

14.03.2011

NELJA MAASOOJUSPUURAUUGU PROJEKT nr. MPR-01-11

**TARTUMAA
TARTU LINN
VANEMUISE TN 45 KINNISTU**

TELLIJA: Kuubik Projekt OÜ

PROJEKTEERIJA:

T. Kattel

Sisukord

1. Üldandmed	3
2. Geoloogilis- hüdrogeoloogiline iseloomustus	4
3. Olemasolevad puurkaevud	7
4. Maasoojuspuuraukude konstruktsioon	7
5. Suletud soojussüsteemi tööpõhimõte	9
6. Soojustehnilised arvutused	10
7. Taristu kaitsevöönd	12
8. Nõutavad dokumendid	13
9. Kasutatud kirjandus	13
Lisa 1. Projekteeritavate maasoojuspuuraukude asendiskeem	14
Lisa 2. Geotermilise vedeliku ohutuskaart	15
Lisa 3. Geotermilise segu (Calidutherm®) ohutuskaart	18
Lisa 4. Maasoojustorustiku sertifikaat	19
Lisa 5. Rootorpuurmasin RB8R	20
Lisa 6. Maasoojuskontuur poolil. Asend enne lahtikerimist puurauku	21

SELETUSKIRI

1. Üldandmed

Käesoleva avatud soojussüsteemi puurkaevude projekti koostamise aluseks on Kuubik Projekt OÜ ja Vesinik OÜ vahel sõlmitud kokkulepe.

Maasoojuspuuraukude rajamise eesmärgiks on energia saamine maapõuest. Selleks rajatakse neli maasoojuspuurauku.

Maasoojuspuuraukude projekti on koostanud OÜ Vesinik. Address: L. Tolstoi 8-3, 50106 Tartu. Telefon: 505 1911, E-Post: info@vesinik.ee. Hüdrogeoloogiliste tööde tegemise litsents nr. 300 on väljastatud vastava litsentsikomisjoni poolt 02.02.2011.a.

Maasoojuspuuraukude projekti tellija on Kuubik Projekt OÜ. Address: Riia 185a, 51014 Tartu. E-Post: preet@kuubikprojekt.ee. Telefon 52 29 046.

Maasoojuspuuraukude valdaja on Vanemuise Pargimaja OÜ. Address: Vanemuise 65, 50410 Tartu. E-Post: priit@kernel.ee, Telefon: 50 17 477.

Projekteeritavad maasoojuspuuraugud asuvad Tartu linnas Vanemuise tn 45 kinnistu (79507:061:0003) territooriumil. Kinnistu asukoha üldine skeem on toodud Joonisel 1 ning projekteeritavate maasoojuspuuraukude täpne asukoht Lisas 1.



Joonis 1. Kinnistu asukohaskeem

Maasoojuspuuraukude koordinaadid L-EST 97 süsteemis on järgmised:

Nr	X	Y
1	6473626,7	658889,8
2	6473630,4	658894,5
3	6473624,2	658915,4
4	6473628,0	658920,1

Maapinna absoluutne kõrgus maasoojuspuuraukude asukohas on 61,4 m (Asendi-plaan M1:500, Lisa 1).

Projekteeritavate maasoojuspuuraukude asukohas ja läheduses reostusallikad puuduvad.

2. Geoloogilis- hüdroteoloogiline iseloomustus

Tartu linna piires moodustavad pealiskorra Devoni, Siluri, Ordoviitsiumi, Kambriumi ja Ediacara ladestu settekivimid. Noorimateks settekivimiteks on Kesk-Devoni ladestiku Aruküla lademe ja vanimateks Ediacara ladestu Gdovi kihistu liivakivid, aleuoliidid ja savid. Kuna maasoojuspuuraugud rajatakse Aruküla kihistusse, siis käesoleva projekti raames käsitletakse ainult Kesk-Devoni ladestiku kivimeid ja Kesk-Devoni ning Kesk-Alam-Devoni veekompleksi.

Kesk-Devoni ladestikus saab Tartu piires välja eraldada viis kihistut: Pärnu (Pärnu lade); Vadja, Leivu ja Kernave (Narva lade); Aruküla (Aruküla lade) ja Burtnieki.

Pärnu kihistu ($D2_{pr}$) jaguneb kaheks kihistikuks, neist ülemine on Tamme ($D2_{prTm}$) ja alumine Tori ($D2_{prT}$). **Tamme kihistik** koosneb helehallist liivakivist, mis on kohati tsementeerunud dolomiitse tsemendiga. **Tori kihistik** koosneb roosakashallist liivakivist, mis on peeneteraline, ebaselge kihilisusega ning savikate katkendlike pindadega. Mineraalselt koostiselt on mõlema kihistiku puhul tegemist subarkoosiga, kus kvartsi sisaldus on 84–87%, päevakivide sisaldus 14–15%. Pärnu kihistu paksus on 15,6–49,1 m. Tartu (453) puuraugus on kihistu 142,6 m sügavusel. Kihistu avaneb Tartu mattunud orus.

Vadja kihistu ($D2/v-va$) koosneb halli domeriidi, tumehalli savi ja kollakashalli dolomiidi vahelduvatest kihtidest, mille hulgas valdab savi ja domeriit. Massiivse tekstuuri dolomiidikihtide paksus on 0,1–0,9 m. Tartu (453) puuraugu andmetel moodustab 113,4–115,7 m ja 120,3–126,7 m sügavusel kihistu läbilõike setteline bretša, kus tumehallis savikas–domeriitses põhimassis on rohkesti korrapäratu kuju ja varieeruva suurusega dolomiidi, domeriidi, harvem aleuoliidi veeriseid. Kihistu paksus on 21,0–22,9 m.

Leivu kihistu ($D2/v-va$) ülemise osa moodustab peenekihiline kompleks, kus valdab aleuriidikas savi, mis sisaldab aleuoliidi ja liivakivi vahekihte. Ülejäänud läbilõikes domineerib punakaspruun ja hall domeriit, milles esineb helehalli massiivse dolomiidi ja tumehalli savi kuni paarikümne sentimeetri paksusi vahekihte. Kihistu paksus on

10,7–12,2 m. Nii Leivu kui Vadja kihistud avanevad väikesel alal mattunud Tartu orus.

Kernave kihistu (D2 kr) koosneb väga vahelduvatest, valdavalt punakaspruuni, vähem sinakashalli värvi domeriitidest, savidest, aleuroliitidest ja liivakividest. Tartu (453) läbilõike ülaosas, 1,3 m paksuse savika domeriidikihi ja 4,0 m paksuse liivaka aleuroliidikihi all lamab 6,8 m paksune punakaspruun aleuriidikas savikiht. Kihistu paksus ulatub 48,8 meetrini. Kihistu on avaneb Pangodi, Tatra ning Tartu mattunud orgudes.

Aruküla kihistu (D2 ar) koosneb peamiselt peeneteralisest liivakivist, mille punakaspruunid, kohati kollakas- või roosakashallid, kuni 8 m paksused kompleksid vahelduvad õhemate savi, aleuroliidi ja domeriidi kirjuvärviliste kompleksidega. Aruküla kihistu paksus ulatub 98,6 meetrini. Kihistu paljandub Tartu linna piires Emajõe oru veerudel (Kalmistu paljand ja Kalevi tänava paljand).

Ala paikneb Ida-Eesti vesikonna Peipsi alamvesikonnas. Hüdrogeoloogiliselt kuulub ala Balti arteesiabasseini, kus põhjavesi esineb pinnakattes ja aluspõhja ning kristalse aluskorra kivimeis.

Kesk-Devoni veekompleks (D2) moodustab valdaval osal Tartust maapinnalt esimese aluspõhjalise põhjaveekollektori. Laia leviku tõttu on Aruküla kihistu liivakivides ja aleuroliitides paiknevat veekompleksi varasemas kirjanduses õigustatult nimetatud ka Tartu veekompleksiks. Kuigi suure osa nimetatud kihistute mahust moodustavad ka savikad kivimid, ei ole seni õnnestunud savikaid kihte pindalaliselt rööbistada ega veekihte väiksemateks üksusteks jagada. Põhjavee liikumise üldine suund on Emajõe ja tema lisajõgede (Porijõgi, Tatra jõgi) suunas. Veekompleksi põhiliseks toitumisallikaks on sademed, mis läbi kvaternaari-setete infiltreerudes jõuavad Devoni liivakivideni. Veekompleksi põhiliseks toitealaks loetakse Otepää kõrgustikku, kus leiab aset ka põhjavee surveiseloomu kujunemine. Põhjavee keemiline koostis on ühtlane. Valdab HCO₃-Ca-Mg-tüüpi põhjavesi. Mineraalainete sisaldus on enamasti 0,2–0,6 g/l. Vesi on valdavalt mõõdukalt kare (3,0–6,0 mgkv/l), harvem kare ning tavaliselt nõrgalt leelise reaktsiooniga (pH on valdavalt 7–8). Veekompleksi põhjavee kvaliteedi põhiline puudus on suur rauaühendite sisaldus, mis kohati ulatub 2–3 mg/l, maksimaalselt 5,05 mg/l. Tingituna vettandvate kivimite litoloogilise koostise muutlikkusest on ka kivimite veerikkus üsna muutlik. Tarbepuurkaevude veeandvust iseloomustab eelkõige nende erideebit, mis kõigub enamasti vahemikus 0,1–1,0 l/s·m. Otsustades erideebitite kumulatiivse jaotuse järgi, tunduvad sellest vahemikust väiksemad väärtused olevat küllaltki kahtlased ja arvatavasti tingitud katsepumpamiste käigus tehtud vigadest. Saja puurkaevu keskmine aritmeetiline erideebiti väärtus on 0,6 l/s·m ja mediaan 0,4 l/s·m. Erideebitid suurusega 0,1–0,5 l/s·m moodustavad 59% ja erideebitid suurusega 0,5–1,0 l/s·m – 21% puurkaevude üldarvust.

Narva (Vadja–Leivu) veepide (D2 nr) koosneb Narva lademe Leivu ja Vadja kihistu savi, aleuroliidi, domeriidi, ja dolomiidi kihtidest, mille kogupaksus ulatub 40 meetrini. Just savi- ja domeriidikihtide esinemine läbilõikes on olnud põhjuseks, miks on Narva ladet käsitletud regionaalse veepidemena. Samas näitab puurkaevude andmebaasi analüüs, et puurkaevude erideebit ulatub kuni 0,62 l/s·m. Rohkem kui poolte puurkaevude erideebit on alla 0,2 l/s·m, kuid seda siiski koos lasuva Kernave kihistu liivakivi ja aleuroliidiga. Lasumussügavuse suurenedes kivimite lõhelisus ja veeandvus

vähenevad, mistõttu Tartust lõuna pool võib Narva ladet õigustatult vaadelda regionaalse veepidemena, mis eraldab maapinnalähedase Kesk-Devoni veekompleksi sügavamal lasuvatest põhjavee veekihtidest.

Kesk-Alam-Devoni veekompleks (D2-1) haarab stratigraafiliselt Alam-Devoni Rezekne lademe ja Kesk-Devoni Pärnu lademe. Veekompleksi litoloogiline koostis on võrdlemisi ühtlane. Valdavad heledatoonilised, erineva tsementeerituse astmega peeneteralised liivakivid. Kohati esineb liivakivide sees aleuoliidi ja savi vahekihte. Veekompleksi paksus on valdavalt 30–40 meetrit. Tartumaal on Kesk-Alam-Devoni veekompleksi kasutatud veevarustuses sageli koos lamavate Siluri ladestu kihtidega. Seda vettandvate kihtide kooslust on siis nimetatud Kesk-Devoni–Siluri veekompleksiks. Veekompleksi suhteliselt vettpidav lasund on Narva lade. Alumine veepide on väga tinglik, mis ongi olnud põhjuseks tema sagedasel käsitlemisel koos Siluri veekompleksiga. Ainult Pärnu veekihti avavate puurkaevude keskmine erideebit on 0,50 l/s·m. Erideebiti jaotus on väga sarnane Kesk-Devoni veekompleksi puurkaevude erideebiti jaotusele. Ligi 70% puurkaevude erideebit on vahemikus 0,1–1,0 l/s·m, mis jaguneb peaaegu võrdselt intervallide 0,1–0,5 ja 0,5–1,0 l/s·m vahel. Keemiliselt koostiselt on vesi HCO₃-Ca-Mg-tüüpi, mineraalainete sisaldusega 0,2–0,4 g/l. Võrreldes maapinnalähedase Kesk-Devoni veekompleksi põhjaveega, on vesi pehmem (üldkaredus valdavalt 5–7 mg-ekv/l) ja väiksema oksüdeeritavusega (0,1–1,2 mg/O₂/l), mis osutab orgaaniliste ainete väiksemale sisaldusele vees ja tema paremale looduslikule kaitstusele. Nitraatide keskmine sisaldus (<0,50 mg/l) on mitu korda väiksem, võrreldes maapinnalähedase Kesk-Devoni veekompleksi põhjavee vastava näitajaga. Ka rauaühendite sisaldus on tunduvalt väiksem, võrreldes lasuva Kesk-Devoni veekompleksi veega. Keskmine rauaühendite mediaaniline sisaldus on 0,33 mg/l. Põhjavee toitumine toimub põhiliselt infiltratsiooni teel läbi lasuvate Kesk-Devoni setete. Tartu linnas on põhjavee režiim oluliselt mõjutatud veevõtust, mistõttu veetasemete muutused on hüppelised. Tartu veehaarete mõjuraadiusest väljaspool on aastane põhjaveetaseme kõikumise amplituud kuni 0,5 m.

Ümbruskonnas asuvate puurkaevude ning muude üldgeoloogiliste andmete alusel on geoloogiline läbilõige 150m paksuselt maasoojuspuuraukude asukohas järgmine:

Stratigraafiline indeks	Kivimi litoloogiline kirjeldus	Lasumi sügavus, m	Lamami sügavus, m	Paksus, m
tQIV	Kultuurpinnas	0	2	2
gQIII	Moreen	2	5	3
D2ar	Liivakivi aleuoliidi ja savi vahekihtidega	5	70	65
D2nr	Domeriit, aleuoliit ja savi	70	105	35
D2pr	Liivakivi	105	150	45

Geoloogiline läbilõige täpsustatakse puurimistöde käigus.

3. Olemasolevad puurkaevud

Keskonnaregistri (<http://register.keskkonnainfo.ee/>) andmetel asub projekteeritava te maasoojuspuuraukude lähistel kolm puurkaevu.

Puurkaevu katastri number	X	Y	Sügavus	Põhjaveekiht
1254	6473696	658766	220	S

http://register.keskkonnainfo.ee/envreg/main?reg_kood=PRK0001254&mount=view

1210	6473683	658761	419	O-Cm
------	---------	--------	-----	------

http://register.keskkonnainfo.ee/envreg/main?reg_kood=PRK0001210&mount=view

4285	6473678	658766	163	S
------	---------	--------	-----	---

http://register.keskkonnainfo.ee/envreg/main?reg_kood=PRK0004285&mount=view

Nimetatud puurkaevud asuvad projekteeritavatest maasoojuspuuraukudest keskmiselt 160m kaugusel loodes põhjavee suuna suhtes ülesvoolu. Projekteeritavate maasoojuspuuraukude ja olemasolevate puurkaevude skeem on toodud Joonisel 2.



Joonis 2. Projekteeritavate maasoojuspuuraukude ja olemasolevate puurkaevude skeem

Projekteeritavate maasoojuspuuraukude asukohas ja läheduses Kesk-Devoni ladestiku puurkaevud puuduvad.

4. Maasoojuspuuraukude konstruktsioon

Maasoojuspuuraugu konstruktsioon on valitud selliselt, et puurauku oleks võimalik paigaldada kaks U kujulist plasttorust kontuuri mõõduga 32x2,7mm. Puuraukude sügavus on projekteeritud selliselt, et aluspõhjakiivimite soojust andev osa jääks Kesk-Devoni ladestiku Aruküla lademesse. Sellest lähtuvalt on maasoojuspuuraugu süga-

vuseks planeeritud 70m. Sellega tagatakse, et naabruses asuvate puurkaevude töötavate osade ja maasoojuse ammutamiseks avatava Aruküla lademe vahele jääb Narva lademe veepide. Et saavutada projekteeritud võimsus 10000kWh/a, puuritakse neli ühesugust puurauku.

Maasoojuspuuraugud puuritakse rootorpuurimise meetodil \varnothing 178mm puuriga 0-10m samaaegselt isoleerides pudedad ja varisemisohtlikud setted konduktortoruga. Konduktortoru keeratakse tihedalt pinnasesse puurmasina rootori abil jõuga 2400kN. See väldib pinnavee sattumise rajatavasse puurauku. Ülejäänud puuraugu õõs 10- 70m puuritakse \varnothing 152mm puuriga. Puurimiseks kasutatakse rootorpuuragregaati RB8R (vt Lisa 5). Puuraugu põhja asetatakse 2m paksune liivapadi. Seejärel paigaldatakse maasoojuspuurauku täies ulatuses kaks U kujulist \varnothing 32x2,7mm plasttorust kontuuri. U kujuline \varnothing 32x2,7mm plasttorust kontuur paikneb keritult poolil. Pool tõstetakse puurmasina mastiga üles. Puurmasina rootor on konstrueeritud sellisel, rootorit saab puurmasti suhtes eemale nihutada (vt Lisa 6). Seejärel riputatakse U kujulise \varnothing 32x2,7mm plasttorust kontuuri U osa allservas paikneva aasa külge metallist raskus. Pärast nimetatud toimingute tegemist keritakse kaks U kujulist \varnothing 32x2,7mm plasttorust kontuuri puurauku, kuid täpselt niikaugemale, et riputatud raskus toetuks liivapadjale. Tsementeerimistoimingu teostamiseks pistetakse U kujuliste \varnothing 32x2,7mm plasttorust kontuuride vahele ajutine \varnothing 25x2,2mm plasttoru tsementeerimisseguga puurauku pumpamiseks. \varnothing 25x2,2mm plasttoru pistetakse ühtlase ja tiheda tsementeerimisseguga täitmise tarbeks sügavusele 65m.

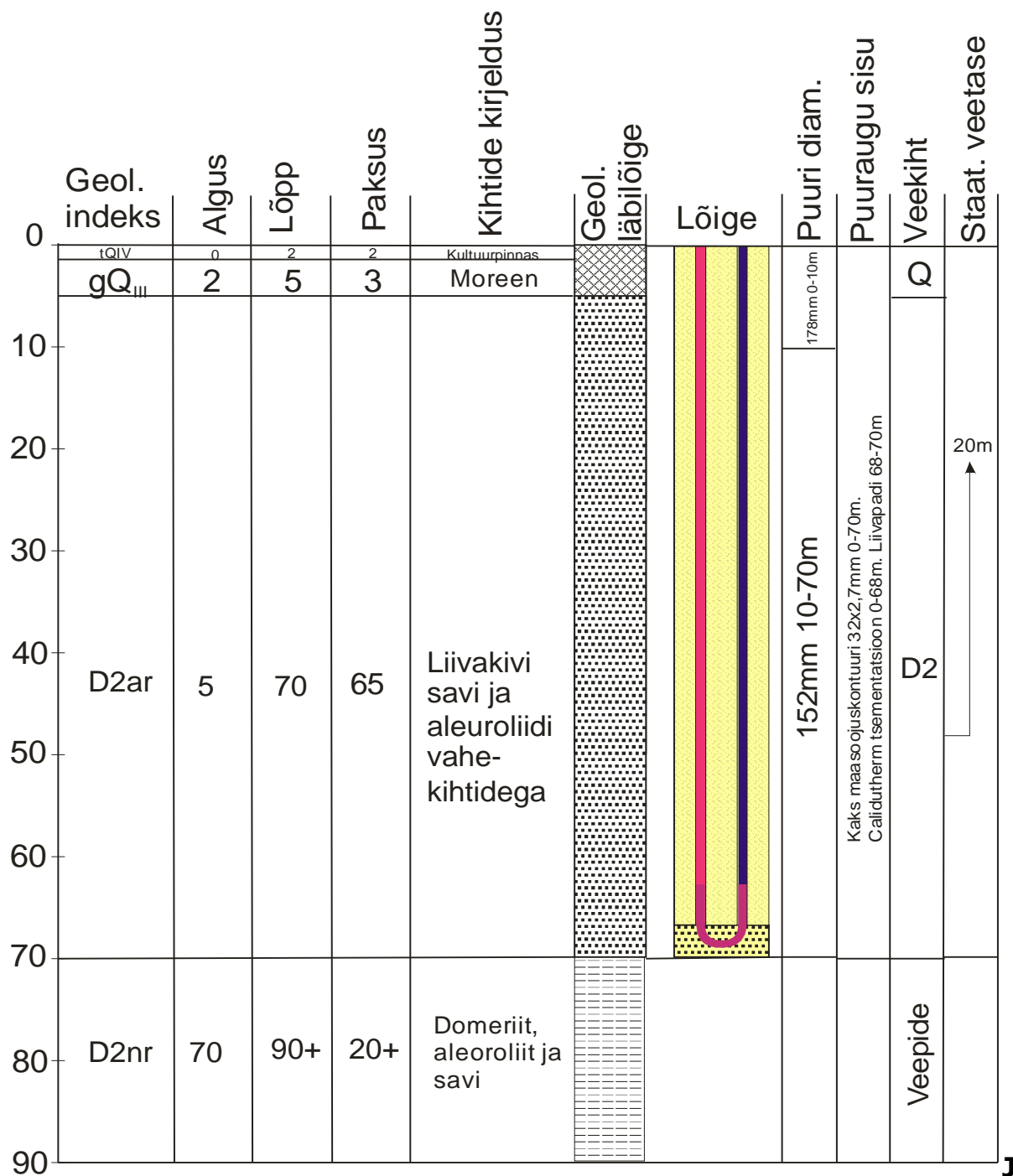
Seejärel puuraugu õõs maapinnast kuni 68m sügavuseni tsementeeritakse pumbaga täies ulatuses, et hoida ära reostuse sattumist maasoojuspuurauku. Tsementeerimiseks kasutatakse maasoojuspuuraukude tsementeerimiseks toodetud segu Calidutherm®. Tsementeerimistoimingu alguses, kui tsementeerimislahus on läbi pumpamiseks mõeldud toru jõudnud puuraugu põhja ja kergitanud seal kohevaks puurauku paigaldatud liivapadja, siis lastakse maasoojuskontuur lõpuni puurauku viisil, et paigaldusraskus jääb liivapadja sisse ning maasoojuskontuuri U osa „istub“ kenasti liivapadjale.

Tsementeerimise käigus tõmmatakse puurauku pistetud \varnothing 25x2,2mm plasttoru järjest ülespoole kuni kogu puurauk on täidetud isoleeriva seguga. Tööde lõppemisel eemaldatakse maapinnast konduktortoru.

Enne maasoojustorustiku täitmist geotermilise vedelikuga (keskkonnale ohutu piirituse ja vee lahus) teostada maasoojustorustikus surveproov veendumaks, et torustik on hermeetiline.

Pärast maasoojustorustiku täitmist geotermilise vedelikuga (keskkonnale ohutu piirituse ja vee lahus) fikseerida täpne torustiku täitmiseks kulunud geotermilise vedeliku (keskkonnale ohutu piirituse ja vee lahus) kogus. Arvestuslik geotermilise vedeliku (keskkonnale ohutu piirituse ja vee lahus) kogus on 622 l.

Puuraukude rajamise- ja ekspluatatsioonijärgne kontroll teostada vastavalt Keskkonnaministri 29. juuli 2010. a määrusele nr 37.



oonis 3. Geoloogiline ja hüdrogeoloogiline läbilõige

Materjalide spetsifikatsioon:

Jrk. nr.	Materjali nimetus	Sertifikaat	Mõõtmed	Uhik	Kogus
1	Duplex U-bogen	HR 3.26:2009-01	32x2,7	jm	1120
2	Calidutherm	1907/2006		kg	1000
3	Liiv	99/4		kg	75
4	Geotermiline vedelik	91/155		l	622

5. Suletud soojussüsteemi tööpõhimõte

Suletud süsteemi korral asetseb puuraugus kaks U-kujulist torustikku, milles ringleb madala külmumistemperatuuriga geotermiline vedelik. Geotermiliseks vedelikuks on

keskkonnale ohutu piirituse ja vee lahus: 28% vedelikku etanooli baasil (vt Lisa 2) ja 72% vett. Madal külmumistemperatuur võimaldab alandada ringleva vedeliku temperatuuri alla 0°C ning suurendada horisontaalsuunalist soojusvoogu puuraugu suunas. Geotermilise vedeliku ringlemise tagamiseks kasutatakse tsirkulatsioonipumpa. Kui maasoojuspuurauku enam ei kasutata, eemaldatakse geotermiline vedelik maasoojuskontuurist ning maasoojuskontuur täidetakse tervenisti (k.a. kõik avad) isoleeriva materjaliga (tsemendi või bentoniidi lahus). Puuraukude täitmiseks kasutatakse bentoniitsavi ja betooni segusid (Calidutherm®, vt Lisa 3), mis säilitavad elastsuse ja veepidavuse ka pärast korduvaid külmumisi ning millega tagatakse, et reostus ei satu puurauku ja pidevalt töötab kontakt kivimi ja U kujulise torustiku vahel.

Saksamaa Inseneride Assotsiatsioon (*Verein Deutscher Ingenieure*) on välja töötanud standardi VDI 4640, millega määratletakse soojuspuuraukude tehnilised nõuded. Muu hulgas on toodud ka keskmised soojushulgad puuraugu jooksva meetri kohta, mida saab kasutada soojuspuuraukude dimensioneerimiseks (Tabel 1). Arvestades Eesti aluspõhjas esinevaid kivimeid ja nende soojusjuhtivusi, on ka meil sobilik lähtuda keskmisest veega küllastunud kivimi soojusandvusest 50 W/m. VDI 4640 soovib ka, et kui soojuspuuraukude sügavus on kuni 50 m, siis peaks puuraukude vahekaugus olema vähemalt 5 m ja kuni 100 m sügavuste puuraukude korral vähemalt 6 m.

Soovituslikud keskmised	
kuiv setend (soojusjuhtivus <1,5 W/m/K)	20 W/m
tavaline veeküllastunud kivim (1,5 W/m/K < soojusjuhtivus < 3,0 W/m/K)	50 W/m
kõrge soojusjuhtivusega kivim (soojusjuhtivus > 3,0 W/m/K)	70 W/m
Kivimitüübiti	
kuiv kruus ja liiv	< 20 W/m
veega küllastunud kruus ja liiv	55-65 W/m
lubjakivi	45-60 W/m
liivakivi	55-65 W/m

Tabel 1. Soojuspuuraukudest topelt U torustikuga saadav soojushulk ühe meetri kohta vastavalt Saksamaa standardile VDI 4640

Suletud maasoojussüsteemi rajamise animatsioon:

http://dSPACE.utlib.ee/dSPACE/bitstream/10062/8990/1/puuraugu_puurimine.swf

6. Soojustehnilised arvutused

Suletud maasoojussüsteemi korral, kui kasutatakse soojuse ammutamiseks kivimi soojust on tähtis kivimi soojusmahtuvus. Arvutustes vaadeldakse üheltpoolt kindlat kivimikeha, kui soojusallikat millest on võimalik saada mingi hulk energiat ja teiselt poolt, kuidas toimub nimetatud kivimikeha taassoojenemine. Kõigepealt leiame kivimi soojusmahtuvuse SMk järgmise valemi abil:

$$SMk = \frac{[(1 - P) * pk * Ck + P * pv * Cv]}{1000}, \text{ kus}$$

P	Poorsus	0,25	
pk	Kivimi tihedus	2600	Kg/m ³
Ck	Kivimi soojusmahtuvus	1000	J/kg/K
pv	Vee tihedus	1000	Kg/m ³
Cv	Vee soojusmahtuvus	4200	J/kg/K

Parameetrite väärtused A. Jõelege järgi

$$SMk = \frac{[(1 - 0,25) * 2600 * 1000 + 0,25 * 1000 * 4200]}{1000} = 3000 \text{ kJ} / \text{m}^3$$

Seega on kivimikeha 1m³ soojusmahtuvus 3000kJ/m³

Arvestame suletud soojussüsteemi mõju ainult nelja rajatava maasoojuspuuraugu mõjuraadiuste piires:

mõjuraadiuste pindala Sh=115m²

kivimikeha pikkus Ha=70m

kivimikeha maht mõjualas V=Sh*Ha=115*70=8050m³

Arvestades jahutust (**jah**) **5K** arvutame soojushulga hooldusalas:

$$\text{soojushulk} = \frac{SMk * V * \text{jah}}{3600} = \frac{3000 * 8050 * 5}{3600} = 33542 \text{ kWh}$$

Vanemuse tn 45 hoone projekteeritud **maasoojusvajadus aastas on 10000kWh**, seega saab mõjualas oleva kivimikeha soojust, kui taassoojenemist ei toimu, tarbida 3,35 aastat:

$$\text{tarbimisperiood} = \frac{\text{soojushulk}}{\text{soojusvajadus}} = \frac{33542}{10000} = 3,35a$$

Arvestades tõsiasja, et põhjavee liikumine ikkagi toimub, arvutame järgmisena põhjavee liikumise mõjualas: projekteeritavate puuraukude suunast toimub põhjavee liikumine Emajõe suunas. Arvestades veepindade vahet, kus **ΔH on 10m ja kaugus jõeni l on 1200m, kõrguste gradient järelikult:**

$$\text{gradH} = \frac{m}{l} = \frac{10}{1200} = 0,008$$

Kui **filtratsioonimoodul kf on 3m/d ja poorsus on 0,25n**, siis põhjavee ööpäevane liikumiskiirus **L:**

$$L = \frac{\text{gradH} * kf}{\text{poorsus}} = \frac{0,008 * 3}{0,25} = 0,096 \text{ m} / \text{d}$$

Aastane vahemaa seega: 0,096*365=35,0m.

Neli maasoojuspuurauku jagunevad kahte gruppi. Ühe grupi mõjuala kogupikkus on 12m ja veevahetus mõjualas asuvas kivimikehas järelikult 2,92 korda aastas.

Arvestades ülevalpool toodud arvutusi saab väita, et Vanemuise tn 45 hoone soojusvajaduseks võetava maasoojuse bilanss on positiivne ja maasoojuspuuraukude mõju jääb maasoojuspuuraukude projekteeritud mõjuala piiridesse.

7. Taristu kaitsevöönd

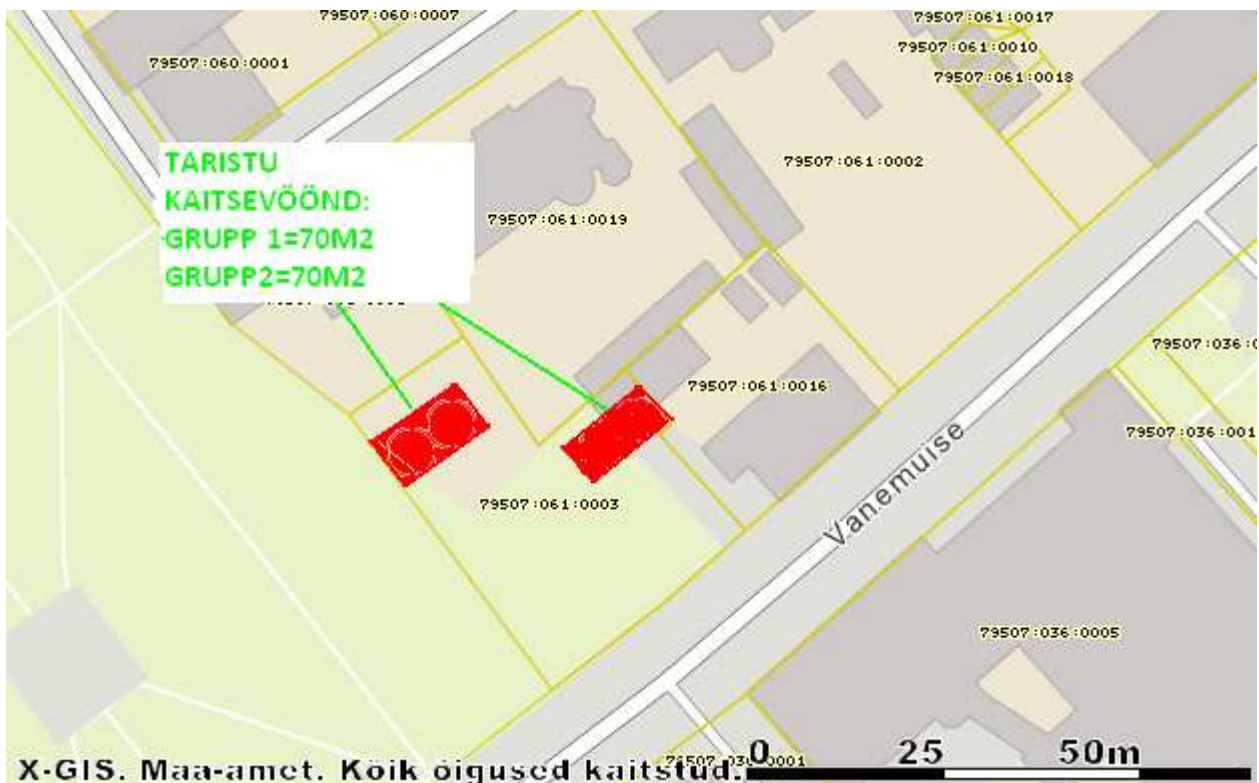
Taristu koosneb kahest kahe maasoojuspuuraukuga grupist. Mõlemale grupile määratakse kaitsevöönd pindalaga 70m². Taristu gruppide kaitsevööndid on näidatud Joonisel 4.

Taristu kaitsevööndis on keelatud:

- Kaevetööd
- Puurimistööd
- Jäätmete sh ohtlike jäätmete ladustamine
- Lume ladustamine
- Ehitustegevus

Taristu kaitsevööndis on lubatud:

- Heintaimede niitmine
- Taristu hooldamiseks vajalikud tegevused
- Autode parkimine



Joonis 4. Taristu kaitsevöönd

8. Nõutavad dokumendid

Maasoojuspuuraukude rajajal peab olema kehtiv hüdroteoloogiliste tööde tegemise litsents märkega puurkaevude ja –aukude puurimine.

Puurimistöode käigus peab maasoojusaukude puurija pidama puurimispäevikut.

Maasoojuskontuuride paigaldamisjärgselt vormistada kaetud tööde akt ja lisada fotod, millel on ära näidatud maasoojuskontuuri paigaldamine koos tamponeerimisega.

9. Kasutatud kirjandus

- **Pöldvere, R. Perens, K. Ariva, T. All, ja R. Rohtla. Eesti geoloogilise baaskaardi Tartu kaardilehe (5441) seletuskiri.** Eesti Geoloogiakeskus. Tartu Regionaalosakond, Tartu, 2007. Tekst 94 lk, 1 tekstilisa (OÜ Eesti Geoloogiakeskuse geoloogiafond, Maa-amet)
- **Jõelet. A. 2007. Soojuspuuraukude mõju keskkonnale. Aruanne.** Tartu Ülikooli Geoloogia osakond.
(http://www.envir.ee/orb.aw/class=file/action=preview/id=1084431/aruanne_soojuskaevud.pdf)
- Maapõue soojuse kasutamine. Maasoojuspumpade süsteemid VDI4640. Saksa Inseneride Liidu Standard

Lisa 2. Geotermilise vedeliku ohutuskaart OHUTUSKAART

Vastavalt EL direktiivile 91/155, kooskõlas SOM määrusega nr. 37 26.05.2000.
Koostamise aeg 12.10.2006.

Toote nimetus **GEOTERMILINE VEDELIK**

1. Identifitseerimisandmed.

Toote nimetus Geotermiline vedelik
Tootja Kemimet OÜ
Turustaja Kemimet OÜ
Aadress Olevimägi 10
Postiindeks ja sidejaoskond 10123 Tallinn
Telefon +3726411574
Faks +3726411578

2. Koostis.

Toote kirjeldus. Geotermiline vedelik

Alkohol: 95% etanool

Toodet kasutatakse
peamiselt keemiatööstuses.

Lisandite kogused.

Aldehüüdid: 0,06 – 0,15%

Estrid: 0,06 – 0,25%

Puskariõlid: 0,003-0,01%

Metanool: <1,5%

**Väljavõte “Ohtlike ainete loetelust” (sotsiaalministri 30. nov 1998.a.
määrus nr.59).**

Nimi. Märgistus. R-lause. S-lause. Klassifikatsioon. Indeksi nbr. CAS-nbr. EEC-nbr.

Etanool F 11 (2-)7-16 F, R 11 603-002-00-5 64-17-5 200-578-6

Metanool F,T 11-23/25 (1/2-)7- F,R11,T 603-001-00-x 67-56-1 200-659-6

16.24.25 R23/25

Atseetaldehüüd

F+,xn 12-36/37-40 (2-)16- F+, R12 605-003-00-6 75-07-0 200-836-8

33-36/37 Kants. kat.3

R 40;xl R36/37

Etüülatsetaat

F 11 (2-)16-23- F, R11 607-022-00-5 141-78-6 205-500-4

29-33

3. Ohtlikkus.

**Tule- ja plahvatusohtlik. Kokkupuutel nahaga ohutu. Vältida silma
sattumist.**

NB! Sissemanustamine inimese organismi ELUOHTLIK temas sisalduvate mürgiste ainete tõttu (metanool, aldehüüdid jne.).

4. Esmaabi.

Silma sattumisel loputada silmi rohke veega. Organismi sissemanustamisel proovida esile kutsuda oksendamist ning viivitamatult organiseerida kannatanule kvalifitseeritud arstiabi.

5. Tegutsemine tulekahju korral.

Ruumides ja transpordivahendites, kus on tegemist geotermilise vedelikuga on keelatud lahtise tule kasutamine, k.a. suitsetamine. Tulekahju kustutamiseks sobivad kõik tulekustutusvahendid- vesi, keemiline- ja mehaaniline vaht, liiv, muld jne.

6. Õnnetuse vältimise abinõud.

- a) Jälgida tuleohutuse nõudeid.
- b) Elimineerida juurdepääsuvõimalused kõrvalistele isikutele geotermilise vedeliku hoiu ja käitlemisobjektidele.
- c) Vältida toote sattumist keskkonda ja kanalisatsioonivõrku. reoveepuhastusjaamade bakteritele.

7. Käitlemine ja hoiustamine.

Käitlemine ja hoiustamine toimub juhendi “Piirituse vastuvõtmine, hoidmine, väljastamine, transportimine ja arvestamine” (15. september 1993.a.) nõuetele vastavalt.

8. Mõju inimesele ja isikukaitsevahendid.

Geotermilise vedelikuga kokkupuutes kaitsevahendid ei ole vajalikud. Tootmis- ja hoiuruumid peavad olema ventileeritavad, kuna pikaajaline aurude sissehingamine võib tekitada halva enesetunde (peapööritus, iiveldus). Hoiumahutid peavad olema suletud. Enne remondi eesmärgil hoiumahutisse sisenemist vabastada mahuti täielikult aurudest ventileerimise teel.

9. Füüsikalised ja keemilised omadused.

Selge, sinise varjundiga, läbipaistev, tehnilisele piiritusele iseloomuliku lõhnaga vedelik. Tihedus 20°C juures 0,8 g/cm³; keemistemperatuur normaalrõhul 78°C; süttimispunkt 404°C.

10. Püsivus ja reaktsioonivõime.

Nõuetekohasel säilitamisel geotermilise vedeliku omadused ei muutu.

11. Terviserisk.

NB! Inimese organismi sattumisel ELUOHTLIK!

12. Keskkonnarisk.

Nõuetekohasel säilitamisel ei kujuta endast keskkonnoahtu. Vältida sattumist kanalisatsioonivõrku

13. Jäätmekäsitlus.

Vajadusel võib tootmisjääke põletada vedelkütusel töötavas aurukatlas.

14. Veonõuded.

Geotermilise vedeliku transport toimub vastavuses dokumendi

“Ohtlike veoste teedel vedamise kord” (Teede- ja sideministri

15. jaanuari 1996.a. määrus nr. 3) sätetele. Geotermilise vedeliku veol kehtivad samad nõuded, mis etanooli veol.

Etanooli tunnusnumbrite loetelu (väljavõte ülalnimetatud dokumendist).

Aine tunnusnumber. Aine nimetus. Ohu tunnusnumber. Ohumärgise number. Aine kuuluvus ADR järgi.

1170 Etanool 33 3 3, 30 b

15. Reguleerimisinformatsioon.

Klassifikatsioon- F, R 11;

Ohtlikkuse kategooria- tuleohtlik vedelik;

Riskilaused- R 11;

Ohutuslaused- (2-) 7-16.

16. Muu informatsioon.

Käesoleva ohutuskaardiga peavad olema varustatud kõik juriidilised isikud, kes käitlevad geotermilist vedelikku.

Lisa 3. Geotermilise segu (Calidutherm®) ohutuskaart

Sicherheitsdatenblatt

gemäß REACH-Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

Stand: Januar 2009

TERRA
CALIDUS^{GmbH}

Seite 1 von 12

Sicherheitsdatenblatt gemäß EU-Richtlinie 2003/53/EG
für chromatarne Produkte für:

Calidutherm®

Xi



Reizend

GISCODE: ZP1
Zementhaltige Produkte, chromatarm

Hersteller:

dornburger zement GmbH & Co KG
In der Oberaue
07778 Dorndorf-Steudnitz

Tel.: +49 / (0)36427 - 861-0
Fax.: +49 / (0)36427 - 22295

Gefahrenhinweise

- R 37 / 38 Reizt die Atmungsorgane und die Haut
- R 41 Gefahr ernster Augenschäden

Sicherheitsratschläge

- S 2 Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen
- S 22 Staub nicht einatmen
- S 24 / 25 Berührung mit der Haut und Augen vermeiden
- S 26 Bei Berührung mit den Augen sofort gründlich mit Wasser abspülen und Arzt konsultieren
- S 36 / S 37 / S 39 Bei der Arbeit geeignete Schutzkleidung, Schutzhandschuhe und Schutzbrille / Gesichtsschutz tragen
- S 46 Bei Verschlucken sofort ärztlichen Rat einholen und Verpackung oder Etikett vorzeigen

Lisa 4. Maasoojustorustiku sertifikaat

ZERTIFIKAT



Certificate

SKZ - TeConA GmbH awards the company stated below the right to use the SKZ - testing and inspection mark

User of the SKZ - mark

GWE pumpenboese GmbH
Moorbeerenweg 1
31228 Peine
Germany

Manufacturer

System: ---
Probe: GWE pumpenboese GmbH
Pipes: GWE pumpenboese GmbH
Connecting parts: ---
Fittings/distributor: AKATHERM FIP GmbH



A 453

Test guidelines

SKZ specification for tests and inspection
HR 3.26: 2009-01 in conjunction with the
annex to the HR 3.26 „System Description“

Product

Geothermal probe
Ø 25, Ø 32 and Ø 40 mm

consisting of:

- geothermal probe pipes made of PE 100 welded in the production plant
- geothermal probe connector made of PE 100 welded in the production plant

Date of initial certification

27 August 2007

Date of expiry

26 July 2014

Würzburg, 27 July 2009



i.v. 
Certification Body

The use of the SKZ mark implies the obligation that with regard to production and testing of the products the General Business Terms and Conditions of SKZ - TeConA GmbH are observed.

Lisa 5. Rotorpuurmasin RB8R



T. Katteli foto

Lisa 6. Maasoojuskontuur poolil. Asend enne lahtikerimist puur- auku



A. Kallase foto