REOVEESETE KUI TAASTUVA ENERGIA ALLIKAS ÜKS KLIIMAMUUTUSTE PIDURDAMISE VÕIMALUSI?

Anne Menert*,**, Merje Michelis*,**, Tiit Kallaste*, Tarmo Vaalu**
*Säästva Eesti Instituut, SEI-Tallinn, ** Tallinna Tehnikaülikool

SISSEJUHATUS

Taastuvate energiavarude järjest suurenevas kasutamises näeb kogu maailm lahendust hiilivale energiadefitsiidile ning märkimisväärset kliimamuutuste pidurdamise võimalust. Taastuvatele energiaallikatele pööratakse järjest suuremat tähelepanu, sest fossiilkütuste paratamatu ammendumine sunnib üha rohkem kasutama uuenevaid loodusvarasid. Taastuvate energiaallikate suure potentsiaali teadvustamine ei ole Eesti otsusetegijate jaoks seniajani kerge olnud. Praegu võib öelda, et on toimumas õhkõrn muutus paremuse poole. Oma osa on selles olnud Euroopa Liidu liikmeks saamisel, mis sätestab mujal Euroopas nii levinud taastuvenergia laiemale kasutamisele suunatud direktiivid, nt 2001/77/EÜ ja 2003/87/EÜ. Samas tuleb tõdeda valitsuse otsest tõrjuvat hoiakut taastuvatest energiaallikatest energia, eriti elektri tootmise edendamisel.[1]

Joonis 1. Inglise firma Armfield kahe anaeroobse reaktoriga katsestend TTÜ keskkonnatehnika instituudis. Foto A. Sergejev

Energiakandjad liigitatakse taastuvateks ja mittetaastuvateks ning põlevateks ja mittepõlevateks (Veski, 2001). Põlevad taastuva energia allikad on puit ning metsa- ja puidutöötlemisjäätmed, turvas, roog, põhk, energiavõsa ja -hein ning kõik muud biokütuse alla liigitatavad energiakandjad. Mittepõlevad taastuva energia allikad on tuule-, vee- ja päikeseenergia, Maa soojus jms (Kallaste, 2001). Tinglikult võib väita, et kõik taastuvate energiaallikate baasil toodetud energialiigid põhinevad otseselt või kaudselt päikeseenergial – nii päikeseenergia otsene kasutamine kütteks või elektri tootmiseks kui ka maasse talletunud soojuse kasutamine soojuspumpade abil, tuule, lainete ja vee voolamise energia ning taimset ja loomset päritolu energia kasutamine (päikeseenergia kaudne kasutamine). Tulevikus peavad taastuvad energiaallikad järjest enam asendama fossiilkütuseid, vähendades sellega nende kasutamisega kaasnevat keskkonnakahju.

Alljärgnevas tutvustatakse üht suhteliselt vähe tuntud taastuvenergia allikat – reoveepuhastusel tekkivat reoveesetet (jääkaktiivmuda ja toorsetet), mida Eestis koguneb ligikaudu 20 000 tonni (kuivainet) aastas. Sellest oleks võimalik toota umbes 3100 tonni biogaasi küteväärtusega ligikaudu 175 TJ/a ehk 49 GWh/a (Reoveesette …, 2001). Biogaasis sisalduva metaani globaalsoojendamistegur on süsihappegaasi omast 21 korda suurem ning kui biogaasi kasutada energiakandjana, on võimalik tabada mitu kärbest ühe hoobiga: iga tonni metaani põletamisega vältida 21 tonni CO_2 atmosfääri paiskumist, toota (nt *Jenbacheri*) gaasimootori abil elektri- ja soojusenergiat, vähendada fossiilkütuste kasutamist ning kõige selle tulemusena parendada keskkonna seisundit.

REOVEESETE – MIS SEE ON?

Reovee puhastamisel eraldub sete, mida on küll ainult 0,5–2% puhastatud vee kogusest, aga mille käitlemisele kulub ligikaudu pool puhastuse kogumaksumusest (Mölder ja Võsu, 1996). Osa settest eraldatakse juba eelpuhastusel, et heljum ei segaks järgnevate puhastusastmete tööd. Eelpuhastusseadmed on tavaliselt võred, liivapüünised, rasva- ja õlipüünised, mõnikord ka eelõhustuskamber. Eelpuhastis kinni peetud orgaanilisest ainest on võimalik toota biogaasi. Eelsetitisette (toorsette) kuivainesisaldus on tavaliselt 6–8% (Umbleja, 2001).

Reovees sisalduvatest lahustunud orgaanilistest ainetest toitub vett bioloogiliselt puhastav mikroorganismikooslus, mida nimetatakse *aktiivmudaks*. Reovee aeroobsel puhastamisel

[1] Näiteks tuuleenergia edendamisel, sest äsja lasti ringlema seaduseelnõu kavand, mis piirab 75 MW-ni Eestis rajatavate tuulegeneraatorite koguvõimsuse, mille toodetud "rohelist" elektrit ostetakse võrguvaldaja käest soodushinnaga. Ülejäänud tuuleparkide rajajatele antakse küll luba puhast elektrit toota, aga energiavõrku ostmise hinnaks jääks vaid põlevkivielektri tootmishind. Sellist lähenemisviisi on raske mõista mitte üksnes Eesti säästava arengu kontseptsiooni pooldavatel inimestel, vaid ka Euroopa Liidu energiasektori tulevikusuundumisi kavandavatel ekspertidel.

KESKKONNATEHNIKA 5/2005

muundatakse suur osa lahustunud orgaanilistest ainetest süsihappegaasiks, ent olenevalt bioloogilise puhastuse tehnoloogilisest režiimist võib kuni 40% neist koguneda mikroorganismide biomassi. Puhastuse normaalseks kulgemiseks on vaja ülemäärane biomass eemaldada. See nn *jääkaktiivmuda* sarnaneb orgaanilise aine sisalduse poolest väga tugevasti reostunud veega. Jääkaktiivmuda, mille veesisaldus on vähemalt 95%, peetakse tavaliselt kinni järelsetitites. See muda sisaldab reoveest eraldatud reoaineid, puhastuses kasutatud kemikaale ja biogeene (taimetoitaineid) ning võib sisaldada ka raskmetalle, mürgiseid orgaanilisi ühendeid ja haigustekitajaid. Sette kogus ja omadused sõltuvad reovee hulgast, omadustest ja puhastusprotsessist. Järelsetititesse kogunenud jääkaktiivmuda on võimalik tihendada floteerimise või tsentrifuugimisega. Sõltuvalt puhastustehnoloogiast juhitakse jääkaktiivmuda kas eelsetititesse või aerotanki anaeroobsesse tsooni ning tekkiv nn *segamuda* pumbatakse settekäitlusse (Kaljumäe jt, 1998).

Käitlemata (stabiliseerimata) reoveesette võib liigitada:

– eelsetitamisel tekkivaks *toorsetteks*,
– *jääkaktiivmudaks,* s.o aktiivmudapuhastuses tekkivaks mudaks, või muuks *biomudaks* (nt biofiltrimudaks) ning
– *segamudaks*, s.o toorsette ja/või biomuda seguks.

Kui reovee puhastamisel kasutatakse kemikaale (nt fosforiärastuseks), on neid ka reoveesettes.

Käitlemata setet ei või kasutada nt põllumajanduses ega ka prügilasse ladestada, sest ta veesisaldus on liiga suur, ta sisaldab tõvestavaid mikroorganisme ning haiseb. Nende puuduste vähendamiseks ja/või kõrvaldamiseks tuleb setet käidelda. Peamised käitlusmeetodid on tihendamine, stabiliseerimine ja tahendamine. Sette stabiliseerimise all mõeldakse settes oleva orgaanilise aine lagunemise peatamist või lõpuleviimist. Eesmärk on ka sette hügieeniliste omaduste parendamine ning haisu vältimine. Levinud on stabiliseerimine lubja abil (suhteliselt väikestes reoveepuhastites), metaankääritamine (Michelis, 2003), kompostimine (Kurissoo ja Vilu, 1998) ja aeroobne stabiliseerimine.

REOVEESETTE KÄITLUS TALLINNA VESI AS PALJASSAARE REOVEEPUHASTUSJAAMAS

Metaankääritamine (anaeroobne lagundamine) on hästi tuntud reoveesette stabiliseerimismeetod (Mölder ja Võsu, 1996; Spinosa, 2001). Paljassaare reoveepuhastusjaamas kasutatakse seda alates 1998. aastast. Reoveesette metaankääritamise uurimisega Eestis tehti algust juba 1996. aastal Tallinna Tehnikaülikooli keskkonnatehnika instituudi veetehnika õppetooli professor Heino Mölderi eestvedamisel (Mölder ja Võsu, 1996; Mölder ja Sokk, 1996). Saksamaa Schleswig-Holsteini liidumaa keskkonnaministeeriumiga sõlmitud koolitusprojekti raames saadi firmalt Oswald Schulze kasutamiseks konteiner-katseseade, milles aasta jooksul uuriti Tallinna reoveesette kääritimisomadusi ning täpsustati protsessi parameetreid (joonis 1).

Käesoleval ajal Paljassaarel kasutusel olevad kaks metaantanki mahuga á 10 000 m^3 (joonis 2) ehitas Soome firma YIT. Puhastuse eri etappides eraldatud segamuda pumbatakse settekäitlusjaama, kus ta kääritatakse metaantankides temperatuuril 35–37 °C. Bakterite toimel orgaaniline aine laguneb. Muda käärimisel eraldub rohkesti metaani (kuni 65%) sisaldavat biogaasi, mida võib kasutada settekäitlusjaama kütmiseks. Metaantankid töötavad järjestikku, kusjuures orgaanilise aine bioloogiline lagundamine ja gaasi eraldumine toimub peamiselt esimeses neist, teises muda tiheneb ja eraldub veest ning see metaantank toimib ühtlasi stabiliseeritud muda hoidlana. Stabiliseeritud sete tahendatakse tsentrifuugides ning ladestatakse prügilasse või kompostitakse segatuna tugiainetega (turvas, hakkpuit).

Kompostitud setet kui väärtuslikku orgaanilist väetist võib kasutada põllumajanduses või haljastuses, kui just raskmetallisisaldus sellist kasutamist ei piira (Umbleja, 2001; Mölder jt, 2000).

REOVEESETE KUI TÕSINE KESKKONNAPROBLEEM

Praeguseni näeb üldlevinud strateegia ette settekoguse maksimaalset vähendamist tahendamise ja settes sisalduva orgaanilise aine mineraliseerimise teel. Euroopa Liidus tekkivast settest ladestatakse umbes 50% prügilatesse, 35% ringis kasutatakse põllumajanduses ning 8% põletatakse. Põletamisel vabaneb orgaaniline süsinik CO_2-na ning prügilates laguneb orgaaniline aine anaeroobsetes tingimustes ja tekib metaan (üks kasvuhoonegaasidest). Kuigi Euroopa Liidu riikides prügilagaasi kogutakse ja kasutatakse, on prügilatest atmosfääri sattuv metaan ja muud kasvuhoonegaasid globaalses mastaabis üsna olulised kasvuhoone-

Joonis 2. Paljassaare reoveepuhastusjaama metaantankid. Foto K. Palm

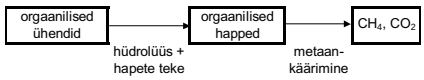
Joonis 3. Saksa firma WTW seade Oxitop® Control AN 6 võimaldab anaeroobset protsessi reaalajas jälgida. Foto T. Vaalu.

efekti põhjustajad (Spinosa, 2001). Suurtes kogustes tekkiva reoveesette kasutamine põllumajanduses on ikka veel oluline lahendamist vajav probleem kõikides riikides, viimasel ajal ka Eestis. Tänapäevase põllumajandustootmisega käib kaasas mullaerosioon, mida reoveesete aitaks pidurdada. Alates 1. jaanuarist 1999 on Euroopa Liidu riikides keelatud reoveesetet veekogudesse uputada (direktiivi 91/271/EMÜ artikkel 14, *Council Directive* 91/271/EEC...). Lähiajal keelustatakse ka ladestamine prügilasse. Setete utiliseerimise eelismoodus on direktiivi 86/278/EMÜ (*Council Directive* 86/278/EEC..., asendatud direktiiviga 91/271/EMÜ) kohaselt põllumajanduslik kasutamine.

ANAEROOBNE LAGUNDAMINE

Anaeroobset lagundamist (kääritamist) rakendatakse sette stabiliseerimiseks enne prügilasse ladestamist või kasutamist põllumajanduses. Kääritamisel laguneb osa sette orgaanilisest ainest bakterite toimel metaaniks ja süsihappegaasiks. Protsessis väheneb sette veesisaldus 30–40% võrra ilma kemikaale kasutamata (Kaljumäe jt, 1998; Mölder ja Sokk, 1996).

Anaeroobne lagunemine kulgeb hapnikuvabas keskkonnas (joonis 3). Lagunemine koosneb selgesti eristatavaist, rangelt üksteisele järgnevatest protsessidest – hüdrolüüsist (polümeeride lagunemisest monomeerideks), fermentatsioonist ja lõpuks metanogeneesist (joonis 4).



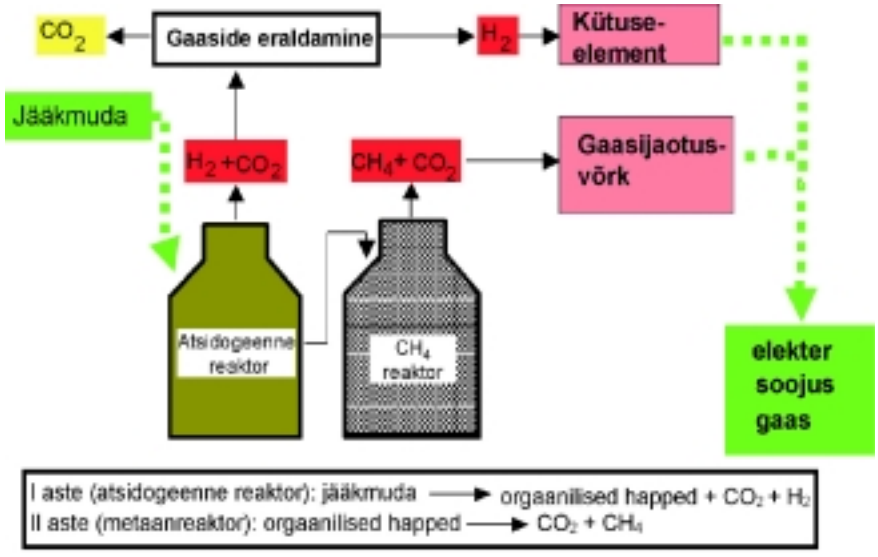
Joonis 4. Anaeroobse lagunemise faasid (Kaljumäe jt, 1998)

Fermentatsiooni käigus muudavad fakultatiivsed mikroorganismid (happemoodustajad) reoveesette orgaanilised ühendid lenduvateks orgaanilisteks hapeteks, peamiselt äädikhappeks. Metanogeneesis käärivad orgaanilised happed anaeroobsete bakterite (metaanibakterite) toimel metaaniks (CH_4) ja süsinikdioksiidiks (CO_2). Hüdrolüüs ja fermentatsioon on võrreldes metanogeneesiga suhteliselt kiired protsessid. Seega on anaeroobset kääritamist kasulik korraldada kahes astmes:

1. aste (atsidogeenne reaktor): jääkmuda → orgaanilised happed + CO_2 + H_2
2. aste (metaankääritusreaktor): orgaanilised happed → CO_2 + CH_4

Olulisim on metaanitekkefaas, sest see on ainus mehhanism keemilise (KHT) või biokeemilise (BHT) hapnikutarbena mõõdetava orgaanilise aine kõrvaldamiseks reoveest või reoveesettest (Cheremisinoff, 1994). Kääritamine toimub tavaliselt mesofiilses temperatuuripiirkonnas, s.o vahemikus 35–40 ^{0}C, kinnises mahutis – metaantankis. Mesofiilne käitlus ei vähenda sette toksiliste ainete ega haigustekitajate sisaldust vajaliku tasemeni, kuid protsessis tekib biogaas, milles on 55–65% energeetilise väärtusega metaani. See on anaeroobse protsessi põhilisi eeliseid (Mölder ja Sokk, 1996). Võimalik on ka mesofiilsega sarnane termofiilne kääritamine, mis toimub temperatuurivahemikus 55–65 ^{o}C. See protsess nõuab suuremat energiahulka, kuid on mesofiilsest tunduvalt kiirem (Carrington, 2001) ning enamik haigustekitajaid hävib (Gavala, 2003). Anaeroobsel lagundamisel on muude stabiliseerimismeetoditega (aeroobne lagundamine ja termiline töötlus) võrreldes mitu eelist (Mölder ja Sokk, 1996; Cheremisinoff, 1994):

- reaktori mahukoormus võib olla suurtes piirides (0,5–50 g/l);.
- on võimalik puhastada ka õli ja rasva sisaldavaid reovedelikke;
- protsess on vähem tundlik paljude mürgiste orgaaniliste ühendite suhtes;
- puhasti võib pikemat aega seista, ilma et biokooslus oluliselt kannataks;
- energiakulu on väike;
- tekkival biogaasil on energeetiline väärtus;
- biomassi vähese juurdekasvu tõttu



Joonis 5. Elektri, soojuse ja gaasi tootmine biomassi fermentatsioonil (Claassen jt, 2004)

KESKKONNATEHNIKA 5/2005

on jääkmudakäitlusega vähem probleeme.

SETTE ANAEROOBSE KÄITLUSE KITSASKOHAD

Anaeroobse protsessi laialdasemat rakendamist piirab mitu asjaolu (Mölder ja Sokk, 1996):

- ei saa rakendada, kui temperatuur on alla +5 °C, sooja on vaja vähemalt 10 °C, parem 15 °C või üle selle;
- biokoosluse väljakujunemiseks kulub palju aega ja seetõttu on uut seadet vaja inokuleerida pikemat aega töötanud seadmest toodud settega;
- biogaas on plahvatusohtlik;
- sisepõlemismootori kütusena kasutatavat biogaasi tuleb lisanditest puhastada;
- reoveesette puhul piirab anaeroobse protsessi kiirust polümeersete ainete lagunemise (hüdrolüüsi) ulatus. Selle suurendamiseks kasutatakse materjali eelkäitlust eesmärgiga viia reoveesettes sisalduv orgaaniline aine lahustunud olekusse (Menert jt, 2003).

METAANKÄÄRITAMISE JUHTIMINE

Metaankäärimine on igasuguste kõrvalmõjude suhtes väga tundlik. Aeroobse protsessiga võrreldes peab substraat olema märksa kontsentreeritum ning orgaanilise aine lagunemine võtab rohkem aega (Batstone, 1999). Anaeroobses keskkonnas püütakse mikroorganismidele luua sellised tingimused, et igas anaeroobse lagunemise faasis osalevad bakterid saaksid normaalselt kasvada. Bakterimassi kasvu mõjutavad pH ja temperatuur ning sette toitesoola- ja mikroelemendi-, aga ka kasvu inhibeerivate ja toksiliste ühendite (nt H_2S, NH_4) sisaldus. Samas tuleb anaeroobse protsessi astmeid hoida omavahel tasakaalus, nt tuleb vältida orgaaniliste hapete kuhjumist kiire atsidogeneesi tulemusena, mis alandab pH-d ning see omakorda pidurdab metaanibakterite (optimaalne pH = 7,5) elutegevust ja biogaasi moodustumist.

BIOMETAAN VÕI BIOVESINIK?

Üks anaeroobse protsessi reguleerimise võimalusi on eemaldada osa fermentatsioonil tekkivatest orgaanilistest hapetest ja vesinikust (joonis 5). Siis toimuvad orgaaniliste hapete teke (fermentatsioon) ja nende kasutamine (metanogenees, fotofermentatsioon, termokeemiline muundamine vm protsess) eraldi reaktorites (Biomethane & Biohydrogen, 2003; Claassen jt, 2004). Lisaks orgaanilistele hapetele tekib fermentatsioonil ka gaasilist vesinikku, mis on metaanibakterite elutegevuseks suurepärane substraat. Kui aga vesiniku kontsentratsioon on liiga kõrge – üle 0,1 mahuprotsendi, pidurdab see nii fermentatsiooni kui ka järgnevat metanogeneesi. Seega oleks mõttekas protsessist eemaldada ka vesinik, mida saab omakorda kasutada näiteks energia tootmiseks kütuseelemendi abil. Metaani puhul tuleb peale tavapärase soojuse ja elektri tootmise kõne alla veel aurreformimine[2] vesiniku saamise eesmärgil või siis metaani otsene kasutamine kütuseelemendis.

KOKKUVÕTE

Reoveesettest saadav biogaas on suurepärane kütus, mis erineb maagaasist peamiselt vaid mõnikümmend protsenti väiksema metaanisisalduse poolest. Suur erinevus seisneb aga selles, et biogaas liigitatakse taastuvate energiaallikate hulka, sest seda tekib orgaanilise päritoluga jäätmetest pidevalt juurde. Kasutades tekkinud biogaasi elektri ja soojuse koostootmisjaamades, nagu seda juba praegu tehakse Pääsküla prügilas kahe *Jenbacheri* gaasimootori abil, on võimalik äärmiselt tõhusalt toota elektrit ja soojust. Soojus tarvitatakse kohapeal hoonete kütmiseks ning elekter müüakse praegu kehtiva soodustariifiga elektrivõrku. Sel viisil on võimalik säästa fossiilkütuseid ja vältida ohtliku kasvuhoonegaasi õhkupaiskamist. Kui prügilas tekkiv biogaas kinni püütakse, ei ole karta ka prügi isesüttimist. Energiasaamisest märksa olulisem on aga kliimamuutuste pidurdamise aspekt. Kui koguda ja utiliseerida tonn metaani, jääb ümberarvestatult atmosfääri paiskamata tervelt 21 tonni süsihappegaasi.

Teoreetiliste arvutuste põhjal on ühest tonnist settest võimalik saada 162 kg metaani (kui biogaasis on 65% metaani). Seega väldib aastase metaanitoodangu (3100 tonni) ärakasutamine 65 100 tonni süsihappegaasi õhku paiskamise.

Euroopa Liidu 25 liikmesriigi vahel käivitus alates käesoleva aasta algusest CO_2 lubatud heitkogustega kauplemise süsteem, mille põhimõtted on fikseeritud Euroopa Komisjoni direktiivis (*Directive* 2003/87/EC…, 2003). See on esimene kolme aasta pikkune kauplemise õppimise ja harjutamise etapp, mis veel ei haara taastuvate energiaallikate baasil energiatootmisel välditud kasvuhoonegaaside heitkogustega kauplemist. Harjutusperioodile järgneb viie aasta pikkune (2008–2012) kauplemine kogu maailmas, s.o kõigi kliimakonventsiooni osaliste vahel. Kyoto paindlike mehhanismide (siin peetakse silmas ühisrakendust, ingl k *joint implementation*) rakendamise tulemusena saavutatud kasvuhoonegaaside vähendamise reaalsete tulemuste arvessevõtmiseks on Euroopa Komisjon kehtestanud nn sidusdirektiivi 2004/101/EÜ (*Directive* 2004/101/EC…, 2004). Sidusdirektiiv võimaldab lülitada kauplemisse taastuvate energiaallikate, sh biogaasi kasutamise tulemusel vähenenud heitgaasikoguseid. Teenitud tulu saaks kasutada taastuvenergiale pühendatud projektides ning säästvate tehnoloogiate, sh metaani- ja vesinikutootmisviiside edendamiseks.

[2] Aurreformimine on protsess, milles metaan ja teised maagaasis leiduvad süsivesinikud muudetakse veeauru ja nikkelkatalüsaatori juuresolekul vesinikuks ja süsinikmonooksiidiks $CH_4 + H_2O \leftrightarrow CO + 3H_2$, $\Delta H = +251\ kJmol^{-1}$

Viidatud allikad

Batstone, D. J. High rate anaerobic treatment of complex wastewater. PhD Theses, University of Queensland, Oktoober 1999.

Bio-methane & Bio-hydrogen: status and perspectives of biological methane and hydrogen production. Ed by J.H. Reith, R.H. Wijffels and H. Barten, 2003.

Carrington, E. G. Evaluating of sludge treatments for pathogen reduction. Final report, Study Contract no. B4-3040/2001/322179/Mar for European Commission, September 2001.

Cheremisinoff, P. N. Sludge: management and disposal. Englewood Cliffs (N.J.): Prentice Hall, 1994.

Claassen P.A.M., van der Wal F.J., van Noorden G. E., Elbersen H.W., Wichen J. M. van. Bio-Hydrogen and methane from domestic organic waste in Wageningen.

http://www.biohydrogen.nl/ (02.04.2004).
Council Directive 86/278/EEC of 12 June 1986 on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture.
http://europa.eu.int/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexapi!prod!CELEXnumdoc&lg=en&numdoc=31986L0278 (15.03.05).
Council Directive 91/271/EEC of 21 May 1991 concerning urban waste water treatment. http://europa.eu.int/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexapi!prod!CELEXnumdoc&lg=EN&numdoc=31991L0271&model=guichett (15.03.05)
Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council of 13 October 2003 establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the community and amending Council Directive 96/61/EC (text with EEA relevance) [EÜT L 275/32, 25.10.2003].
Directive 2004/101/EC of the European Parliament and of the Council amending Directive 2003/87/EC establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community, in respect of the Kyoto Protocol's project mechanisms (text with EEA relevance).
Elektri ja soojuse koostootmine Pääskü-la prügilast. Lepingulise töö aruanne Keskkonnaministeeriumile ja Keskkonna-investeeringute Keskusele. Toim T. Kallaste. Säästva Eesti Instituut, SEI-Tallinn. Tallinn, 2002. 106 lk.
Gavala, H. N., Yenal, U., Skiadas, I. V., Westerman, P., Ahring, B. K. 2003. Mesofilic and termofilic anaerobic digestion of primary and secondary sludge. Effect of pre-treatment at elevated temperature. – Water Research 37, lk 4561–4572.
Kallaste, T. Eesti kui ÜRO kliimamuutuste raamkonventsiooni liikmesriik. SEI-Tallinn, 2001.
Keskkond ja tehnika / Kaljumäe, J., Loigu, E., Marksoo, P., Munter, R., Mölder, H., Raia, T., Rannamäe, R., Ruut, J., Truumann, M., Velner, H.A., Võsu, A. Tartu: Eesti Loodusfoto, 1998.
Kurissoo, T. ja Vilu, R. 1998. Meetod taimehaigusi tõrjuva orgaanilise väetise tootmiseks reovete puhastusseadmete settemudast. Eesti patent nr EE03867 B1.
Menert, A., Rikmann, E., Michelis, M., Vaalu, T., Blonskaja, V., Vilu, R. Anaerobic mesophilic digestion of sludge with extra-thermophilic and high pH pre-treatment. 4th Conference on the Establishment of Cooperation between Companies and Institutions in the Baltic Sea Region (Kalmar Eco-Tech '03), 2004, pp 451–463.
Michelis, M. Paljassaare reoveepuhastusjaama jääkmudast H_2 eraldamine. Seosed H_2 kasutamise ja kliimamuutuste leevendamise vahel. Bakalaureusetöö, Tallinn: TTÜ, 2003, 88 lk..
Mölder, H., Blonskaja, V., Sokk, O., Vaalu, T. Tallinna reoveepuhastusjaama jääkmuda koguse vähendamiseks ja metaangaasi koguse suurendamiseks rakendatavate eelkäitlusmeetodite laboratoorne uuring. – *Lepingulise töö nr 3 – 407 1. etapi aruanne.* Tallinna Tehnikaülikooli keskkonnatehnika instituut. Tallinn, 2000.
Mölder, H. ja Sokk, O. Tootmisreovee anaeroobne käitlus - tuntud puhastusmeetodite nüüdisaegne alternatiiv. – Keskkonnatehnika 1996, 4, lk 4–5.
Mölder, H. ja Võsu, A. Setteprobleem reoveepuhastuses. – Keskkonnatehnika 1996, 2, lk 15.
Reoveesette käitluse inventuuri teostamine Eestis. OÜ Vetepere, 2001. Leping nr 2-15-16/142; 2-15-16/238. Tellija: EV Keskkonnaministeerium.
Spinosa, L. Developments in sludge management in Europe. *Sludge Management Entering the 3rd Millennium. Industrial, Combined, Water and Wastewater Residues.* Proceedings of the 3rd IWA Conference, 25–28 March 2001, Taipei, Taiwan.
Umbleja, S. Tallinna Vesi AS heitveepuhastusjaama jääkmuda käitluse mesofiilse anaeroobse protsessi analüüs. Bakalaureusetöö. Tallinn: TTÜ, 2001, 82 lk.
Veski, R. Teadus ja seadus kütuste klassifitseerimisest. – Keskkonnatehnika 2001, 2, lk 22–25.