



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
MEHAANIKATEADUSKOND

Soojustehnika instituut

MSE õppetool

MSE40LT

Atko Siht

**KATLAMAJA HAKKPUIDULE ÜLEVIIMINE
RIISIPERE NÄITEL**
Bakalaureusetöö

Autor taotleb
Tehnikateaduste bakalaureuse
Akadeemilist kraadi

Tallinn
2014

AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus.

Esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Töös kasutatud kõik teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega.

Töö valmis prof. Aadu Paist juhendamisel

„16“ Mai 2014. a.

Töö autor

Atko Siht

allkiri

Töö vastab bakalaureusetööle esitatavatele nõuetele.

„16“ Mai 2014. a.

Juhendaja

Aadu Paist

allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

„.....“2014. a.

.....

allkiri

BAKALAUREUSETÖÖ ÜLESANNE

2014. aasta kevadsemester

Üliõpilane: Atko Siht 093677 (nimi, kood)
Õppekava: MASB (nimetus, kood)
Eriala: Soojusenergeetika
Juhendaja: Direktor, Aadu Paist (nimi, amet)
Konsultandid: Jüri Taal, AS Tamult Direktor, 5022695 (nimi, amet, telefon)

BAKALAUREUSETÖÖ TEEMA:

(eesti keeles) Katlamaja hakkpuidule üleviimine Riisipere näitel
(inglise keeles) Boiler house reconstruction for burning wood chips, the Riisipere case

Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

| Nr | Ülesande kirjeldus | Täitmise tähtaeg |
|-----------|--|-------------------------|
| 1. | Eesti kaugküttesektori hetkeolukord | 18.04.2013 |
| 2. | Kütuse etteande süsteemi projekteerimine | 22.04.2013 |
| 3. | Katelseadme projekteerimine ja vajalikud arvutused | 24.04.2013 |
| 4. | Katla torustik ning armatuur | 02.05.2013 |
| 5. | Soojuse müügist saadava tulu arvutamine enne ja pärast rekonstrueerimist | 08.05.2013 |

Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid: Biokütusele ülemineku tasuvusarvutus.

Täiendatavad märkused ja nõuded:

Töö keel: eesti

Kaitsmistaoitus esitada hiljemalt 14.05.2014

Töö esitamise tähtaeg 16.05.2014

Üliõpilane Atko Siht /allkiri/

kuupäev

Juhendaja Aadu Paist /allkiri/

kuupäev

SISUKORD

| | |
|--|----|
| Bakalaureusetöö ülesanne | 3 |
| Eessõna..... | 6 |
| SISSEJUHATUS | 7 |
| 1. ÜLDINE ÜLEVAADE EESTI KAUGKÜTTESEKTORIST | 8 |
| 2. BIOKÜTUSELE ÜLEVIIMISE TEHNOLOOGILINE LAHENDUS | 11 |
| 2.1. Automaatne mehhaniseeritud kütuseladu | 12 |
| 2.2. Kütuse etteanne laost | 14 |
| 2.3. Kütuse vahe punker | 15 |
| 2.4. Kütuse tigusöötja | 16 |
| 2.5. AS Tamult biokütuse eelkolle | 17 |
| 2.5.1 Eelkolde tehnilised andmed | 20 |
| 2.5.2 Eelkolde arvutused | 20 |
| 2.6. Kuumaveekatel MULTIMISER 19 | 22 |
| 2.6.1 Katla tehnilised andmed..... | 22 |
| 2.6.2 Katla kasutegurid täielikult puhaste pindade puhul | 23 |
| 2.7. Multitsüklon MC – 9 | 23 |
| 2.7.1 Multitsükloni tehnilised andmed..... | 24 |
| 2.8. Biokütuse katla korsten ja suitsuimeja | 24 |
| 2.9. Tuhakonteiner | 25 |
| 2.10. Gaasikäigud | 25 |
| 2.11. Biokütuse katla torustik ja soojusvõrk..... | 26 |
| 2.11.1 Torustike montaaž..... | 27 |
| 2.12. Vee ettevalmistus ning lisavesi..... | 27 |
| 3. NISSI KATLAMAJA MAJANDUSLIK ARVUTUS | 29 |
| 3.1. Enne rekonstrueerimist | 29 |
| 3.2. Peale rekonstrueerimist..... | 32 |
| 3.2.1 Investeeringu tasuvusaeg | 34 |
| 4. KAUGKÜTTESEKTORI TULEVIK | 35 |
| KOKKUVÕTE | 37 |
| SUMMARY | 38 |
| KASUTATUD KIRJANDUS | 39 |
| LISAD | 40 |

| | |
|---|-----------|
| Lisa 1. Riisipere katlamaja asukohta plaan..... | 40 |
| GRAAFILINE OSA | 41 |
| Joonis 149-01-01..... | 42 |
| Joonis 149-00-00..... | 43 |
| Joonis 149-00-02..... | 44 |
| Joonis 149-29-00..... | 45 |
| Joonis 149-31-00..... | 46 |
| Joonis 149-03-00..... | 47 |
| Joonis 149-07-00..... | 48 |
| Joonis 149-15-00..... | 49 |
| Joonis 149-09-03..... | 50 |
| Joonis 149-01-00..... | 51 |
| Joonis 149-19-00..... | 52 |

EESSÕNA

Käesolev töö teema sai valitud enda initsiatiivil. Töö tegemine toimus firmas AS Tamult, kus ka töötan. Seal toimus ka materjalide kogumine.

Lisaks töö juhendajale prof. Aadu Paistule aitas mind projektiga ka AS Tamulti direktor Jüri Taal.

Ühtlasi sooviksin avaldada tänu kõigile töö koostamisel abiks olnud inimestele.

SISSEJUHATUS

Antud töö eesmärgiks on anda ülevaade Eesti kaugküttesektorist, näidata kuidas toimub üleminek katlamajas õliküttelt hakkpuidukütusele, kirjeldada katlamaja töötamist ning näidata õliküttelt hakkpuidule üleviimise majanduslikku kasumlikkust.

Seoses viimase 5 aasta vedelkütuse hüppelise hinnatõusuga on soojusfirmad hakanud otsima alternatiive. Eriliseks probleemiks on nõukogude ajast pärit amortiseerunud katlamajad. See tähendab peale uute seadmete ka investeerimist hoone ehitusse.

Liitudes Euroopa Liiduga rajati Eestis ka Keskkonna Investeeringute Keskus (KIK). Nende põhitegevuseks on rahastada erinevaid Eesti keskkonnaprojekte Euroopa rahadest. Üks nende valdkondadest on ka vedelküttel olevate katlamajade üleviimise toetamine biokütusele.

Üheks selliseks katlamajaks on ka Riisipere katlamaja. Riisipere katlamaja asub Nissi vallas ning kuulub aktsiaseltsile Nissi Soojus. Antud katlamaja oli samuti üks tüüplahendusega nõukogude aegsetest katlamajadest.

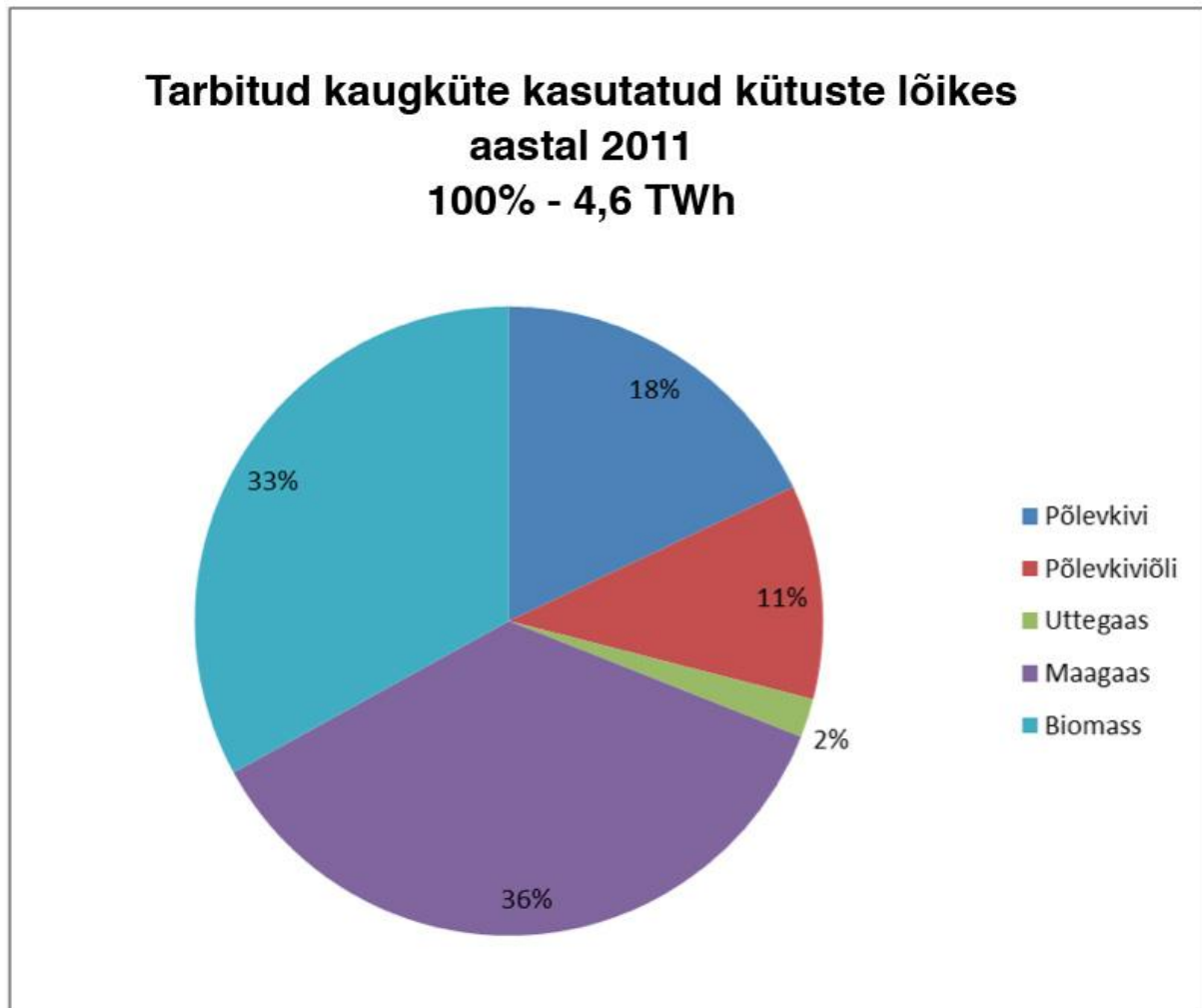
Tegemist on kaugkütte piirkonnaga võimsusega 1500 kW. Piirkonnas asuvad elumajad, kool, lasteaed, vallamaja ning kultuurimaja. Kuni 2013 aastani oli katlamaja töötanud 100% põlevkiviõlil.

Tehnoloogialt oli seal kaks 2 õlikatelt – 1 MW ning 2.5 MW. Kogu katlamajas olev tehnoloogia tuli demonteerida. 2.5 MW vedelkütuse katla jätsime reservkatlaks, juhuks kui biokütuse katel nõuab seisakut.

Riisipere katlamaja asukoht vt. lisa 1.

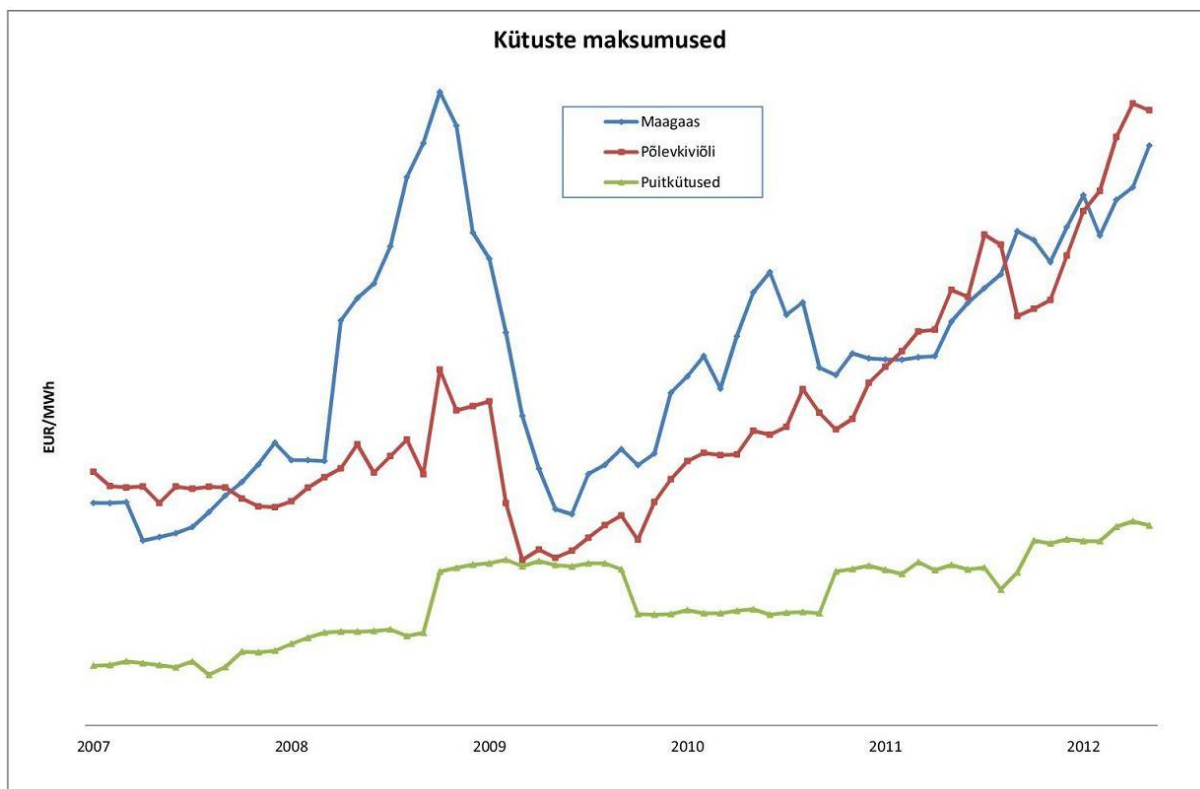
1. ÜLDINE ÜLEVAADE EESTI KAUGKÜTTESEKTORIST

Eestis tegutseb kokku umbes 230 erinevat kaugkütte piirkonda. Antud piirkondade kogu küttemahuks oli umbes 4.6 TWh. Antud kaugkütte piirkondade jaotus, vastavalt kasutatud kütustele, on toodud seel 1.1.



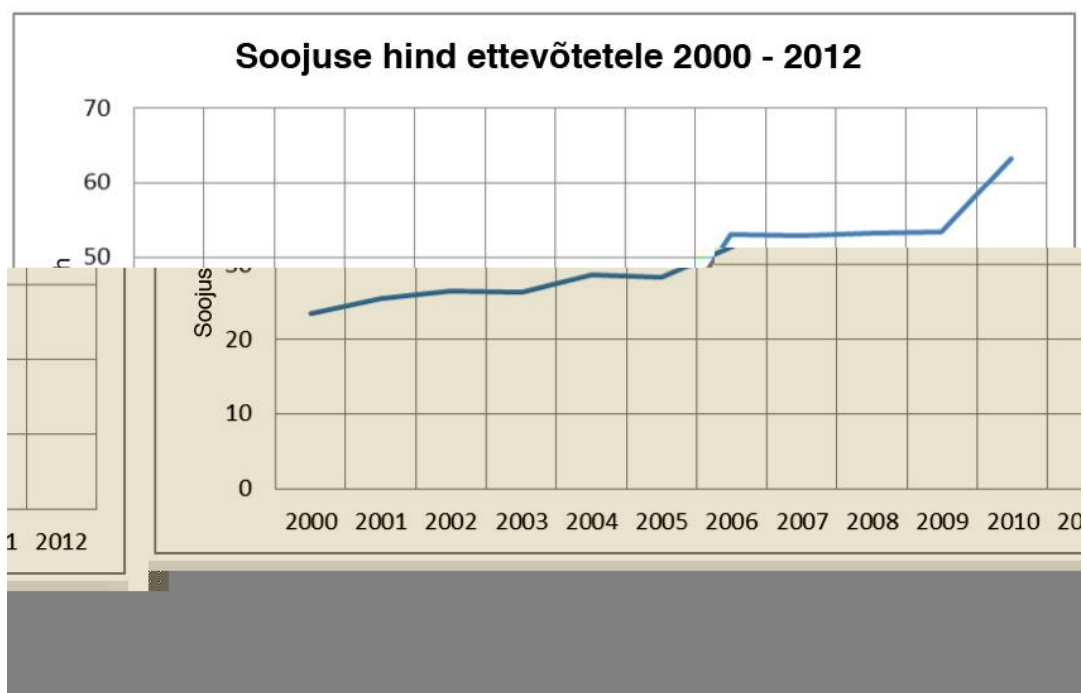
Sele 1.1. Tarbitud kaugküte kasutatud kütuste lõikes aastal 2011 (Allikas: Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium)

Nagu seelt 1.1 näha, siis põhiprobleemiks on enamuses siiski fossiilsete kütuste kasutamine. Fossiilsete kütuste probleemiks on pidev hinnatõus ning regulatsioon. Kütuste nagu maagaasi puhul on ka sõltuvus teistest riikidest, kust gaasi imporditakse. Kütuste hinnatõus on näha seelt 1.2.



Sele 1.2. Kütuste maksumused (Allikas: Eraküte)

Katlamajade sõltuvus antud drastilisest hinnatõusust on põhjustanud ka soojuste hinna hüppelise tõusu.



Sele 1.3. Soojuste hind ettevõtetele 2000-2012 (Allikas: Statistikaamet)

Eesti kaugkütte suurimaks probleemiks ongi nagu siit näha kõrge hind. Selle põhjuseks on kallite kütuste kasutamine, mis kallinevad veelgi. Võrdluseks võib tuua põlevkiviõli hinna, mis on hetkel koos aktsiisidega umbes 45 €/MWh, samas kui hakkpuidu hind on hetkel 18 €/MWh. Sellele lisaks tuleb arvestada ka nõukogude aegsete katlamajade amortiseeritust. Madal kasutegur ning pidevad kulud parandustele, viivad soojushinna põhjendamatult kõrgeks.

Selline kütuste kallinemine on pannud soojusfirmad investeerima katlamajade rekonstrueerimisse. Kuna antud ettevõtmine on kulukas, siis on loodud toetusvahendid biokütustele üleminekuks. Keskkonnainvesteeringute Keskuse andmetel on toetatud 84 projekti perioodil 2009-2012.

2. BIOKÜTUSELE ÜLEVIIMISE TEHNOLOOGILINE LAHENDUS

Käesoleva tehnilise lahenduse kirjeldus on koostatud AS Nissi Soojuse katlamaja rekonstrueerimise kohta biokütusel töötamiseks. Rajatud biokütuse katlamajas on ettenähtud kasutada järgmisi kütuseid: hakkpuitu, puukoort, puitjäätmel ja saepuru suhtelise niiskusega $W = 30 - 55$ (60) % või siis 100 % üksi tükkturvast suhtelise niiskuse sisaldusega $W = 40 - 55$ %. Võimalik on kasutada ka freesturvast $W = 30$ % kuni 40 % segatuna hakkpuiduga või siis 10 % ulatuses peenestatud energiataimi ja viljapõhku.

Projekti tehnilise lahenduse koostamise aluseks on võetud AS Nissi Soojuse poolt väljastatud hanke nr. 140857 PKD tehnilised tingimused, "Surveseadme Ohutus Seadus" RTI 2002, 49, 309 ja selle alusel kehtestatud õigusaktid ning hea inseneri tava.

Antud biokütuse tehnoloogia komplekt on mõeldud töötama võimalikult automaatsena. Kogu paigaldatav tehnoloogia on varustatud kaugjälgimise ja kaugjuhtimisega.

Uus rajatud 1,5 MW biokütuse katel on integreeritud tööle koos olemasoleva õlikütel töötava 2,5 MW katlaga. Katla võimsuse valikul on lähtutud eelmiste aastate soojuskoormustest. Biokütuse katel on liidetud kütetorustike kaudu olemasoleva katlamaja küttesüsteemiga, mille kaudu toimub ka uue katla varustamine tehniliselt sobiva soojuskandjaga.

Uus biokütuse katelseade on võimeline töötama vähemalt 8000 töötundi aastas võimsusega vahemikus 20-100 % nominaalvõimsusest. Kütteväliline periood on ette nähtud tehnoloogia korrapäraseks hoolduseks, puhastamiseks ja parandamiseks.

Riisipere katlamaja tehnoloogiline PID vt. joonis nr. 149-01-01. Põhiplaan vt. joonis nr. 149-00-00.

2.1. Automaatne mehhaniseeritud kütuseladu

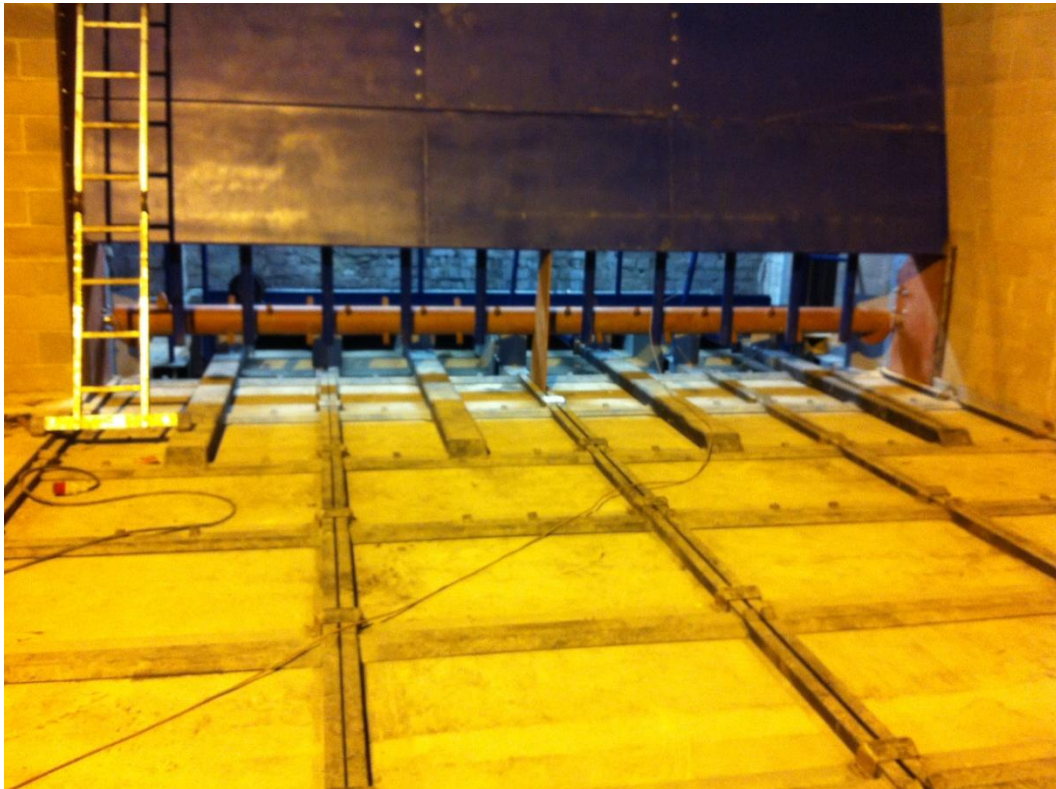
Kogu lao ladustusmaht on 350 m³. Mehhaniseeritud osa maht moodustab sellest ~ 150 m³ (ühe ööpäeva vajadus ca 50 m³).

Mehhaniseeritud osa on mõõtmetelt 5,6 x 9,7 x 3 m (ladustus kõrgus 3 m). Tootlikkuseks on arvestatud 10 m³/h. Lao põrandal toimub kütuse liigutamine kahe aisaliste kraapide abil vt. sele 2.1.2. Põranda konstruktsioon on varustatud kütuse tagasiliikumise vältimiseks ja tootlikkuse suurendamiseks takistusnurkadega ning kooniliste kinnitusklambritega. Kraapide liikumine toimub mööda betooni sisse paigaldatud profiiltalasid. Kraapide liikumine toimub automaatselt, vastavalt kütusenivoole eelkolde sissesöötjas. Võimalus on lülitada ka käsitsijuhtimisele.



Sele 2.1.1 Lao mehhaniseeritud osa paigaldus betooni sisse

Kütuse transportimine toimub kraaptransportööriga. Seetõttu on paigaldatud transportööri ning lao aktiiv osa vahele esisein koos nivooostidega. Nendega välditakse kuhja tekkimist transportöörile. Samuti on paigaldatud tasandusrull, mis aitab tasandada kütuse kogust transportööri ees ning mingil määral lõhkuda talvel jäätunud tükke. Tasandusrull käivitub automaatselt lao kraapide käivitumisel.



Sele 2.1.2 Kütuse lao mehhaniseeritud osa

Kütuselao väljaladimise otsas asub kütuse kraapide liigutamiseks ettenähtud hüdrocilindrite ruum. Igat kraapredelit liigutatakse eraldi oma hüdrocilindriga. Cilindrite poolt avaldatav „vastujõud“ kantakse üle betooni sisse paigaldatud „HEA“ taladele. Kütuselao samas otsas asub kütuse kraaptransportöör, millega transporditakse kütus biokütuse katlani.

Lao joonis vt. joonis nr. 149-00-02.

2.2. Kütuse etteanne laost

Kütus transporditakse laost katlamajja kraapkonveieriga. Konveierile tõmmatakse kütus sisse lao liikuvate kraapredelitega. Konveier viib kütuse eelkolde sөөtja pealsesse vahepunktisse, kus see vajub raskusjõul sөөtja tigude peale. Kraapkonveier käivitub automaatselt kütuse lao käivitudes.

Antud kraapkonveieri kogupikkus on 17,515 m. Laius on 500 mm ning tootlikus 10 m³/h. Konveier on varustatud ummistuse ja pöörlamise anduritega, mis reageerivad konveieri normaalsest tööst kõrvalekaldumise korral ja annavad signaali juhtimiskeskusesse. Konveier on kahe kettajamiga, keti puksid on karastatud ning keti ülepinge vältimiseks on konveier varustatud 4-st punktist vedrustus mehhanismidega.



Sele 2.2.1 Kütuse kraapkonveieri vastuvõtu osa

Konveieri mootor on varustatud sujuvkäivitiga. Sagedusmuunduri kasutamist sellele masinseadmele ei kiida heaks reduktormootorite tootjad. Reduktori pöörete alandamisel rohkem kui 20 % võrra, kaotab reduktor märkimisväärselt jõudu ning mootor kuumeneb üle. Sellisel juhul tuleks veel mõelda lisa jahutusele, mis ei ole otstarbekas. Samuti tuleks sellisel juhul muuta transportitava kütuse massi. Selleks tuleks muuda lao tootlikust. Ladu aga töötab alati ühesuguse tootlikkusega.

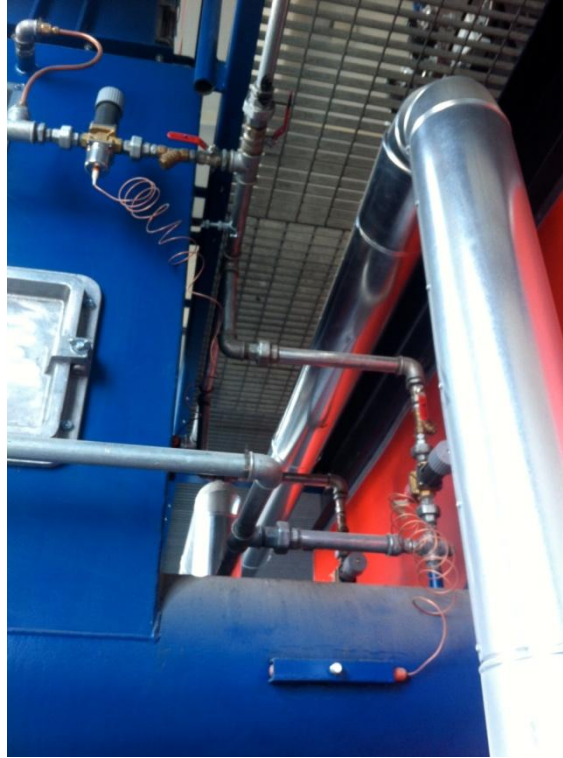
Kraapkonveieri joonis vt. joonis nr. 149-29-00.

2.3. Kütuse vahe punker

Kütuse vahe punker on lihtsa ristküliku konstruktsiooniga kütuse takistamatuks vaba langemiseks söötja peale. Kuna sissesöötja puhul on tegemist tigudega, siis olen vältinud kitseneva punkri kasutamist. Tigude kasutamisel tekib punkris kütuse surumine vastu seinu ning kitseneva punkri korral võib tekkida ummistus. Punkri küljel asub vaateaken kütuse nivoo jälgimiseks. Teisel küljel on infrapunane nivoo andur kütuse etteande süsteemi juhtimiseks. Kütuse punkri põhjas on tigutransportöörid. Kütuse punker on ettenähtud kütuse vahetuks sissesöötmiseks eelkoldesse, vahe reservi tekitamiseks ning samuti õhuluku tekitamiseks söötmise suudmes.

Tule leviku vältimiseks on punker varustatud tulekustutus sprinklersüsteemiga. Sprinklerid rakenduvad alati omatoimeliste AVTA klappide avanemisel. Metalli temperatuuri tõustes üle 100 °C käivitub süsteem automaatselt. See juhtub vaid leegi tagasilöögi korral koldest. AVTA ventiilide temperatuuritundlikud kapillaarballoonid on asetatud metallkorpuste külge. Metalli temperatuuri tõustes avavad kapillaarballoonid AVTA klapi. Temperatuuri alanedes ehk tule kustumisel AVTA klapp sulgub. Antud klapp on omatoimeline ning toimib ka ilma elektrita.

Kütuse vahe punker on eraldatud kütuse konveierist hüdraulilise siibriga. See aitab peatada tule levikut edasi konveierisse. Samuti aitab tekitada õhulukku eelkoldele. Siiber sulgub alati automaatselt ka elektri katkestuse korral. Selle jaoks on paigaldatud eraldi gaasballoon hüdraulika jaamale.



Sele 2.3.1 Kütuse vahepunkri ning sөөtja tulekahju kustutussüsteem

2.4. Kütuse tigusөөtja

Kütuse sөөtja puhul on tegemist kahe lihtsa teoga, mis viivad kütuse vahepunkrist eelkoldesse. Sissesөөtja on ühendatud kolde põlemisrestiga vesijahutus raami kaudu.

Sööte ava suurus on kolde laiusega võrdne. See tagab põlemisresti ühtlase täitumise.

Kuigi tigusөөtja puhul on tule levik suuresti välistatud, on ka teod varustatud tulekustutus sprinklersüsteemiga.

Kütuse sөөtja töö toimib automaatselt kuid on võimalik seda käivitada ja seistada ka manuaalselt.

Sөөtja teo joonis vt. joonis nr. 149-31-00.

2.5. AS Tamult biokütuse eelkolle

Eelkolle koosneb spetsiaalselt konstrueeritud resti raamistikust ning astmelistest resti elementidest. Resti elemendid on miinimum 26 % kroomi sisaldusega ning 180° pööratavad. Need meetmed pikendavad resti eluiga.

Resti elementide read on paigaldatud astmeliselt nii, et üks rida on paigal ning iga teine rida on liigutatav seisva rea suhtes. Liigutamine toimub hüdrosilindritega, mis on ühendatud spetsiaalse raami külge. Resti äärde on mõlemale poolde kollet projekteeritud paksud 40 mm malm plaadid. Nagu resti elemendid, on ka antud plaadid 26 % kroomi sisaldusega. Plaadid on paigalseisvad ning ei liigu. Tänu nendele äärmistele plaatidele ei puutu liikuvad resti elemendid kokku müüritusega. See väldib müürituse deformatsiooni ning likvideerib võimaluse, et äärmised restid võiksid läbi põleda. Malmplaatide ülesandeks on ka tagada resti elementide paisumine ühtlaselt resti laiuse ulatuses. See tekitab ühtlased pilud restide vahel, mille kaudu antakse põlemisõhku koldesse.

Resti ridade liigutamiseks on rest jagatud 2-ks autonoomseks osaks. See on tingitud kütuse põlemise eri staadiumitest. Resti osade liigutamine toimub erinevate sagedustega. See sõltub täielikult põlemisest ning tähtis on saavutada rahuldav põlemisrežiim. Nende eri osade liigutamine toimub autonoomselt pea kontrolleri poolt juhitud, arvestades katla võimsust ning kütuse liiki. Iga resti osa liigutamiseks on eraldi juhitud hüdraulika pump mille mootorit juhib sagedusmuundur.

Eelkolde resti alune konstruktsioon on jaotatud 3-ks erinevaks sektsiooniks. See tuleneb kütuse põlemise erinevatest staadiumitest resti peal. Mis nõuab igasse sektsioon erinevat põlemisõhu kogust parimaks põlemiseks. Nt. esimeses osas kütus pigem kuivab ning eraldub veeaur, teises osas toimub pürolüüs, kütuse lendosade eraldumine ja põlemine, kolmandas osas koksi põlemine ja tuha tekkimine.

Põlemisõhku antakse eelkoldesse nii primaarõhuna kui ka sekundaarõhuna. Primaarõhu ventilaatoritega antakse põlemisõhku resti alla 3 eri sektsiooni. Igasse sektsiooni antakse põlemisõhku eraldi ventilaatoriga, välja arvatud 1 ja 2 sektsioon, kus väljatulevad õhu käigud on ühendatud ühe võimsama ventilaatoriga. Sektsioonide õhukoguseid reguleeritakse siibriga. Neid kahte primaarõhu ventilaatorit juhitakse eraldi sagedusmuunduritega. Nende tööd juhib kontrolleri. Sekundaarõhku antakse eelkoldesse külgedelt resti peale ning

järelpõlemisekambrisse. Sekundaarõhu kogust juhitakse lahkuvates suitsugaasides oleva O₂ sisalduse järgi. Primaar- ja sekundaarõhk imetakse eelkolde külgsainte vaheliste kanalite kaudu. See tagab eelkolde seinte jahutamise ning samas saame kasutada soojemat õhku.



Sele 2.5.1 Eelkolle koos põlemisõhu ventilaatoritega

Koldes toimuva põlemisprotsessi temperatuuri mõõtmiseks on paigaldatud temperatuuri andurid resti pealsesse põlemiskambrisse, kolde ja katla vahelisele tulekäigule. Põlemistemperatuuri kontrollimiseks on paigaldatud suitsugaaside retsirkulatsiooni süsteem. Retsirkulatsiooniga juhitakse suitsugaas tagasi eelkoldesse, kui on vaja eelkoldes temperatuuri alandada.

Eelkolde müüritis on valmistatud 230 mm paksusest šamott tellisest ja isolatsiooni kihist paksusega 180 mm. Eelkolde ning katla vahele on valatud võlv, mis on ankurdatud müüritisse.

Eelkolde joonis vt. joonis nr. 149-03-00.



Sele 2.5.2 Eelkolde vólvi ehitus

Tuha eraldus toimub kuivalt tigutransportöridega. Eelkolde resti otsa, kuhu koguneb enamus põlemisel tekkivat tuhka, on paigaldatud tigu. Antud tigu toob kogunenud tuha eelkoldest välja järgmisele kaldtigutransportöri. Mõõda antud tigu liigub tuhk edasi spetsiaalsesse tuhakonteinerisse. Kuna resti elementide vahel on pilud, siis mingil määral koguneb tuhka ka resti alla. Selle kogus on suuresti põletatavast kütusest ning tema kvaliteedist. Saepuru olemasolul tekib ka rohkem peenemat tuhka, mis sageli vajub läbi pilude. Hakkpuidus võib sageli esineda ka mulda. Muld vajub väga lihtsalt läbi resti elementide. Resti alustest seksioonidest toimub tuha eraldus käsitsi. Kaldtigutransportööri peale on paigaldatud eraldi siibriga suletav luuk, kuhu saab antud tuhka kallata. Siiber on projekteeritud selliselt, et mitte rikkuda eelkoldes olevat hõrendust.



Sele 2.5.3 Kaldtuhateo paigaldus

Kaldtuhateo joonis vt. joonis nr. 149-07-00.

2.5.1 Eelkolde tehnilised andmed

Põlemise kasutegur: 97 %

Resti pindala: 4 m²

Resti erikoormus: 2 MW, 500 kW / m²

Resti kogupikkus: 3440 mm

Resti kogulaius: 1230 mm

2.5.2 Eelkolde arvutused

$$Kütuse\ kulu = \frac{Resti\ võimsus \times 10^3 \times 3600}{Kütteväärtus} \quad (2.5.2.1)$$

kus *Resti võimsus* – 2,0 MW/h,

Kütteväärtus – 7286 kJ/kg

Lisades andmeid valemisse 2.5.2.1 saame kütuse kuluks:

$$Kütuse\ kulu = \frac{2 \times 10^3 \times 3600}{7286} = 988\text{ kg/h}$$

$$V1 = Kütuse\ kulu \times Suitsugaase\ kg\ kohta \quad (2.5.2.2)$$

kus $V1$ – suitsugaaside kogus Nm^3/h ,
 $Kütuse\ kulu$ – valem 2.5.2.1 kg/h ,
 $Suitsugaase\ kg\ kohta$ – $4,39\ Nm^3/kg$

Lisades andmed valemisse 2.5.2.2 saame katlast väljuvate suitsugaaside koguseks:

$$V1 = 988 \times 4,39 = 4335\ Nm^3/h$$

Seda on vaja teada selleks, et valida õige multitsüklon, suitsuimeja ning et arvutada välja suitsugaasikäikude suurused. Selleks, aga tuleb kõigepealt veel arvutada välja suitsugaaside kogus $200\text{ }^\circ\text{C}$ juures. Selleks kasutan järgmist valemit:

$$V2 = V1 \times \left(\frac{P1}{P2}\right) \times \left(\frac{T2}{T1}\right) \quad (2.5.2.3)$$

kus $V2$ – suitsugaaside kogus m^3/h ,
 $V1$ – suitsugaaside kogus Nm^3/h ,
 $P1$ – $1\ atm$,
 $P2$ – $1\ atm$,
 $T1$ – $273\text{ }^\circ\text{K}$,
 $T2$ – temperatuur $^\circ\text{K}$

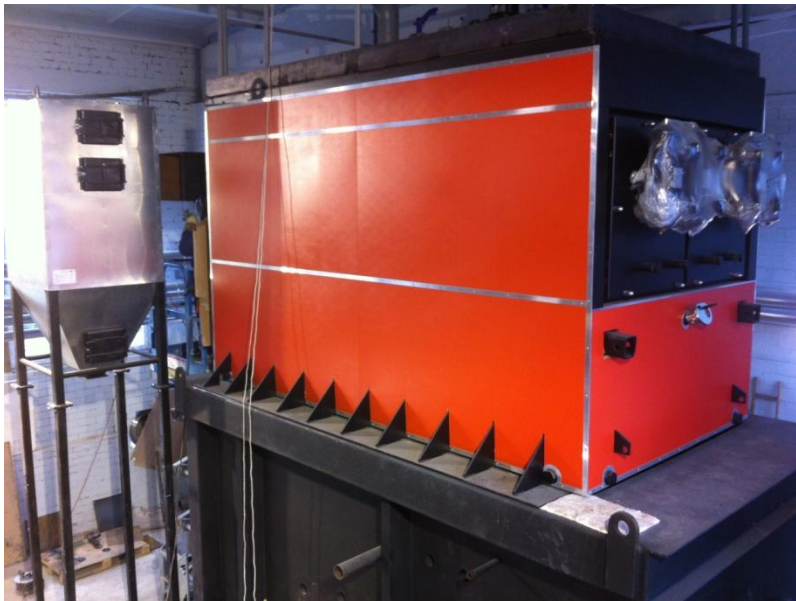
Võttes $T2 = 473\text{ }^\circ\text{K}$, ning lisades andmed valemisse 2.5.2.3 saame katlast väljuvate suitsugaaside koguseks:

$$V2 = 4335 \times \left(\frac{1}{1}\right) \times \left(\frac{473}{273}\right) = 7509\ m^3/h$$

2.6. Kuumaveekatel MULTIMISER 19

MULTIMISER 19 on horisontaalne 3 käiguline leeksuitsutoru kuumaveekatel. Antud katel on tellitud firmast Danstoker. Tegelik valmistaja on SIA Orions, kuid katel on valmistatud Danstokeri litsentsi järgi.

Katel on varustatud kõigi vajalike hooldus ja kontrollluukidega, tühjendusäärikutega, ohutus ning juhtimissüsteemidega. Konvektiiv küttepindade puhastamiseks on paigaldatud pneumaatiliselt töötav suruõhu lööklaine süsteem.



Sele 2.6.1 Biokütuse katel ja multitsüklon

2.6.1 Katla tehnilised andmed

Nominaalne võimsus: 1.5 MW

Soojuskandja maksimaalsed parameetrid: vee temp. 110 °C / 95 °C

Katlasse siseneva vee temp.: 95 °C

Lubatud töö rõhk: 4 bar

Veemaht: 7.6 m³

Suitsugaaside väljund temperatuur: $T_{\max} = 180$ °C

Kaal: 8000 kg

2.6.2 Katla kasutegurid täielikult puhaste pindade puhul

- 50 % koormuse juures 87 %
- 100 % koormuse juures 85 %

2.7. Multitsüklon MC – 9

Multitsüklon on seade, mille eesmärk on puhastada katlast väljuvat suitsugaasi, eemaldades suitsugaasidest lendtuha. Multitsüklon koosneb väikese diameetriga tsüklonitest. Suitsugaasi sisenemisel tekitavad tsüklonid keerise. Tsentrifugaaljõud surub tuha gaasidest välja ning kukub alla tuha punkrisse. Multitsükloni olen paigutanud täpselt tuha kaldtigutransportööri kohale. Multitsüklonis eraldatud tuhk liigub otse antud tigutransportööri ning seal edasi konteinerisse.

Multitsüklonit valitakse katlast väljuvate suitsugaaside koguse järgi, mille leidsime valemiga 2.5.2.3. Vastavalt sellele valisin multitsükloni tootlikkusega 6750 m³/h.



Sele 2.7.1 Multitsüklon MC-9

2.7.1 Multitsükloni tehnilised andmed

Tüüp: vertikaalne, tsentrifugaalne MC – 9

Tootlikkus: kuni 6750 m³/h

Max. töötemperatuur: 250 °C

Max. tolmu sisaldus väljund: 250 mg/nm³

Max. rõhu kadu: 900 Pa

Tsüklonite arv: 9

Mõõdud: 1240 x 1150 x 5625 mm

Mass: 1100 kg

Multitsükloni MC-9 joonis vt. joonis nr. 149-15-00.

2.8. Biokütuse katla korsten ja suitsuimeja

Vastavalt Eesti vabariigi seadustele kahe erineva kütuse suitsugaasi ei tohi lasta samasse korstnasse, v.a juhul kui korsten on ehitatud kahe lõõriga. Kuna õlikatel ühendati vana korstnaga, siis biokütusel töötav katel nõuab uut korstent. See tõttu paigaldati uus 12 m kõrgune, 500 mm siseläbimõõduga moodulkorsten. Päästeameti nõudmiste tõttu on paigaldatud moodulkorsten, mis uute normide kohaselt vastab CE märgistust ja on läbi teinud vähemalt viis katsetust.

Korstent on ühendatud biokütuse katla suitsuventilaatoriga. Suitsuventilaator on valitud katlast väljuvate suitsugaaside tootlikkuse järgi, mille arvutasime valemiga 2.5.2.3. Vastavalt sellele, valisin suitsuventilaatori tootlikkusega 7794 m³/h.



Sele 2.8.1 Biokütuse katla korsten

2.9. Tuhakonteiner

Vastavalt kliendi soovile, projekteerisin kaks 10 m³ suurust tuhakonteinerit. Ühe suure korral tuleks tuua konteiner pärast tühjendamist tagasi, mis on kulukas. Kahe konteineri puhul asendab jäätmekäitlusfirma täis konteineri tühjaga ning viib täis konteineri tühjendamisele. Seal jätab ta konteineri sinna, ning toob tagasi siis, kui peab jälle konteinerit tühjendama minema. Nii jääb ära tagasi sõitmine iga kord ning teeb käitlemise odavamaks.

2.10. Gaasikäigud

Kõik gaasikäigud on valmistatud vähemalt 4 mm terasest ning värvitud. Detailid on omavahel ühendatud keevitustega. Keevituste kontroll oli visuaalne.

Suitsugaasitorud on peale kruntimise ka isoleeritud 80 mm kivivill võrkmatiga ning kaetud galvaniseeritud plekiga.

Gaasikäikude projekteerimisel peame vaatlema gaaside kiirusi. Liiga suur kiirus koormab liigselt suitsuventilaatorit ning käikude eluiga väheneb hõõrdumisest tekkiva kulumise tõttu. Gaasikäikude ristlõiked projekteeritakse tavaliselt nii, et kiirused jääks vahemikku 10-20 m/s. Osad kirjanduse andmed lubavad ka kuni 30 m/s kuid kogemustele põhinedes jätan kiiruse alla 20 m/s. Selleks, et arvutada vajaminevat ristlõiget kasutan järgmist valemit:

$$v = \frac{V2}{A \times 3600} \quad (2.10.1)$$

kus v – gaasi kiirus m/s,
 $V2$ – suitsugaaside kogus m³/h,
 A – ristlõike pindala m²

Gaasikäikude ristlõikeks olen valinud toru diameetriga 508 mm. Sellest saan ristlõike pindalaks 0,202 m². Lisades need andmed valemisse 2.10.1 saame gaaside kiiruseks:

$$v = \frac{7509}{0,202 \times 3600} = 10,3 \text{ m/s}$$

Olen testinud gaasikäike ka kiirusega 30 m/s, kuid sellise kiiruseni jõudes hakkas gaasi liikumine käikudes tekitama viilet.

Multitsükloni ja suitsuventilaatori vahelise käigu joonis vt. joonis nr. 149-09-03.

2.11. Biokütuse katla torustik ja soojusvõrk

Biokütuse katel ning soojusvõrk on eraldatud soojusvahetitega. Biokütuse katlaringile (primaarring) on paigaldatud segamispump, mille kaudu saame paremini kontrollida katlast väljuva vee temperatuuri. Samuti on primaarringile paigaldatud kaks tsirkulatsioonipumpa.

Katlast väljuva vee temperatuuri ja rõhu mõõtmiseks on torustikul temperatuuri ja rõhu andurid. Samuti on paigaldatud ka lisa manomeetrid ja termomeetrid.

Katlamajas olev soojusvõrgu osa (sekundaarring) tuli projekteerida täiesti uus. See ühendati katlamajja tuleva trassiga. Soojusvõrgul on kaks tsirkulatsiooni pumpa. Eelkolde resti jahutus torustik on ühendatud sekundaarringiga. Soojusvõrgule on paigaldatud soojusmõõtja, 3 – tee ventiil, temperatuuri ning rõhu andurid. 3 – tee ventiili kasutame väljuva vee temperatuuri reguleerimiseks. Seda saab teha ka pumpadel olevate sagedusmuunduritega, kuid seda vaid teatud temperatuurini. Sagedusmuunduritega saab võimsuse keerata vaid kuni 20 % - ni. Seetõttu on 3 – tee parim valik.

Katlamaja torustiku PID vt. joonis nr. 149-01-00.



Sele 2.11.1 Katla ja soojusvõrgu tsirkulatsiooni pumbad

2.11.1 Torustike montaaž

Torustik on valmistatud torudest, mis vastavad EVS –EN13480/A2:2012 ning on terasest St 37,0 ja vastab standardile EVS –EN13480-2:2002.

Torustiku elemendid on omavahel ühendatud keevituse teel. Äärik- ja keermes ühendusi on kasutatud ainult armatuuri ja detailide ühendamiseks, millel on vastavalt äärikud või keermes ühendused. Keevitustöödel on järgitud veel järgmisi standardeid:

- EVS-EN ISO 14731:2006 Keevitustööde koordineerimine.
- EVS-EN ISO 3834-2:2006 Keevituse kvaliteedi nõuded. Metallide sulakeevitus.
- EVS-EN287-1:2011 Keevitajate atesteerimine Sulakeevitus.
- EVS-ENISO 15067:2004 Metallide keevitusprotseduuride spetsifitseerimine ja atesteerimine.

Kõikide keevisliidete kvaliteet vastab standardile EN 25817. Kõiki keevisliiteid on kontrollitud visuaalselt ning on läbiviidud surveproov.

Kogu torustik isoleeriti 60 mm kivivill-koorikutega ning kaeti korrosioonivastase kattega.

Torud, mille läbimõõt on üle 50 mm, on toestatud iga 5 m tagant.

2.12. Vee ettevalmistus ning lisavesi

Katlamajja tuleb vesi veevõrgust. Veevõrk on ühendatud tuletõrje torustiku ringiga ning katlale ja soojusvõrgule vajaliku veepehmenusseadmega. Kuna antud veel ei olnud probleeme raua sisaldusega, siis paigaldasime vaid veepehmenusseadme.

Veepehmenusfiltri ülesandeks on vee kareduse eemaldamine. Kare vesi põhjustab katlakivi teket soojusvahetites, torudes ja pumpades, mis põhjustab ummistusi. Veepehmenusseadme alla kuulub nii kationifilter kui ka soolapaak. Seade pehmenab töödeldava vee filtreerimise teel läbi naatriumkationiit-filtermaterjali. Ioonvahetuse mahu ammendumisel vajab kationiitmaterjal regenereerimist ehk pehmenust võimaldavate omaduste taastamist. See toimub soolalahuse abil. Regenereatsioon käivitub automaatselt. Seade saab vajalikud andmed impulssarvesti signaalist.



Sele 2.12.1 Veepehmendusseade ja lisavee paak

Pehmendatud vesi kogutakse edasi lisavee paaki. Lisavee paak on varustatud automaatse nivooanduriga ja nivooindikaatoriga. Paak on ühendatud kahe pumbaga, mis pumpavad lisavett vajadusel kas soojusvõrku või katlaringi.

Veepehmenduse joonis vt. joonis nr. 149-19-00.

3. NISSI KATLAMAJA MAJANDUSLIK ARVUTUS

3.1. Enne rekonstrueerimist

Aastatel 2005-2010 oli keskmiseks toodetud soojusenergia koguseks 4393 MWh kütteperioodil. Müügiks läks keskmiselt 3212 MWh. Täpsemad tootmis- ja tarbimismahud tabelis 3.1.1.

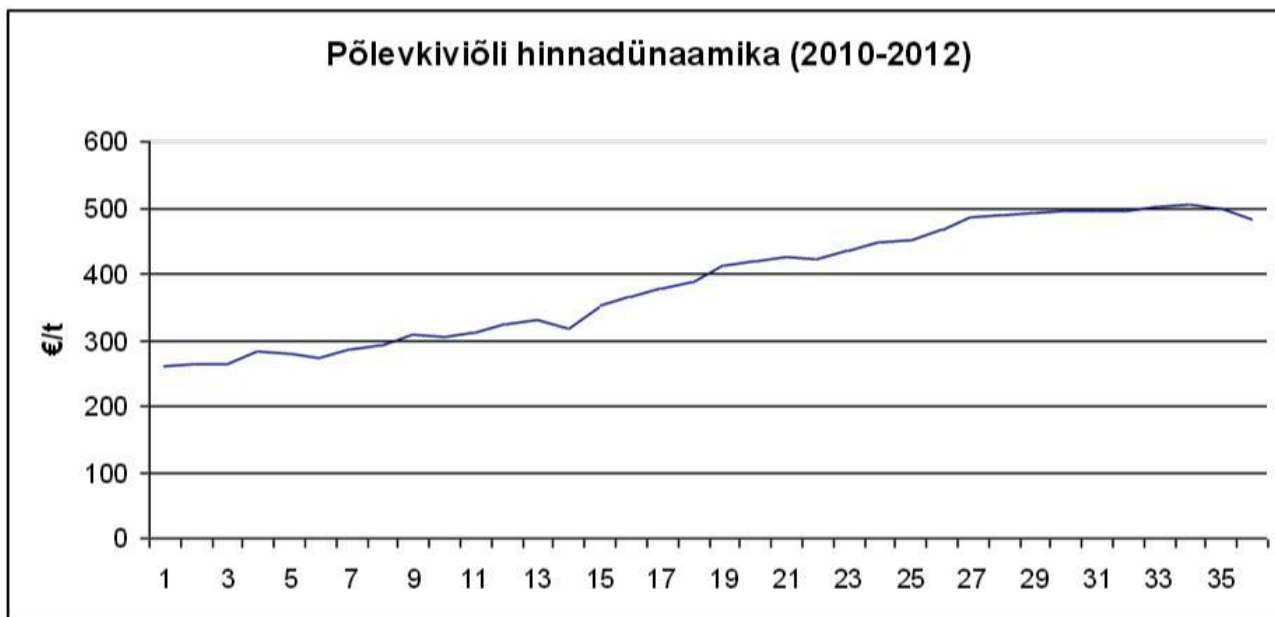
Tabel 3.1.1 Riisipere tootmis- ja tarbimismahud

| Aastad | 2005/06 | 2006/07 | 2007/08 | 2008/09 | 2009/10 |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Toodetud, MWh | 4208 | 4523 | 4463 | 4251 | 4522 |
| Müüdnud, MWh | 3185 | 3336 | 3229 | 3061 | 3253 |
| Omatarve, MWh | 97 | 99 | 90 | 83 | 90 |
| Trassikaod, MWh | 925 | 1088 | 1144 | 1107 | 1178 |
| Trassikaod, % | 22,52 | 24,59 | 26,16 | 26,56 | 26,6 |

Tabel 3.1.2 Põlevkiviõli hind aastatel 2005-2010

| Aastad | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|
| Põlevkiviõli, €/t | 176,4601 | 269,7072 | 239,1574 | 302,9412 | 251,2367 | 296,61 |

Perioodil 2005-2010 oli keskmiseks põlevkiviõli hinnaks 256 €/t. Kuid pärast 2010. aastat on põlevkivi hind kasvanud kahekordseks, vt. sele 3.1.1.



Sele 3.1.1 Põlevkiviõli hinnadünaamika 2010-2012 (Allikas: Statistikaamet)

Seetõttu oleks väärt kasutada varaseimaid hindu. Põlevkiviõli hind on 2013. aasta seisuga umbes 515 €/t. Sinna on arvestatud transport ning aktsiis. Arvestades, et põlevkiviõli alumine kütteväärtus on 10,8 MWh/t, saame arvutada perioodi keskmise kulu valemiga 3.1.1.

$$Kütuse\ maksumus = \frac{Q_{kt} * hind}{Q'_a} \quad (3.1.1)$$

kus Q_{kt} – toodetud soojusenergia kogus MWh,

$hind$ – kasutatud kütuse hind €/t,

Q'_a – kütuse alumine kütteväärtus MWh/t

Lisades andmed valemisse 3.1.1 saame antud perioodi keskmiseks kütuse maksumuseks:

$$Kütuse\ maksumus = \frac{4393 * 515}{10,8} = 209481 \text{ €}$$

Õlikütuse kasutamise tõttu oli soojusehind tarbijale 81,34 €/MWh. Võttes arvesse, et antud perioodil müüdi keskmiselt 3212 MWh, saame arvutada saadud tulu valemiga 3.1.2.

$$Tulu = Q_{km} * hind_t \quad (3.1.2)$$

kus Q_{km} – müüdüd soojusenergia kogus MWh,
 $hind_t$ – soojushind tarbijale €/MWh

Lisades andmed valemisse 3.1.2 saame saadavaks tuluks:

$$Tulu = 3212 * 81,34 = 261264 \text{ €}$$

Kasumi saamiseks tuleb arvestada ka katlamaja hooldusele ja personalile minevaid kulusid. Katlamajas töötab 3 inimest. Võtame personalile minevaks kuluks 18000 € aastas. Katlamaja hooldusele minevateks kulutusteks võtame 5000 € aastas. Sinna sisse on arvestatud ka ootamatud kulud. Nüüd saame arvutada kogu katlamajale mineva kulu liites kütusele mineva maksuse ning hooldusele ja personalile minevad kulud. Seda tehes saan kogukuluks 232481 €.

Saadava kasumi arvutamiseks lahutan valemiga 3.1.2 arvutatud tulust kogukulu:

$$Kasum = Tulu - Kogukulu \quad (3.1.3)$$

kus $Tulu$ – soojuse müügist saadud tulu €,
 $Kogukulu$ – kogu soojuse tootmiseks minev kulu, k.a personal €

Lisades andmed valemisse 3.1.3 saame ettevõtte kasumiks:

$$Kasum = 261264 - 232481 = 28783 \text{ €}$$

3.2. Peale rekonstrueerimist

Võttes arvesse, et soojuse müük aastas jääb samaks, tuleb arvutada ka uus kütuseenergia kulu. Seda just suures osas ka seetõttu, et peale uue katla vahetati välja ka trass. Trassi uuendamine vähendas tunduvalt trassikadusid. Kui varasemalt olid need 25 %, siis peale vahetust vaid kuni 4,2 %.

Tabel 3.2.1 Riisipere uued tootmis- ja tarbimismahud

| | Keskmine |
|-----------------|----------|
| Toodetud, MWh | 3935 |
| Müüdüd, MWh | 3212 |
| Omatarve, MWh | 588 |
| Trassikaod, MWh | 135 |
| Trassikaod, % | 4,2 |

Kasutades saadud väärtusi, saame uue katlamaja süsteemi soojuslikku kasutegurit arvutada valemiga 3.2.1.

$$\eta = \frac{Q_{km} * 100}{Q_{kt}} \quad (3.2.1)$$

kus η – soojuslik kasutegur %,
 Q_{km} – müüdüd soojusenergia kogus MWh,
 Q_{kt} – toodetud soojusenergia kogus MWh

Lisades andmed valemisse 3.2.1 saame katlamaja soojuslikuks kasuteguriks:

$$\eta = \frac{3212 * 100}{3935} = 81,6 \%$$

Hakkpuidu alumiseks kütteväärtuseks on 2,45 MWh/t. Seda teades saame arvutada vajaliku kütuse koguse perioodis, kasutades valemit 3.2.2.

$$Kütuse\ kogus = \frac{Q_{kt}}{Q_a} \quad (3.2.2)$$

kus Q_{kt} – toodetud soojusenergia kogus MWh,
 Q_a – kütuse alumine kütteväärtus MWh/t

Lisades andmed valemisse 3.2.2 saame kütuse koguseks:

$$Kütuse\ kogus = \frac{3935}{2,45} = 1606\ t$$

Seda teades saame arvutada kütusele mineva kulu korrutades kütuse koguse kütuse hinnaga. Võttes hakkpuidu hinnaks 44 €/t, saame kütusele minevaks maksumuseks 70664 €.

Kogukulu arvutamiseks liidame kütusele mineva kulu personali ja hoolduskuluga. Personalikulu ja hoolduskulu võtsime enne rekonstrueerimist 23000 € aastas. Kogukuluks saame seega 93664 €.

Hakkpuidule üleminekuga muutus ka soojahind tarbijale. Kui varem oli soojahind tarbijale 81,34 €/MWh, siis nüüd on 60,14 €/MWh. Seda teades saame arvutada uue saadava tulu valemiga 3.1.2.

$$Tulu = 3212 * 60,14 = 193169\ €$$

Saadava kasumi arvutamiseks kasutame valemit 3.1.3 ning lisame uued andmed:

$$Kasum = 193169 - 93664 = 99505\ €$$

3.2.1 Investeeringu tasuvusaeg

Kogu projekti maksumuseks on 470000 €. Arvestades, et KIK tasub 50 % kogu summast, siis kliendil on vaja investeerida 235000 €.

Tabel 3.2.1.1 Ettevõtte investeeringu tagasimakse 10 aasta jooksul

| Aasta | Laenu põhiosa, € | Laenu intress, € | Ettevõtte kasum, € | Kasum-Põhiosa-Intress € | Diskonteeritud € | Kumulatiivne |
|----------|------------------|------------------|--------------------|-------------------------|------------------|--------------|
| | | | | | | -235000 |
| 1 | 23500 | 11750 | 99505 | 64255 | 59495 | -175505 |
| 2 | 23500 | 10575 | 99505 | 65430 | 56096 | -119409 |
| 3 | 23500 | 9400 | 99505 | 66605 | 52873 | -66536 |
| 4 | 23500 | 8225 | 99505 | 67780 | 49820 | -16715 |
| 5 | 23500 | 7050 | 99505 | 68955 | 46930 | 30214 |
| 6 | 23500 | 5875 | 99505 | 70130 | 44194 | 74408 |
| 7 | 23500 | 4700 | 99505 | 71305 | 41606 | 116014 |
| 8 | 23500 | 3525 | 99505 | 72480 | 39159 | 155172 |
| 9 | 23500 | 2350 | 99505 | 73655 | 36846 | 192018 |
| 10 | 23500 | 1175 | 99505 | 74830 | 34661 | 226679 |
| Kokku, € | 235000 | | | | | |

Nagu tabelist 3.2.1.1 näha, siis investeeringu tagasimakse on jaotatud 10 aasta peale. Laenuintressiks olen võtnud 5 % aastas ning diskontoteguriks 8 %. Seda teades arvutasin ettevõttele kättejääva kasumi, lahutades soojust müügist saadavast kasumist ka laenu tagasimakse ning intressi. Seejärel diskonteerisin antud kasumi aastate kaupa tänapäeva valemiga 3.2.1.1.

$$C_{nd} = \frac{\text{Kasum} - \text{Põhiosa} - \text{Intress}}{(1 + \text{diskontotegur})^n} \quad (3.2.1.1)$$

kus *Kasum-Põhiosa-Intress* – ettevõttele kättejääv kasum €,
diskontotegur – 8 %,
n – aasta

Seejärel arvutasin kumulatiivse rahavoo lahutades investeeringu kogusummast diskonteeritud kasumi, aastate kaupa. Projekti tasuvusajaks on see, kus kumulatiivne rahavoog jõuab 0-ni. Tabelist on näha, et see juhtub neljanda ja viienda aasta vahel. Investeeringu tasuvusajaks tuleb 4,36 aastat.

4. KAUGKÜTTESEKTORI TULEVIK

Viimase kümnendi jooksul toimunud muudatused on näidanud selgelt kaugküttesektori hetkelist suunda. Fossiilsete kütuste kasutamine ei ole enam piisavalt kasumlik ning ettevõtted otsivad võimalusi uuteks kütusteks.

Põlevkiviõli on katlamajad kasutanud aastakümneid. Muidugi on üheks võimaluseks ettevõtetel ka rekonstrueerida soojusvõrgud. Üheks probleemiks ongi trasside amortiseeritus, mis põhjustab soojusvõrgu madala kasuteguri. Põhiprobleem on siiski kütuse hinnas. Vaadates selet 3.1.1 on selgelt näha pidev põlevkiviõli hinnatõus. 2 aastaga kasvas hind kahekordseks. See on äratanud ülesse ka soojusettevõtjaid panustama biokütustele. Selge on see, et hinnatõus ei saa jätkuda lõpmatuseni. Küll aga pole tegemist jätkusuutliku kütusega kaugküttesektoris. See tuleneb jäigast soojusemüügi piirhinnast, mis on seatud konkurentsiameti poolt. Samuti ei saa tarbijad kaasa minna pideva hinnatõusuga.

Maagaasi osakaal on suurim kaugküttesektoris. Küll aga on selle vähenemine tulevikus vältimatu. Maagaasi põhiprobleemiks on poliitiline sõltuvus. Viimased sündmused Euroopas on näidanud energiasõltuvuse ohtlikkust. Üheks võimaluseks oleks maagaasi importimine piirkonnast, mis on vähem ettearvamatu. See aga nõuaks suuri investeeringuid ning pikka rahvusvahelist diplomaatiat. See omakorda viiks gaasi hinna jällegi ülesse. Samuti on näha riigipoliitika poolset soovi vähendada maagaasi kasutust. Uue valitsuse koalitsioonileppega tõsteti maagaasi aktsiisi 20 % võrra. Tarbijale küll lubati vaid 1 %-st hinnatõusu kuid ettevõtetele on 20 %-ne tõus siiski piisavalt suur.

Biokütuste propageerimine on hetkel Eestis esikohal. Biokütustele ülemineku toetamiseks on loodud Keskkonna Investeeringute Keskus (KIK). Üks populaarsemaid biokütuseid on hetkel hakkpuit. See tuleneb hakkpuidu tootjate rohkusest ning kütuse lihtsusest. Turba üheks probleemiks võrreldes hakkepuiduga on tuha veelgi suurem rohkus ning turba tuha puhul on tegemist üpriski kasutu jäägiga. Kui puidutuhka saab kasutada väetisena, siis turba tuhka aga mitte tema koostise tõttu.

Soojusettevõtted pole ainukesed kes otsivad alternatiive. Sama tendents on ilmunud ka tööstuses. Üheks kerkinud teemaks on kondijahu kasutamine kütusena. Loomsete jäätmetega käitlevatel ettevõtetel tekib piisavalt palju kondijahu ning nende eesmärgiks on kasutada seda

ise. Kondijahu tekib loomsete jäätmete töötlemisel. Kuna Eestis kondijahul turgu pole, siis tuleb seda põletada, mis on raskendatud kuna selle põletamine on lubatud vaid kindlates katlamajades. Samuti saab kondijahu põletada vaid kõrgetel temperatuuridel 900 - 1100 °C ning seda teatud aja. Üheks ideeks on antud ettevõtetele kondijahu gaasitada spetsiaalse gaasigeneraatoriga. Seejärel saab kasutada seda gaasi kütusena gaasipõletis. See vähendaks kütusele minevaid kulusi ja saaks lahti üleliigsest produktist. Probleemiks on aga antud gaasigeneraatori usaldusväärsus. Tegelikuses on see loodud põlevkivi gaasistamiseks ning ka selle kohta puuduvad piisavad andmed. Tegemist on hetkel mitte väga tõsiseltvõetava ideega.

KOKKUVÕTE

2011. aasta seisuga on enamus Eesti soojusenergiast toodetud taastumatute energia allikatega. See on põhjustanud suure hinnatõusu kaugkütte tarbijatele. Küll aga on näha bioenergia osakaalu suurenemist aastalt aastale. Pidev kütuse hinna tõus turul ning konkurentsiameti kehtestatud soojuse müügi hinnad on pannud üha enam soojusfirmasid investeerima üleminekule biokütusele. Seda näitab asjaolu, et Keskkonnainvesteeringute Keskuse andmete järgi on 3 aasta jooksul rahastatud 84 sellist projekti. Mis tähendab, et 2012. aastaks oli biokütusele üle läinud 36 % Eesti kaugkütte piirkondadest. 2014. aasta kohta statistika puudub, kuid mai kuuks on juba välja kuulutatud 4 biokütuse katlamaja hange.

Biokütusele ülemineku projekt nõuab suurt investeeringut. Kogu seadmestik tuleb ümber vahetada. Põhi probleemiks on ka uue katlamaja kohandamine uute normidega. Kui nõukogude aegsetel katlamajadel võivad puududa suitsuluugid ning neid käsitletakse akendena, siis renoveerides tuleb paigaldada kõik päästeameti poolt nõutavad seadmed. Arvutuste kohaselt läheb umbes 40 % projekti maksumusest tavaliselt üldehitusele. Kui õlikatlamajadel puudub laohoone, siis biokütuse katlamajadel on lao olemasolu vajalik. Nagu on ka näha, siis ainult kütuse vahetusest ei piisa. Vanade trasside puhul tuleks investeerida ka trasside uuendusse. Nagu arvutused näitasid, siis vanade trasside kadu oli kuskil 26 % ning peale vahetust vaid 4,2 %.

Biokütusele üleminek on kahtlemata kasulik nii omanikule kui ka tarbijale. Üleminekuga mitmekordistus ettevõtte kasum 99505 €-le. Kui arvestada, et antud biokütuse katlamaja on täisautomaatne, siis tähendab see ka üleliigse personali vähendamist, mis vähendaks kulusid veelgi. Tarbija jaoks vähenes soojushind 21 € võrra MWh kohta. Investeeringu tasuvusajaks tuli 4,36 aastat. Kokkuvõttes võib öelda, et hetkel on üleminek väga kasulik just pideva õlikütuse hinnatõusu ning toetuste tõttu. Euroopa Liidu ning CO₂ kvoodi rahadest rahastab KIK 50 % projekti maksumusest.

SUMMARY

Based on the statistics conducted in 2011, more than half of the heat energy in Estonia was produced from burning fossil fuels. That has caused the increase in price for the consumer. However it is quite evident that the percentage of biofuel usage has increased year by year. The constant price increase of fossil fuels and the upper heat energy price set by the Estonian Competition Authority, has made investors invest in cheaper alternatives. According to the Estonian Environmental Investment Centre, 84 biofuel projects were financed within 3 years. This means that by the year 2012, 36 % of the district heating systems got their heat from burning biofuel. The statistics for 2014 have yet to be conducted, however 4 new projects have already been published.

Reconstructing a boiler house to work on biofuel requires big investments. The entire equipment needs to be fully changed. Also the main problem is making older heating stations compatible with the new norms. For example older boiler houses use the windows as smoke vents. However when you renovate the old building then you also have to add everything required by the newest norms, even if they weren't required on the old building. According to calculations, about 40 % of the total project cost goes on general construction. Biofuel plants need a fuel warehouse while oil plants for example don't. Also what the heating companies should really think about is also renovating the district heating pipes. Before renovating, the heat loss in the district heating was 26 % in Riisipere. After renovating the heat loss had been reduced to only 4,2 %.

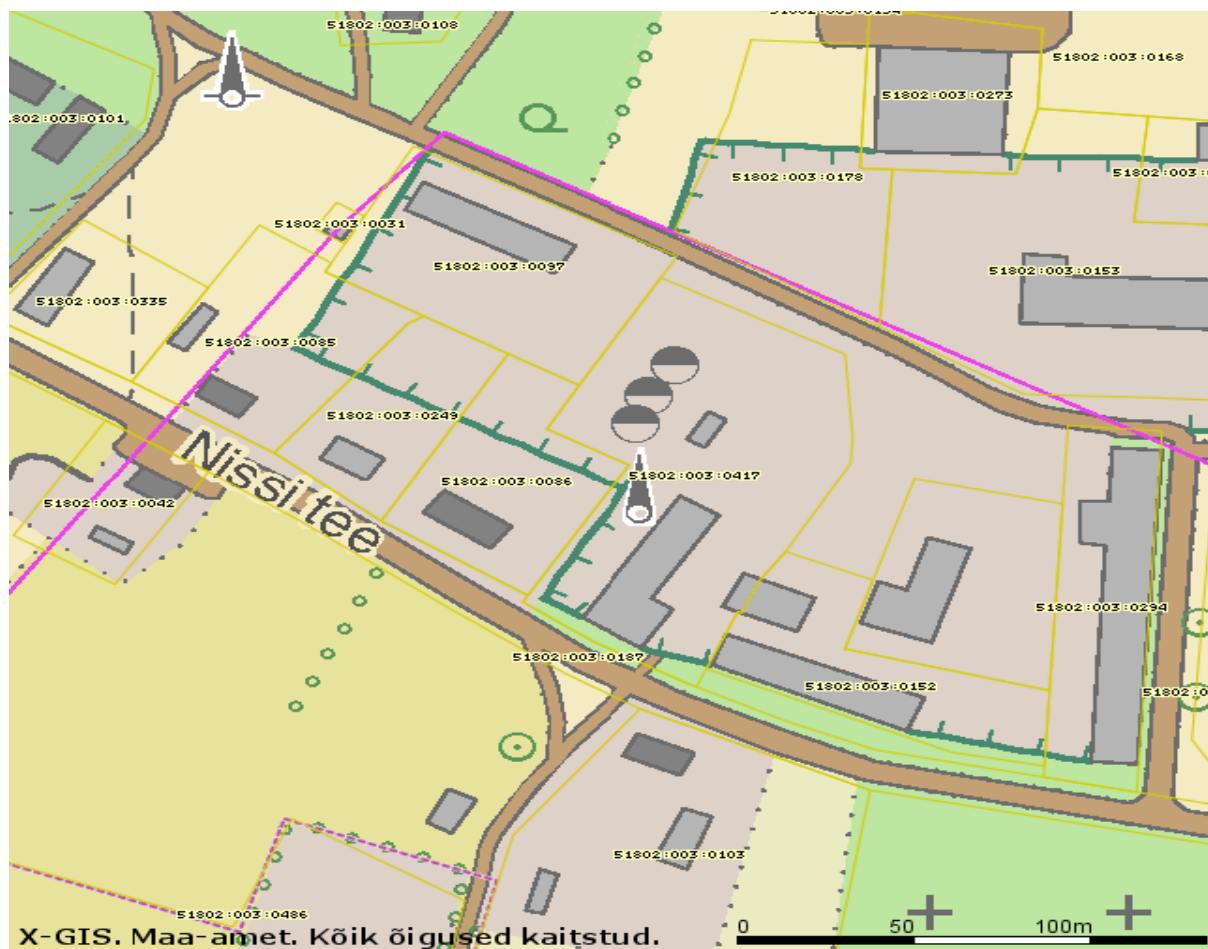
Biofuel is most definitely profitable to the company and also the consumer. As soon as they started using wood chip fuel in Riisipere, the company's profit increased to 99505 € per year. If you take in count that the new heating plant is fully automatic, then you can also reduce costs by reducing personnel. The heating price also reduced for the consumer by 21 € per MWh. The payback period of the investment has been calculated to around 4,36 years. In conclusion you can say that changing from a fossil fuel to biofuel is definitely a good investment at the moment. That is due to the constant rise of fossil fuel prices and also because of the support. The Estonian Environmental Investment Centre finances 50 % of the projects cost with the EU and CO₂ money.

KASUTATUD KIRJANDUS

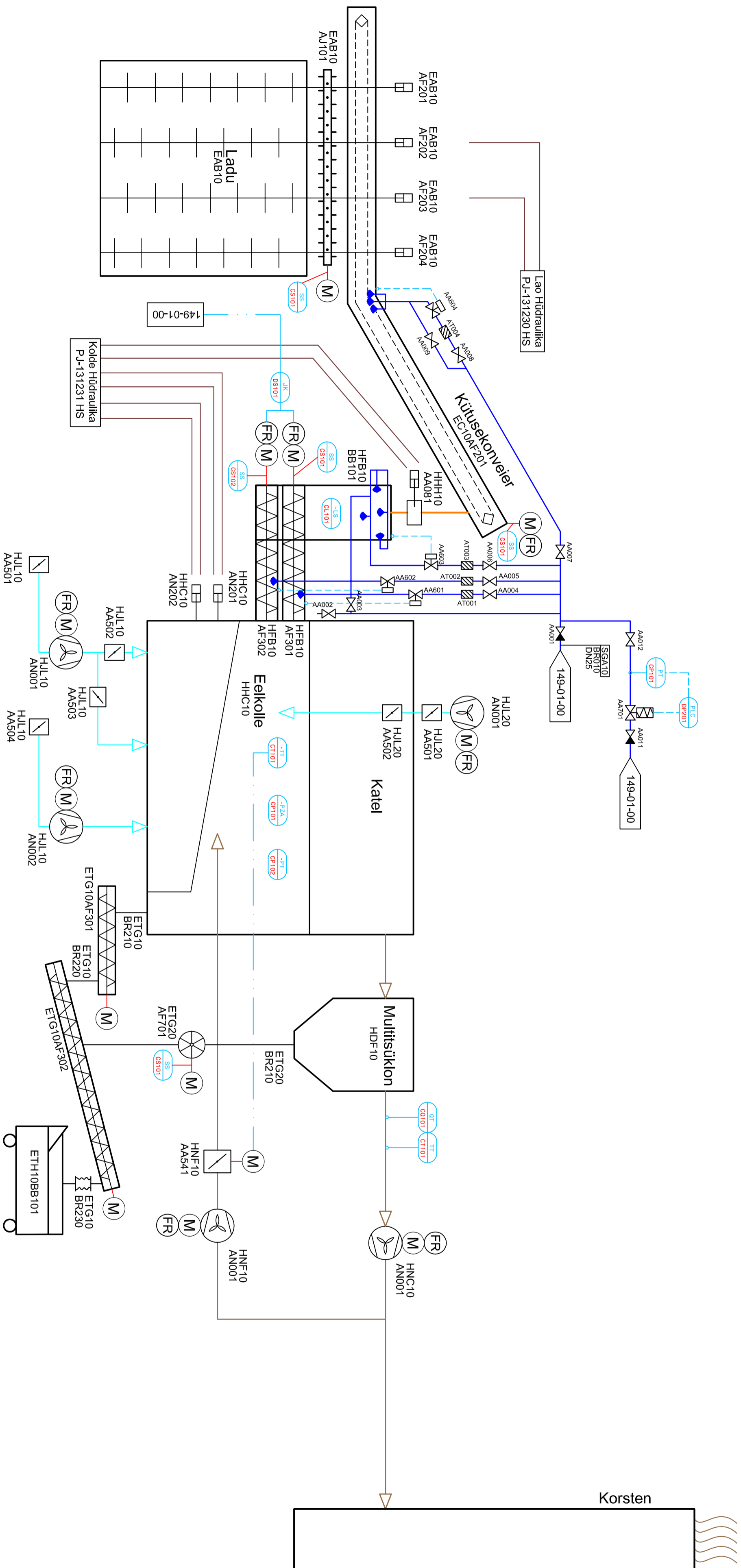
1. Eesti soojusmajanduse analüüsi kokkuvõte. – *Majandus- ja Kommunikatsiooni-ministeerium*. 1 – 4. [Online] MKM (15.05.2014).
2. Eraküte kodulehekülg [WWW] http://www.erakyte.ee/kutuste_hinnad (15.05.2014)
3. Ettevõtetes tarbitud kütuse ja energia keskmine maksumus kütuse/energia liigi järgi [WWW] <http://www.stat.ee> (15.05.2014)
4. "Surveseadme Ohutus Seadus" RTI 2002, 49, 309. Tallinn: Riigikogu.
5. Auru- ja soojaveekatelde ehituse ning ohutu eksploatatsiooni eeskirjad. Kolmas täiend ja parandatud trükk. Tallinn : Valgus, 1979.
6. Metallist tööstustorustik. (2012). Osa 1. Üldist: EVS –EN13480/A2:2012. Tallinn: Standardiamet.
7. Metallist tööstustorustik. (2010). Osa 2. Materjalid: EVS –EN13480-2:2002/A1:2010. Tallinn: Standardiamet.
8. Keevitustööde koo rdineerimine. (2006). Ülesanded ja kohustused: EVS-EN ISO 14731:2006. Tallinn: Standardiamet.
9. Keevituse kvaliteedinõuded. (2006). Osa 2. Laialdased kvaliteedinõuded: EVS-EN ISO 3834-2:2006. Tallinn: Standardiamet.
10. Keevitajate atesteerimine. (2011). Osa 1. Terased: EVS-EN287-1:2011. Tallinn: Standardiamet.
11. Terasse kaarkeevitusliited. (2000). Osa 2. Standardsed kvaliteedinõuded: EVS-EN 25817:2000. Tallinn: Standardiamet.
12. Hendrik Arro, A. Koni, Arvo Kull, Ilmar Mikk, Arvo Ots, Arvi Poobus, H. Roolaid ja Leo Õispuu. Soojustehnika käsiraamat. Tallinn : Valgustus, 1977.
13. Villu Vares, Ülo Kask, Peeter Muiste, Tõnu Pihu ja Sulev Soosaar. Biokütuse kasutaja käsiraamat. Tallinn : TTÜ Kirjastus, 2005.

LISAD

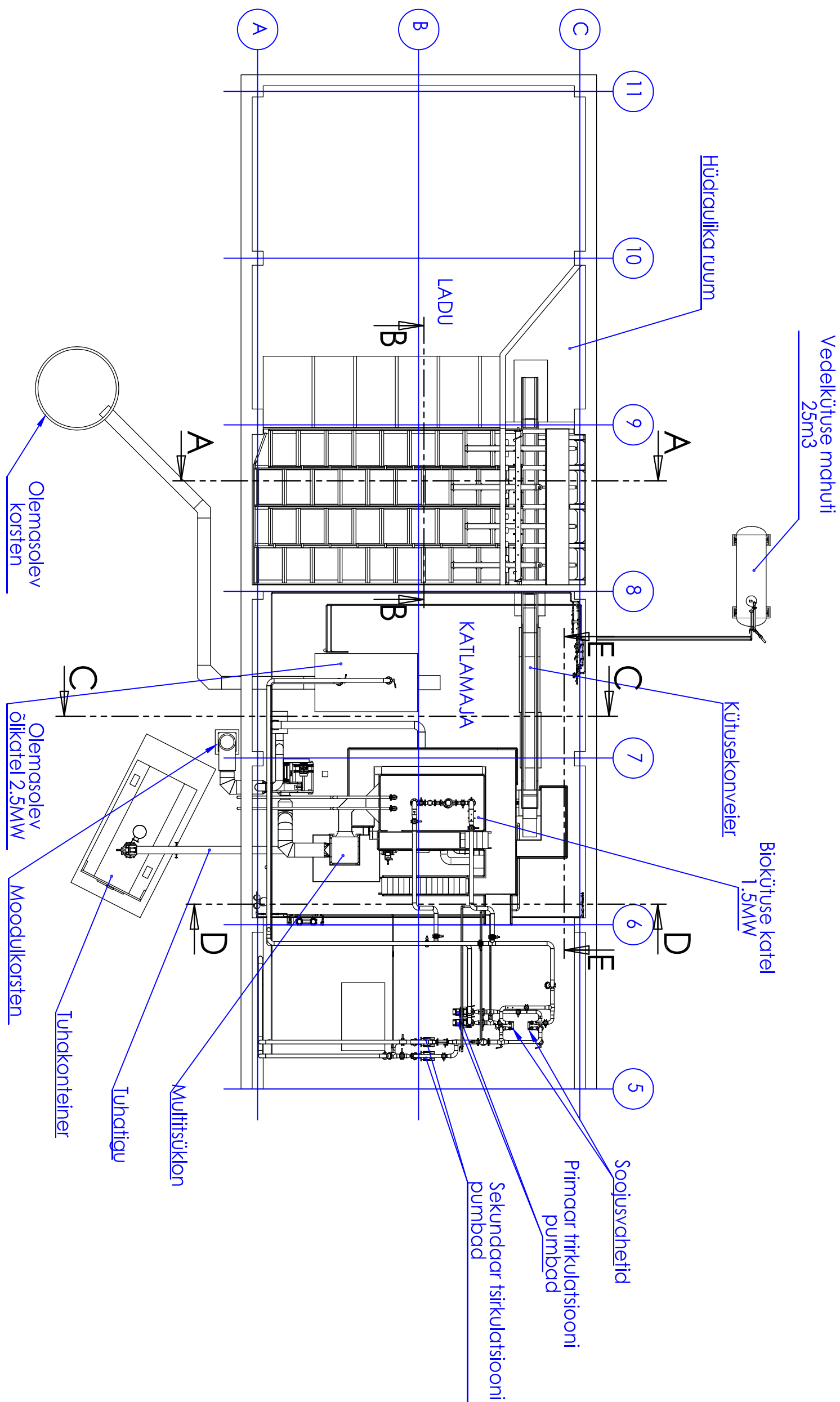
Lisa 1.



GRAAFILINE OSA



| | | | | | | | |
|--|---------|----------------------------|-----------|--|----|----------------------|-------|
| Teostaja: | A. Siht | Töö nr.: | 149 | Staadium: | PP | Leht: | 1 / 1 |
| Konkalle: | A. Toal | Joonise nr.: | 149-01-01 | Rev.: | - | Mõõti: | 1:1 |
| | | AS Nissi Soojus | | Projekt: Ristipere kaitamaja hakepuujäde üleviimise projekteerimis- ja ehitustööd | | Kuupäev: 18.03.14 | |
| AS Tamult reg. nr 10234905 EPl0234905-0001 Kaluri tee 3, Hoobneeme, Viimsi, Harjumaa, 74001 Tel: 60 90 191 Fax: 60 90 021 info@tamult.ee | | Joonis: Tehnoloogiline PID | | A2 | | | |

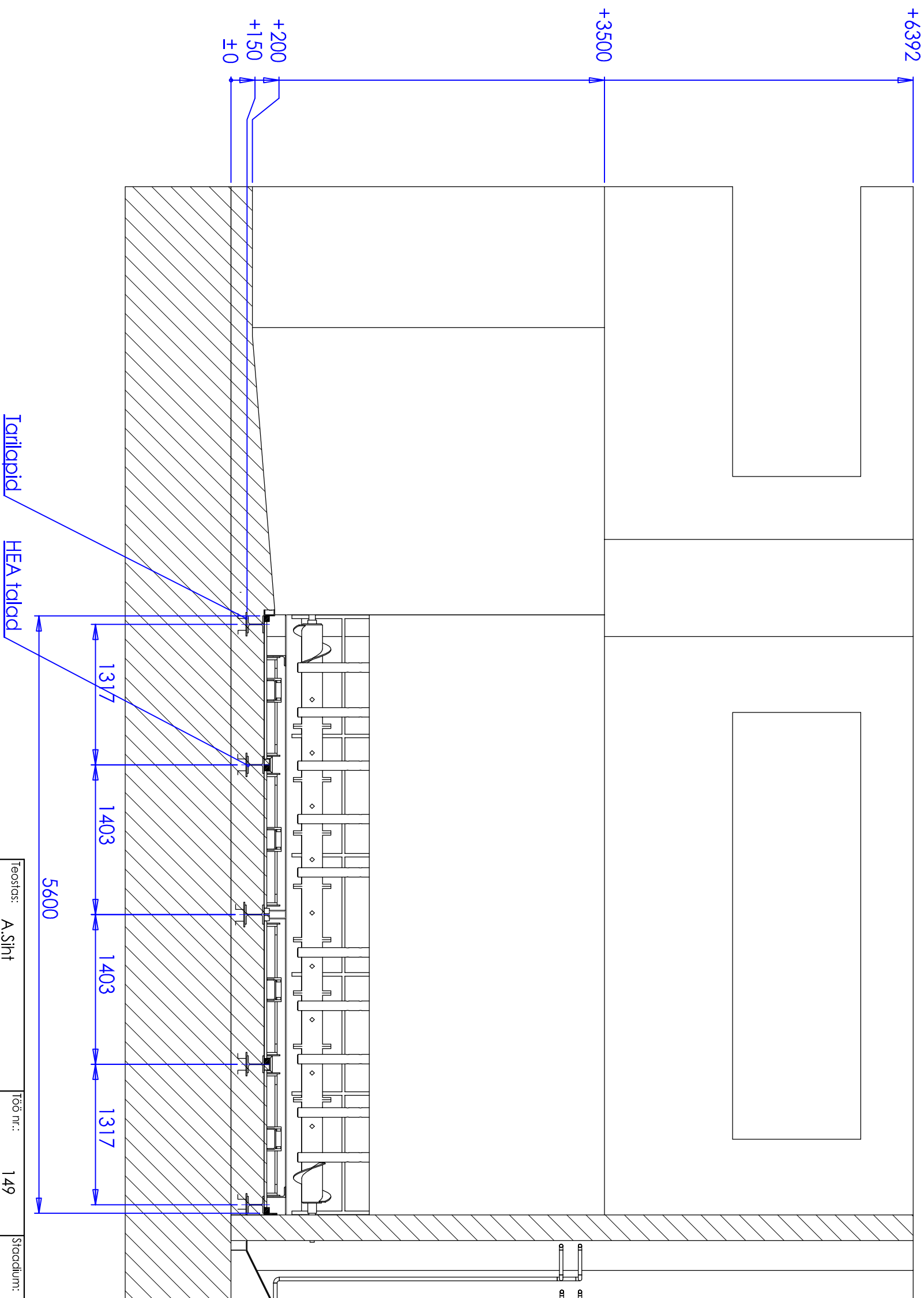


| | | | | | | | |
|-------------|---------|--|-----------|-----------|----|-------|-------|
| Teostas: | A.Sihht | Töö nr.: | 149 | Staadium: | PP | Leht: | 1 / 6 |
| Kontrollis: | J.Taal | Joonise nr.: | 149-00-00 | Rev.: | D | Mõõt: | 1:150 |
| Tellijätk: | | AS Nissi Soojus | | | | | |
| Projekt: | | Riisipere kaitlamaja hakepõuidule üleviimise projekteerimis- ja ehitustööd | | | | | |
| Joonis: | | Kaitlamaja plaan | | | | | |
| Kujundav: | | 16.09.13 | | | | | |
| TAMULT | | A3 | | | | | |

AS Tamult reg. nr 10234905 EP10234905-0001
 Kaluri tee 3, Haabneeme, Viimsi, Harjumaa, 74001
 Tel: 60 90 191 Fax: 60 90 021 info@tamult.ee



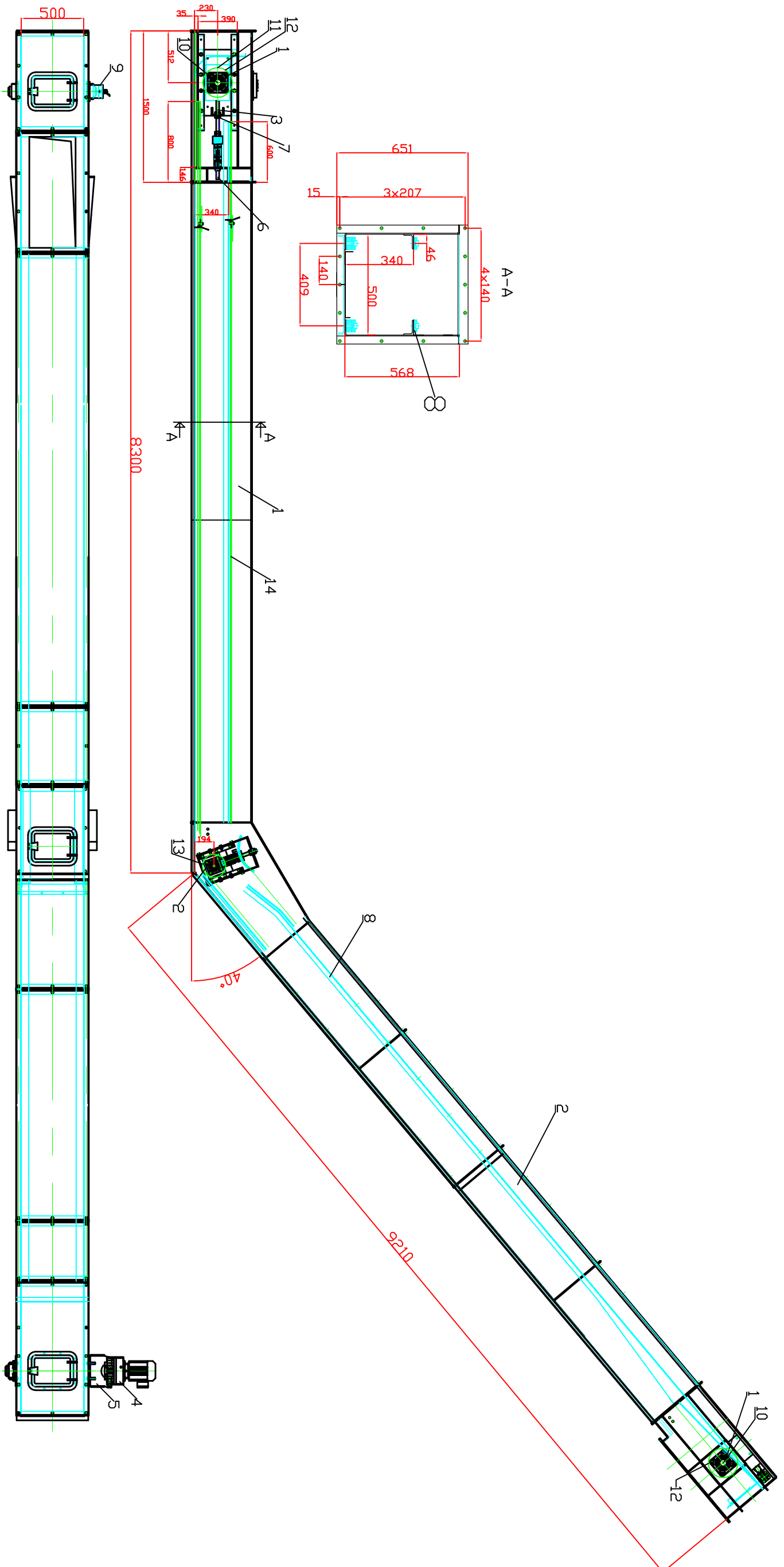
LÕIGE B-B



| | | | | | | | |
|-------------|---------|--------------|--|-----------|----|-------|-------|
| Teostas: | A.Sihht | Töö nr.: | 149 | Staadium: | PP | Leht: | 3 / 6 |
| Kontrollis: | J.Taal | Joonise nr.: | 149-00-02 | Rev.: | D | Mõõt: | 1:40 |
| | | Tellijä: | AS Nissi Soojus | | | | |
| | | Projekt: | Riisipere kallamaja hakepuidule üleviimise | | | | |
| | | Joonis: | Lõige B-B | | | | |
| | | Kuupäev: | 16.09.13 | | | | |
| | | | | | | A3 | |

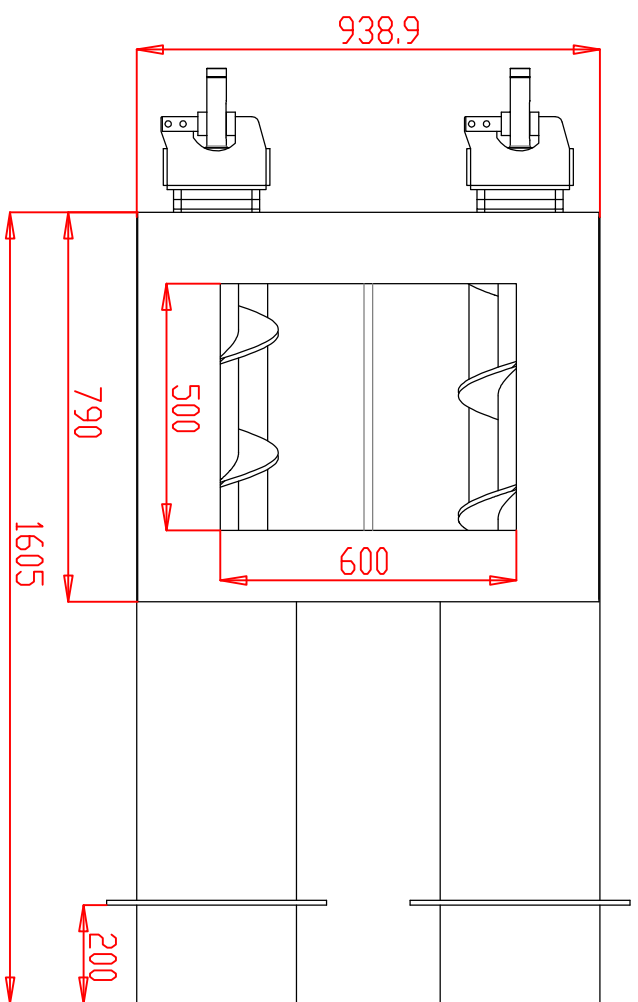
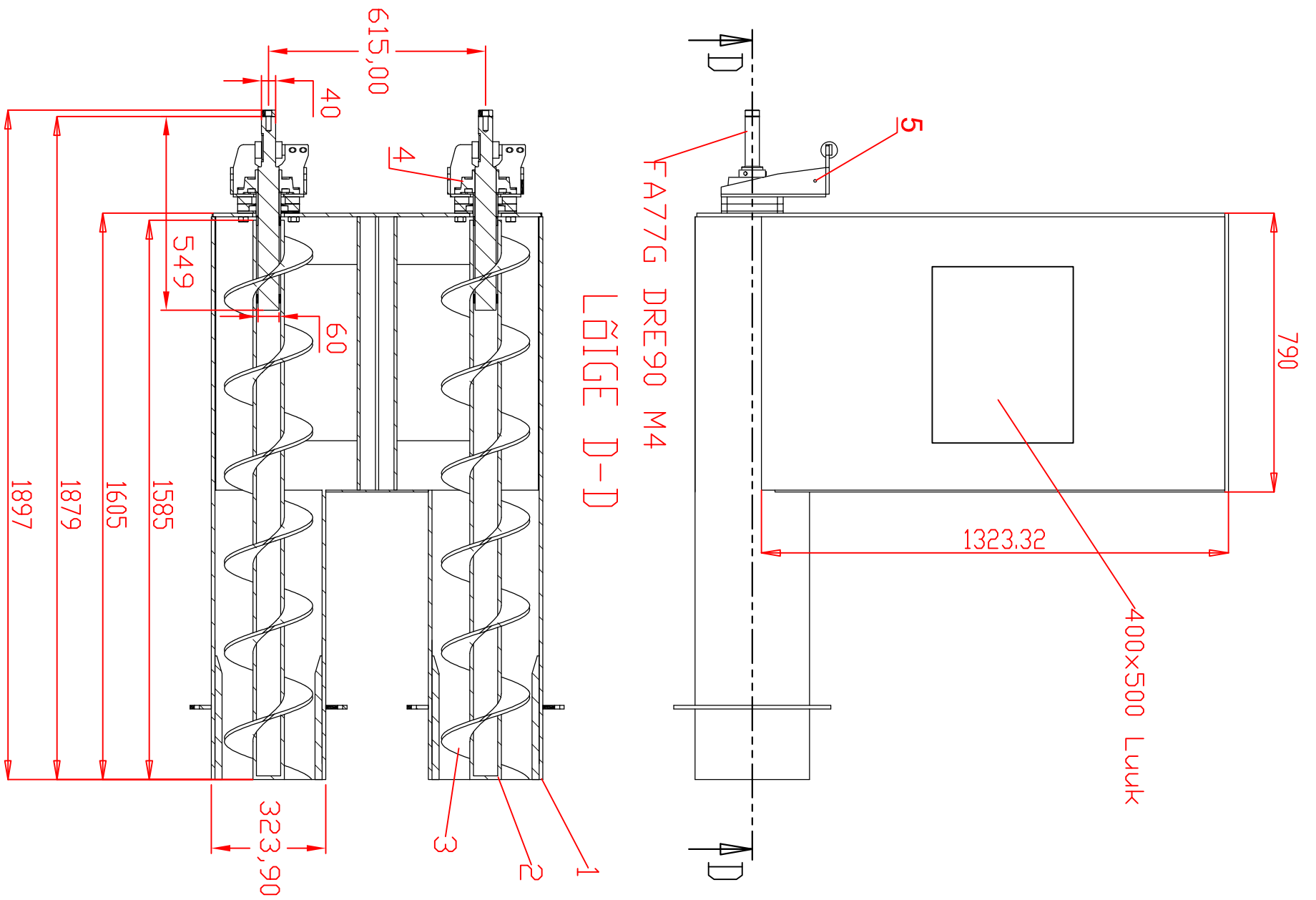
Tamult
BIOENERGY

AS Tamult reg. nr 10234905 EP10234905-0001
Kaluri tee 3, Haabneeme, Viimsi, Harjumaa, 74001
Tel: 60 90 191 Fax: 60 90 021 info@tamult.ee



| Jrk.nr | Kogus | Nimetus | Kirjeldus |
|--------|---------|---|------------------|
| 1 | 4 | UCF x15 | |
| 2 | 2 | UCF210 | |
| 3 | 2 | Keiti pingutus | |
| 4 | 1 | Mootorireduktor | FA87G DRE100 LC4 |
| 5 | 1 | Mootorihoidja | Fa87/75 |
| 6 | 2 | Keermelatt M30 L=300 | 8.8 |
| 7 | 8 | M30 Mutter | |
| 8 | 30 | Plastik L=960 | PE-1000 |
| 9 | 1 | Pöörlemisanduri hoidja d75 | |
| 10 | 2 | Võll d75 L=752 | |
| 11 | 1 | Keitratas M112A100 Z=0 d75 poolitatav ühepoolne kiiluga | |
| 12 | 3 | Keitratas M112A100 Z=9 d75 poolitatav ühepoolne kiiluga | |
| 13 | 2 | Keitratas M112A100 Z=7 d75 poolitatav ühepoolne kiiluga | |
| 14 | 62.4jm. | Kett M112-A-100 | 62.4jm. |

| | | | | | | | |
|-------------|--------|---|--------------|--|----|---------------------------------------|-------|
| Teostas: | A.Siht | Töö nr.: | 149 | Stoodium: | TP | leht: | 1 / 1 |
| Kontrollis: | J.Toad | Joonise nr.: | TP-149-29-00 | Rev.: | - | Mööti: | 1:1 |
| | | AS Tamult reg. nr 10234905 EP10234905-0001 Kaluri tee 3, Hõbneeme, Viimsi, Harjumaa, 74001 Tel: 60 90 191 Fax: 60 90 021 info@tamult.ee | | Projekti: Rissipere kattamaja hakkepuidule ülevõimise projekteerimis- ja ehitustööd | | Joonis: Konveier Kuupäev: 19.07.13 | |
| | | Tallia: AS Nissi Soojus | | A3 | | | |



| Detail | Kogus | Nimetus | Tüüp/mõõtmed | Materjal |
|--------|-------|---------------|------------------------------|----------|
| 1 | 2 | Välisstoru | Ø323,90x10 L=1595 | S235 |
| 2 | 2 | Teo hüls | Ø88,96x10 L=1585 | S235 |
| 3 | | Teo niit | Ø88,96xØ250,00 Samm=250mm | |
| 4 | 2 | Laager | UFC212 | |
| 5 | 2 | Mootorihoidja | | |

| | | | | | | | |
|-------------|--------|--------------|--------------|-----------|----|--------|-------|
| Teostas: | A.Siht | Töö nr.: | 149 | Staadium: | TP | Leht: | 1 / 1 |
| Kontrollis: | J.Taal | Joonise nr.: | TP-149-31-00 | Rev.: | - | Mõõti: | 1:15 |

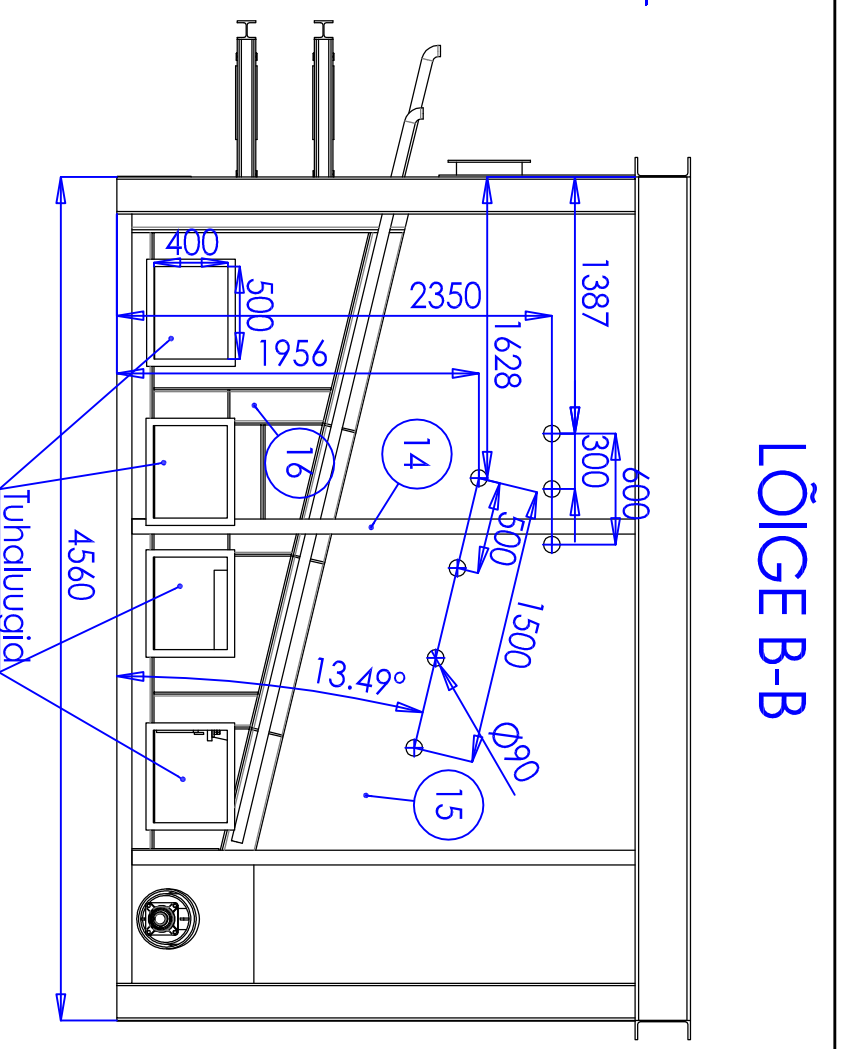
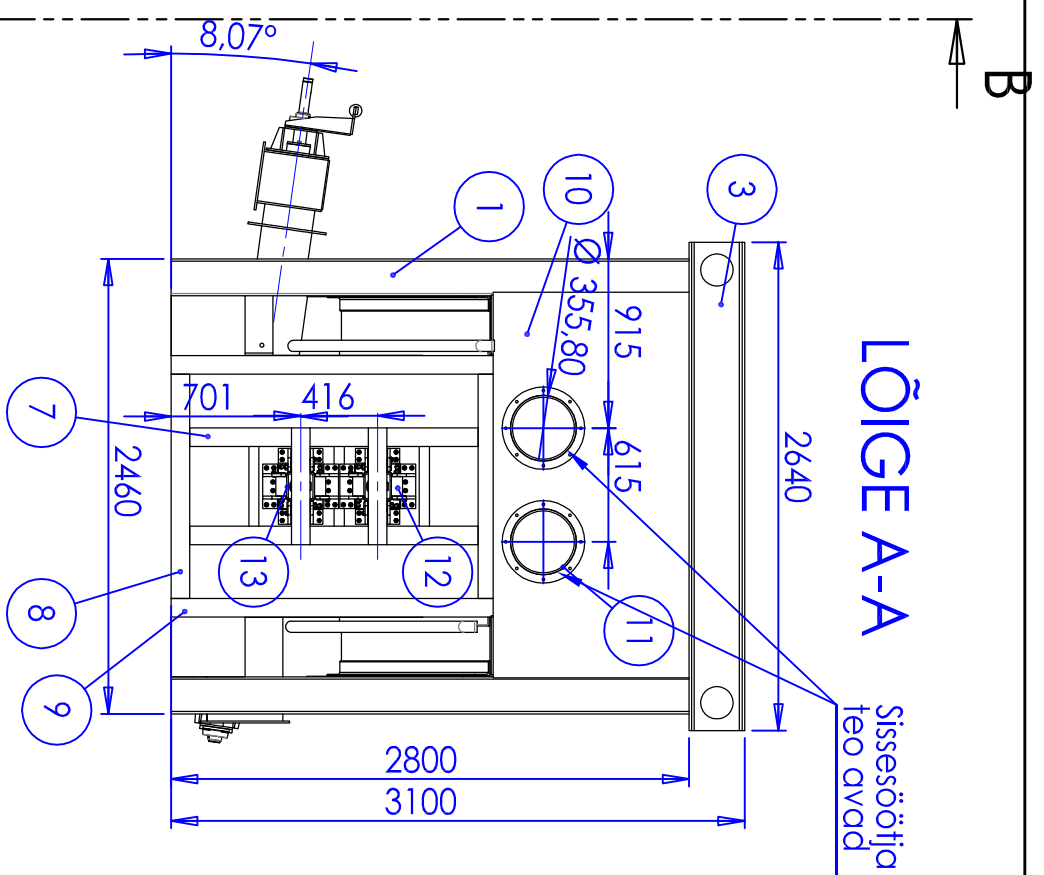
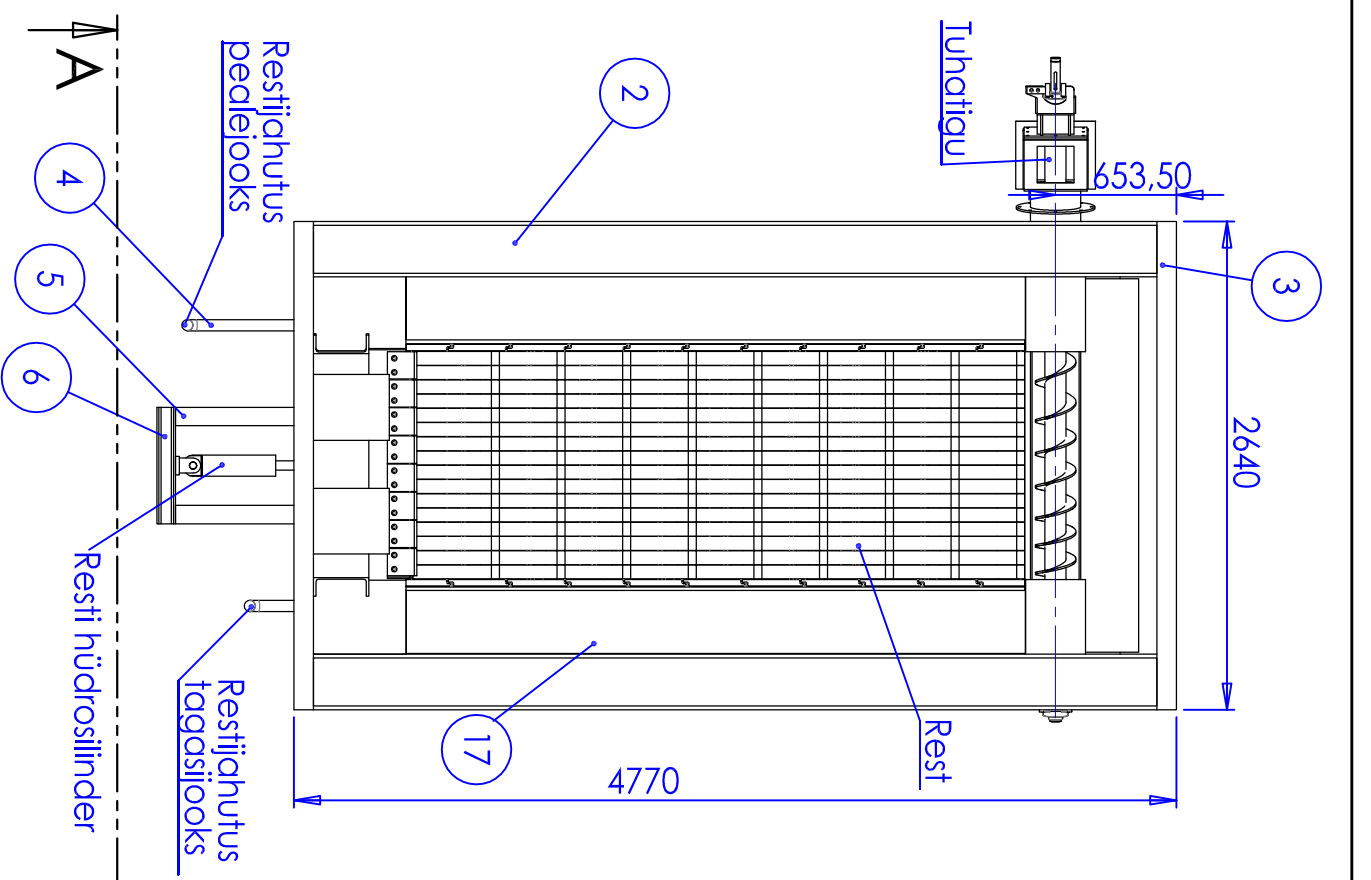
Tellija: AS Nissi Soojus

A3

Tamult
BIOENERGY
AS Tamult reg. nr 10234905 EP10234905-0001
Kaluri tee 3, Habsneeme, Vilmsi, Harjumaa, 74001
Tel: 60 90 191 Fax: 60 90 021 info@tamult.ee


Projekt: Riisipere kattlaja hakkepuuldle üleviimise
projekteerimis- ja ehitustööd
Joonis: Nissi sissesöötja tigu

Kuupäev:
28.06.13



| Detail | Kogus | Nimetus | Tüüp/mõõtmed | Material |
|--------|-------|--------------|--------------|----------|
| 1 | 4 | Nelikanttoru | 200x200x6,3 | S355 |
| 2 | 2 | Nelikanttoru | 300x300x10 | S355 |
| 3 | 2 | Karp | U300x14 | S355 |
| 4 | 2 | Toru | Ø 60,3x2,9 | S355 |
| 5 | 4 | HEB100 | s=10 | S275 |
| 6 | 2 | HEB100 | s=10 | S275 |
| 7 | 2 | IPE200 | s=8,5 | S355 |
| 8 | 1 | Karp | U300x14 | S355 |
| 9 | 2 | Karp | U300x14 | S355 |
| 10 | 1 | Lõhtreras | s=10 | S235 |
| 11 | 2 | Toru | Ø 355,60x10 | S355 |
| 12 | 8 | Laagrirull | Ø 60x105 | S355 |
| 13 | 2 | Nelikanttoru | 150x150x8 | S355 |
| 14 | 4 | Karp | U200x10,50 | S355 |
| 15 | 2 | Lõhtreras | s=4 | S235 |
| 16 | 6 | Karp | U200x10,50 | S355 |
| 17 | 2 | Malm plaat | s=40 | S355 |

| | | | | | | | |
|-------------|---------|-----------------|-----------|-----------|----|--------|-------|
| Teostas: | A.Sihht | Töö nr.: | 149 | Staadium: | TP | Lehti: | 1 / 1 |
| Kontrollis: | J.Taal | Joonise nr.: | 149-03-00 | Rev.: | - | Mõõt: | 1:40 |
| Tellijätk: | | AS Nissi Soojus | | | | | |



Tamult
BIOENERGY

AS Tamult reg. nr 10234905 EP10234905-0001
Kaluri tee 3, Haabneeme, Viimsi, Harjumaa, 74001
Tel: 60 90 191 Fax: 60 90 021 info@tamult.ee

Projekt: Riisipere kallamaja hakkepuidule üleviimise
projekteerimis- ja ehitustööd

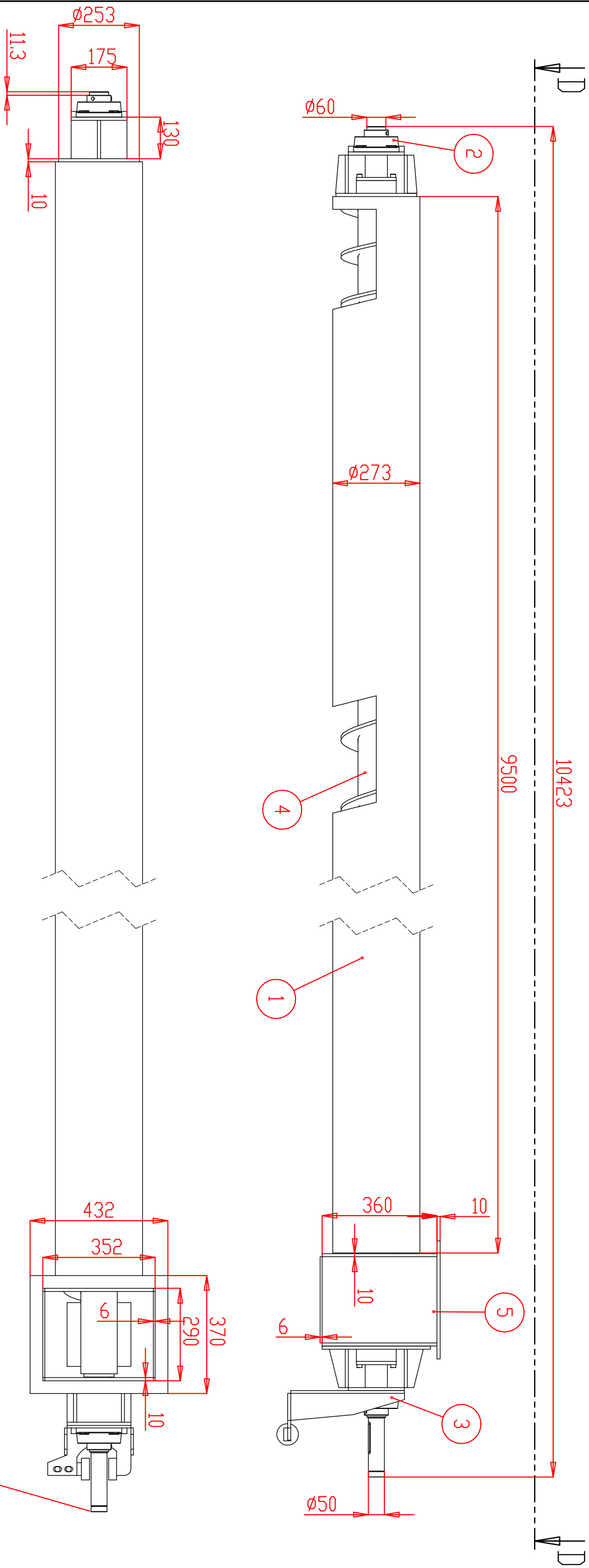
Joonis: Eelkalle

Kuupäev: 05.06.13

A3

We reserve all the rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority by AS TAMULT is strictly forbidden.


Antud joonis on autorikaitse objekt ja kuulub AS Tamult-ile. Joonist ei ole lubatud kasutada, paljundada, muuta ega avaldada kolmandatele osapooltele ilma AS Tamult-i kirjaliku loata.

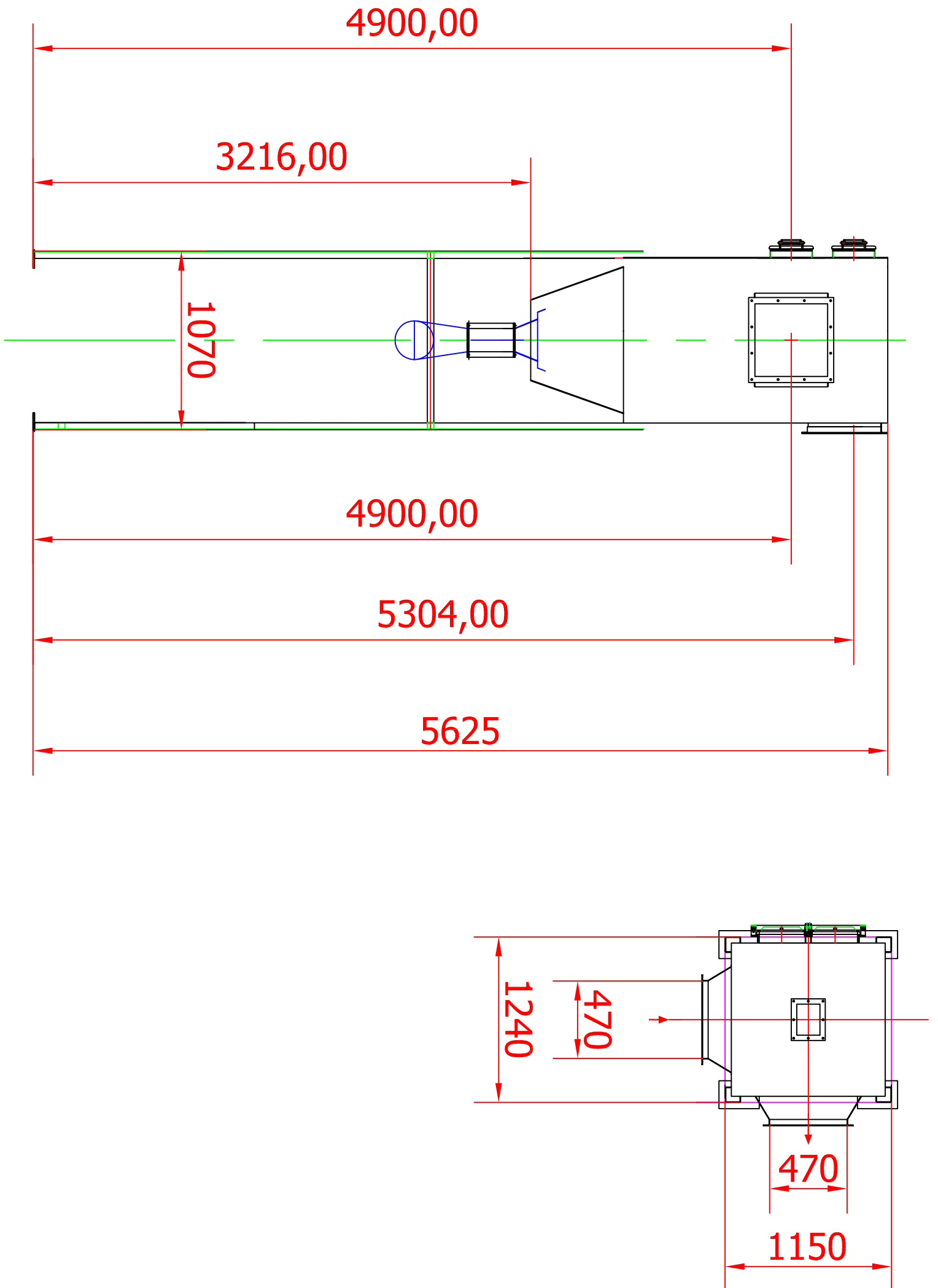



LÕIGE D-D

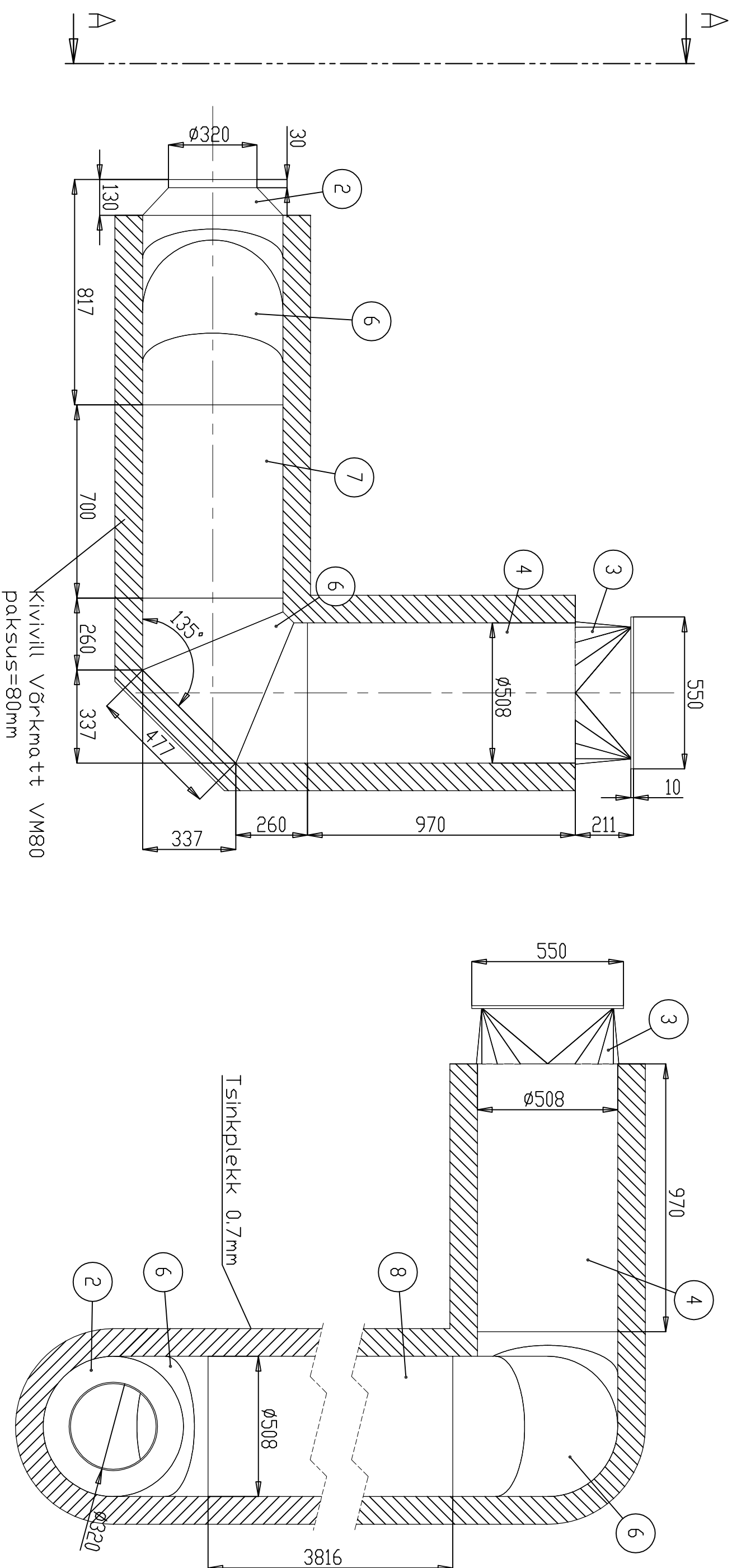
FA77G DRE90 L4

| Detail | Kogus | Nimetus | Tüüp/mõõtmed | Materjal |
|--------|-------|---------------|-------------------------------|----------|
| 1 | 1 | Välisstoru | ∅ 273x10 L=9400, TP-149-07-01 | S235 |
| 2 | 1 | Laager | UCF212 | |
| 3 | 1 | Mootorihoidja | | |
| 4 | 1 | Tigu | TP-149-07-02 | |
| 5 | 1 | Kolu | | |

| | | | | | | |
|--|--------------|--------------------------------------|-----------|---|--------|-------|
| Teostas: A.Siht | Töö nr.: | 149 | Staadium: | TP | Leht: | 1 / 3 |
| Kontrollis: J.Taal | Joonise nr.: | TP-149-07-00 | Revi: | - | Mõõti: | 1:13 |
|  | | Tellijal: AS Nissi Soojus | | Projekt: Riisipere kattlaja hakkepuidule üleviimise projekteerimis- ja ehitustööd | | |
| AS Tamult reg. nr 10234905 EP10234905-0001 Kaluri tee 3, Haabneeme, Vilmsi, Harjumaa, 74001 Tel: 60 90 191 Fax: 60 90 021 info@tamult.ee | | Joonisi: Tuhatigu konteinerini koost | | Kuupäev: 08.10.13 | | |
| A3 | | | | | | |



| | | | | | | | |
|---|--------|--|-----------|--|----|-----------------------------|-------|
| Teostas: | A.Siht | Töö nr.: | 149 | Stoodium: | TP | Leht: | 1 / 1 |
| Kontrollis: | J.Tadl | Joonise nr.: | 149-15-00 | Rev.: | - | Mööti: | 1:30 |
|  | | AS Tamult reg. nr 10234905 EP10234905-0001 Kaluri tee 3, Hõabneeme, Viimsi, Harjumaa, 74001 Tel: 60 90 191 Fax: 60 90 021 info@tamult.ee | | Projekt: Riisipere kattamaja hakkepuudule üleviimise projekteerimis- ja ehitustööd | | Tellija: AS Nissi Soojus | |
| | | Joonis: Mulditsükklon MC-9 | | Kuupäev: 03.06.13 | | A3 | |

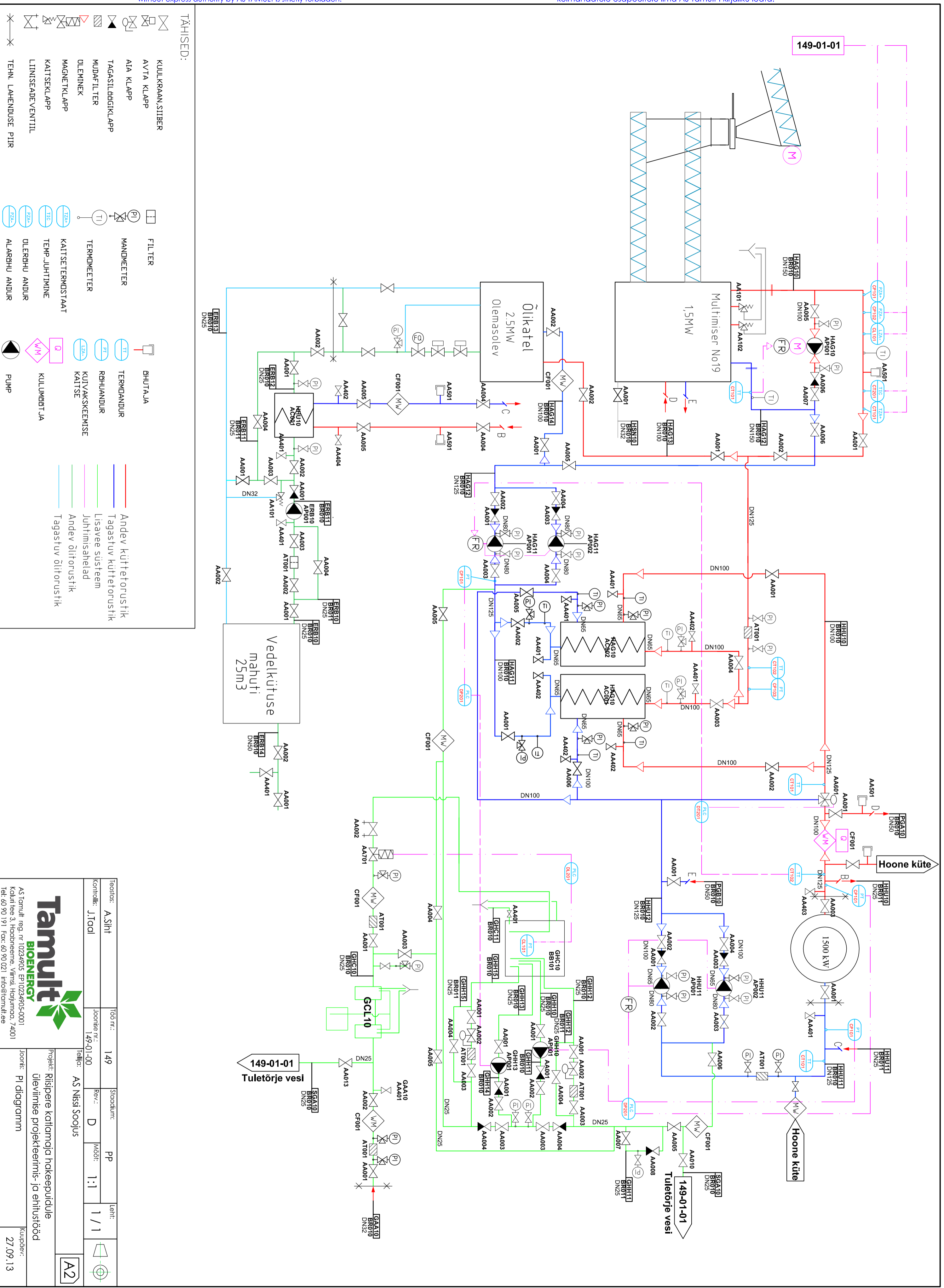


LÕIGE A-A

| Detail | Kogus | Nimeetus | Tüüp/mõõtmed | Materjal |
|--------|-------|--------------|--------------|----------|
| 2 | 1 | Üleminek 1 | TP-149-MS-01 | S235 |
| 3 | 1 | Üleminek 2 | TP-149-MS-02 | S235 |
| 4 | 1 | Sirge toru 1 | ∅ 508 L=970 | S235 |
| 6 | 3 | Nurk 45 | | S235 |
| 7 | 1 | Sirge toru 2 | ∅ 508 L=700 | S235 |
| 8 | 1 | Sirge toru 3 | ∅ 508 L=3816 | S235 |

| | | | | | | | |
|--------------------|--|--|-----------------|-----------|----|--------|-------|
| Teostas: A.Siht | | Töö nr.: | 149 | Staadium: | TP | Leht: | 1 / 4 |
| Kontrollis: J.Taal | | Joonise nr.: | TP-149-09-03 | Rev.: | - | Mõõti: | 1:15 |
| | | Tellija: | AS Nissi Soojus | | | | |
| | | Projekt: Riisipere katlamaja hakepuuidule ülevõimise projekteerimis- ja ehitustööd | | | | | |
| | | Joonis: Nissi katlamaja multika ja suitsuvenndi suitsukäik koost | | | | | |
| | | Koopäev: 02.10.13 | | | | | |
| | | A3 | | | | | |

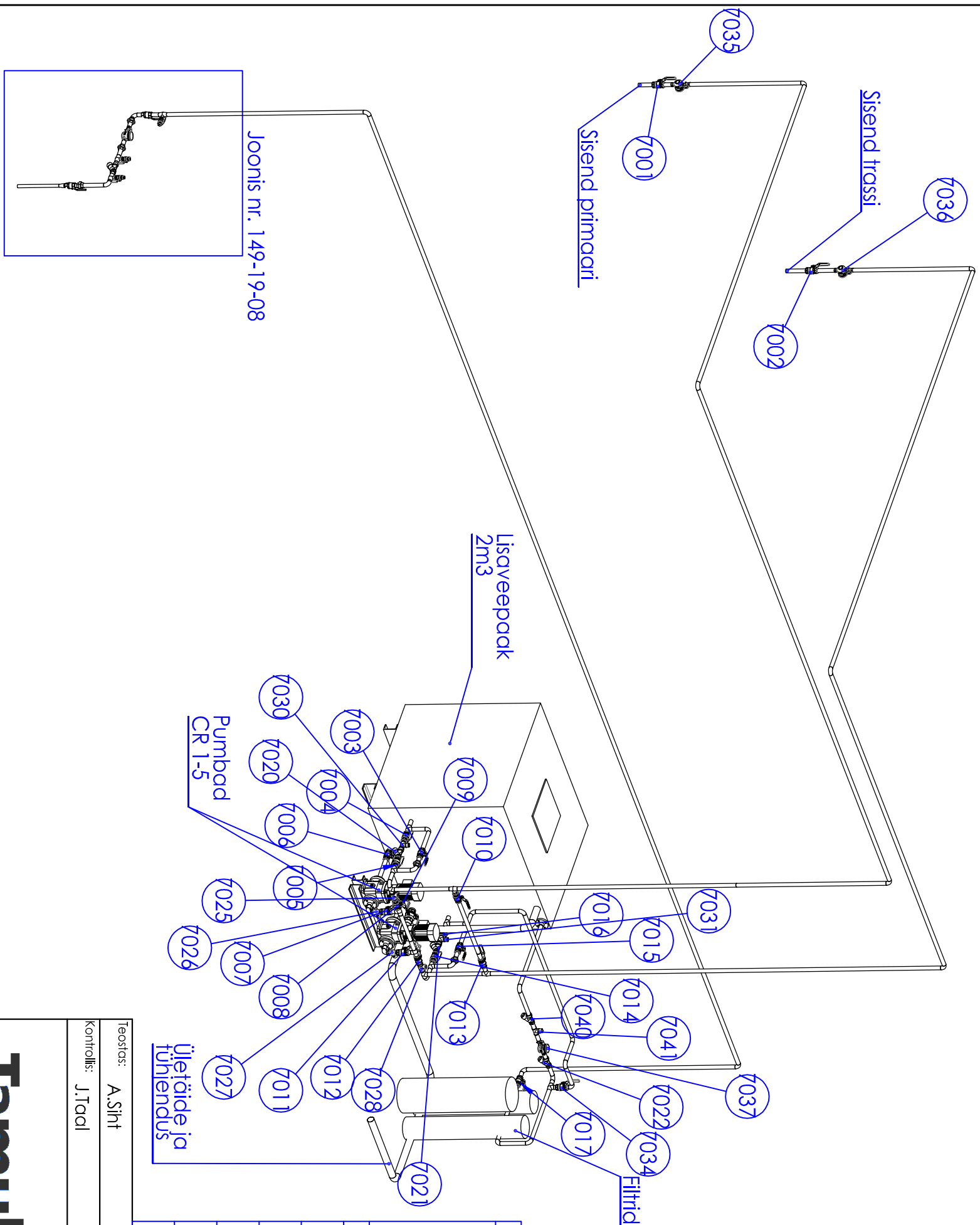
Tamult
BIOENERGY
AS Tamult reg. nr 10234905 EP10234905-0001
Kaluri tee 3, Haabneeme, Vilmsi, Harjumaa, 74001
Tel: 60 90 191 Fax: 60 90 021 info@tamult.ee



TÄHISED:

- | | |
|--|--------------------------------|
| | KUUUKRAAN/SIIBER |
| | AVTA KLAPP |
| | AIA KLAPP |
| | TAGASILBIDGIKLAPP |
| | MUDAFILITER |
| | ÜLEMINEK |
| | MAGNETIKLAPP |
| | KATSEKLAPP |
| | LIINSEADEVENTIIL |
| | TEHN. LAHENDUSE PIIR |
| | FILTER |
| | MANIMEETER |
| | TERMOMEETER |
| | KAITSETERMOSTAAT |
| | TEMP. JUHTIMINE |
| | ÜLEREHU ANDUR |
| | ALAREHU ANDUR |
| | GHUTAJA |
| | TERMOANDUR |
| | RÕHUANDUR |
| | KUIVAKSKEEMISE KAITSE |
| | Andev kütetorusistik |
| | Tagastuv kütetorusistik |
| | Lisavee süsteem juhtimisahelad |
| | Andev õlitorustik |
| | Tagastuv õlitorustik |
| | GHUTAJA |
| | TERMOANDUR |
| | RÕHUANDUR |
| | KUIVAKSKEEMISE KAITSE |
| | KULUMIGET JA |
| | PUMP |

| | | | | | | | |
|--|--------|---|-----------|--|----|--|-------|
| Teostas: | A.Siht | Töö nr.: | 149 | Standardim.: | PP | Leht: | 1 / 1 |
| Kontrolli: | J.Tool | Joonise nr.: | 149-01-00 | Rev.: | D | Mõõt: | 1:1 |
| | | AS Tamult reg. nr 10234905 EP10234905-0001 Kalkuti tee 3, Hoobneeme, Viimsi, Hoitumaa, 74001 Tel: 60 90 191 Fax: 60 90 021 info@tamult.ee | | Projekt: Riisipere kaitamaja hoonepuudule Ülevõlmise projekiteerimis- ja ehitustööd | | Joonis: P1 diagramm Kuupäev: 27.09.13 | |
| A2 | | | | | | | |



| Jrk. nr | Pos | Kirjeldus |
|---------|--|------------------------|
| 1 | 7001, 7002, 7003, 7004, 7005, 7006, 7007, 7008, 7009, 7010, 7011, 7012, 7013, 7014, 7015, 7016, 7017, 7034 | Kuulkraan DN25 |
| 2 | 7020, 7021, 7022 | Mudafilter DN25 |
| 3 | 7025, 7026, 7027, 7028 | Tagasitõugiklapp DN25 |
| 4 | 7030, 7031 | ALA-klapp |
| 5 | 7035, 7036, 7037 | Vee kulumõõtja DN25 |
| 6 | 7040 | Liiniseadeventill DN25 |
| 7 | 7041 | Magnetklapp DN25 |

| | | | | | | | |
|-------------|--------|--------------|-----------|-----------|----|-------|-------|
| Teostas: | A.Siht | Töö nr.: | 149 | Staadium: | TP | Leht: | 1 / 1 |
| Kontrollis: | J.Taal | Joonise nr.: | 149-19-00 | Rev.: | B | Mõõt: | 1:40 |

Tellijä: AS Nissi Soojus

A3



AS Tamult reg. nr 10234905 EP10234905-0001
Kaluri tee 3, Haabneeme, Viimsi, Harjumaa, 74001
Tel: 60 90 191 Fax: 60 90 021 info@tamult.ee

Projekt: Riisipere kallamaja hakkepuudule üleviimise
projekteerimis- ja ehitustööd

Joonis: Veepihenduse
aksonomeetria

Kuupäev:

08.08.13