energia) järgi.

Lokaalküttesüsteemid, lokaalkütte katlamajad ja seadmed 2

- Lokaalkütte puhul kasutatakse hoone soojusega varustamiseks järgmisi hoonekeskseid küttesüsteeme või nende kombinatsioone:
  - elekterküte (nt elektrikatel);
  - pliidid (nn Pioneer-pliit);
  - katelseadmed (käsitsi teenindatavad, automaatsed; tahke-, vedel- ja gaaskütusekatlad);
  - mikrokoostootmisagregaadid (nt mikroturbiin, puugaasi generaator, kütuseelement);
  - soojuspumbad (nt maasoojuspump, õhk-vesi SP);
  - päikeseküte (nt päikesekollektorid).
- Sealjuures on õhk-õhk tüüpi soojuspumbad sageli kasutuses pigem kohtkütte lahendustes.

Lokaalküttesüsteemid, lokaalkütte katlamajad ja seadmed 3

- Sama võimsusklassi lokaal- ja kaugküttekatlamajades kasutatakse sageli ka sarnaseid seadmeid eriti vedel- ja gaaskütuste puhul.
- Puitkütusel töötavad katlamajad võivad oluliselt erineda, sest lokaalkütte korral on kasutusel ka käsitsi laetavad katlad, kuid kaugküttes neid reeglina enam ei kasuta (kuigi varem kasutati ja mõni võib veel praegugi töötada).
- Lokaalküttekatlamajades kasutatakse puitkütustest halupuid, hakkpuitu, puitpelleteid ja puitbrikette, kuid on oluline, et nende kütuste kvaliteet oleks kindlasti kõrgem kui kaugküttekatlamajades kasutatavatel puitkütustel (v.a puitpelletid, nende kvaliteet on üldjuhul piisav kasutamiseks mistahes katlamajades).
- **Üldjuhul kehtib reegel, et mida väiksemad kütteseadmed, seda kõrgema kvaliteediga kütust need vajavad.**

Lokaal- ja väikeste kaugküttevõrkude katlamajad, 40-200 kW

Täisautomaatne pelletikatel Herz (Austria)

Puitkütusekatel (pelletid) ja vastav põleti

Austria firma KWB stokerpõleti, sobib nii hakkpuidu, puitpelletite kui ka rohtse biomassi pelletite põletamiseks.

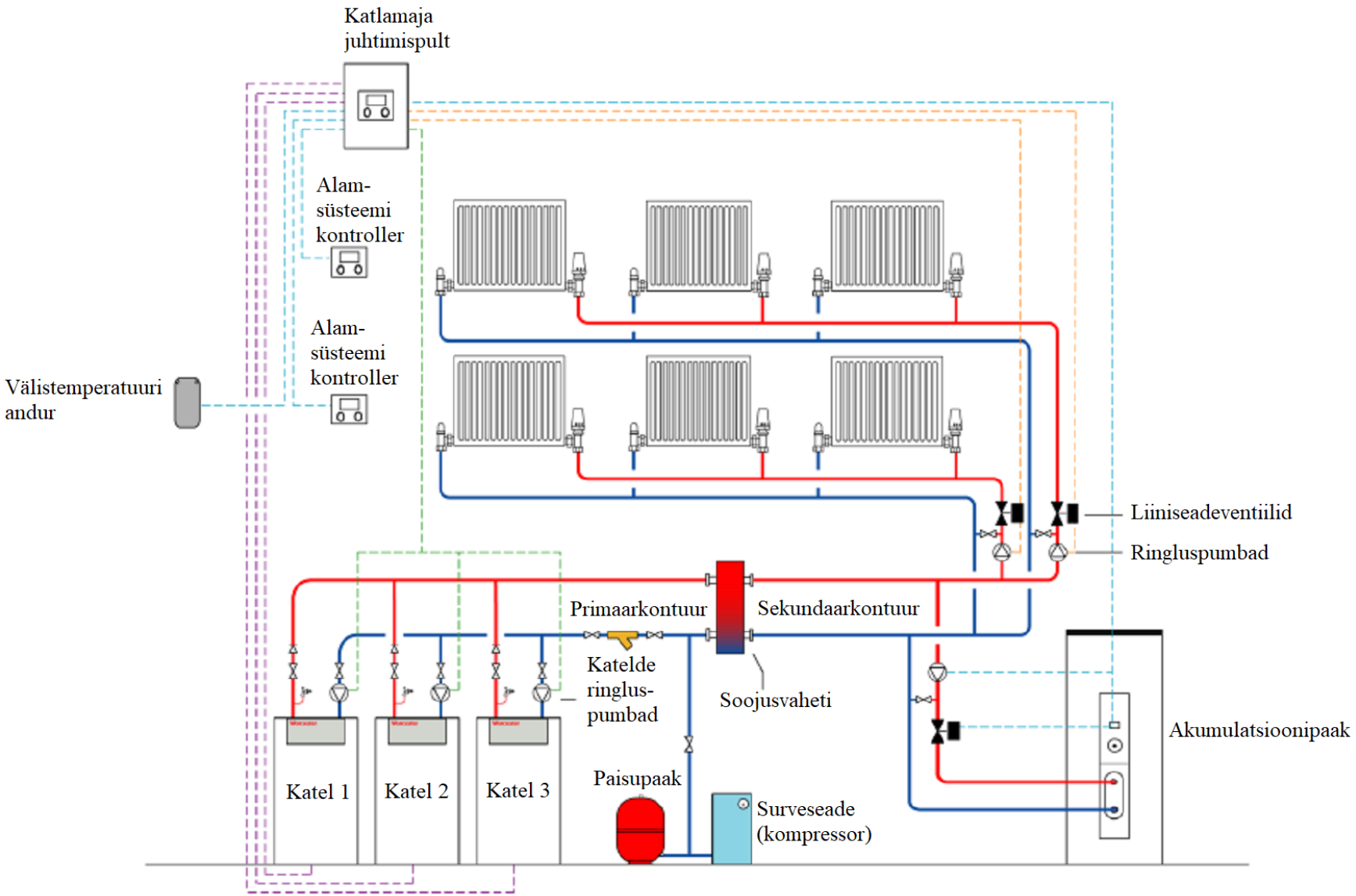
Kombineeritud kütusega katel

Austria HERZ tehase pelletite põletamise võimalusega (lisatud pelletipõleti) halupuu katel 20-40 kW.

Kui halud on põlenud jätkab pelletipõleti vajadusel kütmist, mis on täiendav mugavus, kui peremees peab pikalt kodust eemal viibima.

Allikas: https://www.herz-energie.at/en/products/herz-pelletfire-20-40-t-control/

Lokaalküttekatlamaja ja küttesüsteemi põhimõtteskeem



Allikas: https://bpec.org.uk/wp-content/uploads/2018/10/Section-8-%E2%80%93-Y6022888.pdf/

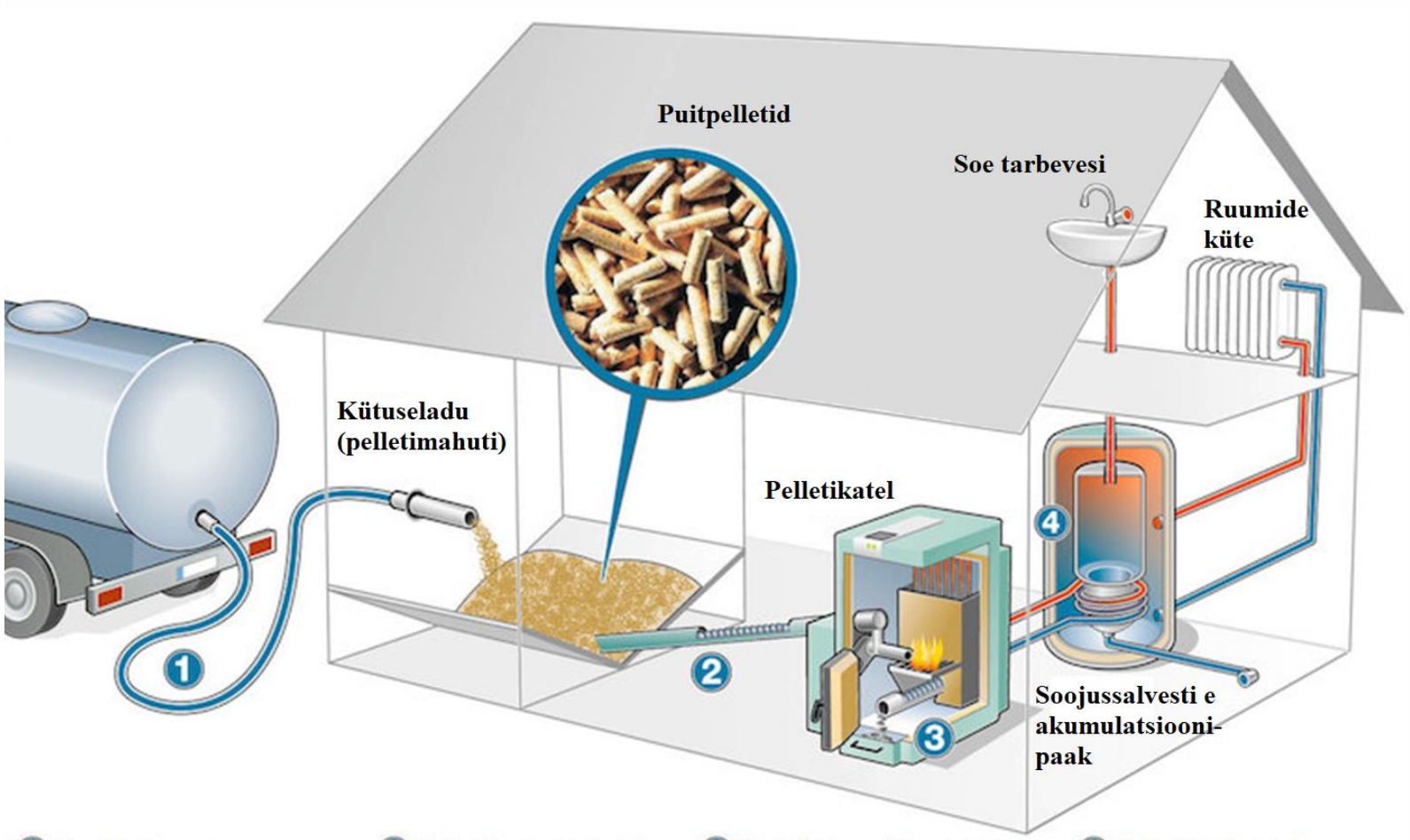
Lokaalküttesüsteemid, lokaalkütte katlamajad ja seadmed 4

- Eelmisel skeemil näeme, et üksikhoone lokaalkatlamajas paiknevad kolm katelt, mis sageli kasutavad erinevaid kütuseid (nt kütteõli, maagaas ja puitpelletid).
- Elamutes ei kasutata tavaliselt rohkem kui kahte erineval kütusel töötavat katelt, kuigi see pole reegel. Millest üks on väiksema võimsusega kui teine ja tihti erineval kütusel, et oleks paremini tagatud varustuskindlus ka ühe katla avarii korral ja tõhusam töö.
- Väikestel tarbimiskoormustel käitatakse väiksema võimsusega katelt (nt suvel tarbevee soojendamiseks) ja koormuse suurenedes lülitatakse tööle suurem katel (nt hilissügisel) ning talvistel külmadel perioodidel töötavad mõlemad katlad.
- Vahel on olemas kolmas katel nn reservkatel avariide puhuks. Soovitav on paigaldada ka akumulatsioonipaak (soojussalvesti) lokaalkatlamajja, eriti kui kasutatakse halupuu katlaid, aga see on asjakohane ka teiste kütuste puhul, sest aitab siluda tarbimise tippe (nt hommikune tööle minemisele eelnev aeg) ja seega ei ole vaja paigaldada täpselt tipukoormusele vastavaid kütteseadmeid.
- Soovitav on eraldada katlamaja veekontuur hoone keskküttekontuurist soojusvaheti(te)ga, siis ei ole mingite osade avariide või remondi korral kogu süsteemist vaja vett välja lasta.

Lokaalküttesüsteemid, lokaalkütte katlamajad ja seadmed 5

- Puitkütustel töötavaid ja lokaalküttes kasutatavaid katlaid pakutakse eraldi ja komplektis kütuselaoga ja etteandeseadmetega, akumulatsioonimahutiga (soojussalvesti) ning korstnaga.
- Komplektis katlaga on sageli lahendatud ka tuhakogumine ja –eemaldamine.
- Väiksemates katlamajades on tuhakogumisanum katlaruumis katla kõrval ja tuhk eemaldatakse katlast mahutisse kruvitransportööriga.
- Suuremates katlamajades (milles on ka lendtuha püüdeseadmed), võib tuhamahuti asuda hoone välisseina ääres, et seda saaks mehaaniliselt tühjendada või teisaldada.
- Erinevate katelde ja abiseadmete valik on rikkalik ja tänapäeval töötavad need kõik üsna tõhusalt.
- Puitkütustest on levinumad halupuud (kuni 500 kW katlad), kvaliteetne hakkpuit (niiskus alla 35% ja ühtlane tükisuurus, katlad alates 100 kWst) ja pelletid (suur võimsuse vahemik, 20 kW – 4MW).
- Mõnel juhul on kasutatud ka automaatse etteandega puitkütuse kateldes puitbrikette (AS Agrosilva, Puiatu küla, Viljandi maakond) või teraviljapuhastuse jääke (Melior-M OÜ kuivati Rannu alevikus, Tartu maakond.

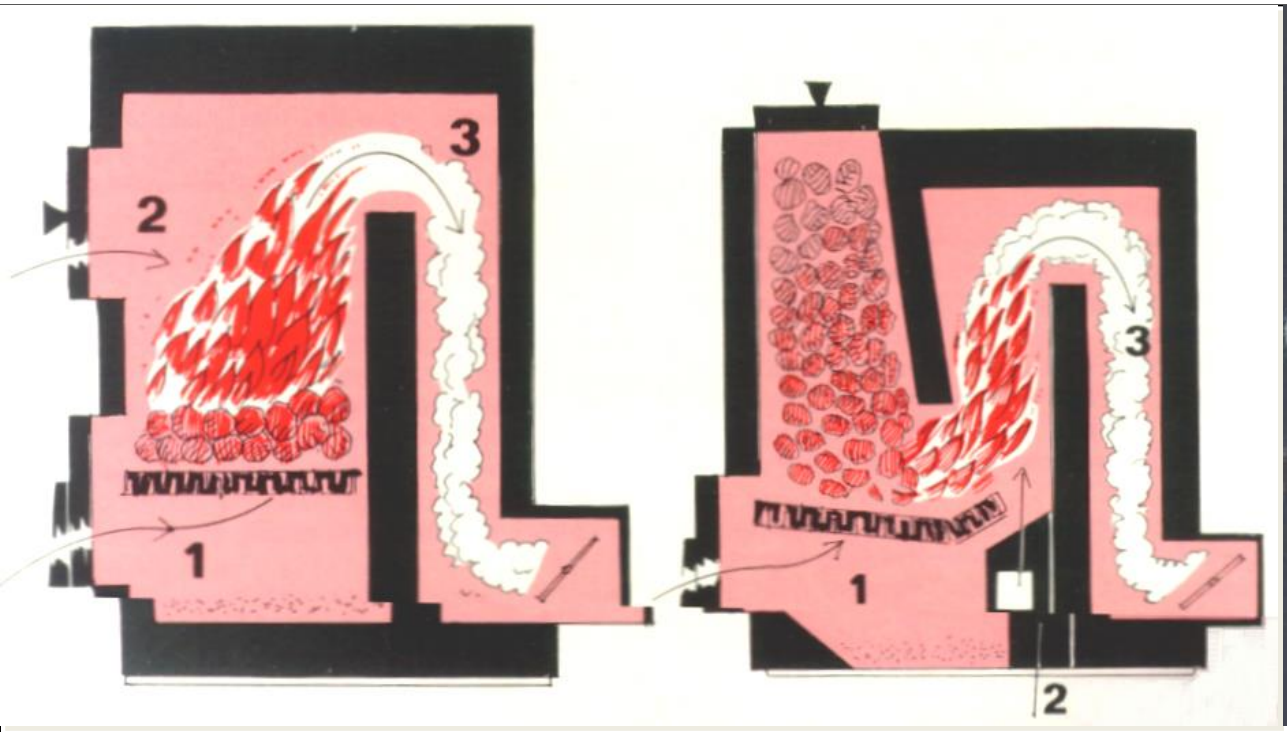
Eramu lokaalkütte katlamaja koos kütuse laoga

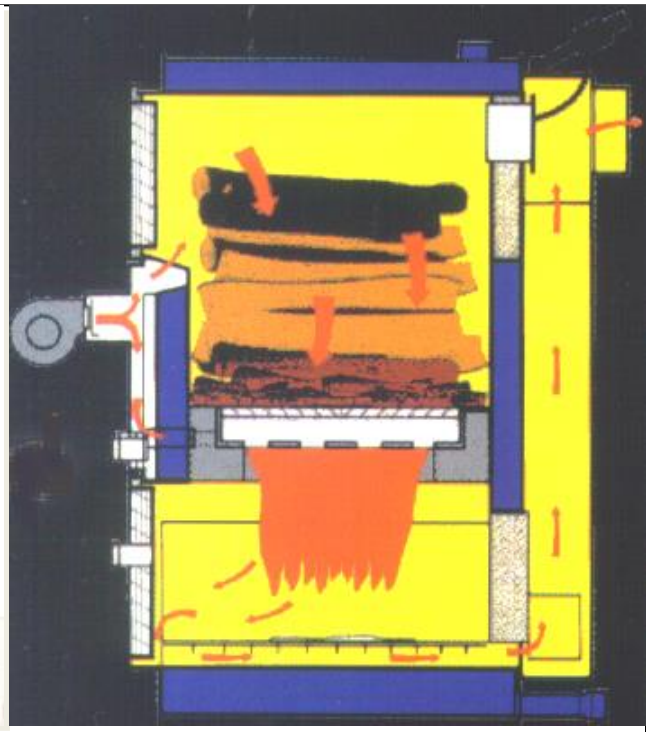


1. Kord-kaks aastas täidetakse pelletimahutit. Laoruum pindalaga 4,5 m^2 mahutab eramu ühe aasta kütuse vajaduse.
2. Pelletid edastatakse katlasse kruvisöötjaga ja täiesti automaatselt juhitavana.
3. Peale kütuse põlemist järelejäänud tuhk (0,5% pelletite massist) juhitakse väikesesse konteinerisse, mille saab tühjendada olmejäätmete konteinerisse või laotada aiamaale.
4. Pelletid edastatakse katlasse kruvisöötjaga ja täiesti automaatselt juhitavana.

Allikas: /https://www.greenmatch.co.uk/blog/2015/02/pros-and-cons-of-wood-pellet-boiler/

Väikekütteseadmed. Põletusviisid. Kihispõlemine





Ülemine põlemine - Alumine põlemine - Pöördpõlemine

Hübriidsed küttesüsteemid lokaalküttes

- Lokaalkatlamajades (nagu eespool juttu ka kaugkütte katlamajades) saab traditsioonilistele kütteseadmetele (katlad) lisaks või ka ilma nendeta kasutada mittepõlevaid taastuvaid energiaallikaid, milleks on soojuspumbad (kasutavad ventilatsiooniõhu, kanalisatsioonivee, maa või välisõhu soojust), päikesekollektorid või isegi kütuseelemendid.
- Kodumaistes rakendustes leidub hübriidseid, taastuvatel energiaallikatel toimivaid lahendusi peamiselt küttesektoris.
- Eramutele ja korterelamutele eriti väljaspool kaugküttevõrke, on viimasel ajal üha rohkem hakatud paigaldama hübriidküttesüsteeme, mis põhinevad mitmetel energiaallikatel, näiteks maagaas, puitkütus, elektrilised küttekehad, soojuspumbad, päikesekollektorid jm.
- Teisest küljest tuleb juurde ka kaugküttevõrke hübriidsete soojusallikatega.

Hübriidsed küttesüsteemid lokaalküttes 2

- Hübriidsetes, taastuvatel energiaallikatel põhinevates küttelahendustes on levinumad puitkütuste kasutamine kombinatsioonis soojuspumpadega (3 põhiliiki: maasoojuspump, õhk-vesi ja õhk-õhk soojuspump).

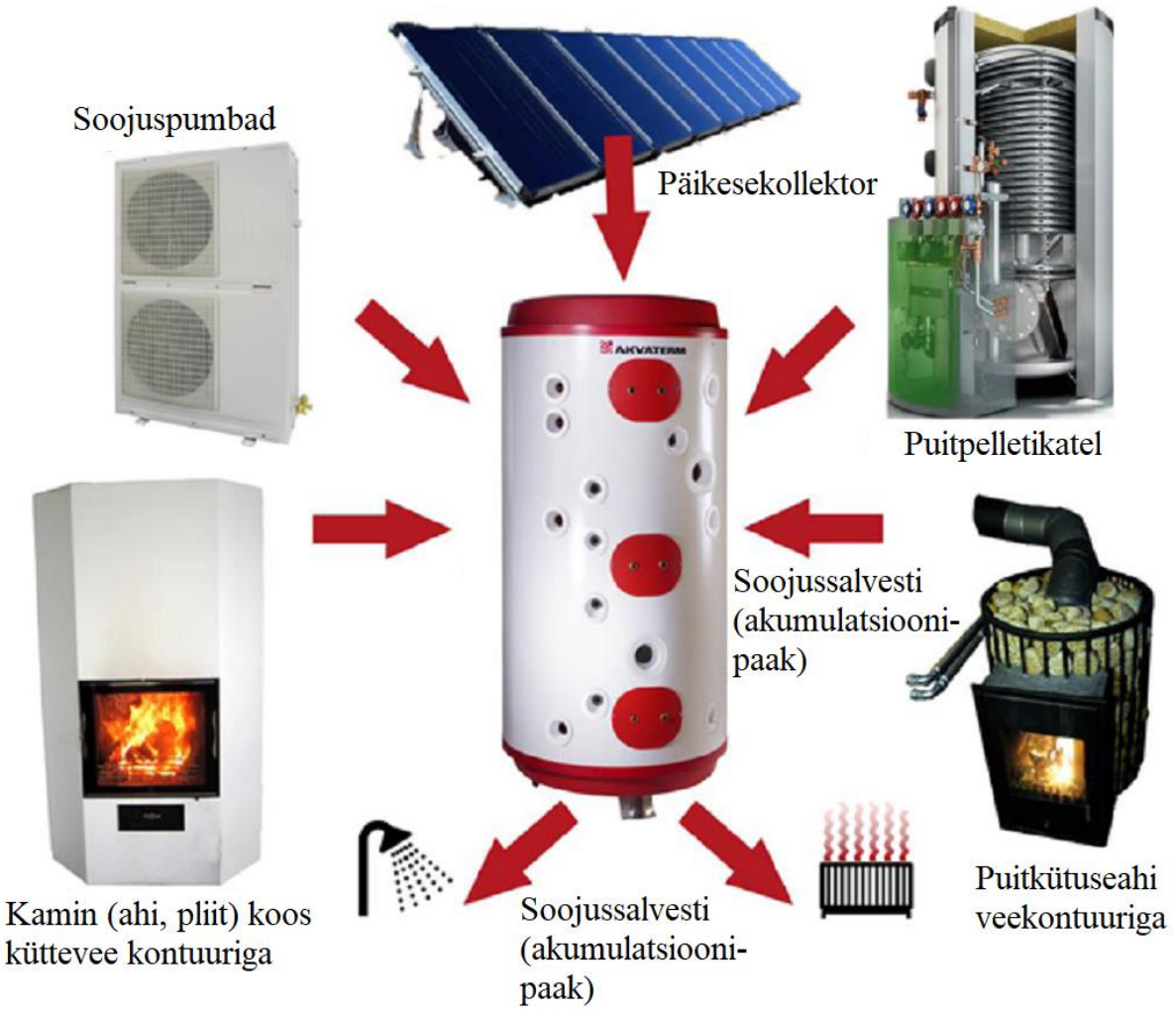
- Mitmel pool on hakatud puitkütteseadmetele lisama ka suvise sooja tarbevee saamiseks päikesekollektoreid, kui soojuspumpi ei ole tahetud või pole olnud võimalik paigaldada.

- Saksamaal on näiteks 60% juhtudel pelletikatelde ja ahjude omanikud paigaldanud ka päikesekütteseadmed oma majapidamistesse.
- Nii maasoojuspumbad kui puitkütteseadmed sobivad mõlemad hoone põhisoojuskoormust katma aasta ringi.

- Kuigi suurema osa eramu aastasest soojuskoormusest suudaksid katta ka õhk-vesi soojuspumbad, tuleb väga külmadel perioodidel (alla -20°C) lisaks kasutada muid kütteseadmeid.

- Õhk-õhk soojuspumpi kasutatakse peamiselt kohtküttelahendustes.

Hübriidsed küttesüsteemid lokaalküttes 3

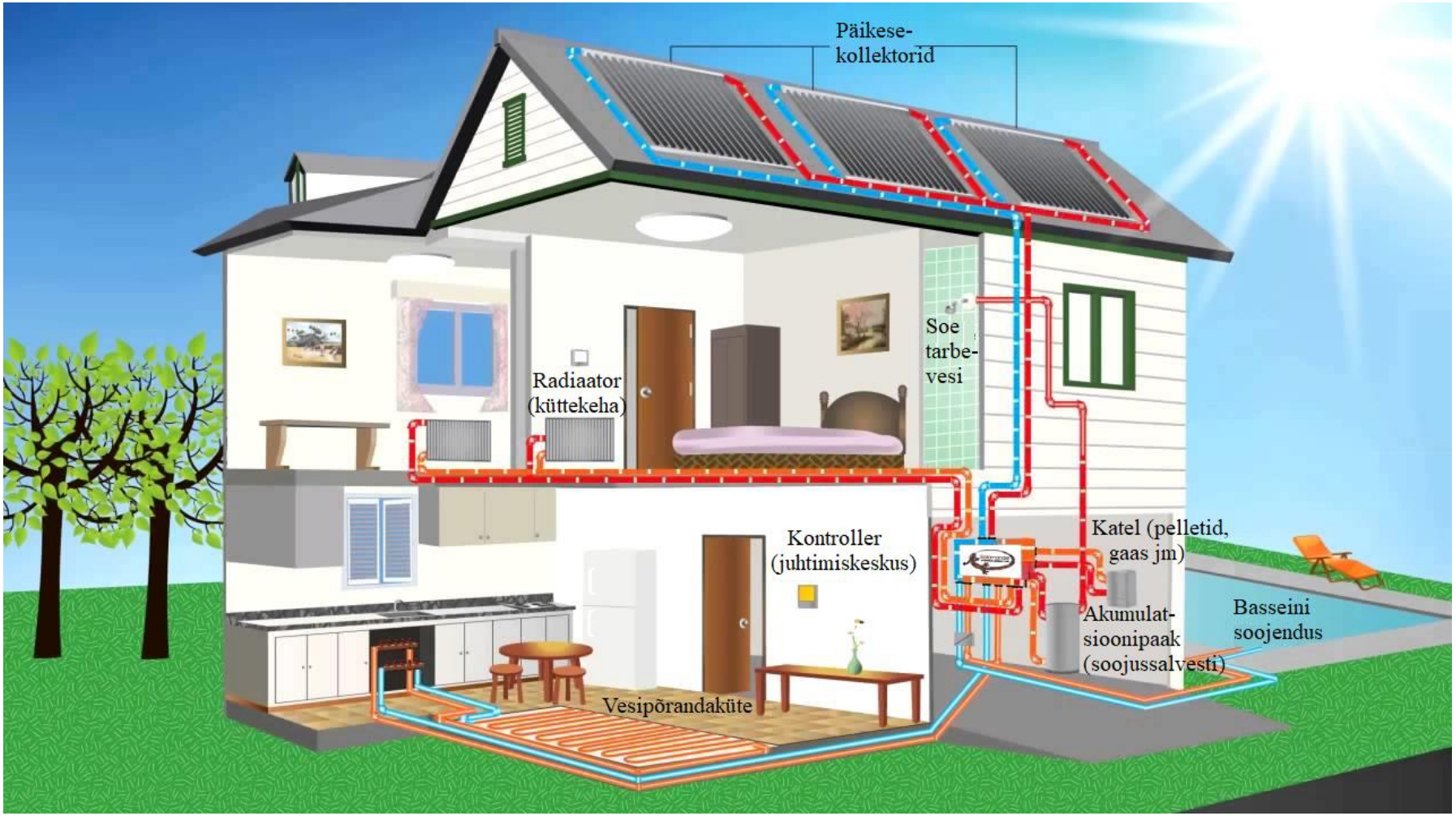


Allikas: http://task41project7.ieabioenergy.com/iea-publications/

Hübriidsed küttesüsteemid lokaalküttes 4

- Puitkütusel töötavate lokaalkatlamajade juurde on hakatud integreerima ka päikesekollektoreid, et suvel ainult sooja tarbevee soojendamiseks katlaid mitte käitada.
- Eriti efektiivne on see juhul, kui kasutatakse mõnede ruumide või terrasside, garaažide kütteks vesipõrandakütet ja basseinivee soojendamist.
- Eesti laiuskraadidel saaks peaaegu kogu hoone kütte ja soojavee varustuse sobivalt valitud päikesekütteseadmetega ja soojussalvesti suurusega (mahuga) kindlustada alates märtsi kuust kuni septembri lõpuni.
- Sel perioodil poleks teisi kütteallikaid praktiliselt vajagi käitada, vaid mõnedel päevadel.

Hübriidsed küttesüsteemid lokaalküttes 5



Allikas: /https://www.youtube.com/watch?v=FEMOc7JVh1I/

Soojuspumbad lokaalküttes

- Kui eramu või lokaalküttel korterelamu on renoveeritud C energiaklassi tasemele või ehitatud A või B energiaklassi nõudeid arvestades, saaks kasutada madalat küttegraafikut 55/50°C – 30/25°C (või veel madalamat).
- Sellistel juhtudel võib soojuspumba kasutamine end baaskütteseadmena täiesti õigustada, sest see on üks mugavamatest ja efektiivsematest küttelahendustest.
- Ei ole vaja eraldi ruumi pelletite või muu tahkekütuse ladustamiseks ega iganädalast puhastamist ja hooldamist.
- Kütteseadme ruum ja selle abiruumid on raha kulu.

Soojuspumbad lokaalküttes 2 (Õhk-vesi SP)

- Õhk-vesisoojuspumpa on mõnevõrra lihtsam ja odavam paigaldada. Mõnel juhul võib see olla oluline argument, sest lihtne paigaldus võimaldab lühemas perspektiivis raha säästa.
- Mõlemal juhul (ka maasoojuspumba korral) peaks elamus olemas olema vesikeskküttesüsteem, kas siis radiaatorkütte või põrandakütte näol ja keskne soojavee varustus. Uusehitisse projekteeritakse ja ehitatakse need koos.
- Pikema aja jooksul kujuneb õhk-vesisoojuspump aga paratamatult kulukamaks, sest on märgatavalt väiksema efektiivsusega, aasta keskmine soojustegur SCOP (ingl k *Seasonal Coefficient of Performance* või SPF (ingl k *Seasonal Perfomance Factor*) ei ületa eriti 3,2 ja on lühema elueaga kui maasoojuspump.
- Õhk-vesisoojuspumba puhul sõltub energia tootmine välisõhu temperatuurist ja mida madalam see on, seda rohkem kulub energiat (elektrit) ja raha soojuse tootmisele.
- Maasoojuspump peab aga palju kauem vastu, keskmiselt 15−20 aastat. Õhk-vesisoojuspumba eluiga on aga pelgalt 10−12 aastat. Seega peab tunduvalt kiiremini uue soetama ja investeering on vähemalt sama suur kui eelmisel korral.
- Esialgu odavam õhk-vesisoojuspumba investeering kujuneb kümne aastase käidu järel tunduvalt kallimaks.

Soojuspumbad lokaalküttes 3 (Õhk-vesi SP)

- Teine õhk-vesisoojuspumba probleem on müra. Kuna selle välisosa (maasoojuspumbal pole), tööaegne müra võib ümberkaudseid elanikke häirida.
- Kallimad õhk-vesisoojuspumbad on küll vaiksemad, ent laiatarbekaubana pakutavad SPLIT-tüüpi lahenduste tekitatav müra võib olla ikkagi häiriv.
- Tihedamalt asustatud piirkondades võib lärm üle seaduses ettenähtud normi kerkida, mistõttu on naabril õigus kaebus esitada.
- Veelgi kallimad ja vaiksemad õhk-vesisoojuspumbad pole maasoojuspumpadega võrreldes ilmtingimata odavamad ja arvestada tuleb suurema võimsuse varuga (ehk võimsama seadmega) ning lõppkokkuvõttes läheb see sama palju maksma, kui oluliselt parema maakütte puhul.
- Õhk-vesi soojuspumpade kasuks otsustatakse sageli siis, kui puudub vaba kinnistupind maakontuuri paigaldamiseks.
- Tänapäeval on võimalik ka süvapuurauke (energiakaeve) teha (60-100 m) ja sellega väiksema kinnistu puhul maasoojuspumba paigaldamine lahendada.

Soojuspumbad lokaalküttes 4 (Maa SP)

- Maasoojuse ammutamiseks on neli põhimõttelist võimalust:
  - maapind (horisontaalne või spiraalne maakollektor ehk primaarkontuur),
  - soojuspuurauk ehk energiakaev (vertikaalne kinnine süsteem puuraukude baasil),
  - põhjavesi (vertikaalne avatud süsteem puurkaevude baasil),
  - veekogu (pinnavesi, veekollektor).
- Maasoojuspumpade (ka need, mille primaarkontuur avaveekogudesse jäätumispiirist allapoole paigutatakse) soojustegur ei sõltu sellisel määral välisõhutemperatuurist kui õhk-õhk ja õhk-vesi soojuspumpadel.
- Soojuspump on seda tõhusam, mida suurem on tema soojustegur ehk COP ehk arv, mis näitab mitu korda annab seade rohkem soojust, võrreldes kulutatud elektriga.
- Soojuspumpade soojustegur võib teoreetiliselt olla 3–10, kuid reeglina jääb vahemikku 3,5–5.

Soojuspumbad lokaalküttes 5 (Maa SP)

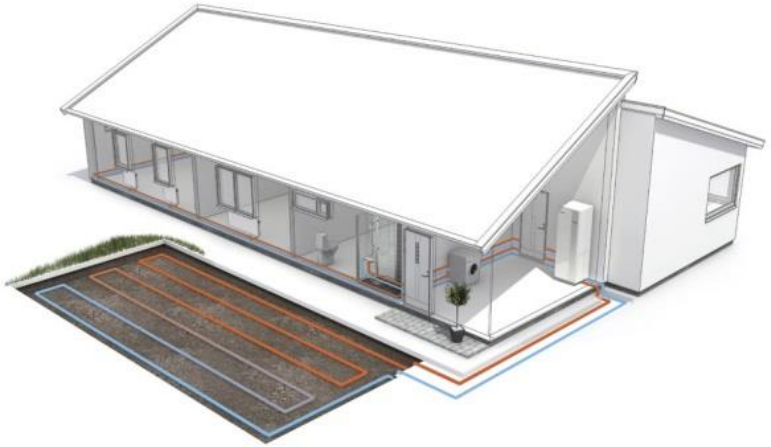
- Soojuspumba kütteenergia koosneb kahest osast: energiast, mis võetakse keskkonnast aurusti kaudu ning kompressori tarbitud ja soojuseks muundatud energiast.
- Näiteks soojustegur 4 (COP = 4) näitab, et soojuspump annab kulutatava elektriga (kWhdes) võrreldes, neli korda rohkem soojust välja (kWhdes).
- Maasoojuspump kasutab küll elektrienergiat, kuid iga kulutatud 1 kWh kohta toodab ta keskmiselt 4 kWh soojust. Kui maasoojuspumba poolt võrgust tarbitav võimsus on 2 kW, on tema soojusvõimsus 8 kW.
- Oluline on arvestada, et mida madalam on küttevee temperatuur, seda kõrgem on soojuspumba COP väärtus.
- Soojuspumba soojustegur on parim kui väljuva küttevee temperatuur on madal, vahemikus +30°C kuni +45°C, sest soojuspumbad on kõige efektiivsemad madalatemperatuurilistes küttesüsteemides nagu põrandaküte (või suure pinna ja veemassiga radiaatorküttesüsteemid, akumulatsioonipaakidega süsteemid).
- Mida kõrgem on soojusvahetist väljuva vee temperatuur, seda madalam on COP, seega ei saa eesmärgiks olla samaaegselt maksimaalselt kõrge COP ja maksimaalselt kõrge väljundvee temperatuur (nt +65°C ja enam).
- Hoides aastaringselt mittevajalikult kõrget temperatuuri kaotab kogu süsteem oluliselt oma tõhususes.

Soojuspumbad lokaalküttes 6 (Maa SP)

- Kuna soojustegur varieerub hooaja vältel, siis küttelahenduse üldist efektiivsust peegeldab paremini hooaja keskmine soojustegur SCOP või SPF (ingl *seasonal performance factor*), mis annab parema ülevaate soojuspumba võimekusest pikema perioodi vältel, ehk näitab aasta keskmist kütmise ja vee soojendamise tõhusust.
- SPF jääb maasoojuspumpade ja põrandkütte puhul vahemikku 3,5–4,5 ning radiaatorkütte puhul vahemikku 3–4.
- Soojustegurite erinevused on tingitud asjaolust, et radiaatorkütte puhul on vajalik maksimaalne väljundtemperatuur kõrgem (~50 °C) kui põrandkütte puhul (~35 °C).
- SPF = 4 tähendab, et keskmiselt saab ühe kulutatud elektri kWh kohta tagasi 4 kWh soojust (ehk piltlikult on keskmine kasutegur 400%).
- Võrdluseks, tahkeküttekatelde kasutegurid on 85 – 92%, gaasikateldel kuni 96%. Kondensatsioonkatelde kasutegur tarbimisaine alumise kütteväärtuse järgi leituna võib olla üle 100%, kuid seda tüüpi katelde kasutegurid tuleb arvutada ülemise kütteväärtuse järgi ja siis need jäävad ikka alla 100%.

Soojuspumpade primaarkontuuri paigutus

Maasoojuspump horisontaalse kollektoriga



Soojuspuurauk e energiakaev

Eraldi liigiks võib pidada energiavaiasid
(Eestis juba mitmeid maju)

Veekogu põhjas oleva primaarkontuuriga soojuspump

Allikas: /https://www.xn--maakte-6ya.info/artiklid/maakyte//

Energiakaev

- Energiakaevuks ehk soojuspuurauguks nimetatakse vertikaalseid või kaldu olevaid puurauke, millesse paigaldatud torustiku kaudu ammutatakse geotermaalsoojust (Maa süvasoojus, tekib radioaktiivsete elementide lagunemisel ja kandub ülesse soojusjuhtivuse teel Maa vedelast tuumast) õige vähe ka pinnasesse salvestunud päikeseenergiat.
- Soojuspuuraugust saab ühe meetri kohta keskmiselt kaks korda rohkem soojust, võrreldes horisontaalse maapinnalähedase (veidi alla külmumispiiri, 1,1-1,4 m maapinnast) paigaldusega.
- Kui soojuspuurauk on lõpuni tamponeeritud (suletud), siis sanitaarkaitseala ega veevõtukoha hooldusnõudeid ei määrata (samuti ei saa seda kasutada veevõtuallikana).
- Rajatavad puuraugud on sügavusega 50-200 m ja keskmiselt on vaja eramu küttevajaduse katmiseks puurida üks kuni kaks puurauku (keskmiselt 1 m puurauku 1 m² köetava pinna kohta).
- Puuraugu väikseim kaugus maja seinast on 2-3 m.
- Puuraugu läbimõõt on enamasti 50-160 mm.
- Soojuspuuraugu sees on 1-2 U-kujulist plasttoru ning torus ringleb külmakindel (nt etanooli) vesilahus.
- Eestis on lubatud soojuspuuraugud rajada maapinnalt esimesse aluspõhjalisse veekihti, kehtiva korra kohaselt tuleb puurauk täita ja sulgeda ehk tamponeerida (nt savi-betooniga).
- Energiakaevu tehnoloogiat kasutatakse ka suuremate büroohoonete juures, kus U-kujulised plasttorud valatakse hoonet kandvate betoonvaiade sisse (nimetatakse ka energiavaiadega hooneks). Sel juhul on suvel võimalik ventilatsiooniõhu soojust salvestada nendesse nn energiavaiadesse ja kütteperioodil saab selle sealt osaliselt tagasi.

Kohtküttesüsteemid ja seadmed

- Kohtküte on levinud peamiselt eramutes, kuid ka vanemates korterelamutes ning kohalike omavalitsuste ühiskondlikes hoonetes (nt mõisakoolid, rahvamajad, raamatukogud jm).
- Kohtküte on mõeldud üldiselt ühe ruumi kütmiseks, kuid ühe ahjuga on võimalik soojaks kütta ka kaks või enam ruumi, sõltuvalt küttekeha (nt ahju) paigutusest hoones ja selle soojuslikust võimsusest.
- Kohtkütte osatähtsus on tasapisi vähenenud, võrreldes teiste kütteviisidega, kuid ilmselt kõige kauem peab see vastu eramutes.
- Nagu kaugkütte ja lokaalkütte katlamajade seadmestik ja tehnoloogia areneb pidevalt nii ka kohtkütte puhul.
- Ilmunud on kõrgema kasuteguriga ahjud, salvestavad kaminad kuid ka õhkkütteseadmed, milleks võib lugeda õhk-õhk soojuspumpa.
- Kui sellega köetakse ühes hoones mitut ruumi (nt eramu kogu teist korrust), siis võib seda tinglikult pidada ka lokaalkütteseadmeks. Sageli kohtkütteseadmed täiendavad teineteist.

Kohtküttesüsteemid ja seadmed 2

- Kaasajal on levinud skeem, kus õhk-õhk soojuspumbaga (-dega) köetakse hilissügiseni ja alustatakse kütmist varakevadel ning külmal ajal toetatakse ahjude või salvestatavate kaminatega.

- Mõnesid ruume, mis ei ole kasutusel pidevalt (nt rahvamajad) hoitakse minimaalselt lubatavat siseõhutemperatuuri õhk-õhk soojuspumbaga, kuid vajadusel köetakse lisaks ahje või lülitatakse sisse elekterküttekehad.

- Kui välisõhu temperatuur langeb alla – 20°C, siis õhk-õhk soojuspump annab enam-vähem sama palju soojust (kWh) kui kulutab selle saamiseks elektrit (kWh).

- Suvel saab neid soojuspumpi (kui need on reverseeritavad) kasutada ruumide jahutamiseks

Kohtküttesüsteemid ja seadmed 3

- Üheks levinud kohtkütte energiaallikaks on elekter, mis on küll kõige kallim aga ühtlasi ka kvaliteetseim energialiik, mida koduses majapidamises kasutada.
- Elektriküttekehi on väga palju liike (radiaatorid, konvektorid, kiirgurid, põrandaküttekaablid, laekütte paneelid, seinapaneelid ja põrandaliistud jms) ja neid saab kaasaegset automaatikat ja juhtimissüsteeme kasutades kombineerida muude kohtkütteseadmetega ka ahjude ja kaminatega.
- Automaatikaplokk, mis on võimeline jälgima elektrihinda, käivitab elekterküttekehad madala hinna perioodil (kusjuures selle hinna lävendi saab ise ette anda), muul ajal köetakse ahju või kaminat.
- Tänapäeval on saada täisautomaatseid pelletikaminaid, mille tööd saab juhtida etteantud siseõhu temperatuuri järgi.
- Kui elekter muutub soovitust kallimaks ja kui elekterküttekeha väljalülitumise tõttu ruumi õhk hakkab jahenema alla ettenähtud temperatuuri, lülitub tööle pelletikamin, millest väljub soe õhk kütab ruumi edasi.
- Sellised hübriidsed kohtküttesüsteemid võiva osutuda üsna säästlikeks ja tagavad ruumiõhu kvaliteedi.
- Kohtküteseadmed on reeglina väikeseadmed, soojusliku võimsuse järgi harva üle 5-6 kW, suuremad kuni 10 kW (ahi, pelletikamin).

Kohtkütte seadmed

- Traditsioonilised kütteseadmed

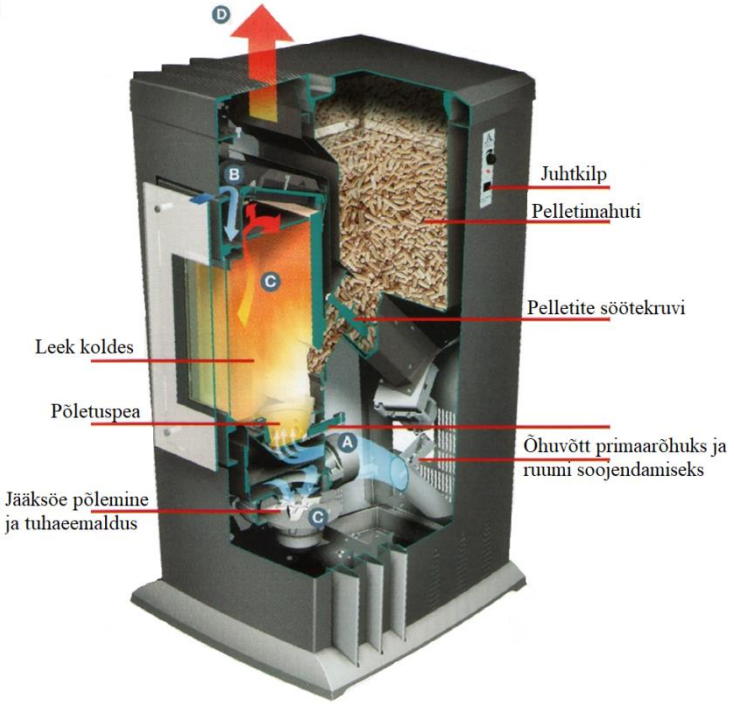
Ahi, kamin, pliit, elekterküttekehad

Kohtkütteseadmed 2

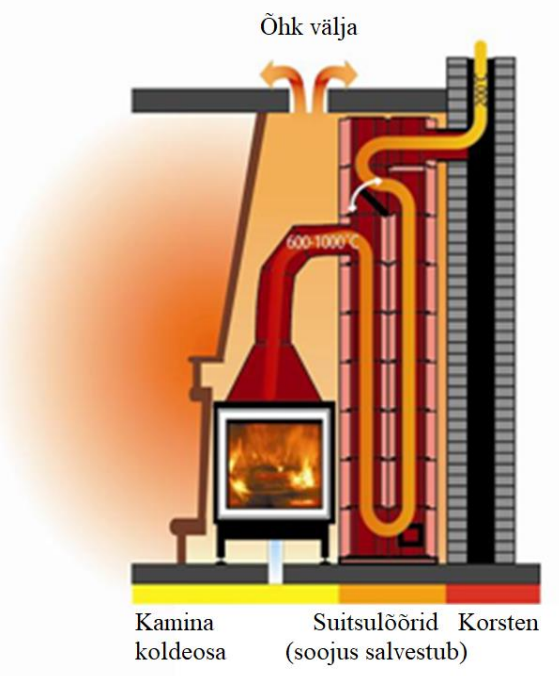
- Arendatud, ka alternatiivsed kütteseadmed. Moodsad ahjud, salvestav kamin, soojuspump, elekterkiirgurpaneelid jm.

Kohtküttesüsteemid ja seadmed 4

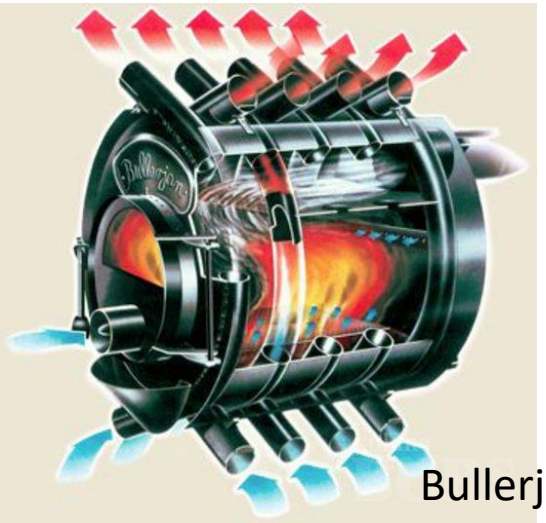
Kaasaegne ahi



Automaatne pelletikamin



Salvestav kamin



Bullerjan ahi

Õhk-õhk SP

Elektriradiaator

Sõltumatu energiavarustussüsteem Kesselaiul.

Fotod – Indrek Allmann

Termoelektrilise generaatoriga SEK süsteem

- Termoelektriline efekt on füüsikaline nähtus, mille korral temperatuuri muutus kutsub vooluahelas esile elektrivoolu (Seebeck'i efekt) või siis elektrivoolu muutus põhjustab temperatuurimuutuse (Peltier'i efekt).
- Kui elemendi üht poolt kuumutades, kas vastu kuuma pinda tihedalt kinnitades või sellele kuuma gaasi/õhku juhtides ja teist poolt jahutades, kas veega või jaheda õhuga, siis vooluahelas tekib elektrivool.
- Katla suitsukäigule ahjule või muule kuuma pinnaga soojusallikale kinnitatav termoelektrilise generaatori (TEG) töö põhineb Seebeck'i efektil ja see toodab elektrit tänu kuuma ja külma tööpinna temperatuuride vahele.
- Parem kui soojusallikas oleks pidevtoimeline nt lokaalküttekatel. Maksimaalne kuuma poole temperatuur võib olla 320°C. Temperatuuride vahest sõltub TEGi elemendi elektriline võimsus:
- Temperatuuride vahe (DT) juures 180°C on elemendi väljundvõimsus ~104 W_{el};
- Temperatuuride vahe juures 210°C on väljundvõimsus ~114 W_{el}.
- DT = kuuma poole temperatuur – külma poole temperatuur (st temperatuuride vahe).
- Umbes kuni 5% katla soojuslikust võimsusest (nt 20 kW_s) on võimalik muuta TEGi elektriliseks võimsuseks (500 W_{el}), kuid sellest piisab, et käitada eramu küttesüsteemi elektrivõrku ühendamata hoones (nt väikesaartel) või elektrikatkestuste ajal.

Termoelektrilised generaatorid

LIQUID TO LIQUID TEG POWER GENERATOR

Maksimaalne temperatuur soojal poolel 190°C

- **TEG2-16-07025HT-SS**
- DT of 100°C ~ 40 watts output
- DT of 120°C ~ 70 watts output
- DT of 150°C ~100 watts output

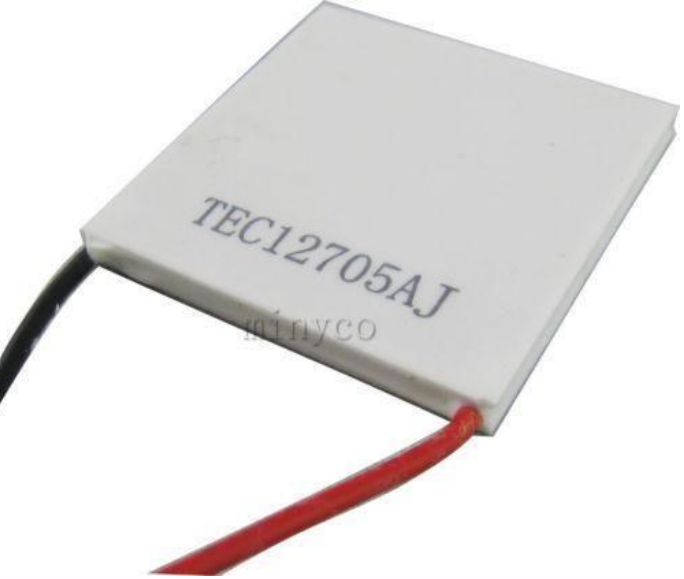
Termoelektrigeneraatorites kasutatakse pooljuhttermoelementidest moodustatud patareid. Niisuguste generaatorite kuumutustemperatuur võib olla 100–1000°C, võimsus 10–100 kW_{el} ja kasutegur kuni 20 %.

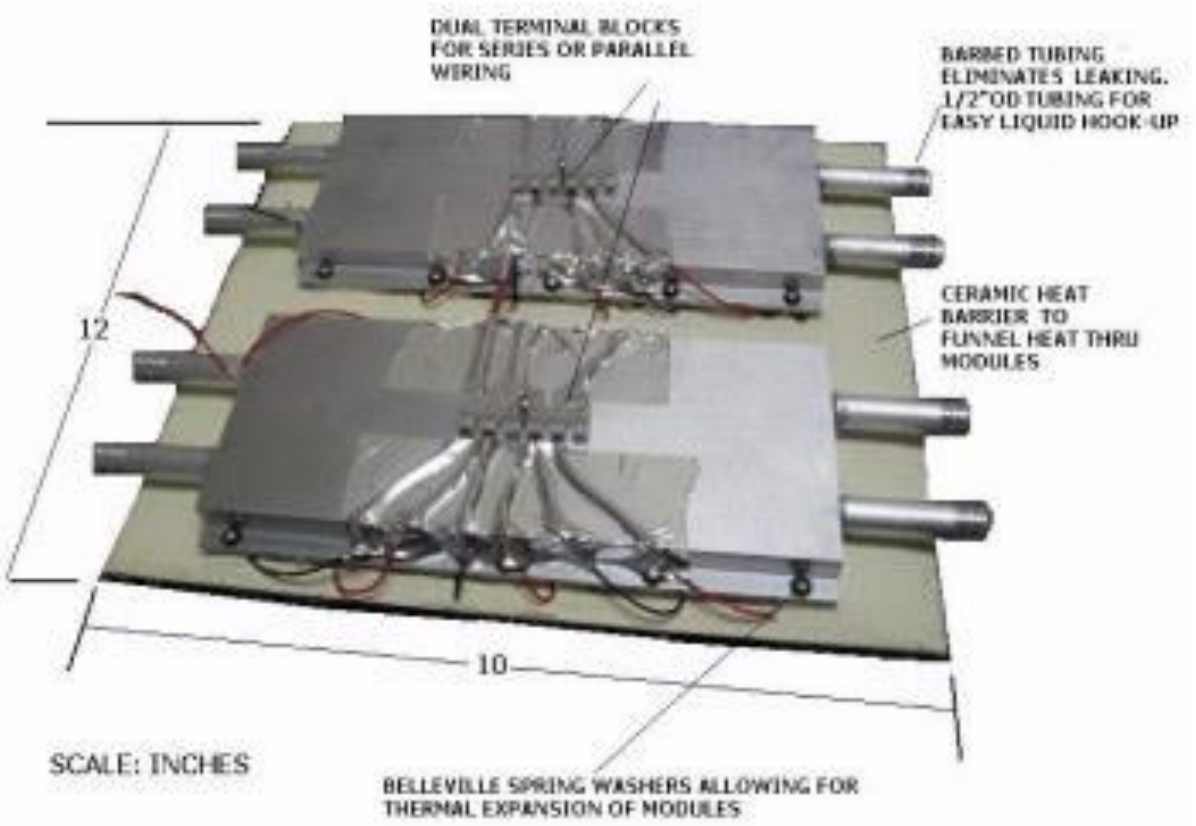
Väikesest kasutegurist hoolimata on nad kompaktsed, ei sisalda liikuvaid osi ning on üsna lihtsad ja muutuvad üha odavamaks.

Tänapäeval kasutatakse termoelektrigeneraatoreid peamiselt kuni 5 kW_{el} tarbijate jaoks elektrivarustuseta piirkondades, näiteks telemeetria- ja kommunikatsiooniseadmete toitmiseks.

Heit- e jääksoojust saaks elektriks muuta autodes, elektrijaamades ja ahjudes, pliitides väikekateldes.

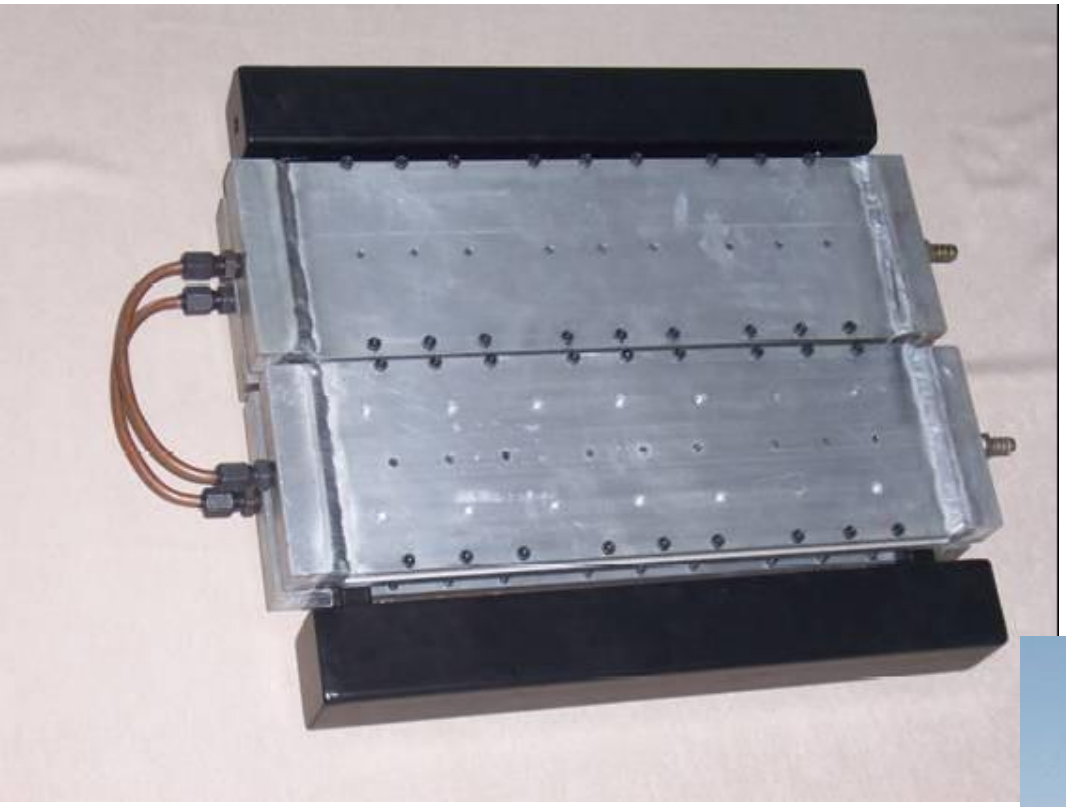
Ahjule kinnitatav TEG





- *Liquid to hot face TEG*
- Maksimaalne kuuma poole temperatuur 320˚C
- DT of 180°C ~ 104 watts output
- DT of 210°C ~ 114 watts output
- DT = kuuma poole temperatuur – külma poole temperatuur (st temperatuuride vahe).

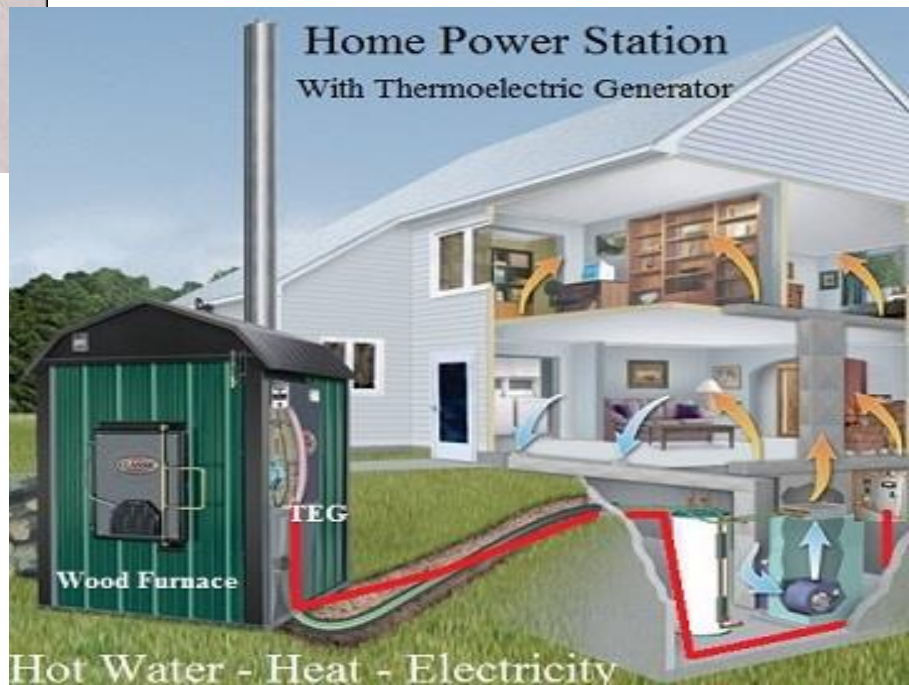
0,5 kilovatine TEG termoelektriline elektrigeneraator



- Kuum allikas 250°C (490F).
- Külm allikas vähem kui 30°C (86F).
- DT~ 220°C või enam.

Keskküttekatel koos termoelektrilise generaatoriga

Kui katla võimsus 100 KW, saaks termoelektrilise generaatoriga umbes 5 kW elektrilist võimsust.



Hoonete soojusvajadus

- Hoone soojusvajadus kujuneb sellest, et
  - soojus lahkub läbi hoone piirete madalama temperatuuri suunas,
  - kindlustada õhuvahetus,
  - valmistada sooja tarbevett.
- Piirete ülesanne on hoonesisese soojuse säilitamine.
- Soojusvajadust mõjutab oluliselt hoone siseõhu- ja välistemperatuur ja määratakse hoone kasutusotstarbest ja asukohast lähtudes. Arvestatavad tegurid on ka hoone kuju orientatsioon, avade (aknad uksed) hulk ja soojustus.
- Hoone soojusvajadust võib vaadelda nii vajaliku küttevõimsuse kui soojuse kasutamise seisukohalt.
- Küttevõimsus määratakse alati kütmise seisukohalt ebasoodsaimate tingimuste järgi.

Kütteseadme võimsuse arvutamise lähtekohad

- Ajaühikus hoone kütteks ning infiltreeruva ja ventilatsiooniõhu soojendamiseks **vajalik soojusvõimsus** P (Q_H) **sõltub**:
- välisõhu temperatuurist,
- tuule kiirusest ja suunast,
- hoone asendist ilmakaarte suhtes,
- päikesekiirguse intensiivsusest,
- köetavate ruumide nõutavast temperatuurist,
- tarbijate temperatuuritundlikkusest, suhtumisest soojuse säästmisse,
- välispiirete soojus- ja tuulepidavusest,
- küttesüsteemide tüübist, seisundist, reguleeritavusest ja häälestusest,
- muude sisemiste soojusallikate olemasolust jne.

Soojuskulu ja küttekoormus (kütte-erivõimsus)

- Nõukogude aegsetes ühepereelamutes oli soojuse kulu koos tarbevee soojendamisega üle 200 *kWh/(m²a),* F energiaklass*,*
- Väikese soojuskuluga pereelamutes (B energiaklass) jääb soojuse kulu (koos tarbevee soojendamisega) *alla 70 kWh/(m²a)* ,
- kortermajades aga *alla 100 kWh/(m² a)*.
- Keskmine küttekoormus (kütte-erivõimsus) on neis elamutes alla 35 W/m².

- Nõukogude ajal oli küttekoormus kuni 100 W/m² (st üks malmradiaatori ribi 1 m² korrusmaja korteri põrandapinna kohta, tavaline 80 W/m², nüüdsel ajal kuni 15-20 W/m².

Väikese soojuskuluga elamuid iseloomustab

- Hea soojustus ja külmasildade puudumine ehitustarindeis,
- õhutihe ehitus (mida saab kontrollida uste järsu sulgemise ja avamisega),
- tõhus ja tasakaalustatud küttesüsteem (nt heitgaaside kondenseerumisenergiat ärakasutav gaasi- või pelletikatel), soojuspump
- kontrollitav/reguleeritav õhuvahetus,
- soojuse taaskasutusega ventilatsioon,
- päikesekiirguse kasutamine ruumide osaliseks kütteks ja tarbevee soojendamiseks,
- Kütteseadmete ja küttekehade (sisekliima) tark juhtimine.

Katla võimsuse valikust

- Arvutus lähtub läbi piirete minevate ja õhuvahetuse soojuskadude ning sooja vee vajaduse leidmisest [$Q(W)=U(W/m^2K)*A(m^2)*dT(K)$].
- Vanade soojustamata majade puhul võib võtta soojusvajaduseks 90 W/m^2 e 100 m^2 maja korral oleks katla võimsus 9 kW.
- Puitkütuse katlad valitakse reeglina suuremad (võimsamad), sest pidevalt neid üldjuhul ei köeta, pigem nn perioodilise kütmisega katlad (vajavad akumulatsioonipaaki).
- Nüüdisaegsete, suuremate (üle 300 m^2) elamute küttevõimsus oleks 40-50 W/m^2 (koos sooja tarbevee valmistamisega)
- Võimsuse osa sooja tarbevee vajaduse katmiseks peaks juurde liitma. Osalt kompenseeriks akumulatsioonipaak.
- Puitkütuse kateldest leiab ~10 kW võimsuse piires ainult pelletikatlaid, pelletikaminad alates 6-8 kW.

Katla nimikoormuse kindlustamiseks vajaliku puitkütuse koguse leidmine

Kui on teada näiteks õliküttel töötanud katla aastas keskmiselt tarbitud õli hulk – 23 530 l/a, õli kütteväärtus 10 kWh/l ja katla aasta keskmine kasutegur 85%, siis saame arvutada aastas toodetud soojushulga:

(23530 x 10) x 0,85 = 200 000 kWh/a.

Nüüd arvutame selle hulga soojuse tootmiseks vajaliku hakkpuidu koguse:

Tarbimisaine alumine kütteväärtus on (M30%) 3,4 kWh/kg,

Katelseadme aasta keskmine kasutegur on 80% ja vajalik hakke kogus on:

200000/3,4/0,8 = 73530 kg (~74 tonni),

Ligikaudne katla võimsus võiks olla:

Täiskoormusel töötunde aastas – 1500 töötundi:

Q = 200000/1500/0,8 = 160 kW

Väikese ja keskmise suurusega katlamaja puitkütuse vajaduse saab leida empiiriliselt:

Katla võimsus kW x 2,5 = hakkpuidu vajadus puiste m^3 (pehmepuit, P45, M30)

Katla võimsus kW x 2,0 = hakkpuidu vajadus puiste m^3 (kõvapuit, P45, M30)

Tartu Regiooni Energiaagentuur
Tartu Regional Energy Agency

Kui palju oleks vaja puitkütust eramu kütmiseks?

Eestis on keskmise eramu keskmine kütteenergiavajadus piires 9600 - 14400 kWh/a.

Kui korralike kütteseadmete kasutegur on 80-85% võib puitkütuse vajadus ainult kütteks olla kuni 18000 kWh/a, mille saame umbes 14-15 rm kuivadest (niiskus ~20%) segaküttepuudest.

Keskmine ahju mass on 1500 kg ja rusikareegli järgi tuleks panna ahju 1 kg (mõni soovitus 0,7 kg) küttepuid 100 kg ahju massi kohta, seega keskmisse ahju 15 kg halge. Soovitav on seda laadida portsjonite kaupa ehk nt 5 kg korraga.

Arvutusnäide

- Leida 1500 kg massiga voolukivist ahjus salvestatav soojuse hulk, kui voolukivi massi keskmine temperatuur on 20 ^{o}C ja ahi soojendatakse 140 ^{o}Cni.

- $E = c_p \times m \times (T_2 - T_1)$, kus

  - E = ahju poolt salvestatav soojuse hulk, kJ
  - m = ahju mass, kg
  - c_p = voolukivi erisoojusmahtuvus, 0,98 (kJ/kg^{o}C),
  - T_2 = ahju temperatuur peale kuumutamist (kütmist), ^{o}C
  - T_1 = ahju temperatuur enne kuumutamist (kütmist), ^{o}C

- E = 0,98 x 1500 x (140 – 20) kJ= 176400 kJ ehk 176,4 MJ/3,6 = 49 kWh.
- Sellise koguse energiat saab 15 kg kasepuu põletamisest ahjus (Q_a^t = 4,15 kWh/kg, ahju kasutegur η = 0,78).
- 1 pm^3 õhkkuivade kasehalgude energiasisaldus on umbes 1010 kWh, millest 80 %lise kasuteguriga ahjus saab kasulikku soojust (0,8 x 1 010 kWh) = 800 kWh.

Näide (soojusvõimsuse ja kütusevajaduse leidmine)

- Hoone ruumide pindala: 180 m^2;
- Ruumide kõrgus: 2,6 m;
- Hoone maht: 180x2,6=468 m^3;
- Maks soojusvõimsus: 468x20W/m^3=9,4 kW
- Hoone aastane soojuskadu: 22000 kWh;
- Sooja vee soojuse vajadus: 7000 kWh;
- Kogu aastane soojuse vajadus: 29000 kWh (29 MWh).

Elamu soojusvajadusest umbes 2/3 läheb kütteks ja 1/3 tarbevee soojendamiseks.

Väikeelamu soojuslik erivõimsus on üldjuhul piires - 15-25 W/m^3.

Kui põletada õhkkuivi (M=20%) segapuid (1400 kWh/rm), siis aastane puude vajadus on ~21 rm, mis võrrelduna teiste kütustega oleks ekvivalentne 6,5 tonni pelletitega, 40 pm^3 hakkpuiduga või 2,9 m^3 kerge kütteõliga.

Näite järg (milline akupaak valida?)

- Maksimaalne soojusvõimsus 9,4 kW;
- Maks soojusvajadus ööpäevas 24x9,4= 225 kWh;
- Tarbevee soojendamise soojusvajadus 20 kWh;
- Kogu soojusvajadus ööpäevas 245 kWh.
- Maksimaalset katla võimsust vajatakse keskmiselt 7 ööpäeva aastas. Selle alusel valitakse akumulatsioonipaagi maht. Eeltoodud elamule vajalik akupaagi maht oleks vahemikus 2000-2500 dm^3. Selles sisalduvast soojusest piisab, et kütta katelt keskmiselt 2-3 ööpäeva tagant.

- Sellise mahuga akupaagi soojussalvestus võtab aega:
  - 2000 l - 5,3 h (katel 40 kW) või 3,5 h (katel 60 kW):
  - 2500 l – 6,5 h või 4,3 h.

- Näiteks sobib alumise põlemisega katel Arimax 35.

Abitabelid näite juurde

Ööpäevi aastas	Vajalik soojusvõimsus
7	Maksimaalne ehk tipuvõimsus (30 kW)
14	Üle poole tipuvõimsusest (≥ 15 kW)
240	Alla poole tipuvõimsusest (≤ 15 kW)
104	Ei vajata kütmist

Akupaagi maht, (dm^3 e l)	Soojusvajadus, (kWh/ööpäevas)
1000	105
1500	160
2000	210
2500	260
3000	315
4000	420

Tänan kuulamast ja kaasa mõtlemast!

Ülo Kask – ulo.kask@gmail.com; ulo.kask@trea.ee
Volitatud energiatõhususe spetsialist (lisakompetentsiga ettevõtete energiaauditid), tase 8 ja volitatus soojusenergeetika insener, tase 8.