

**Tartu Ülikooli Bioloogia-geograafiateaduskond
Keskkonnatehnoloogia eriala**

Robert Kiviselg

**Tuuleenergeetika, selle arengut mõjutavad tegurid ja perspektiiv
Eestis**

Bakalaureusetöö

Juhendaja: PhD Ain Kull

Tartu 2003

Sisukord

SISSEJUHATUS.....	3
1. EESTI ENERGEETIKA ARENG JA HETKESEIS	5
1.1 EESTI ENERGIAMAJANDUS	5
1.2 FOSSILNE KÜTUS - PÕLEVKIVI.....	8
1.3 ÜLEVAADE EESTI ELEKTROENERGEETIKAST	8
1.4 EESTI ENERGIAPOLIITIKA EESMÄRK JA TAASTUVENERGIAALLIKAD.....	10
2. EESTIS KEHTIVAD TAASTUVENERGEETIKAT PUUDUTAVAD SEADUSED	11
2.1 ELEKTRITURUSEADUS.....	12
2.2 KÄIBEMAKSUSEADUS	13
2.3 SÄÄSTVA ARENGU SEADUS	13
2.4 KÜTUSE- JA ENERGIAMAJANDUSE PIKAAJALINE RIIKLIK ARENGUKAVA	13
2.5 KOHALIKE OMAVALITSUSTE KORRALDUSE SEADUS	13
2.6 EESTI RAHVUSLIK KESKKONNASTRATEGIA	14
2.7 SAASTETASU SEADUS	14
2.8 PLANEERIMIS- JA EHTUSSEADUS.....	14
3. EESTIT PUUDUTAVAD RAHVUSVAHELISED KOKKULEPPED JA EL DOKUMENDID	15
3.1 ÜRO KLIMAMUUTUSTE RAAMKONVENTSIOON - KYOTO PROTOKOLL	15
3.2 DIREKTIIVID	16
3.3 EL VALGE RAAMAT.....	16
3.4 MADRIIDI DEKLARATSIOON	16
3.5 VÄLISÕHKU ERALDUVATE SAASTEAINETE PIIRVÄÄRTUSTE DIREKTIIV	16
4. TUULEENERGIA KASUTAMISE AJALUGU EL-S JA MUJAL MAAILMAS	17
5. TUULEENERGEETIKA TULEVIKUVÄLJAVAATED	21
5.1 TUULEENERGEETIKA ARENG MAAILMAS AASTANI 2020	22
6. TUULEENERGIA KASUTUSELEVÕTT EESTIS	23
6.1 TUULEENERGIA RESSURSID EESTIS	24
6.1.1 Tuulekiiruse territoriaalne muutlikkus.....	25
6.1.2 Tuulekiiruse aastane käik ja varieerumine	26
6.1.3 Tuule energiatihedus Eestis	27
6.1.4 Kasutatav tuuleenergia ja kasutegur	28
7. TUULEENERGIA HETKESEIS EESTIS.....	31
7.1 RAJAMISEL OLEVAD TUULEPARGID EESTIS.....	33
7.2 TUULEENERGEETIKA ARENGUT MÕJUTAVAD TEGURID EESTIS	35
8. TUULEENERGEETIKA TULEVIK EESTIS	36
9. TUULEENERGEETIKAGA JA TUULEELEKTRIAAMADEGA SEOTUD PROBLEEMID	38
9.1 TUULIKUTE KOOSTÖÖ TEISTE ELEKTRITOOTJATEGA	38
9.1.1 Koostöö põlevkivielektrijaamadega.....	38
9.1.2 Hüdroenergia.....	39

9.1.3 Päikeseenergia.....	39
9.1.4 Bioenergia, olmeprügi, sõnnik ja põhk.....	40
9.1.5 Geotermiline-, laine- ja loodeteenergia.....	41
9.1.6 Düüselgeneraator.....	41
9.1.7 Tuumaenergia.....	41
9.1.8 Gaasiturbiinjaam.....	41
9.2 ENERGIA SALVESTAMINE, KÜTUSEELEMENT.....	42
10. TUULIKUTE RAJAMISEGA SEOTUD SOTSIAALMAJANDUSLIKUD JA KESKKONNAPROBLEEMID.....	43
10.1 KESKKONNAMÕJU.....	43
10.1.1 Mõju linnustikule.....	44
10.1.2 Mõju koha looduslikkusele.....	46
10.1.3 Visuaalne reostus.....	47
10.1.4 Müra.....	47
10.1.5 Elektromagneetiliste häirete tekitamine interferents.....	48
10.1.6 Õnnetusjuhtumid.....	49
10.1.7 Maakasutus.....	50
10.1.8 Ümbruskonna kliima mõjutamine.....	50
10.1.9 Reostusohu.....	51
10.2 TUULEENERGIA HIND.....	51
10.2.1 Hinnaprognosis.....	52
10.2.2 Investeeringuvõimalused.....	54
10.2.3 Muud toetussüsteemid.....	55
11. TUULETURBIINI VÕI TUULEPARGI RAJAMINE.....	56
11.1 ELEKTRIVÕRGU OLEMASOLU, SELLE VÕIMSUS JA LIITUMINE.....	60
11.2 TUULE KIIRUSE JA EELDATAVA TUULEENERGIA TOODANGU HINDAMINE.....	60
11.3 DOKUMENTATSIOON.....	61
11.4 Ehitustööd.....	61
KOKKUVÕTE.....	62
SUMMARY.....	65
KASUTATUD KIRJANDUS.....	69

Sissejuhatus

Kogu eksistentsi vältel on inimesed rakendanud oma heaolu tagamiseks päikesekiirgust, tuult, vooluvett, biomassi ja fossilseid kütuseid. Alles 19. sajandist on kasutada ka elektrienergia, millest on tänaseks saanud kogu elukvaliteedi ja majanduse tugitala.

Kuni tänaseni on olnud peamine elektrienergia tootmiseks kasutatav kütus fossiilset päritolu (kivisüsi, pruunsüsi, nafta, põlevkivi, maagaas, turvas, radioaktiivne aine), mis on tekkinud fotosünteesi, sette- ja geoloogiliste protsesside tulemusena. Nende orgaaniliste ja mitteorgaaniliste kütuste tekkeprotsessi mõõdetakse miljonite aastatega, kuid inimkond on võimeline need ammendama vaid mõne sajandiga. Seejuures toimub varude kasutamine äärmiselt ebaefektiivsel viisil – enamus neist lõpetab oma eksisteerimise ebaefektiivse põlemise läbi.

Maailma kliima muutumise, elukeskkonna pideva halvenemise ja fossilsete kütuse peatse lõppemise tõttu on suurem osa arenenud riikidest omaks võtnud loodussäästliku arengustrateegia. Eesti ambitsioon on olla osa arenenud riikide kogukonnast - Euroopa Liidust ja NATOst. Antud eesmärgi täitmiseks, peab ta omaks võtma teatud käitumisreeglid, mis on saavutatud tänu arvukatele ja põhjendatud diskussioonidele. Teine, heaolu saavutamise aspekt, on omaenda ühiskonna elukeskkonna muutmine elamis- ja keskkonnasõbralikuks. Neist kahest eesmärgist kinni pidamisel, tuleb ka Eestil koos kõikide huvigruppide ja institutsioonidega pöörata pilk tulevikku, sealhulgas mõelda tulevikule globaalselt ja tegutseda selle nimel lokaalselt.

Taastuenergia laialdasemal kasutuselevõtul langeb põhirõhk kindlasti tuuleenergiale kui praegusel ajal taastuenergiaallikatest elektrienergia kõige konkurentsivõimelisemale tootmisviisile. Tuuleenergia kasutamisest elektrienergia saamiseks on Eestis räägitud juba pikka aega ning on tehtud ka mitmeid katseid selle arendamisel. Kahjuks on erinevatel poliitilistel, tehnilistel ja majanduslikel põhjustel areng veel aeglane. Üheks pidurdavaks jõuks on kartus tuuleenergia sobimatusest Eesti energiasüsteemi, kus domineerivad põlevkivielektri jaamad. Kuna tuuleenergia ei ole ühtlane (tuul on puhangulise iseloomuga), siis saadav elektrienergia (võimsus) vajab tasakaalustamist. Eesti hetkesituatsioonis, kus peamine energia tootmine toimub põlevkivielektri jaamades ning puuduvad teised kiiresti

reageerivad elektrijaamad, on tuuleenergia “silumiseks” kasutada ainult Narva elektrijaamade nn. „kuum reserv“.

Käesolev uurimus sisaldabki analüüsi, missugused on Eestis tuuleenergeetika võimalused ja selle liitmine ühtsesse energiasüsteemi. Töö esimeses osas käsitletakse Eesti energiasüsteemi olemust ja tulevikuperspektiivi. Ülejäänud töö on pühendatud tuuleenergeetikale, kus käsitletakse tuuleenergeetikat mõjutavaid seadusi Eestis ja arengut suunavaid akte maailmas. Samuti käsitletakse erinevaid tuuleenergeetikat puudutavaid teemasid nii laiemas – *ajalugu, olevik, tulevik* - kui kitsamas – *tehnoloogia, hind, rajamine, keskkonnamõju* - tähenduses.

1. Eesti energeetika areng ja hetkeseis

1.1 Eesti energiamajandus

Energeetika on iga riigi majanduse üks tugitaladest. Ilma töökindla elektrienergia varustuseta, mille tagab rahvuslik energiasüsteem, pole tänapäeval mõeldavad enamus tegevusalasid.

Eestis on viimased 40–50 aastat toodetud peamine osa elektrienergiast (98 %) fossiilse kütuse (põlevkivi) põletamisel. Majanduse struktuurist lähtuvalt on põlevkivipõhine elektrienergia tootmine suurim keskkonnamõjutaja, kuna põlevkivi sisaldab orgaanilist ainet vaid 30-40 %. Sellest järeldeb, et ühe tonni põlevkivi põletamisel tekib 600-700 kg jäätmeid, millele lisandub veel osaliselt põlemata ja põlenud orgaanilise aine tuhk ja ca üks tonn CO₂ – te ning muid gaase (tabel 1). Seni lahendamata probleemiks on põlevkivielektri jaamade looduslikesse veekogudesse juhitava hüdrotuhaärastuse liigvete (pH 12 ning raskemetallid) puhastamine (Lahtvee, 2002).

Oluliseks atmosfääri kvaliteedi mõjutajaks on väävlid ja lendtuha heitmed. Peamiselt põlevkivienergeetikast emiteeruvad väävlid heitmeid paiskab Eesti atmosfääri 1,4 korda rohkem kui saabub õhusaaste kaugleviga väljaspoolt. CO₂ emissioon ühe elaniku kohta on Eestis üks maailma kõrgemaid, olles ca 14 tonni maailma keskmise 0,6 vastu (Kallaste, 1998).

Tabel 1. *Kui palju kulub põlevkivi ja vett 1 kWh elektrienergia tootmiseks ning kui palju erinevaid kahjulikke aineid ja tuhka selle tulemusena tekib* (Lahtvee, 2002)

1,3 kg põlevkivi => 1 kWh elektrit 0,1 m ³ vett	1,1 kg CO ₂
	0,5 kg tuhka
	8,8 g SO ₂
	1,1 g NO _x
	0,1 g HCl
	9,3 mg sulfaate
	8,8 mg CO
	0,4 mg üldist lämmastikku

Siiski on elektritootmise negatiivne mõju loodusele viimastel aastatel veidi vähenenud. Põhjus on esmajoonel tootmismahu ca 48 %-ne vähenemine ja katelde üleviimine keevkihis

põletamisele, kuid ka põhimõte "saastaja/tarbija maksab" evitamine ning uute puhastussüsteemide kasutuselevõtt.

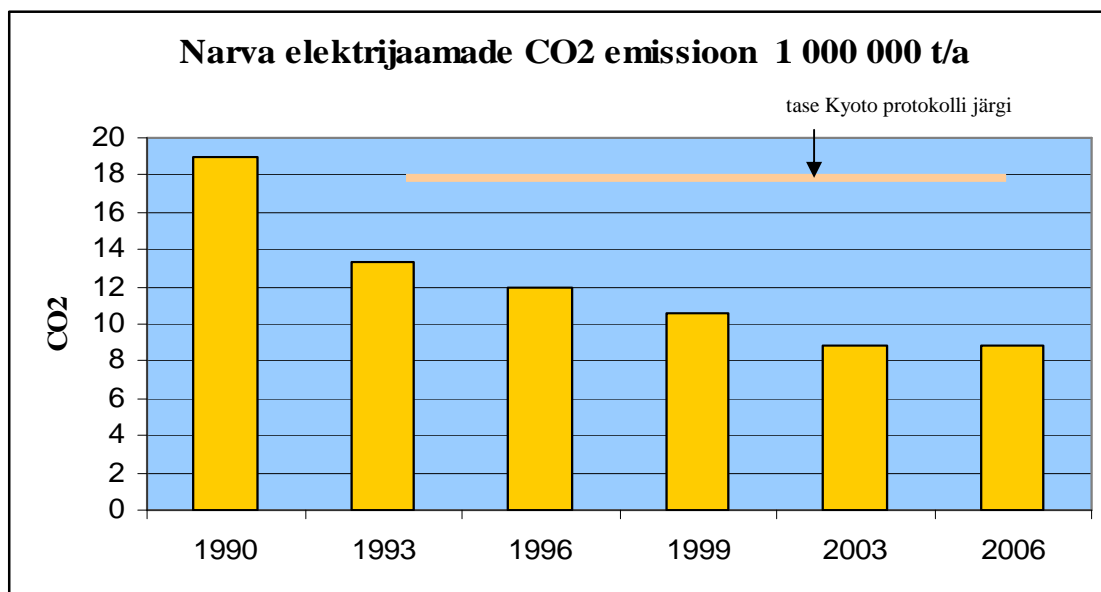
Märkimisväärne meie elektritootmises on üle normi kõrged elektrikaod. 1994. aastal olid kaod ligikaudu 19 %. Tänu elektrivõrkude renoveerimisele on kaod tänaseks küll vähenenud (13 %-ni), kuid siiski on need võrreldes Saksamaaga (kaod-3,5 %) märkimisväärselt suured. Selle peamiseks põhjuseks on tarbijate suured kaugused energiaettevõttest, kuni 350 km. Raske on kontrollida ka väiketarbijate elektrivargusi (Statistikaamet, 2002; Kallaste, 1999a).

On kujunenud olukord, kus elektrienergia tootmisvõimsused ja põlevkivi kaevandamise võimalused ületavad kohaliku tarbimise vajadused peaaegu kahekordselt. Olemasolevad võimsused on alakoormatud ja seetõttu on ka tootmise efektiivsus langenud. Vananenud seadmete ja tehnoloogia tõttu on kütuse erikulu 10-15% suurem kui see oleks moodsa tehnoloogia kasutamisel (Kallaste, 1999a). Tugevat keskkonnamõju omav elektritootmine on kontsentreeritud väga kitsasse Kirde-Eesti piirkonda. Kõrgete korstende tõttu on elektrijaamad piiriülese õhusaaste allikaks ning mõjutavad globaalset kliimat.

Elektrijaamade peamised negatiivsed keskkonnamõjud on järgmised:

- katlamajadest tulev lokaalne õhusaaste;
- piiriülene õhu saastumine ja globaalne kliima soojenemine;
- ammenduvad maavarad;
- pinnase, vee ja maastike saastumine ja rikkumine;
- suurte jäätmekoguste tekkimine;
- pinna- ja põhjavesi saastub tuhaväljadele pumbatud tugevasti leeliselise ja raskmetalle sisaldava heitveega.

Eesti Vabariigi energiapoliitika ja -strateegia peamine eesmärk on tarbijate varustuskindluse tagamine igat liiki kütuste ja energiaallikatega ning tarbijate kindlustamine võimalikult soodsa hinna ja tariifiga kütuse- ja energialiikidega, tagades minimaalse kahju ümbritsevale keskkonnale (Keskkonnastrateegia, 1999). Kuna Eesti on mitme konventsiooni ja rahvusvahelise lepingu liige, on energiasektoris välja töötatud strateegia emissiooni vähendamiseks, mida on näha ka joonisel 1.



Joonis 1. Narva elektrijaamade CO₂ emissioon 1000 000 tonni/aastas. (Aarna, 2000)

Eesti Energia arvutuste kohaselt suudaksid Narva elektrijaamad, arvestades kahte uut ja olemasolevaid vanu energiaplokke, toota elektrienergiat aastatel 2008-2015 keskmiselt 5340 GWh aastas. Praegune kodumaine vajadus koos kadudega ulatub samas 7000 GWh ehk aastal 2008 tekib juba kodumaise tootmisvõimsuse defitsiit. 2015. aastast suudaks Narva elektrijaamad euronormide kohaselt kahe uue energiaplokiga toota vaid 2300 GWh ehk vaevalt kolmandiku praegusest vajadusest. Samas, tarbimine kasvab, näiteks meie põhjanaabritel on see 3-5 korda inimese kohta kõrgem kui meil. 1995. aastal tehtud uurimuse põhjal prognoositakse Eestis aastani 2010 igaaastast elektrienergia nõudluse kasvu 1-4 % (Majandusministeerium..., 2001).

Kuna põlevkivil põhinev energia tootmine on Eestis suurim kasvuhoonegaaside tekitaja, siis Euroopa Liidu karmistunud keskkonnanõuded sunnivad Eesti Energiat uuendama nelja Narva elektrijaamade energiaplokki ning investeerima alternatiivsete energiaallikate kasutuselevõtmisse. Antud eesmärkideni jõudmisele aitab tublisti kaasa maksupoliitika. Alates 2000. aastast võeti kasutusele CO₂ maks, mis oli siis 5 EEK/t, hetkel on see kasvanud 7,5 kroonini tonni eest. Kuigi see maks on üsna väike, nõuab see siiski AS Eesti Energia tähelepanu pööramist CO₂ emissiooni vähendamiseks. Hetkel on AS Eesti Energia oma põhilised jõud koondanud olemasolevate üksuste efektiivsuse tõstmiseks, kuid pöörab üha enam tähelepanu ka taastuvatele energiaallikatele (Saastekahju..., 1994).

1.2 Fossiilne kütus - põlevkivi

Eestis leiduvat kukersiiti peetakse maailma üheks parimaks põlevkiviks. Selle maardlad paiknevad riigi kirdeosas ning jagunevad kaheks piirkonnaks. Suurim Eesti maardla sisaldab ligi 8 miljardit tonni põlevkivi, millest 4,2 miljardit tonni on hästi uuritud. Tapa maardla uurimine on alles algjärgus ja selle varu hinnatakse 2,5 miljardi tonnile (Reinsalu., 1998). Põlevkivi hulka võib lugeda ka Põhja-Eestis leiduvat argilliiti, mille varud on kukersiidi varudest palju suuremad, kuid väikese kütteväärtuse tõttu pole seni kasutamist leidnud. Meie põlevkivi praegune aastatarbimine on 14-16 miljonit tonni (Statistikaamet, 2002). Võrreldes põlevkivi varusid aastase tarbimisega näeme, et jutud varude lõppemisest lähemate aastakümnete jooksul on ilmselt liialdatud. Sõltuvalt põlevkivi kaevandamise ja energia tootmise intensiivsusest, jätkub Eestis olevaid varusid 20-50 aastaks (Hein, 1991). See aga ei tähenda, et võime muretult tulevikku vaadata. Esiteks võib tulevikus põlevkivi tähtsus keemilise toormena osutada suuremaks kui praegu kütusena. Teiseks reostab põlevkivi põletamine küllaltki palju keskkonda, sellele on juba ammu rahvusvahelises ulatuses tähelepanu pööratud (Kallaste, 1999b).

Toornafta hinnatõus ning alternatiivsete energiaallikate vähesus panevad üha suurema rõhu taastuvatele energiaallikatele, millede saamiseks on Euroopas investeeritud juba sadu miljoneid eurosid.

Alternatiivsete energiaallikate kasutuselevõttu Eestis pärsib põlevkivi suhteliselt odav hind. 1992. aastal oli põlevkivi tonni müügihind 36 kr ja 2000. aastal 133 kr/t. Hiljem 2001. aastal alandati 1,8 krooni võrra, hetke hinnaks fikseerivad elektrijaamad 129 kr/t. Samuti on põlevkivitööstusel sotsiaalselt oluline roll, kuna annab tööd ligikaudu 15 000 inimesele (Kallaste, 1999a). Siiski ei tohi põlevkivitööstus muutuda piduriks Eesti arengule taastuveneergeetika suunas.

1.3 Ülevaade Eesti elektroenergeetikast

Eesti on üks vähestest Euroopa riikidest, mis suudab peaaegu kogu oma elektrienergia tarbe katta kodumaise kütusega. Elektrienergia tootmine on koondunud peamiselt Kirde-Eestisse, kus asuvad suurimad elektritootmisettevõtted. Peale Eesti ja Balti Elektri jaama on elektrijaamu rajatud ka Tallinna (Iru - gaas, Ülemiste – gaas ja masuut) ja Põhja-Eestisse (Kohtla-Järve, Ahtme). Kõik jõujaamad peale Iru on vanad ja kasutuskõlbmatuks muutumise lähedal. Balti Elektri jaama, Kohtla-Järve ja Ahtme elektrijaamade hinnatav eluiga on veel

1.4 Eesti energiapoliitika eesmärk ja taastuvenergiaallikad

On ilmne, et põlevkivi osakaalu energiamajanduses tuleb vähendada. Samas pole Eestis tehtud valikut, milliste energiaallikatega põlevkivi asendada ja milline saab olema taastuvenergiaallikate tegelik osatähtsus. Eesti energeetikat suunava *Kütuse- ja energiamajanduse pikaajalise riikliku arengukava* (Küttuse..., 1998) otsused taastuvenergiaallikate osatähtsuse suurendamiseks 2/3 võrra aastaks 2010 (võrreldes aastaga 1996), pole andnud soovitud tulemust. See omakorda nõuab valitsuse jõulist sekkumist ja tõhusa toetusmehhanismi väljatöötamist. Vähem saastavate taastuvenergiaallikate kasutuselevõtmine ja põlevkivitööstuse rekonstrueerimine on seotud suurte investeeringutega, mistõttu tehtavad otsused peavad olema põhjendatud.

Põlevkivi asendamine maagaasi või vedelkütustega vähendab kasvuhoonegaaside, aheraine, tuha ja šlakijäätmete teket, kuid koormab väliskaubanduse bilanssi, suurendades samaaegselt sõltuvust teistest riikidest. Kui 1960. aastal, mil põlevkivi kasutamine ekspordelekttri tootmiseks polnud veel õieti alanud, oli kodumaiste kütuste osatähtsus Eestis 84 % ja varustuskindlus ei olnud seega päevakorras, siis 1999. aastaks, oli kodumaise kütuse osatähtsus langenud juba 56 %-ni ja selle vähenemise peatamine on üks olulisemaid valitsuse ülesandeid, mille täitmisel peaks olema põhiline osa taastuvenergiaallikatel (Kallaste, 1999a).

Eestis ületab energiaseadmete võimsus märgatavalt riigisisest tarbimisvõimsust. Energeetika peamiseks probleemiks on vananenud seadmete uuendamine ning soojuselektrijaamade ja energiasüsteemi tõhususe suurendamine. Seepärast pole riikliku energiapoliitika kujundajad piisavalt huvitatud taastuvenergia kasutamisest. Ometi peaks energeetika arengukavades silmas pidama ka kaugemat tulevikku, mil põlevkivil põhinev energia tootmine hakkab varude lõppemise tõttu ammenduma.

2. Eestis kehtivad taastuveneergetikat puudutavad seadused

Eesti keskkonda ja energeetikat kajastavates dokumentides leiame kahjuks veel vähe otsest kohustusi võtvaid termineid, tihti kohtab sõnu nagu *ergutada, kavandada, stimuleerida* jne. Samuti on Eestis kehtivad saastemaksud liialt madalad ja taastuveneergetia toetus väike, ning seetõttu võib alternatiivenergiate laialdasem kasutamine kaugemale tulevikku edasi lükkuda. Taastumatute kütuste põletamine ja odavate saastemaksude tasumine on hetkel kasulikum kui taastuvate eneergetiate kasutamine.

Puudus on toetavast maksupoliitikast, kogemustest ja teadmistest, mis takistavad alternatiivsete eneergetiaallikatele laialdast kasutamist. Eestis ei ole kodumaist tööstust, mis toodaks hüdro- või tuuleturbiine, enamik vahenditest tuleb importida (Majandusm..., 2001).

Kõige olulisem on taastuveneergetiat soodustav seadusandlus ning selle rakendusmeetmed. Seadusandlusega tuleb fikseerida taastuveneergetia hind, mis peab olema konkurentsivõimeline, vastasel juhul ei toimu selle kasutuselevõtmises murrangut. Taastuveneergetia hinnapoliitikat võiks vormida nii, nagu see toimub Saksamaal – näiteks tuuleenergiatele on madalama tootlikuse ja suuremate investeeringute tõttu kohaldatud kõrgem kokkuostuhind ning leebem maksupoliitika, mida kompenseeritakse riigiabi vahenditest (Tepp, 2002a).

Taastuveneergetia projektide tasuvamaks ja atraktiivsemaks muutmisel peaks Eesti rakendama arenenud riikide analoogilisi investeerimissoodustusi. Esmajärjekorras oleks vaja:

- vabastada taastuveneergetia käibemaksust ka pärast 2006. aastat;
- luua erifond taastuveneergetia projektidele protsendivaba või madalaprotsendilise laenu andmiseks;
- tagada inflatsiooniprotsendi-suurune kasum omakapitalile (~20% projekti maksumusest), kuni projekti tasuvusaja lõpuni;
- eraldada taastuveneergetia jaamadele soodusrendiga maad riigi maafondist;
- ühendada taastuveneergetiajaamad riigi arvel riiklike elektrivõrkudega. *Elektrijaamad on ju osa riigi eneergetiasüsteemist ja nende toodangu andmine ühtsesse eneergetiavõrku toimub maksumaksjate rahaga loodud riikliku infrastruktuuri kaudu;*
- luua soojuse- ja elektritootjatele taastuvate kütuste kasutuselevõtmisel riiklik toetusmehhanism seadmete soodsamaks soetamiseks;

- kehtestada fossiilkütuste baasil energia tootjatele CO₂ - maks alates tootmisvõimsusest 1 MW, endise 50 MW asemel ja kasutada laekuvat raha eelnimetatud toetuste ellurakendamisel (selline kava on valitsusel olemas);
- toetada maailmast odavate laenude hankimist taastuvate kütuste tootmise ja kasutuselevõtmise laiendamiseks;
- toetada senisest rohkem riiklikest fondidest ja sihtprogrammidest taastuvate kütustega seonduvat teadus- ja arendustegevust (Tepp, 2001; Majandusministeerium..., 2001).

Alljärgnevalt on püütud antud teemat käsitlevatest dokumentidest välja lugeda taastuvate energiaallikate kasutamise seisukohast olulisimaid otsuseid ja hinnata nende senist tõhusust antud ala arendamisel.

2.1 Elektriturseadus

11.02.2003 Riigikogus vastu võetud Elektriturseadus (Elektriturseadus, 2003) tunnistab varasemalt taastuenergia hinda määratlenud Energiaseaduse kehtetuks. Elektriturseaduse eesmärgiks on muuta turg avatumaks ja soodustada konkurentsi kasvu. Samas soodustab see ka energia efektiivset kasutamist ning taastuvate energiaallikate kasutuselevõttu.

Seaduse kohaselt on turgu valitseval energiaettevõttel kohustus osta elektrienergiat tema võrguga ühendatud ettevõtjalt, kes toodab seda taastuvatest allikatest 1,8-kordse Narva Elektri jaamade eelmise kalendriaasta kaalutud keskmise tootjahinnaga. Praegu on Narva Elektri jaamade tootjahind 45 senti kilovatt-tunni kohta. Seega kujuneks praeguse tootjahinna järgi alternatiivenergia hinnaks ilma käibemaksuta 81 senti kW/h kohta (Elektriturseadus, 2003).

Alternatiivenergia hinna sidumine tootjahinnaga on õige, kuid seadusse kirjutatud koefitsient 1,8, ei ole alternatiivenergeetika arenguks ja äratasumiseks mõnede tuuleenergeetika arendajate arvates piisav. Väidetavasti tuleb selle hinnaga välja vaid erinevate abirahade toel. Leidub ka teisi, arvutustel põhinevaid arvamusi, kus väidetakse, et kokkuhoidliku majandamise ning normaalse mõõduka kasumimarginaali puhul on tuulikute püstitamine kasulik (Punning, et al., 2001; Tepp, 2003).

Tõsiselt võetava äriplaani koostamiseks, mis on vajalik näiteks tuulepargi projekti rahastajate leidmisel, peab olema võimalus piisava kindlusega prognoosida projekti tasuvust vähemalt järgnevas 10 aastaks.

2.2 Käibemaksuseadus

Riigikogu võttis vastu taastuvate energiaressursside kasutamist toetava täienduse Käibemaksuseadusesse – kuni 2007. aastani rakendatakse 0% käibemaksumäära tuule- ja veejõul toodetud elektrienergiale (Käibemaks..., 2001). Kahjuks on selle soodustuse mõju nüüdseks tagasihoidlik, kuna käibemaksukohustuslike äriühingute poolt tasutav käibemaks on tasaarveldatav, ent selle otsuse vastuvõtmise ajal üsna progressiivne samm.

2.3 Säästva arengu seadus

Ümbritseva keskkonna säästlikkuse nõue muutub ka energeetikas ökonoomsuse taotluse kõrval järjest olulisemaks. Konkreetse piirkonna energeetika arengut mõjutavad ka sama piirkonna keskkonnakaitsealased suunad ning arengukavad. Näiteks põlevkivil baseeruv energeetika ei vasta Säästva arengu seadusele, küll aga taastuvenergiad (Säästva..., 1995).

2.4 Kütuse- ja energiamajanduse pikaajaline riiklik arengukava

Kütuse- ja energiamajanduse pikaajalises riiklikus arengukavas on fikseeritud otsus tõsta taastuvenergeetika osakaalu 2010. aastaks 13% (Kütuse..., 1998). Paraku tõlgendatakse mainitud 13%-st taastuvenergia osakaalu mitte elektri tootmises, vaid põhiliselt soojusenergia ja selle kõrval vähemal määral elektrienergia tootmises. Taolises tõlgenduses on Eesti tänaseks nimetatud taseme puidu- ja turbapõhise soojatootmise arvelt juba saavutanud. Samas ei saa puitu ja turvast käsitleda “puhta” taastuvaenergiaallikana, vaid CO₂-neutraalse energia tootmisviisina. Seega ei vähenda nad (võrreldes tuule-, päikese, hüdro- jt. mittepõlevate taastuvate energiaallikatega võrreldes) elektrienergia tootmisest tingitud täiendava CO₂ koguse emiteerumist atmosfääri.

2.5 Kohalike omavalitsuste korralduse seadus

Oluline on ka omavalitsuste tegevus energeetika vallas. Kohalike omavalitsuste korralduse seadus esitab omavalitsustele nõudmise töötada välja majandusliku ja infrastruktuurilise arengu plaan, mis omakorda peaks hõlmama energeetika planeerimist. Samuti lasub KOV-l kohustus korraldada planeeringu ja keskkonnamõju hindamisega seotud tegevusi (Kohalike..., 1993).

2.6 Eesti rahvuslik keskkonnastrateegia

Eesti Keskkonnastrateegia püstitab energeetikutele eesmärgi suunata energiapoliitika efektiivse tehnoloogia arendamisele, negatiivse keskkonnamõju vähendamisele, taastuvate energiaressursside laialdasemale kasutamisele ja kasvuhoonegaaside emissiooni vähendamisele.

Kõikide eelpool mainitud üldsõnaliste ja konkreetsete otsuste täitmine tõstab kaudselt taastuvate energiaallikate konkurentsivõimet (Keskkonnastrateegia, 1999).

2.7 Saastetasu seadus

Saastekahju hüvitamise tasud on tõusnud ja tõusevad veelgi: SO₂ alates 1999. aastast 46,0 krooni, alates 2000. aastast 55,2 krooni ja alates 2001. aastast 66,2 krooni tonni kohta. Tõusid ka põletamistehnoloogiast olenevad tasud: CO₂ - maks rakendub 50-MW või suurema soojusvõimsuse korral 0 kuni 7,50 kr/t. Aastast 2003 võib CO₂-maks rakenduda kõigile energiaettevõtjatele, see sunnib väiksemaid ettevõtteid üle minema taastuenergia kasutamisele. Taastuenergia arengule aitab kaasa ka asjaolu, et soodustusi antakse neile, kes asendavad taastumatu loodusvara vähemsaastavaga või täiustavad tehnoloogiat, mille tulemusel kasutatakse vähem saastavat kütust. Määrus soodustab mittepõlevate taastuenergiaallikate konkurentsivõimet (Saastekahju..., 1994).

2.8 Planeerimis- ja ehitusseadus

Seadus reguleerib kavandatavate tegevuste planeeringute koostamist, ehituslikku projekteerimist ja kasutamist. Seaduse täpsem eesmärk on tagada võimalikult paljude ühiskonnaliikmete huvisid arvestavad tingimused keskkonna kujundamiseks ning selle kestvaks ja säästvaks arenguks.

Alternatiivset energiat ja selle tootmisjaamade rajamist puudutavaid seadusi on Eestis veelgi, kuid antud kontekstis on need vähem olulised: Kaitstavate loodusobjektide seadus, Ranna- ja kalda kaitse seadus, Asjaõigusseadus, , Muinsuskaitse seadus jne.

3. Eestit puudutavad rahvusvahelised kokkulepped ja EL dokumendid

Euroopa Liit on täna mures - kui taastuvate energiaallikate kasutuselevõtmiseks täiendavaid pingutusi ei tehta, siis tõuseb aastaks 2030 fossiilkütuste osatähtsus 86 %-ni kogutarbimisest (Eestis ületatud). Hirm sattuda liigsesse sõltuvusse fossiilseid kütuseid tarnivatest maadest ning taastumatute energiaallikate kasutamisest tulenev keskkonnakahju, on olnud liikumapanevaks jõuks taastuvenergia eeliskasutuse meetmete otsimiseks. Kuna Eesti tahab lähiajal saada EL liikmeks, siis peab ka tema tegema pingutusi taastuva energia laialdaseks kasutuselevõtuks.

3.1 ÜRO kliimamuutuste raamkonventsioon - Kyoto protokoll

Maailmas on tehtud mitmeid kasvuhoonegaaside (sealhulgas süsinikdioksiidi kui oluliseima kasvuhoonegaasi) vähendamise plaane. 1997. aasta septembri alguses toimus Kyotos kolmas ÜRO kliimamuutuste raamkonverents. Konverentsil sõlmiti raamkonventsioon ehk nn. Kyoto protokoll, kus osalusriigid leppisid kokku vähendada kasvuhoonegaaside emissiooni ümbritsevasse õhku. Baasaastaks valiti aasta 1990 (The United Nations Framework, 2002).

Protokollis võetud kohustused on kõige sobivamad täitmiseks turumajandusele üleminevates riikides (mille hulka kuulub ka Eesti). Seoses majanduse ümberstruktureerimise ja ekspordi vähenemisega (sealhulgas elektritootmise kolmekordse vähenemisega) on Eesti omale võetud kohustuse mitmekordselt täitnud. 1990. aastal oli Eesti kasvuhoonegaaside emissioon ümbritsevasse õhku 37,172 MtCO₂ ekvivalenti. 1999. aastaks oli kasvuhoonegaaside emissioon alanenud 11,553 MtCO₂ aastas. Seega on Eesti alandanud kahjulike heitmete emissiooni Kyoto protokollil alusel kohustuseks võetud 8 protsendi asemel 68 protsenti (Punning, et al., 2001).

Maailmas on palju heaoluriike, kus kasvuhoonegaaside vähendamine on kallid. Rootsis on peamised saasteainete emiteerijad transport ja tööstus – elektritootmine toimub tuuma- ja hüdrojaamades. Teisalt, Ida-Euroopa riikides on emissioonide “ülejäak”, mida on võimalik realiseerida. Seda defineeritakse kui “kuuma õhku”, sest reaalselt pole tehnoloogiaid uuendatud ega investeeringuid tehtud. Ühelt poolt ostjate ja teisalt müüjate huvist lähtuvalt, on leitud Kyoto protokollis toodud kohustuste täitmiseks moodus kasvuhoonegaaside

kaubanduse näol. Reaalselt pole turg veel käivitunud, kuid erinevaid mudeleid kasvuhoonegaasidega kauplemiseks on loodud (Kallaste, 1998).

3.2 Direktiivid

Euroopa Liidu Energiadirektiiv 96/92/EC sätestab elektrienergia siseturu eeskirjad liikumisel ühise energiaturu suunas. Vastavalt direktiivile antakse suurtarbijatele (neile, kelle tarbimine 1999. aastal oli vähemalt 40 GWh, 2000. aastal 20 GWh ja 2003. aastal 9 GWh) järk-järgult võimalus valida, kellelt nad elektrit ostavad (Hänsch, 1999).

Teine põhiline elektrienergeetikatööstust puudutav direktiiv on Suurte soojuselektrijaamade direktiiv (The Large Combustion Plants Directive, 88/609/EEC), mis näeb ette SO₂ emissiooni vähenemist üle 50 MW võimsusega soojuselektrijaamades 2003. aastaks 59 % võrra (võrreldes 1980-da baasaastaga) ja NO_x vähenemist 1998. aastaks 30 % võrra. Direktiiv sätestab ka SO₂, NO_x ja tolmuemissioonide maksimummäärad kaasaegseima tehnoloogiaga elektrijaamades (Kallaste, 1999).

3.3 EL Valge Raamat

1997.a. koostati taastuva energia kohta EL Valge Raamat. See dokument põhineb EL Komisjoni ettekannetele: Euroopa energia tulevikustsenaarium aastani 2020 ja TERES2. Antud dokumendid prognoosivad, et aastaks 2010 on Euroopas kasutatavast primaarenergiast 12% taastuv. Valge Raamatu eesmärk aastaks 2010 on toota näiteks tuuleenergia abil 40 000 MW energiat. Dokument ei sea spetsiifilisi eesmärke ühelegi liikmesriigile, kuid annab üldise trendi Euroopa Liidu energeetikasektoris (Capros, et al., 1999).

3.4 Madriidi deklaratsioon

Madriidis 1994. aastal peetud konverentsil loodi tegevuskava, mis käsitleb taastuvenergia arengut aastani 2010. Konverentsil koostati Madriidi deklaratsioon, mille järgi peaks taastuva energia osa aastaks 2010 saavutama 15%. Deklaratsioon ei andnud küll kindlaid arve tuuleenergia osatähtsuse kohta, kuid prognoosis päikese-, minihüdro- ja tuuleenergia summaarseks võimsuseks 2010. aastaks 55 000 MW (Capros, et al., 1999).

3.5 Välisõhku eralduvate saasteainete piirväärtuste direktiiv

Euroopa Parlamendi ja Euroopa Liidu Nõukogu 2001. aasta 23. oktoobril võeti vastu täiendatud direktiiv suurtest põletusseadmetest välisõhku eralduvate saasteainete heitkoguste

piirväärtuste kohta. Sellega kehtestati elektriyaamade aegunud seadmetele karmimad keskkonnanõuded, see sunnib Eestit 2008. aasta alguseks sulgema Narva elektriyaamades kasutusel olevad mitmekümne aasta vanused seadmed (Majandusministeerjum..., 2001).

4. Tuuleenergia kasutamise ajalugu EL-s ja mujal maailmas

Tegelikult kujutab kaasaegse tuuleenergeetika üleminek uude arengustaadiumi teatud mõttes tagasipöördumist minevikku. Antiikajal olid tuuleveskid kasutusel Vanas Egiptuses ning paar tuhat aastat tagasi Pärsias, kust nad levisid edasi Hiinasse. Sealt jõudis nende ehitustraditsioon üle Vahemeremaade Põhja-Euroopasse, kus hollandlased töötasid välja massiivsed tuuleveskid (Valma, 2002b). Algne tuule kasutamine seisnes peamiselt selle mehaaniliseks energiaks muundamises. Elektrienergia tootjana hakkati tuult kasutama alles 19. sajandi lõpus.

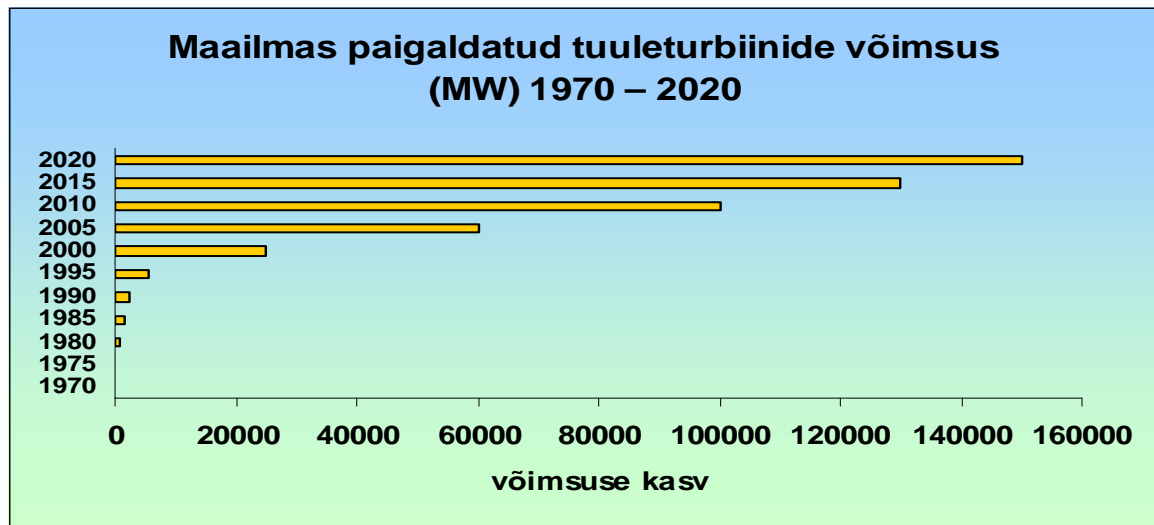
Tabel 3. *Elektrit tootva tuuliku areng* (Valma, 2002b; Valma, 2002c; Tomson, 2000)

Aeg	Sündmus
19. saj. lõpp	Ameeriklane Charles F. Brush ehitas maailma esimese tuuleturbiini, mille tiivik oli paljulabaline ja võimsuseks 12 kW. Antud tuulikud levisid kiiresti - peamiselt kasutati neid vee pumpamiseks.
20. saj. algus	Taani insener Poul la Cour ehitas kiirelt pöörleva tiivikuga tuuleturbiini, millel on kõigest mõni laba ja mille efektiivsus elektri tootmisel on tunduvalt suurem. Taanis moodustas tuuleenergia 3% kogu riigi elektrienergia tarbest (3MW).
1950	USA-s oli üle tuhande turbiini - peamiselt kasutati neid vee pumpamiseks.
1950 - 1973	Huvi tuuleenergia vastu jahtus, kuna oli olemas odav fossiilne kütus.
1973	Energiakriis - erinevad riigid hakkasid otsima abi alternatiivsetest energiatest
1979	Valmis Taanis kaks 630 kW võimsusega tuuleturbiini, millest üks töötab tänapäevani.
1980 - 1985	Kiire tuuleenergeetika areng Taanis, USA-s ja teistes arenenud riikides. Pakuti välja erinevaid kontseptsioone ja võimsusi.
1986 - ...	Tuuleenergeetika ülemaailmne kiire areng (1997. aastal oli kasv üle 75%)

Hinnanguliselt on maailma tuulikute koguvõimsus ületanud käesolevaks ajaks juba **30 000 MW-i**, millest $\frac{3}{4}$ on installeeritud Euroopa Liidus. Antud kogus energiat suudab varustada üle 10 miljoni majapidamise (EWEA, 2003).

Hiljuti avaldatud ülevaatest selgub, et tuuleenergeetika on maailmas kõige kiiremini kasvav energialiik. Kiirest laienemisest ja arengutempost annavad ettekujutuse joonis 2 ja tabel 4.

Viimases on toodud tuuleelektrijaamade installeeritud võimsuse aastased juurdekasvud Euroopas ja kogu maailmas.



Joonis 2. Maailmas toodetud tuuleturbiinide võimsus (MW) 1970 – 2020 (Milborrow, et al., 1999)

Euroopas on Saksamaa kõrval üheks kiiremaks tuuleenergeetika arenguga riigiks Hispaania, kes 1997. aastal möödus tuulejaamade koguvõimsuselt Hollandist ja Inglismaast. Arvestavate tuuleenergeetikat edendavate maade nimistusse on tõusnud Austria, edestades Soomet, Prantsusmaad, Norrat jt. Väljaspool Euroopat on suurima arengu läbi teinud Hiina, kiire areng jätkub ka India.

Tabel 4. Tuuleenergia kasutamine maailmas (Valma, 2002a; EWEA, 2003)

Riik	Installeeritud võimsus MW 2002. a.	Installeeritud võimsus MW 2001. a.	Installeeritud võimsus MW 2000. a.	Installeeritud võimsus MW 1999. a.	Installeeritud võimsus MW 1998. a.	Installeeritud võimsus MW 1997. a.
Euroopa						
Saksa LV	12 001	8754	6095	4443	2875	2081
Hispaania	4830	3337	2538	1542	834	427
Taani	2880	2534	2364	1771	1383	1066
Hollandi	688	483	449	411	361	319
Itaalia	785	697	427	283	178	103
Inglismaa	552	474	406	344	333	319
Rootsi	328	290	241	215	174	122
Kreeka	276	299	226	82	39	29
Iirimaa	137	125	129	73	73	53
Portugal	194	153	99	60	60	38
Austria	139	95	79	42	30	20
Prantsusmaa	145	116	62	22	19	10
Soome	41	39	38	38	17	12
Türgi	19	19	19	9	9	0
Luksemburg	16	15	15	10	9	2
Belgia	44	31	13	9	6	4
Norra	97	17	13	13	9	4
Poola	29	22	5	5	5	2
Venemaa	?	5	5	5	5	5
Ukraina	?	5	5	5	5	5
Tšehhi	12	12	4	4	4	0
Sveits	5	3	3			
Läti	?	3	3			
Euroopa kokku	23 218	17549	13238	9386	6428	4621

Tabelis küsimärkidega tähistatud lahtrite andmed polnud töö valmides veel avaldatud, sama on ka väljaspool Euroopat asuvate riikide 2002. aasta andmetega.

Riik	Installeeritud võimsus MW 2001. a.	Installeeritud võimsus MW 2000. a.	Installeeritud võimsus MW 1999. a.	Installeeritud võimsus MW 1998. a.	Installeeritud võimsus MW 1997. a.
Põhja-Ameerika					
USA	4258	2495	2465	1820	1673
Kanada	198	137	125	82	25
Põhja-Ameerika kokku	4456	2632	2590	1902	1698
Lõuna-Ameerika					
Costa Rica	71	51	46	26	20
Brasiilia	24	20	20	17	3
Argentiina	27	14	13	12	9
Mehhiko	3	3			
Lõuna-Ameerika kokku	125	88	79	55	32
Aasia					
India	1500	1138	1062	968	940
Hiina	404	316	261	214	166
Lõuna Korea	8	8	7	2	2
Aasia kokku	1912	1462	1330	1184	1108
Vaikse Ookeani regioon					
Jaapan	316	125	68	40	18
Uus Meremaa	35	35	35	5	4
Austraalia	71	31	10	9	4
Sri Lanka	3	3			
Vaikse Ookeani regioon kokku	425	194	113	54	26
Lähis-Ida ja Aafrika					
Egiptus	69	68	35	5	5
Marocco	54	54	0	0	0
Iraan	11	11	11	11	11
Tuneesia	11	11	0	0	0
Iisrael	8	8	8	6	6
Lähis-Ida ja Aafrika kokku	153	152	54	22	22
Summaarne (kogu maailm)	24 620	17766	13552	9645	7507

Tuuleenergia tootmisel esireas olevates riikides toimus turbiinide paigaldamine riiklike toetuste kaudu kahes strateegilises suunas:

- riiklike energiafirmade toetusega alustati elektrienergiat jaotusvõrkudesse tootvate tuulikute tootmist ja paigaldamist. Sellega pandi alus tuuleenergia riiklikule tootmisele ja kasutamisele;
- riiklike investeerimis- ja tootmissubsiidiumidega ergutati väikeste ja keskmiste tuuleenergeetikafirmade loomist ja tuuleelektri tootmist kohapeal. Sellega pandi alus tuuleenergia eratootmisele (Valma, 2002b).

Tuuleenergia arendamise edasiviivaks jõuks on olnud ka fossiilsetel kütustel põhineva elektri tootmise negatiivne keskkonnaaspekt. Elektri tootmisel eraldub 1/3 maailma CO₂ ja enamuse NO_x ja SO₂ emissioonidest. Elektritootmisest põhjustatud keskkonnareostus on paljude riikide mõtted viinud globaalse soojenemise ohule. Läänemaailm on hakanud selle probleemiga tegelema ning võtnud endale eesmärgiks näidata, milline näeb välja energia tootmine ilma keskkonda mõjutamata. Siiski moodustab tuule jõul toodetud elekter vaid protsendi kogu maailma elektritoodangust (Steinrücke, et al., 1996).

5. Tuuleenergeetika tulevikuväljavaated

Käesoleva sajandi viimasel kümnendil arenes tuuleenergeetika energiahindade üldisele langusele vaatamata kiiresti. Seda põhjustas majanduse areng, rahvusvaheline tähelepanu ning surve vähendada kasvuhooneefekti. 2003. aasta lõpuks oodatakse maailma tuuleenergia kasvu üle 35 000 MW.

Mõnedes EL maades on tuuleenergia arendamine riiklik eesmärk. Nende eesmärkide efektiivsus on erinevates maades isesugune. Peamised probleemid, mis tuuleenergia arendamisel tekivad, on puudulik planeerimine ja majanduslike vahendite nappus. Järgnevas tabelis on toodud mõndade Euroopa riikide arengu visioonid ja probleemid.

Tabel 5. Euroopa riikide tuuleenergeetika alased eesmärgi (Milborrow, et al., 1999; EWEA 2003)

Riik	Kommentaar
Austria	Esineb mõningat aktiivsust, kuid elektri hinnad on liialt madalad
Belgia	6% - 2010
Hispaania	12% - 2010 (9000 MW)
Holland	9% - 2010 (6000 MW). Samuti on eesmärgiks arendada tuulikute merre paigaldamist
Iirimaa	500 MW – 2005, 1150 MW – 2010
Inglismaa	6000 MW – 2010
Itaalia	720 MW – 2002 (ületatud), 2500 MW – 2010
Kreeka	3507 MW – 2010
Luksemburg	Maa ressursid on piiratud – asendatakse vanemad uuemate ja parematega
Norra	900-1100 MW – 2010
Portugal	2000 MW – 2010
Prantsusmaa	5000 MW – 2010
Rootsi	400 MW – 2002 ei suudetud täita
Saksamaa	Eesmärk on seatud igale liidumaale eraldi. Kõrgeim nõue on Schleswig-Holsteinile ja Saxonile. Üleüldine eesmärk on 22000 MW – 2010
Soome	500 MW – 2005, 1000 MW – 2010, 2000 MW – 2020
Taani	50% - 2030 (5500 MW)
Türgi	2500 MW – 2005, 10000 MW – 2010

5.1 Tuuleenergeetika areng maailmas aastani 2020

Varasemad ennustused (dokument „Wind Force 10“) määratlesid 2010. aastaks tuuleelektrijaamade koguvõimsuseks Euroopas, kus kasv on kiireim, **60 600 MW** (sh 5000 MW avamerel). Antud võimsusega turbiinide toodanguks oleks sel juhul 4,5 % Euroopas toodetavast energiast (133,8 miljardit kWh). Aastaks 2020 on ennustati Euroopa tuuleelektrijaamade koguvõimsuseks **150 000 MW** (sh 50 000 MW avamerel), mille kohaselt peaks tuuleelekter katma kuni 10% Euroopa elektrivajadusest. Sama suur protsent seati ka ülejäänud maailmale (Valma, 2002a; Valma, 2002b).

Siiski olid antud arvud veel liialt väikesed ning 2002. aasta mais Bali saarel toimunud tuuleenergeetika alasel kohtumisel koostasid ülemaailmne organisatsioon Greenpeace ja Euroopa tuuleenergia assotsiatsioon (EWEA) uue eesmärgi – milleks on dokument „Wind Force 12“ (uuendus dokumendile „Wind Force 10“). Selle kohaselt plaanitakse aastaks 2020. toota maailma elektrienergiast 12% tuule abil. Sealjuures arvestatakse ka seda, et aastaks 2020. on maailma elektritarbimine kasvanud ligi kaks korda (Greenpeace, 1999; Greenpeace 2002).

Selleks, et 12% maailma elektrienergiast saadaks tuulelt, peab ajavahemikul 2004–2010 tuuleenergia seadmete koguvõimsus igal aastal kasvama 30%. Sel juhul oleks nende

koguvõimsus 2010. aastal ligi **181 000 MW**. Edasine kasv peaks olema 20% aastas ja siis oleks aastaks 2020 maailmas tuulejõujaamu koguvõimsusega üle **1,2 mln MW** ning nad toodaksid 3093 TWh tuuleelektrit aastas (Greenpeace, 2002).

Antud plaanide teostamisel väheneb maailma CO₂ emisioon üle 11 miljoni tonni ning luuakse juurde 1,5 miljonit töökohta. Tuuleenergeetiliste seadmete tootmine kasvab ning moodustab keemia- ning lennukitööstusega võrdväärse tootmisharu (Brown, et al., 1999).

6. Tuuleenergia kasutuselevõtt Eestis

Vaatamata sellele, et Eestis on tuuleenergia kasustraditsioonid üsna noored, on siiski jõutud märkimisväärsete saavutusteni. Esimestel püstitatud turbiinidel oli lisaks kasumi teenimisele eesmärgile tähtsal kohal ka õpimoment ning kogemuste ammutamine. Praegu käigus olevate ja tulevikus rajatavate tuuleturbiinide, tuuleparkide peamiseks sihiks on kasumi teenimine.

Tuuleenergeetikaga, nagu iga teiseigi suuri summasid nõudva ettevõtmisega, kaasnevad teatud riskid ja probleemid:

- tuuleenergia kasutamine on kulukas ning suuri investeeringuid nõudev ettevõtmine;
- tuuleenergia tootmine sõltub ilmastikust ja on ettearvamatu;
- Eesti energeetika põhineb soojuselektrijaamadel, mis pole sobivad juhusliku energiatootmise silumiseks;
- tuulest saadav energia nõuab kohest kasutamist, sest suurte energiahulkade salvestamiseks sobivaid jaamu Eestis pole;
- Eestis ületab paigaldatud energiaseadmete võimsus märgatavalt riigisisese tarbimisvõimsuse;
- Eesti energeetika peamiseks eesmärgiks on vananenud seadmete uuendamine ning soojuselektrijaamade ja energiasüsteemi tõhususe suurendamine.

Neil põhjustel pole riikliku energiapoliitika kujundajad huvitatud tuuleenergia laialdasest kasutamisest. Ometi peetakse energeetika arengukavades silmas ka kaugemat tulevikku, mil põlevkivil põhinev energiatootmine hakkab varude lõppemise tõttu ammendumas. See aeg on piisavalt lühike, et juba täna mõelda Eesti energeetikale ka pärast põlevkivivarude lõppemist.

6.1 Tuuleenergia ressursid Eestis

Järgnevalt on toodud ülevaate tuuleenergia kasutusvõimalustest ja tasuvusest Eestis. Eesti tuulekliima kirjeldamiseks toetun peamiselt Ain Kulli magistritööle „Eesti tuuleatlas“ (Kull, 1996).

Eesti tuulekliimale on iseloomulik suur ajaline ja territoriaalne muutlikkus. Ühest küljest tuleneb see paiknemisest Ida-Euroopa lauskmaa loodeosas, mille kliimat ja seega ka tuult mõjutavad Islandi madalrõhkkond, Ida-Siberi ja Assoori kõrgrõhkkonnad. Teisest küljest, territoriaalsed erinevused tuulekliimas, mis tulenevad eeskätt Läänemere ja vähemal määral ka Peipsi ja Võrtsjärve mõjudest ja maastikulisest liigestatusest.

Tuules peituvat energiat kasutatakse üldiselt neil aladel, kus aasta keskmine tuulekiirus 10 m kõrgusel maapinnast on üle 4 m/s. Majanduslikku otstarbekust silmas pidades tuleks tuuleenergeetikat eelisarendada neis piirkondades, kus aasta keskmine tuulekiirus 10 m kõrgusel on üle 5 m/s. Suuremal osal Eesti saarte rannikualadel ületab aasta keskmine tuulekiirus 5 m/s, mõnes piirkonnas aga isegi 6 m/s. Seepärast on Eesti saared Euroopa üks tuulisemaid piirkondi, mistõttu tuuleenergia tootmine peaks olema majanduslikult kõigiti otstarbekas.

Eestis saarte ilmavaatlusjaamades pikaajaliselt läbiviidud tuulekiiruste mõõtmise tulemused on esitatud tabelis 6. Kuna mõõtekõrgus eri vaatlusjaamades on vahemikus 11-13 m, tuuleagregaatide efektiivsust võrreldakse aga 10 või 30 m kõrgusel puhuva tuule kiiruse järgi, siis on tabelis esitatud ka arvutuslikud tuulekiirused vastaval kõrgusel.

Tiiviku tsentri kõrgus sõltub tuuleagregaadi võimsusest. 30 m kõrguseid maste kasutatakse umbes 250 kW võimsuse korral. 500-600 kW agregaatide mast on vähemalt 40 m kõrgune ja 1-1,5 MW agregaatide mast üle 50 m kõrge. Kõrguse suurenemisel suureneb mõningal määral ka keskmine tuulekiirus.

Tabel 6. Tuulekiirused Eesti eri paigus, erinevatel kõrgustel (Kull, 1996; Post, 1995)

Ilmajaama asukoht	Mõõtekõrgus m	Keskmine tuulekiirus m/s	tuulekiirus 10 m kõrgusel m/s	tuulekiirus 30 m kõrgusel m/s
Hiiumaa	13	6.4	6.1	7.3
Vormsi	11	5,6	5.5	6.6
Pakri	13	5.6	5.4	6.4
Naissaar	13	5.8	5.6	6.6
Kihnu	13	6.2	5.9	7.1
Ruhnu	12	5.8	5.6	6.7
Kuressaare	13	5.9	5.7	6.7
Sõrve säär	12	6.2	6.0	7.2
Muhu	13	5.3	5.1	6.1
Osmussaar	13	6.8	6.5	7.8
Vilsandi	13	6.5	6.2	7.4

6.1.1 Tuulekiiruse territoriaalne muutlikkus

Tuulekiiruse territoriaalsed erinevused tulenevad Eesti puhul suurel määral tema paiknemisest Läänemere ääres. Ühest küljest aitab väikese pinnakaredusega meri kaasa läänetuulte tugevnemisele, teisalt aga tekitab mere ja maismaa vahele temperatuurierinevuste kaudu õhurõhu erinevustest tulenevaid kohalikke tuuli - briise. Merega sarnast mõju avaldavad väiksemas ulatuses ka Peipsi ja Võrtsjärv. Õhuliikumise suhteliselt väikese takistusega pindadena avaldavad nad tuule kiirusele väiksemat mõju kui maismaa. Seetõttu on iseloomulik, et mereäärsetel aladel on suurem tuulekiirus ning sagedasemad on tugevad tuuled, mis puhuvad enamasti mere poolt.

Üldjoontes tuulekiiruse territoriaalset muutust kirjeldades võib öelda, et keskmine kiirus kahaneb järsult rannikul ning sisemaa suunas on määravaks pinna karedus. Peamine kiiruse kahanemine toimub kitsa vööndina 20-30 km laiusel rannikualal. Lääne-Eesti saarestiku ja Loode-Eesti puhul avaldub otsene avamere mõju, mistõttu on nendes piirkondades suurimad tuulekiirused. Saaremaa ja Hiiumaa lääneranniku lähistel ulatub mere kohal aasta keskmine tuulekiirus 10 meetri kõrgusel 7-9 m/s, rannikul jääb kiirus enamasti vahemikku 5-7 m/s. Põhja-Eestis avaldab tuultele mõju pikk, suhteliselt kitsas Soome laht. See moodustab omalaadse tuulekoridori lääne- ja idatuultele, kuid seal koguvad kiirust ka põhjakaartest puhuvad tuuled ning seetõttu on ka selles piirkonnas valdavalt tuulised ilmad. Soome lahe lääneosas ulatub aastane keskmine kiirus Osmussaarel 7 m/s, Naissaare kohal on kiirus kahanenud 6 m/s-ni. Aasta keskmine kiirus Väinamere kohal 5-6,5 m/s. Sisemaal on maastikuline liigestatus suurem ning keskmine tuulekiirus sellest sõltuvalt ka väiksem.

Väga väikese tuulekiirusega vöönd kulgeb Lõuna-Eestist piki Sakala kõrgustiku lääneosa üle Vändra ja Kõrvemaa Alutaguseni. Selle nõndanimetatud metsavööndi kohal on tuulekiirus vaid 2-3 m/s. Madalaimad tuulekiirused on aga Kagu-Eestis, kus kohati on aasta keskmine tuulekiirus alla 2 m/s. Üldiselt madala tuulekiirusega sisemaal tulevad esile Peipsi ja Võrtsjärv. Võrtsjärve kohal, mis on liiga kitsas uue häirimatu tuuleprofiili kujunemiseks, suureneb kiirus 5 m/s-ni, Peipsi kohal võib aga kujuneda uus tuuleprofiil, mistõttu tema mõju ulatub ka Võrtsjärvega võrreldes kaugemale sisemaale. Ulatuslikust väikese takistusega veepinnast tingituna ulatub Peipsi kohal tuulekiirus kuni 6,5 m/s, olles ligi poole võrra suurem sisemaale iseloomulikust tuulekiirusest.

Oma mõju on ka kõrgustikel. Selgemini väljendub see Pandivere kõrgustiku puhul, mille kohal kõrguse kasvust ning maastiku vähesest liigestatusest tulenevalt toimub ulatuslike lagedate alade kohal kiiruse suurenemine 3,5-4 m/s. Teiste kõrgustike puhul on tegemist liigestatud reljeefiga ning suure metsasusega, seetõttu seal tuuled kahanevad.

50 meetri kõrgusel maapinnast avaldab maakasutus tuule kiirusele väiksemat mõju ja keskmine kiirus kasvab. Kogu Eesti ulatuses toimub kiiruse osas ühtlustumine. Saarte läänerrannikul mere kohal on aasta keskmine kiirus üle 8-9 m/s, Soome ja Liivi lahe kohal aga 7-8 m/s.

Lääne-Eesti saarestikus tuleb selgelt esile Saaremaa mõju, mis ulatub madalaima tuulekiirusega vööndina üle Muhumaa Mandri-Eestisse välja. Kogu sisemaa osas on kogu kiirus ühtlustunud, jäädes 4-5 m/s vahemikku, vaid Kesk- ja Põhja-Eestis ning Pandivere kõrgustikul ületab keskmine kiirus 5 m/s.

6.1.2 Tuulekiiruse aastane käik ja varieerumine

Nagu eelpool näha on keskmise tuulekiirusega (5-6 m/s) piirkondi Eestis palju. Suurimad tuulekiirused on Eestile iseloomulikud talvel, kui keskmine kiirus kümne meetri kõrgusel ulatub saarte läänerrannikul 8,5 m/s-ni. Sagedased on tugeva tuulega ja tormised päevad, mida talvekuudel saarte läänerrannikul esineb kuu keskmisena 5-6 päeval. Saaremaa ja Hiiumaa siseosas jääb kiirus enamasti 3,5-5 m/s-ni vahemikku.

Alates veebruarist hakkab keskmine tuulekiirus kahanema ning kahe kuu jooksul väheneb keskmine tuulekiirus läänerrannikul ligi 1,5 m/s ning sisemaal 0,5 m/s võrra. Peipsi ja Võrtsjärve kohal muutub kiirus keskmiselt 1 m/s võrra.

Suvel on tuulekiirused väiksemad ning sellest tulenevalt ka territoriaalsed erinevused absoluutväärtuses väiksemad. Lääne-Eesti saarestiku merele avatud rannikul ei ületa keskmine tuulekiirus 6 m/s ning Mandri-Eesti siseosas ulatub keskmine kiirus kuni 3,5 m/s.

Sügisele on omane kuu keskmine tuulekiiruse väga kiire kasv. Suvisel perioodil on kuni augustini muutused tuulekiiruses väikesed. Seevastu septembri ja oktoobri jooksul toimub keskmine kiiruse kasv kuni 2 m/s võrra ning saavutab Lääne-Eestis novembriks suurima tuulekiiruse (Kull, et al., 1999).

6.1.3 Tuule energiatihedus Eestis

Õhu liikumine tekitab energiat, mida on võimalik muundada teisteks energialiikideks. Tuuleenergiat ehk energiatihedust (W/m^2) võib defineerida kui ühikulise suurusega pindala risti läbiva õhuvoolu hetkelist energiat. See sõltub suuresti kohalikust maastikust ja regionaalsest temperatuuri erinevusest atmosfääris.

Tuule kiirus kõigub rohkem rannikupiirkondades, samal ajal kui Eesti sisemaal on tuule jaotus ühtlane. Seetõttu on ka keskmine energiatihedus rannikupiirkondades märkimisväärselt kõrgem kui sisemaal. Keskmine energiatihedus on näitaja, millel on praktiline tähtsus tuuleenergia regionaalses maksustamises.

10 m kõrgusel varieeruvad keskmine energiatiheduse väärtused suures ulatuses. Maksimaalsed väärtused jäävad Läänemere kohale, ulatudes Saaremaa ja Hiiumaa läänerrannikul 500-550 W/m^2 , vähenedes järsult läänest itta ning merelt sisemaale. Läänerrannikuga võrreldes on saarte siseosas energiatihedus kahanenud kuni 50-75 W/m^2 . Saarte mõju ulatub selgelt ka Väinamere ning Mandri-Eesti läänerrannikule, kus keskmised väärtused jäävad 50-100 W/m^2 vahele.

Sisemaa piirkondades on keskmine energiatihedus suhteliselt madal, 25-50 W/m^2 ja kasvab Kagu-Eestist Loode-Eesti suunaliselt. Lõuna- ja Kagu-Eestis ning Alutagusel jääb see alla 25 W/m^2 . Suuremate väärtustega (50-75 W/m^2) aladena eristuvad piirkonnad, kus on ulatuslikud

lagedad alad, Pandivere kõrgustik (põllud) ning Peipsi ja Võrtsjärv. Võrtsjärve kohal kasvab keskmine energia tihedus kuni 175 W/m^2 , Peipsil ulatub see 250 W/m^2 -ni. Lääne-Eesti rannikul jõuab energia tihedus 30 m kõrgusel maapinnast 700 W/m^2 -ni.

Avamerelt maismaa suunas toimub energiatiheduse kahanemine. Erinevalt keskmisest tuulekiirusest, mis kahaneb merelt rannikuni ligi 30-40 % võrra, toimub energiatiheduse puhul kahanemine kuni 50% ulatuses.

Seega peamiseks keskmise energiatiheduse ja potentsiaalse energia hulka kajastavaks teguriks on kaugus rannikust. Kui 10 m kõrgusel varieeruvad maastikulise liigestatuse tõttu väärtused veel tugevasti, siis 30 ja enam meetri kõrgusel, mis on sagedasemad tuuleturbiinide kõrgused, rannikule jäävast üleminekutsoonist sisemaa suunas olulist territoriaalset muutust ei esine.

6.1.4 Kasutatav tuuleenergia ja kasutegur

Tuule on muutlik iseloom raskendab selle muutmist elektrienergiaks. Ka piirkonnas, kus aasta keskmine tuulekiirus on suhteliselt suur võib esineda mitmeid järjestikuseid nõrga tuulega päevi, mil tuuleturbiin ei tööta või toodetava energia hulk on väike. Sellest tulenevalt on tuuleturbiiniga toodetava energia hulga kõrval väga oluline rakendusklimatoloogiline karakteristikperioodide korduvus, mil tuule kiirus ei ületa teatavat väärtust kindla arvu päevade jooksul.

Tabel 7. Erineva kiirusega tuule korduvus promillides ja Weibulli jaotuse parameetrid 10 m kõrgusel maapinnast (Kull, et al., 1999)

Vaatlusjaam	Tuule kiiruse korduvus promillides kiiruse klasside järgi (m/s)														Weibull 10 m	
	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	< 17	A	k
Vilsandi	10	38	85	121	131	123	105	100	84	97	62	27	11	6	7,2	1,95
Kuresaare	28	81	138	158	151	127	101	76	54	55	21	8	2	0	5,6	1,84
Pärnu	52	126	172	147	116	91	73	61	50	61	29	14	6	2	4,5	1,4
Pakri	42	105	149	151	141	115	87	78	56	51	17	6	2	0	5,4	1,85
Virtsu	29	102	172	192	165	119	82	54	34	32	11	4	1	1	4,9	1,79
Kunda	84	107	159	173	152	112	79	53	33	31	11	4	1	0	4,7	1,72
Ristna	45	124	194	193	149	95	65	48	30	31	15	7	2	1	4,3	1,57
Kärdla	54	124	171	154	165	141	77	50	32	23	5	2	1	0	4,8	1,92
Tartu	69	123	164	170	160	131	86	48	26	19	3	1	0	0	4,6	1,97
Väike-Maarja	66	120	171	187	163	121	80	45	23	20	3	0	0	0	4,3	1,92
Kuusiku	150	213	234	183	114	57	27	12	6	4	1	0	0	0	3	1,64
Viljandi	125	227	257	192	112	52	23	8	3	2	0	0	0	0	3	1,81
Valga	171	263	261	167	85	34	13	4	1	0	0	0	0	0	2,8	1,76

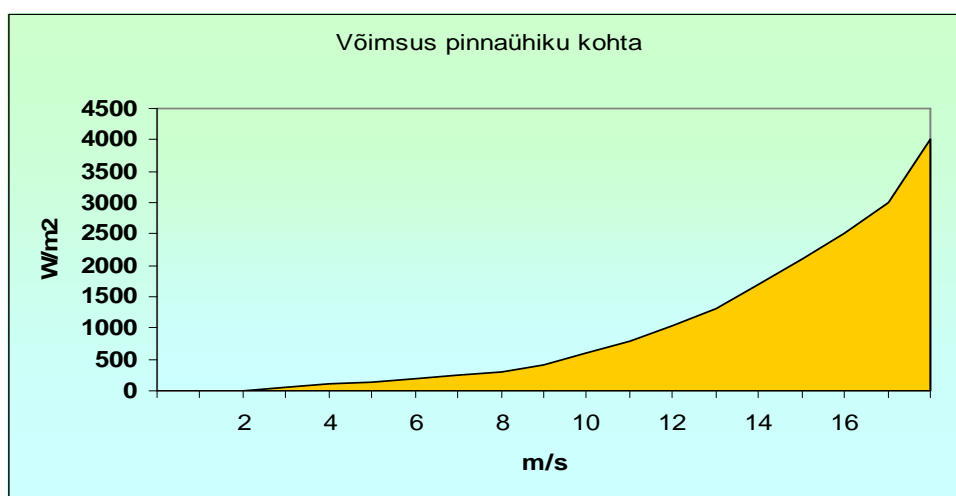
Tuuleagregaatide kasutegur on karakteristik, mis sõltub peale kliimatiliste tingimuste ka tehnilistest võimalustest. Aasta keskmise tuulekiiruse järgi üksi ei saa veel täielikku ülevaadet kasutatava tuuleenergia hulgast. Aasta keskmise võimsuse ning toodetava energia arvutamiseks peab olema teada tuulekiiruste jaotusseadus. Tuuleenergia varude hindamisel tuleb arvestada asjaolu, et tegelikkuses pole võimalik kogu tuule kineetilist energiat muundada mehaaniliseks energiaks vaid teoreetiline maksimum on piiratud.

Maksimaalse võimaliku tuuleturbiini efektiivsuse määrab Betz'i konstant (59%). Seega vaid 59% tuuleenergiast on võimalik muundada kasulikuks pöörlemiseks. Samas tuleb arvestada ka kõikvõimalike kadudega, nii et tegelikkuses tuleb see arv umbes 30 %. Potentsiaalne tuuleturbiiniga toodetav energia hulk sõltub veel tuuleturbiini tüübist, generaatori võimsusest, tornikõrgusest, tiiviku pindalast, labade profiilist ning tööle- ja väljalülitumise tuule kiirusest jne. Järgnevalt on toodud valem, mis aitab arvutada tuuleturbiiniga toodetava energia hulka:

$$P \approx C_p v^3 D^2,$$

kus C_p on agregaaadi tuulekastustegur, v on tuule kiirus ja D on tiiviku läbimõõt. Lisaks sellele tuleb arvestada eri kiirusega tuulte esinemisagedusega.

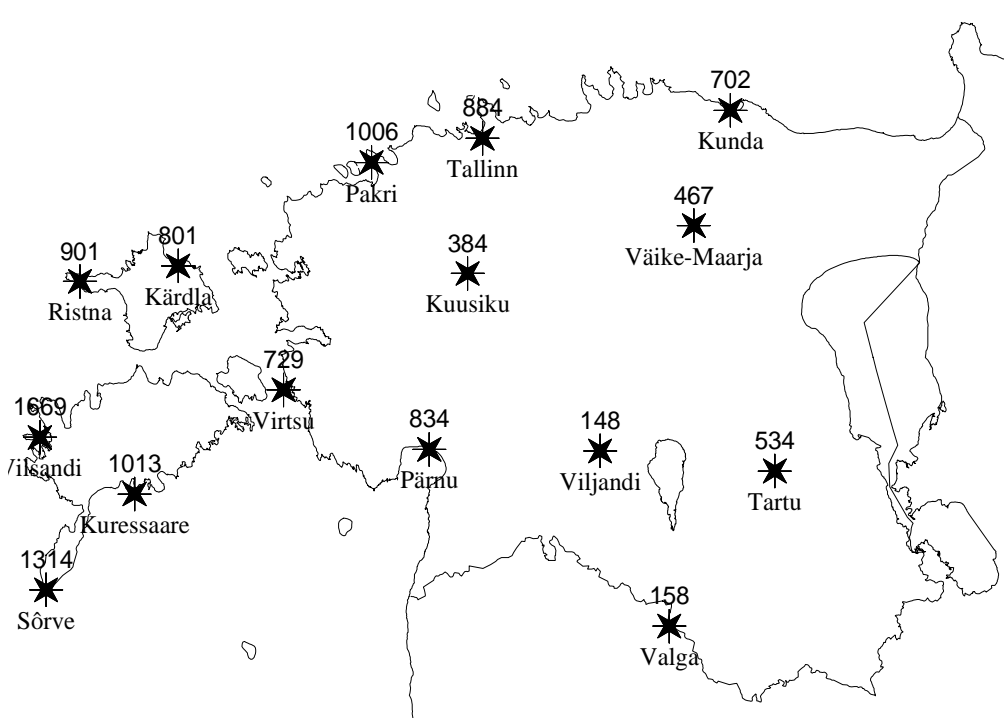
Joonisel 3. toodud graafikul on näha, et võimsus pinnaühiku kohta on eksponentsiaalselt sõltuv tuule kiirusest. Seega kui tuule kiirus on näiteks 8 m/s, siis saaksime ruutmeetrilt veidi üle 310 W.



Joonis 3. Toodetava energia võimsuse sõltuvus tuulekiirusest (Milborrow, et al., 1999)

Toodetava tuuleenergia hulk Eestis on suurem talvekuudel (oktoobrist jaanuarini), mil on siin mail kõige tuulisem aeg. Kuna talvekuudel tarbitakse seoses kütteperioodiga rohkem energiat kui muul ajal, siis korreleerub talvekuude suurem tuuleenergia hulk hästi tarbimisega.

Potentsiaalsete tuuleparkide rajamiseks võiks vaadelda Eesti läänerrannikut ja saari, mis on kõige suurema tuule kiirusega piirkonnad. (joonis 4)



Joonis 4. 450 kW võimsusega tuuleturbiini potentsiaalne aastane elektrienergia toodang MWh/a (Kull, et al., 1999).

Erinevatel kõrgustel sooritatud arvutused näitavad, et võimalik tuuleturbiinidega toodetav energia hulk suureneb kui suurendada tuuleturbiini rootori kõrgust maapinnast. Samuti suureneb efektiivsus sõltuvalt asukohast (tabel 8). Suurem efektiivsus mereääres tuleneb sellest, et sisemaal on keskmiselt tuuleressursid madalamad kui rannikul, kus pinna karedusest tulenev tuuleprofiili häiritus on väiksem.

Tabel 8. Energia tootmine sõltub suuresti territoriaalsetest erinevustest (Kull A. 1996)

Turbini võimsus	Võimalik toodetav energia MWh/a			
	Läänemerele	Loode-Eesti rannikul	Mujal rannikul	Sisemaal
100 kW	350	300	100 - 200	60
250 kW	800	500	300 - 400	200
450 kW	1700	700	500 - 600	400

Kõigi eelnimetatud kolme turbiini puhul tuleb esile nende hea vastavus Loode-Eesti tuuletingimustele, mistõttu seal ulatuvad võimaliku toodetava tuuleenergia suured väärtused kaugele sisemaale.

Suurima energiapotentsiaaliga tuuled on aga mere kohal, mis väljenduvad kiiremas ja keerisevabamas tuules. Samuti on meretuul niiskem ja seetõttu tihedam - kandes endas suuremat ning ühtlasemat energiahulka kui maakaredusest takistatud maismaatuul. Merre paigaldatud tuulikud annavad seetõttu kuni viiendiku võrra rohkem energiat (Milborrow, et al., 1999).

Majandusministeeriumi energeetikaosakonna tellimisel koostatud hüdro- ja tuuleenergia kasutamise pikaajaline programm hindab meie tuuleressursside tehnilise potentsiaali aastaseks suuruseks vähemalt 10 TWh elektrienergiat (Allan, et al., 2001).

7. Tuuleenergia hetkeseis Eestis

Kui Eesti tahab võistelda maailmaturul ning tõsta oma elustandardit, peab tal olema kasutada odav ja keskkonnasõbralik energia. Esialgu orienteerutakse peamiselt põlevkivienergeetikale. Selle edasise kasutamise põhiküsimus on elektritootmise kallinemine, eriti keskkonnakaitseliste nõuete evitamise tõttu ja tingimustes, kus tarbimine on raskesti prognoositav (Keskkonnastrateegia, 1999).

Eesti on üsna tuuline maa ja perspektiivseid paiku tuuleenergia tootmiseks on palju. Näiteks võib rannikualadel üks 1,5 MW tuulik toota aastas vähemalt 3,5 miljonit kWh elektrienergiat, mis rahuldab umbes tuhande majapidamise tarbe. Sama koguse tootmiseks Narva elektrijaamades kuluks 5000 tonni põlevkivi. Kuid tuule varieerumine ja energia salvestamise probleem teeb selle praeguse tehnoloogia juures siiski võimatuks (Tomson T. 2000).

Eestis tarbitavast elektrienergiast on hetkel umbes 2% alternatiivsete energiaallikate abil toodetud, sellest enamuse moodustab põlevkivi utmisgaasidest toodetud. „roheline“ energia, mis on Eestis tarbitavast elektrist praegu umbes 0,3 % (tuuleenergia 0,1 %).

Kuni energia salvestamise probleemid pole reaalseid lahendusi leidnud, saab tuuleenergia osatähtsus kasvada 10 kuni 20% kogu tarbitavast energiast. Ka Eesti energeetikaspetsialistide arvates ei too 10%-line tuuleenergia osakaal kaasa erilisi probleeme energiasüsteemis (Oidram, 2000). Kui antud protsent on saavutatud, võib hakata mõtlema teiste alternatiivide peale:

- tuuleenergiast vesiniku tootmine;
- Skandinaaviast elektri kaabli või gaasitrassi toomine jne.

Teist tuuleenergia arengut pärssivat tegurit - majanduslikku külge, saaks leevendada tuuleturbiinide tunduvalt odavamalt kohapealse tootmisega. Vähesel määral on ka sellega algust tehtud. Näiteks eelmise aasta sügisel alustas Jüris tööd tehas, mis tegeleb tuuleturbiinide mastide tootmisega ning ettevõttel on tulevikus kavas laiendada oma tootmist ka teistele tuuleturbiini detailidele.

Arenenud Kesk-Euroopa riikide ettevõtted, kes on kasutusse võtnud enamuse tuuleenergia tootmiseks sobivaid maid, otsivad järjest enam laiendamise võimalusi välisriikides. Üks neist on Eesti, kus tuuleenergeetikasse investeerida soovivad firmad ilmutavad järjest kasvavat huvi. Seda huvi õhutab keskkonnanfondide lubadus teha soodustusi tuule kasutamise seotud investeeringutele just Ida-Euroopa ja endise Nõukogude Liidu koosseisu kuulunud riikides.

Tuuleenergeetika arendamise vastu Eestis ja teistes Balti riikides tunneb huvi ka ÜRO Keskkonna- ja Kliimamuutuste Programm. Paari tuulepargi rajamiseks Balti riikidesse on välja kuulutatud abistamisprojekt.

Eestis on hetkel kolme tüüpi tuuleenergeetikuid. Ühed toovad sisse teistes riikides kasutusel olnud tuulegeneraatoreid, teised valmistavad ette tuulejõujaamade dokumente ja realiseerivad neid. Kolmandad lähevad lõpuni – hakkavad tuulest elektrienergiat tootma. Järgnevalt on kirjeldatud peamisi tuuleenergia alased teostatud ja teostamisel olevad projekte.

1997. aastal alustati Eestis kaasaegset tuuleenergia tootmist - Hiiumaale Tahkuna randa paigaldati 150 kW-se võimsusega Genvindi generaator. Turbiin paigaldati Taani Energiaagentuuri ~85 %-lise toetusega katseobjektina (Kull et al., 1999).

Alates 2001. aasta 30 juulist töötab Saaremaal Sääre külas OÜ Meritreid 225 kW tuulegeneraator. See töötab varem Taanis ja läks maksma 3,4 miljonit krooni. Töötavale tuulegeneraatorile planeerib OÜ Meritreid lisaks veel kahte, mis võidakse püstitada juba järgneva paari aasta jooksul. Ettevõtte huviorbiidis on Muhu saar (Tulk, 2002).

Eelmise aasta oktoobri alguses käivitati Virtsus Eesti esimene tuulepark, mille Eesti Energia ühendas koostöös Saaremaa firmaga Roheline Ring oma võrku. Pargis töötab hetkel kolm tuuleturbiini. Kaks kolmest on paigaldatud Saksamaa majandus- ja tehnoloogiaministeeriumi toetusega - 14,5 miljoni krooni. Uue tuulepargi toetamine Saksamaa valitsuse poolt pole seotud mitte ainult selle keskkonnasõbraliku tehnoloogia tutvustamisega Eestis, vaid on mõeldud ka vastava ala ekspertide väljaõppeks. Saksamaa valitsus loodab, et esimesele sammule järgneb Eestis rohkelt leiduva tuuleenergia pidevalt suurenev rakendamine (Lõhmus, 2002; Tepp, 2002b).

Eestis on viimastel aastatel püstitatud terve hulk isetehtud generaatoreid. Kõige tuntumad asuvad Lüganuses ja Tartu-Narva maantee-äärsetes taludes. Samuti ka Rakvere linnas Võidu tänaval ja Tartumaal Mellistes. Leidub ka tehase tooteid, näiteks Venemaalt pärit turbiin maksumusega umbes 25000 EEK ja võimsusega 5-10 kW (Valma, 2002b).

7.1 Rajamisel olevad tuulepargid Eestis

Praegu on projekteerimisel ja osalt ka realiseerimisel mitu tuuleprojekti. Suurimaks takistuseks projektide elluviimisel on ebakindlus tuulepargi poolt toodetava elektrienergia müügihinna suhtes järgneva kümnel aastal. Kõigi nimetatud projektide arendajad on teinud märkimisväärseid kulutusi projektide elluviimiseks ning enamus neist on Eesti taastuvenergiapoliitka, Elektrituruseaduse ning õiguskindluse suhtes äraootaval seisukohal.

- ***AS Tuulepargid Paldiski tuulepark***

Pakri poolsaarele planeeritakse pilootprojektina rajatada kaheksast 2,5 MW võimsusega Nordex N-80 tuuleelektrijaamast koosnevat tuuleparki, mille koguvõimsus on 20 MW. Ettevõtmist toetatakse Euroopa Liidu Teadus- ja Arendustegevuse 5 Raamprogrammi rahadega. Projekti kogumaht on 23 miljonit eurot, millest EL-i toetus moodustab 10%. Projektis osalevad ettevõtted/organisatsioonid Taanist (Nordex GmbH, Global Green Energy ApS), Rootsist (Interform AB), Suurbritanniast (Garrad Hassan & Partners Ltd.) ning Eestist (Tallinna Tehnikaülikool, Paldiski Linnavalitsus). Vastavalt koostöölepingule Euroopa

7.2 Tuuleenergeetika arengut mõjutavad tegurid Eestis

Esimeseks positiivseks sammuks tuuleenergeetika arendamisel oli vastuvõetud Energiaseaduse parandus, mis viidi sisse 1999 aastal (Energiaseadus 1997). See pani Eestis turgu valitsevale võrguettevõttele tuulest ja veejõust toodetud elektrienergia ostukohustuse hinnaga, mis moodustas 90% kodutarbija põhitariifist kui alternatiivselt toodetud elektrienergia müügimaht ei ületanud 2% eelmisel aastal kasulikult tarbitud elektrienergia kogusest. Teiseks oluliseks teguriks on Käibemaksuseaduse täiendamise seadus, mille kohaselt kuni 2006. aasta 31. detsembrini on tuule- ja veejõul toodetud elektrienergia käibemaksu määr 0%. Tänu nendele kahele otsusele ongi püstitatud esimesed tuulikud ja alanud ettevalmistused tuuleparkide rajamiseks Eesti lääne- ja looderannikule (Tepp, 2001).

Kui arvestada, et käesoleval hetkel on Elektrituruseaduse kohaselt tuulest toodetud elektri võrku müümise hind 0,81 EEK/kWh, siis on Eestis tuuleelektrijaamade rajamine ilma riiklike või rahvusvaheliste fondide toetuseta seotud majandusliku riskiga.

Tuuleenergia projektidesse tuleb investeerida suuri summasid, näiteks 6 MW suuruse tuuleelektrijaamade pargi puhul sõltuvalt tuulejõuseadmete tüübist ja suurusest 96 kuni 120 miljonit EEK-i, mis teenib ennast praegu kehtiva ostuhinna (0,81 EEK/kWh) juures tagasi alles 13 kuni 18 aasta jooksul.

Teine oluline majanduslik takistus parimate tuulepiirkondade kasutusele võtmiseks on Saaremaa, Hiiumaa ja Mandri-Eesti lääneranniku kõrgepingevõrkude ebarahuldav seisund. Lisaks võrkude kehvale seisule on Eesti Energia piiranud tuuleelektrijaamade rajamist, rakendades suhteliselt rangeid tehnilisi tingimusi. See raskendab Eesti ääremaades väiksema võimsusega (225 kuni 750 kW Bonus, Fuhrländer, Jacobs, Lagerwey, Neg-Micon, Nordex, Nordtank, Südwind, Tacke, Vestas jt. firmade) asünkroongeneraatoriga, lihtsamini hangitavate (odavamad, vananenud) tehnoloogial tuuleelektrijaamade paigaldamist, kuna tüübikatsetuste põhjal väljaantud sertifikaadid ei sisalda kõiki Eesti Energia poolt nõutavaid andmeid. Loomulikult ei hakata ainult Eesti pärast korraldama uusi tüübikatsetusi tuuleelektrijaamadele, millede tootmine asendatakse lähemal ajal suuremate, 1000 kuni 2500 kW seadmetega. Viimaste järele on aga suur nõudlus, ning see tõstab hinda ja raskendab hankimist (Tepp, 2002a). Kuna paar vananenud tehnoloogial põhinevad väikest tuulikut nõuavad tugevamat elektrivõrku kui kaasaegsed mitu korda suuremat toodangut võimaldavat võimsamat tuulikut, siis on sedalaadi Eesti Energia poolt kehtestatud nõudmised õigustatud.

Eesti Energia ülesandeks peaks olema võrkude väljaehitamine Euroopa Liidu standarditele vastavaks, mida tuleb teha ka siis, kui tuuleelektrijaamu Eestisse üldse ei rajata. Kasulik oleks praegu tuuleelektrijaamadesse investeerimisest huvitatud firmadega sõlmida kokkulepped vajalike ülekandeliinide ühiseks väljaehitamiseks, kasutades selleks Euroopa Liidu abiprogramme. See oleks kasulik kõigile osapooltele:

- väheneksid Eesti Energia kulutused liinide väljaarendamiseks;
- elektri kvaliteet paraneb, kuna uuendatud liinide läbilaskevõime paraneb ning elektrit genereerivad lähedal asuvad moodsa automaatikaga varustatud tuuleelektrijaamad;
- investoritel avaneb võimalus rajada tugevate tuulte poolest tuntud Eesti saartele ja rannikule tuuleelektrijaamu.

Ka Vabariigi Valitsus peaks olema huvitatud taastuvate energiaallikate kasutamisest ja energia tootmise hajutamisest. Loota, et investorid maksavad kinni või ehitavad valmis uued liinid ja vahetavad välja oma aja üleelanud transformaatorid, on ekslik. Investori seisukoht on selge – tuulepargid ehitatakse sinna, kus kõik tingimused komplekselt võetuna on soodsamad. Eestis on küll väga head tuuletingimused, aga kui näiteks Lätis leitakse võimalusi looderanniku kõrgepingeliinide võrgu väljaehitamiseks, siis miks üldse investeerida Eestis tuuleelektrijaamadesse, kui siin tuuleenergeetika arengut ei soodustata.

8. Tuuleenergeetika tulevik Eestis

Taastuenergiaallikate ulatuslik kasutuselevõtt energeetikas lähemate aastakümnete jooksul on seni teadaolevalt ainus lahendus, mis kindlustab ühiskonna pikaajalise arengu normaalses keskkonnas. Eesti riik peab otsustavalt suunama oma energeetika taastuenergiaallikate kasutamisele. Eestis on kõik looduslikud eeldused taastuenergiaallikate kasutamiseks mahus, mis rahuldab energiakasutamise vajadused.

Tuuleenergeetika on üks paremini välja arendatud tehnoloogiaga taastuenergeetika liike maailmas ja omab suurt potentsiaali ka Eestis. Selle rakendamine meie riigi tuulistes piirkondades on hetkel veel algusjärgus, kuna põlevkivienergia on tunduvalt odavam. Olukord võib aga muutuda lähiaastatel kui ka Eestis kehtestatakse kõrgem süsinikdioksiidimaks. Euroopa Liit direktiivid soovitavad CO₂ maksu sisse viia hiljemalt aastal 2005 ja selle suuruseks on soovituslikult umbes 10 dollarit (ca 150 krooni) naftabarreli

ekvivalendi pealt. Seega on loodussõbralik tuuleenergia muutumas üsna pea konkurentsivõimeliseks fossiilsetel kütustel baseeruva energiaga (Kallaste, 1999b).

Eesti elektritarve peaks järgneva kümne aasta jooksul stabiliseeruma umbes 5500 GWh-le aastas. Tuuleenergia arenguprogrammis järgneva kahekümne aasta jooksul võiks olla eesmärgiks tuuleenergia osakaalu tõstmine 10 %-ni energiatarbest. Kui eeldada, et tuuleturbiinide kasutustegur 1 MW võimsusega tuuliku kohta oleks 28,5 % (see on 2500 tundi aastas) ja paigaldamise tööiga on 20 aastat, siis peaks igal aastal paigaldama tuuleturbiine installeeritud koguvõimsusega 11 MW (20 aastaga kokku 220 MW). Sellise projekti iga-aastaseks maksumuseks on 150-170 miljonit krooni (20 aastaga kokku ca 3,3 miljardit krooni). Tehtud kulutuste kaudu suurendatakse riigi majanduslikku ja poliitilist sõltumatust, tekitatakse uusi töökohti ja tasakaalustatakse väliskaubandusbilanssi (Aarna, et al., 2000).

Eesti saarte ja rannikualade tuuleressursid on paljutootavad ning võrreldes tuuleenergeetika arengut teiste Euroopa riikidega võib oletada, et tuuleenergia tootmine hakkab ka Eestis lähiajal kiirelt arenema. Selle arendamise kiirus sõltub eelkõige energiaturu situatsioonist, investeeringutest ja energiapoliitikast.

Turg hakkab olukorda reguleerima kui lõpetatakse põlevkivi riiklik doteerimine. Et tuuleenergia hoogsamalt arenema hakkaks:

- oleks vaja alustada tuuleenergia programmide koostamist;
- oleks vaja ette valmistada nii tippspetsialiste ja anda erialast õpet taastuvenergiaallikate vahetutele kasutajatele;
- ei tohiks maksustada imporditavaid ja kohapeal toodetud tuuleturbiine;
- kui põlevkivielektri jaamas tekib vajadus uute võimsuste järgi, tuleks osa uutest võimsustest paigaldada tuuleturbiinide näol võrgu teise otsa, Saare- ja Hiiumaale ning rannikule;
- tuleks Eesti energiasüsteemi uuendamist ja taastuva energia osa suurendamist arutada kohalikku arengut plaanides;
- tuleks Elektriturseadusega kindlustada, et energia tootmisel taastuvatest allikatest oleks energia ülekandmine võrku maksuvaba (Kull et al., 1999; Majandus, 2001).

9. Tuuleenergeetikaga ja tuuleelektrijaamadega seotud probleemid

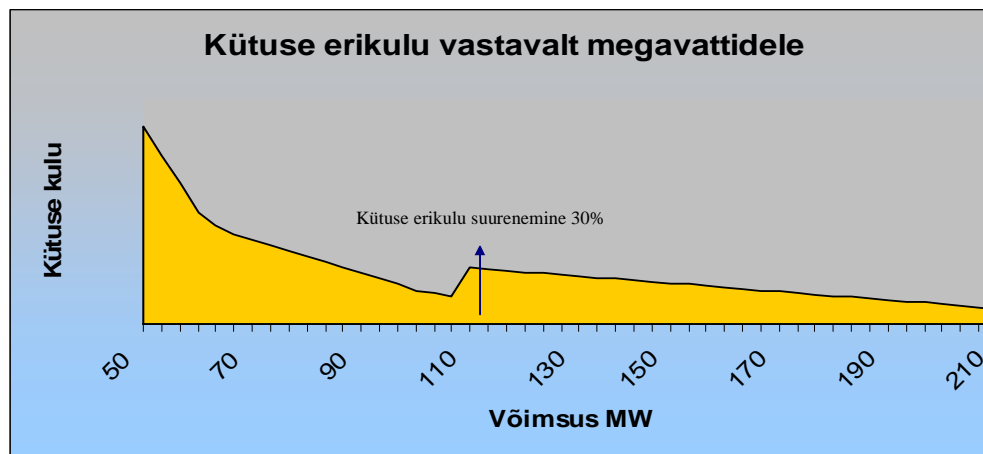
Tuuleenergeetikaga seotud probleemideks on, kas karmid keskkonna- ja planeerimisealased normid, nõrgad elektriliinid või vaba maa puudumine hea tuulega paikades, aega nõudvad ja kallid rajamiskulud, tuulekiiruse varieerumine jne.

9.1 Tuulikute koostöö teiste elektritootjatega

Tuulefarmide aastane ja ööpäevane elektritoodang on oma olemuselt juhusliku iseloomuga ja ei pruugi kuigi hästi korreleeruda tarbimise koormusgraafikuga. Energia stabiilsuse tagamiseks on vajalik koostöö mõne teise täiendava energia tootjaga.

9.1.1 Koostöö põlevkivielektrijaamadega

Balti Elektriijaama agregaatide tehnilised näitajad on suhteliselt kehvad, Eesti Elektriijaama kaheksa 200 MW-iste blokkide seisund on küll parem, kuid nad kõik on projekteeritud püsiva või suhteliselt aeglaselt ja vähe muutuva koormuse katmiseks. Blokkidel on olemas tehniline miinimumvõimsus – 40 MW, kuid selleks tuleb kustutada üks kahest katlast. Bloki võimsuse suurendamiseks üle 80 MW tuleb teine katel uuesti käivitada. Lisaks on katla sissekütmine kulukas ja võtab aega kuni 7 tundi, selleks kulutatakse elektrienergiat ja mitukümmend tonni masuuti. Külmast olekust täisvõimsusele tohib bloki viia alles 14-16 tunni möödudes. Järsud koormuse muutused on nende blokkide jaoks võrreldavad avariisituatsioonidega. Kuna kõik agregaadid on vanad, siis on avariide vältimiseks kehtestatud terve rida piiranguid. Näiteks kord juba välja lülitatud agregaati tohib uuesti käivitada alles pärast selle täielikku jahtumist, seega mitte varem kui ühe ööpäeva möödumisel (Oidram 2000).



Joonis 5. Kütuse erikulu vastavalt megavattidele (Oidram 2000)

Kui loota, et tuulega toodetud elektrienergia arvel saab soojuselektrijaamades proportsionaalselt vähendada põlevkivi kulu, siis seda tegelikult ei juhtu. Optimistliku hinnangu kohaselt võib põlevkivi kokkuhoid 10%-se tuuleelektritoodangu puhul olla kõige enam 3-5%, tuuleelektri 5%-se toodangu puhul 2,5-3,5%. Pessimistliku hinnangu kohaselt on põlevkivi kokkuhoid praktiliselt olematu (Oidram 2000). Siiski tuleb arvestada ka seda, et tuulikutega elektri tootmine toimub peamiselt teises Eesti otsas, tänu millele hoitakse kokku energiakadude arvelt.

9.1.2 Hüdroenergia

Hüdroenergia eeliseks on see, et vajaduse korral on selle toodangut kohe vajalikul määral võimalik reguleerida. Tuulevaiksete ilmadega ei jätku aga Eestis hüdroenergiapotentsiaali, et katta energiasüsteemis tekkivat puudujääki. Tulevikus rajatavate tuuleelektrijaamade kõikuva võimsuse ärakasutamise võimaldamiseks ja defitsiitse tipuenergia tootmiseks oleks Eestile väga oluline Narva hüdroelektrijaama kooskasutuse leppe saavutamine Venemaaga (väikejaamade võimsus on liiga väike – suutes puhverdada vaid väheseid tuuleturbiine). Kõigele vaatamata on Eesti hüdroenergia potentsiaal väike, kuna siin ei leidu sobilikke suure langu ja vooluhulgaga jõgesid.

Üheks võimaluseks oleks importida vajalik koormustippe kattev energia naaberriikidest, kõige mõeldavam oleks seda osta merealuse kaabli kaudu Skandinaaviast, kus on kasutusel hulgaliselt hüdroenergiat. Hüdroenergia eeliseks on see, et vajaduse korral on selle toodangut võimalik kiiresti vajalikul määral reguleerida. Siiski pole välistatud olukorrad, kus skandinaavlastel jääb endal energiat puudu, nt. eelmise aasta põuane suvi ja külm talv. Hetkel takerdub selline energia ekspordi mõte kaabli paigaldamise rahastamise taha. (Kull, et al., 1999). Pealegi on Skandinaaviamaade elektri hind meie omast kallim.

9.1.3 Päikeseenergia

Päikese- ja tuuleenergia koostööd on edukalt rakendatud meremärkide energiaga varustamisel. Päikesepaneelide kasutades võib seadmete ja lambi toiteks saada piisavat energiat märtsist septembrini. Ka veebruaris ja oktoobris on Eesti laiuskraadidel päikeseenergiat enam-vähem vajalikul määral. Raske on aga olukord novembris, detsembris ja jaanuaris, mil on Eestis kõige tuulisemad ilmad. Seega on päikeseenergia ja tuuleenergia kasutamise kliimaatilised näitajad vastassuunalised ning sobivad üksteist täiendama. Kuid see kehtib vaid väikeste süsteemide puhul. Päikeseenergia ressursid on hajutatud ja selle

kogumine on võimalik ainult suurtelt pindadelt, see võib aga loodushoiuga vastuollu minna (Käärmann, 1999; Tomson, 1998).

9.1.4 Bioenergia, olmeprügi, sõnnik ja põhk

Eestis omab tuuleenergia kõrval suurt energeetilist väärtust ka bioenergia, mille moodustab kõik põletatav orgaaniline materjal. Biokütus moodustab meie energiavarubilansist umbes 11%. Kui arvestada suhteliselt suurt puidu- ja turbavaru, nende kasutamise keskkonnasõbralikkust ja võimalikku positiivset mõju regionaalsele arengule, on arvata nende osatähtsuse tõusu. Samuti näib tõenäoline nendest toodetud energia kasutamine tuuleenergia puudumisel (Kull et al., 1999).

Puitu kasutatakse peamiselt tööstustoorainena ning tööstuslike puidujäätmete kasutamine on Eestis heal tasemel. Raiejäätmeid aga peaaegu ei kasutata, kuna nende varumiskulud on suured. Hakkpuit on leidnud kasutamist koos turbaga ning kasutatakse peamiselt soojusenergia saamiseks (Kask Ü. 2003).

Tabel 9. Taastuvate kütuste ressursside teoreetiline ja majanduslik potentsiaal primaarenergia sisalduse järgi Eestis (Kask, 2003)

Taastuv kütus	Teoreetiline potentsiaal		Majanduslik potentsiaal	
	PJ	TW·h	PJ	TW·h
Puit	52,13	14,48	20,60 *	5,72 *
Põhk	5,46	1,52	-	-
Energiataimed	40,5	11,25	-	-
Pilliroog	1,98	0,55	-	-
Biogaas	1,44	0,4	0,11	0,03
Toidujäätmed	0,36	0,1	-	-
Turvas	18,87	5,24	0,19 **	0,053 **
Olmejäätmed	5,8	1,61	0,16 **	0,043 **
Kokku	126,18	35,05	21,06	5,85

*See ressurss oleks elektri ja soojuse koostootmiseks kasutatav kui vajalikud seadmed paigaldada ka juba praegu puitkütust põletavatesse katlamajadesse.

** Praegu kasutusel olev

varustaja on hetkel Venemaa. Maagaasi laialdasem kasutamine Eesti energiabilansis oleks aktsepteeritav kui Eestil oleks võimalik liituda rahvusvahelise gaasivõrguga. Näiteks kui rajatakse juurdepääs Skandinaaviamaade gaasivõrgule (Aarna, et al., 2000).

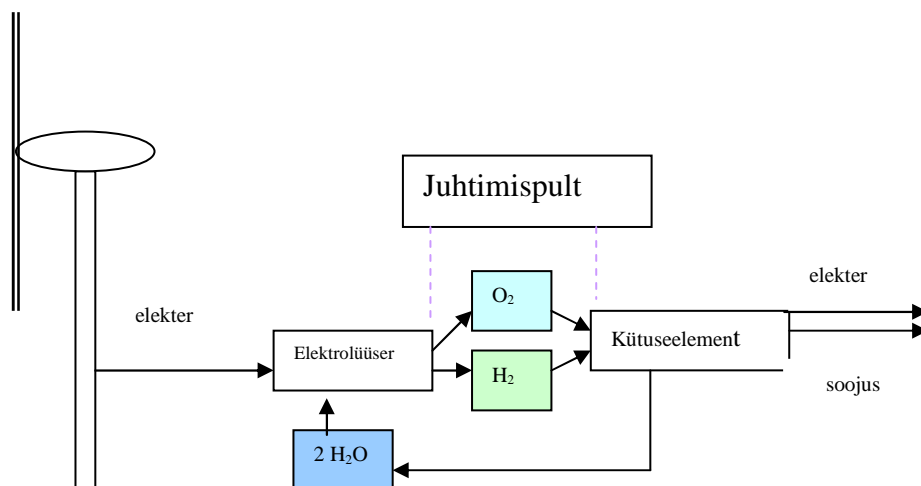
9.2 Energia salvestamine, kütuseelement

Kui energia tootmine ületab tarbimise (nt. tugev tuul) tekib vajadus ülejäänud energia salvestamiseks, et hoida seda ajaks mil tuulevaikusest või tarbimise kasvust tingituna on vaja rohkem energiat kui turbiinid antud hetkel toota suudavad. Väiksemate ja autonoomsete turbiinide puhul sobivad salvestamiseks akud, kuid võrku ühendatud suurte generaatorite puhul jääb akudest väheseks. Üks tõenäoline võimalus oleks ületoodetud tuuleenergia muundamine elektrolüüsi abil vesinikuks. Hiljem oleks võimalik vesinik kütuseelemendis jälle elektriks muundada ja toodetud elektrit kasutada tuuleenergia ebahühtluse katmiseks (joonis 6).

Kütuseelementidest saab koostada ka iseseisva elektritootmisüksuse. Kui nn tavakütuseid tuleb kauge maa tagant kohale tuua, võib säärane jõujaam juba tänapäeval osutada konkurentsivõimeliseks (Pajumets, 1998).

Esmakordselt kasutas kütuseelementi tuuleenergia salvestamiseks tuuleenergia pioneer Poul La Cour (1846-1908), kes kasutas elektrolüüsil saadud vesinikku kütuseelemendis ja süütas nii oma kooli valgustid. Hiljem oli kütuseelement ligi 120 aastat unustusehõlmas ja temast huvituti taas 1950-ndatel aastatel, mil seda hakati kasutama USA kosmoseprogrammis. Nüüdseks on oma pilgu kütuseelemendile pööranud nii elektriauto konstruktorid kui energeetikud.

Vesinikku on veest ja elektrist suhteliselt lihtne toota ning saadud vesinikku taas elektriks, soojuseks ja veeks muuta on veel lihtsam. Iseasi on muidugi hind, kuna vee elektrolüüs on väga energiamahukas ja kütuseelemendid suhteliselt kallid. Kuid sedamööda, kuidas areneb elektrolüüserite ja kütuseelementide kasutus- ja töökindlus ning alanevad nende hinnad, seda enam leiavad nad tulevikus kasutamist (Pajumets, 2000).



Joonis 6. Vesiniku ja energia saamine elektrolüüseri ja kütuseelemendi abil.

Kütuseelemendi kasutegur on kõrge, eralduva soojuste kasutamisel kuni 90 %, ta on kompaktne, kätetu ning ei eralda keskkonda mürgiseid ühendeid. Ioonvahetusmembraaniga kütuseelemendis on elektrolüüdiks plastkile. Vesinikuioonid liiguvad läbi kile anoodilt katoodile, kus nad hapnikuga ühinedes moodustavad vee, mis on oluline keskkonnahoiu seisukohalt. Muidugi on vesiniku puhul ka probleeme, sest vesiniku ja õhu (või hapniku) segu on plahvatusohtlik paukgaas ja vesiniku difusioonivõime on teadaolevalt suurem kui teistel gaasidel. Ka on väärismetallist elektrodidega puhast vesinikku tarvivad elemendid liiga kallid, et neid igapäevaelus tarvitada. Seepärast leidsidki nad esialgu rakendust kosmose- ja sõjatehnikas (Pajumets, 2000).

10. Tuulikute rajamisega seotud sotsiaalmajanduslikud ja keskkonnaprobleemid

10.1 Keskkonnamõju

Erinevalt paljudest teistest energiatootmise viisidest ei emiteerita tuuleturbiiniga elektri tootmisel süsinikdioksiidi, väävlit ega muid keskkonnakahjulikke gaase. Samuti ei reosta ta vett, ega jäta järgnevatele põlvkondadele radioaktiivseid jääkaineid. Kuid päris ilma keskkonnamõjudeta ta siiski pole. Tuleb arvestada tuulikute tootmisel tekkivate heitmete ning tuulikute utiliseerimisel tekkivate jäätmetega. Tuuleenergia keskkonnavalased halvad küljed on: vaate rikkumine, maakasutus, mõju kohalikule loodusele, müra, lindude hukkumine ning mõju televisioonile ja raadiosidele. Siiski annab enamikel juhtudel neid probleeme leevendada tuuleturbiinide hoolika paigaldamise ja disainiga.

10.1.1 Mõju linnustikule

Kõige enam mõjutab tuuleenergia tootmine linnustikku ja loomastikku. Tuuleelektrijaamadel võib olla otsene mõju (hukkumine või vigastused kokkupõrkel jõujaamadega) ja kaudne efekt (häirides lindude pesitsemist, haudetingimusi, toitumist ja ka rännet). Lindude hukkumine tuuleparkides on kõige rohkem diskussioone tekitanud ja seetõttu ka üsna põhjalikult uuritud teema. Linnud võivad hukkuda tiiviku, masti või õhuliiniga kokkupõrkes, samuti näiteks turbiinilaba taga tekkiva õhukeerise poolt vastu maad paiskamise tagajärjel.

Hukkunud lindude arvu hinnatakse enamasti väikeseks ja negatiivset mõju peetakse ebaoluliseks. Mõned andmed erinevates piirkondades tehtud uuringute ja nende tulemuste kohta on toodud tabelis 10.

Mainitud uuringutes on peetud oluliseks negatiivseks mõjuks lindude suremust kahes tuulepargis - Tarifas (Hispaania) ja Altamontis (USA). Mõlemal juhul on suurim probleem kaitstavate ja ohustatud röövlindude hukkumine.

Tarifa tuulepargid asuvad Lõuna-Hispaanias, piirkonnas, kus vähemalt 300 000 suurt röövlindu, toonekurglast ja kurglast ületab teel Euroopast Aafrikasse sügisrändel Gibraltari väina (Kalamees, 1998; Martí, 1994).

Altamont Pass on USA üks suuremaid tuuleenergia kasutamise piirkondi (umbes 5400 tuulegeneraatorit), samas asustab ümbritsevaid alasid kõrge asustustihedusega kaljukotkapopulatsioon. On leitud, et tuulikute põhjustatud hukkumine võib viia populatsiooni arvukuse langusele (Hunt, et al, 1998).

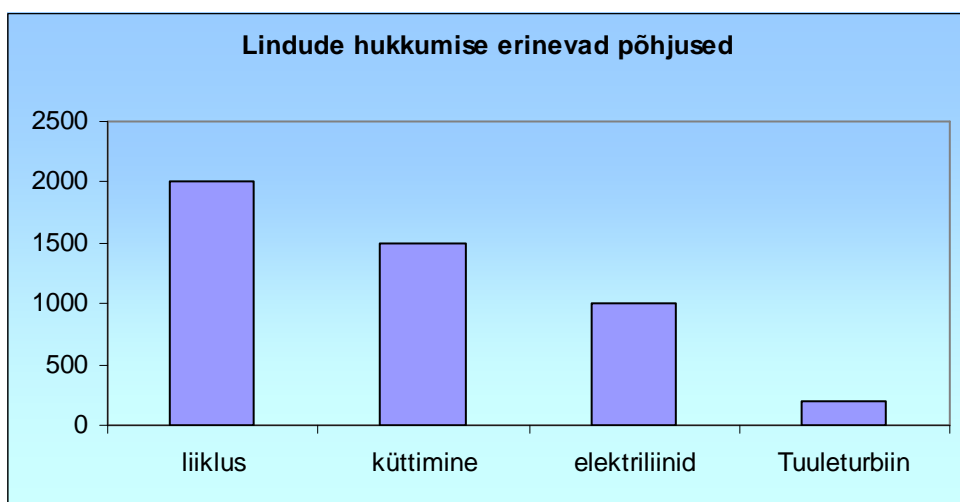
Tabel 10. Tuuleparkides registreeritud lindude hukkumise sagedusi Ameerika ja Euroopa näidetel (Orloff S, Flannery, 1992)

Tuulepark	Riik	Linnurühm	Hukkumise sagedus lindu/turbiini kohta (perioodi jooksul)
Altamont Pass	USA	kõik liigid	0,15/0,19 (aastas)
		röövlinnud	0,06/0,09 (aastas)
Solano	USA	röövlinnud	0,0327 (aastas)
Buffalo Ridge	USA	kõik liigid	0,98 (aastas)
Searsburg	USA	kõik liigid	0 (11 kuud)
Tarifa	Hispaania	kõik, v.a. väikesed värvulised	0,03 (aastas)
Tarifa	Hispaania	kõik liigid	0,34 (aastas)
Oosterbierum	Holland	kõik liigid	0,09 (ööpäevas) kevadrändel
		kõik liigid	0,06 (ööpäevas) sügisrändel
Urk	Holland	kõik liigid	0,05 (ööpäevas) kevadrändel
		kõik liigid	0,04 (ööpäevas) sügisrändel

Võrreldes USA mägismaadel paiknevate tuuleenergia arenduspiirkondadega, on Euroopa rannikualade tuuleparkides lindude hukkumine oluliselt sagedasem. Euroopas moodustavad peamise osa ohvritest läbirändel olevad värvulised. Rohkem hukkub öösel rändavaid värvulisi, kusjuures esineb seos ilmastikuga. Lindude suremine ilmneb peamiselt halbade ilmastikutingimuste korral (madalad pilved, paduvihm või paks udu ning tugev tuul) ja peamiselt tuuleparkides. Antud tingimustes lendavad linnud tavapärasest madalamalt ning nende orienteerumine on raskendatud. Samuti on reeglina rannikul lindude arvukus suurem ning seetõttu tõenäolisem lindude hukkumine tuuleparkides (Freris, 1992). Seda arvestades on oluline silmas pidada, et Eestis Ranna ja kalda kaitse seadusega kehtestatud ehituskeeluvöönd toimib ühtlasi ka linde kaitsva vööndina ning ei tohiks võimaldada tuulikute rajamist rannikule lähemale kui 100 või 200 m rannajoonest.

Paljudes uuringutes on näidatud, et rändel, ka lühemal lennul olevad linnud, korrigeerivad tuulikutele lähenedes oma lennutrajektoori 100-200 m enne turbiine ja väldivad neid edukalt (Orloff S, Flannery, 1992; Winkelman, 1992).

Taani uuringud, mis tehti seitsmes 5 MW rannikul asuvas tuulefarmis, näitasid, et ühe km pikkune tuuleturbiinide liin ei ole ohtlikum kui 1 km-ne kõrgepingeliin. Samuti kinnitavad mujal maailmas tehtud uuringud, et tuuleturbiinide mõjud lindudele ei ole nii tugevad kui kardetakse (joonis 7).



Joonis 7. Inimese poolt põhjustatud lindude surmad tuhandetes (1000MW tootvate tuulikute kohta, ajavahemikul 1996-1997) (Walker, 1997)

Eesti elektrituulikute keskkonnamõju kohta andmeid pole. Juba aastaid töötanud tuuliku juures Tahkunas pole linde massiliselt hukkunud, aga seal ei ole ka seiret teostatud (Lõhmus, 2002).

Mõju loomadele ja taimedele on väheolulisem, peamiselt ehitamisperioodil ja teenindusümbruses. Lehmade puhul on täheldatud, et kui karjamaale on pandud püsti tuuleturbiin, siis esialgu tekitab tuulik loomades väikest stressi. Piima tootlikkus pisut langeb, aga juba viie nädala pärast on esialgne seisund taastunud ja lehmad on turbiinidega harjunud (Kull, 2002).

10.1.2 Mõju koha looduslikkusele

Kohalike koosluste häirimine võib olla põhjustatud nii tuulikute paigaldamisel kui töötamisel tekkivatest segavatest teguritest. Tuulepargi paigaldamise periood on väga lühike võrreldes ajaga, mis kulub teiste energiatootmiseseadmete paigaldamiseks. Tuuleturbiinide

paigaldamine kestab tavaliselt vähem kui kuus kuud. Protsess rikub vähesel määral maad, kuid mõne aja pärast koht taastub, v.a. väike ala, mis on turbiinide ja nende juurdepääsuteede all. Pärast heakorrastustöid asustavad endised ökosüsteemid tavaliselt koha uuesti.

10.1.3 Visuaalne reostus

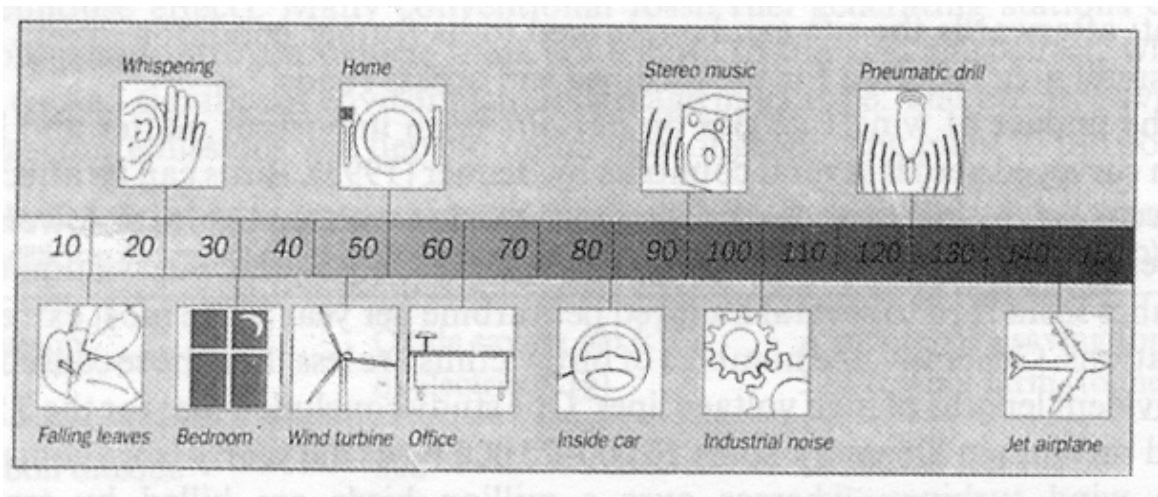
Visuaalne maastike rikkumine on tavaliselt peamine põhjus, miks ollakse tuuleturbiinide paigaldamise vastu. Kõige tuulerikkamad piirkonnad on tihtipeale ka ilusa avatud maastikuga alad ja neis paigus on kõige vähem märke inimese sekkumisest.

Peale vaate rikkumise võib turbiinide puhul inimesi hakata häirima veel varjuefekt, mis tekib eeskätt madala õhtu- ja hommikupäikese puhul. Hommikul vara ja päikeseloojangu eel hakkab tekkima varjudemäng, mille põhjustab läbi tiiviku madalalt paistev päike. Ringlev tiivik kord varjutab päikese, kord paistab päike kahe tiiviku vahelt läbi ning mingil hetkel võib see muutuda koormavaks (Walker, 1997). Mainitud visuaalse reostuse ärahoidmiseks on vaja korralikku planeeringut ja turbiinide paigutamist.

10.1.4 Müra

Üks laiemini levinud argument tuulikute vastu on generaatori ja tiiviku tekitatud müra. Korras oleva turbiini torni otsas on müra võimused keskel läbi kuni 100 detsibelli. Kuid kuna masti kõrgus on tänapäeva turbiinidel üle 50 m, siis maa peale kuuludub müra mõistagi vaiksemalt. Olulist müra emisiooni võib põhjustada ka vigastada saanud tiivik. Kas või üks transpordil või tiiviku ülesseadmisel tekitatud tiiviku pinnadefekt võib tekitada häirivat heli, mistõttu kahaneb tuuleturbiini keskkonnasõbralikkus. Sama probleemi võib põhjustada ka tiivikule tekkinud jää (Milborrow, et al., 1999; Galileo, 2002).

Müratase, mis on vastuvõetav tööstuspiirkondades, aga vastuvõetamatu maapiirkonnas, samuti müra, mis on aktsepteeritav päeval, ei ole seda öösel. Joonis 8. näitab müra taset dB-s, mis on põhjustatud moodsate tuuleturbiinide poolt. Tuulikute poolt tekitatud müra 200 m raadiuses on suurem kui tüüpiline öine müra elamutes (30dB), kuid väiksem kui müra majas päeval ajal (50dB) (Freris L. 1992).



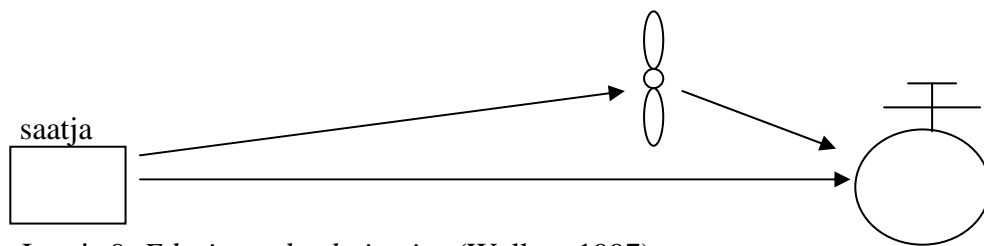
Joonis 8. Müra tase dB, põhjustatud erinevate allikate poolt (Walker, 1997)

Siiski on müra väiksem probleem kui selle tugevust on piiratud seadusega. Eesti seadusandlus defineerib mürataseme tuuleturbiinile lähimast elukohast 300 m raadiuses 45 dB (Sotsiaal..., 2002).

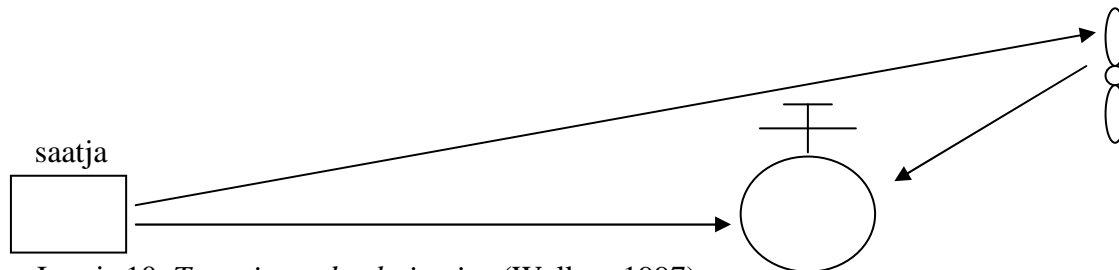
Tihti on need probleemid ülepaisutatud, eelkõige adekvaatse info ja teadmiste puudumise tõttu. Inimeste hirmu peaks vähendama teadmine, et enamik uusi tuulikuid on püstitatud riikides, kus kehtivad karmid keskkonnakaitselised standardid. Selleks, et tootjatel oleks oma turbiine võimalus müüa, on nad viinud toodangu keskkonnanõuetega kooskõlasse, tehes sellega seadmete mõju ümbritsevale minimaalseks. Suuremat ohtu kujutavad selles suhtes vanemad tuuleturbiinid, mida on võimalik saada odavamalt, kuid neil võib esineda tehnilisi probleeme ja nende kahjulik mõju ümbritsevale osutub tihti normidega lubatust suuremaks.

10.1.5 Elektromagnetiliste häirete tekitamine interferents

Tõsiseks probleemiks võib olla tuuleturbiinide segav mõju telekommunikatsioonidele – raadio, televisiooni ja mobiilside levi häirimine. Rotorilabad toimivad peeglitena ja tekib interferents, mis peegeldab signaale vastuvõtjalt. Tagasipeegeldunud signaalid võivad häirida signaali kvaliteeti vastuvõtja juures. Rotoril tekkival interferentsil on kas vormi - edasisuunduv hajumine (joonis 9) või tagasisuunduv hajumine (joonis 10). Edasisuunduv hajumine ilmneb, kui turbiin on asetatud saatja ja vastuvõtja vahele. Sel juhul tiivikute pöörlemine hajutab ja segab levi. Tagasisuunduv hajumine ilmneb kui turbiin on vastuvõtja taga. Sellisel juhul võib teleri ekraanile tekkida kahekordne pilt (Walker, 1997). Antud probleemid tuleb välistada turbiini asukoha õige valikuga.



Joonis 9. Edasisuunduv hajumine (Walker, 1997)



Joonis 10. Tagasisuunduv hajumine (Walker, 1997)

10.1.6 Õnnetusjuhtumid

Ohutuse ja turvalisuse näitajad on tuuleturbiinide kasutamisel head. Tuuleturbiinidega töötavate inimestega on mõned tõsised õnnetused juhtunud, kuid rohkem ohutuseeskirjade eiramise kui tehniliste rikete tõttu.

Võimalus, et tuuleturbiin ümber kukub ja inimesi vigastab on olemas, kuid see tõenäosus on üliväike. Võimalik õnnetus võib juhtuda turbiini purunemisel. Materjalide vananedes võib ette tulla olukordi, kus murdub lahti terve rootor või osa sellest. Taoline juhus oli kaheksakümnendatel aastatel Ameerikas, kus Smith-Putnami turbiinil purunes 8 tonni raskune tiivik ning lendas 230 meetri kaugusele. Tiiviku või selle tüki lendamine on suhteliselt kaootilise iseloomuga. Halvemal juhul võib lahti murdunud detail käituda õhus kui purilennuk ning lennata suhteliselt kaugele (Freris, 1992).

Antud probleemid on seotud rohkem vanemate ja kehvalt kontrollile alluvate tuurbiinidega. Uuemate puhul on enamasti vanadest vigadest õpitud ja antud probleem välistatud. Olulised õnnetuste välistamise abinõud on turbiini kvaliteetne ehitus ja püstitamine ning pidev kontroll selle eksplaatatsiooni käigus. Ohutuseeskirjade kohaselt peaksid tuuleturbiinid teedest, majadest, elektriliinidest jne. olema ka ligi 300 m kaugusel (Planeerimis..., 1995).

Mõningast ohtu kujutab endast ka tiivikule tekkinud jää, mis lahti murdudes võib kaasa tuua ohtlike olukordi. Kuid seda saab vältida vastava kontrollseadme paigaldamisega – turbiin jäetakse halbades ilmastikutingimustes (miinus kraadid ja vihm) seisma.

10.1.7 Maakasutus

Tuulefarmide territooriumil olevat maad saab kasutada efektiivselt mitmel viisil. Kaasaegsete tuuleparkide kogupindalast on generaatorite all vaid 1% maast, vajalikud teed ja alajaamad võtavad enda alla 0,2 %, ülejäänud maad on võimalik kasutada teistel otstarvetel. Korralikult planeeritud tuuleparkide juurdepääsuteed loovad soodsamaid liikumisvõimalusi ka kohalikele farmeritele. Negatiivseks peetakse asjaolu, et muu tegevus (va. põllumajanduslik) on turbiini ümbruses ca 300 m raadiuses piiratud – arvestada tuleb näiteks maanteede, ehitiste olemasolu ning planeerimisega.

Ameerikas tehtud uuringus arvatati välja, et tuuleturbiin vajab 240 m² maad ühe MW kohta (kaasa arvatud tuulikute hooldamiseks vajalikud teed). Võrreldes seda maa kasutust kiviõie kasutamiselega sama energia saamiseks peab selleks kasutuses olema maad 3642 m² (Freris, 1992).

Praegu on kiire arengu saavutanud rannikumerre ehitatavad tuulikud (nn *off-shore* tehnoloogia), kus tuulikud paigutatakse rannikust eemale merre. Üheks edasiviivaks jõuks on Euroopa eesrindlikemates tuulemaades olnud puudus headest asukohtadest, samuti on rannikutel palju looduskaitsealasid, mis välistavad või piiravad turbiinide püstitamist neisse piirkondadesse. Teiseks põhjuseks on meretuule parem kvaliteet (vt. 6.1.4 Kasutatav tuuleenergia ja kasutegur).

10.1.8 Ümbruskonna kliima mõjutamine

On esinenud väiteid, et tuuleturbiin võib tuule kasutamise tagajärel mõjutada negatiivselt ümbruskonna tuule kiirust ja seega kogu ümbruskonna kliimat. Tänapäevase tuuleenergia kasutuse juures ei pea antud väide paika, kuna:

- turbiini ümber paikneb 300 m-se raadiusega ehituskeeluala, mis tagab piisava õhu liikumise turbiini ümber;
- tuule kiirusel 3–5 m/s turbiin veel ei käivitu, mis tagab piisava õhuvahetuse turbiini taga;
- tuuleturbiin kasutab maksimaalselt vaid kolmandiku tema pinnale tulevast tuule kineetilisest energiast.

10.1.9 Reostusoh

Korrektsele monteerimisele, kvaliteetsete ning nõuetele vastavate seadmete kasutamisel ja eksploatatsioonil ei ole tuuleturbiinist lähtuv keskkonnamark kuigi suur - tuuliku purunemise juhud on üliharvad. Siiski ei ole võimalik välistada ka juhtumeid, mille korral võib tekkida reostuse oht. Ohustatavaks piirkonnaks on tuuleturbiinide lähiümbrus.

Peamiseks riskiallikaks on tuuleturbiini generaatoriruumis asuva käigukasti ja hüdraulise süsteemi poolt kasutatav õli, mis generaatoriruumi purunemisel võib sattuda pinnasesse ja halvimal juhul põhjavette.

Oma olemuselt oleks sedalaadi õnnetus sarnane näiteks kütuseveoki avariiga maanteel ning peamine abinõu on päästeteenistuse kiire reageerimine ja oskus olukord lahendada. Operatiivse info tuuleturbiini seisundist tagab pidev digitaalne kontroll. Võimalikult kiireks reageerimiseks oleks otstarbekas koostöös kohaliku päästeteenistusega reostusavarii likvideerimise plaani koostamine. See võiks sisaldada olukorra lahendamise organisatsioonilist struktuuri ja kohustusi - võtmeisikute andmeid, ettevõtavaid tegevusi, reostustõrjevahendite asukohta, õppuste kava ja meetmeid tegutsemisvalmiduse kontrollimiseks.

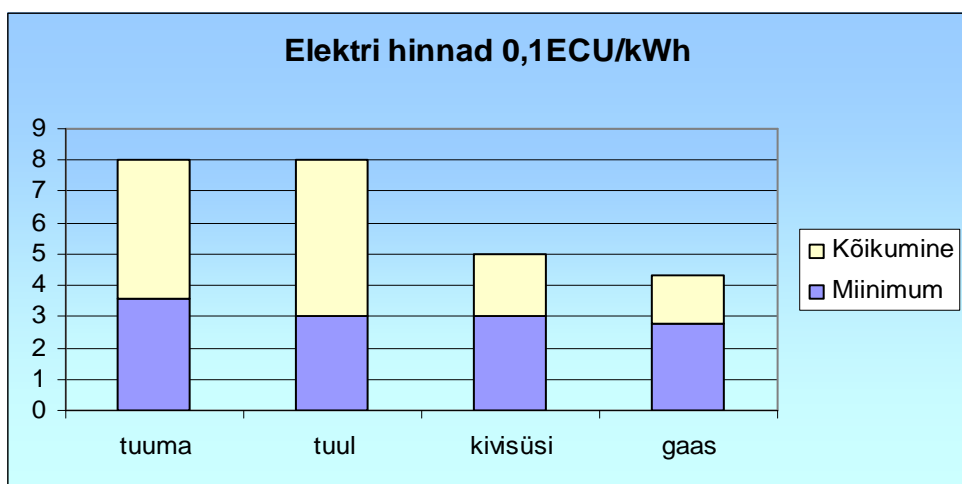
Õlilekke võimalus on vaid tuuleturbiini purunemisel, tõenäosus õlireostuse tekkeks on õli nõuetekohasel vahetamisel minimaalne. Vanaõli tuleb üleanda ohtlike jäätmete käitluslitsentsi omavale isikule ning selle käitlemisel kinni pidada *Vanaõli käitlemise korrast* (Vanaõli..., 1999).

10.2 Tuuleenergia hind

Kapitalimahukuselt peetakse tuuleenergiat põlevkivienergiast kallimaks ja kulukamaks. Samas tehti põlevkivi energeetika investeeringud teises vääringus ja maksti Nõukogude Liidu ühisest kassast. Neid kulusid ei arvestatud, ega arvestata praegugi põlevkivienergeetika tootmiskuludes. Kõigi teiste võrreldavate alternatiivsete energialiikide puhul seda aga tehakse. Seega võrreldakse mittevõrreldavat ja leitakse, et teised energialiigid, sh tuuleenergia on põlevkivielektriga võrreldes kallid. Praegu, mil Narva elektrijaamad vajavad rekonstrueerimiseks hiigelsummasid, tuleb investeeringud lisada otsestele tootmiskuludele ja põlevkivielekter ei tule enam odav (Valma, 2000).

Samas on tuuleenergia kasutamine majanduslikult põhjendatud kasvõi sellega, et erinevalt põlevkivist jätkub tuult kauemaks kui 50 aastaks ja selle laialdasem kasutamine tagab puhtama keskkonna tulevastele põlvedele. Tuuleturbiinidel ei ole ka kütusekulusid, ega emissioonimakse. Oma eksplotatsiooni käigus vajavad nad vaid regulaarset hooldust ning vajadusel pisiremonte. Seadmed on kõrgelt automatiseeritud ja tehniliselt vastupidavad.

Tänu saastemaksu rakendumisele keskkonda saastavatele energiatootjatele on tuuleenergia hind konkurentsivõimeline. Seejuures ei tohi unustada, et vastupidi üldisele elektri hinna tõusule on tuuleelektri hind pidevat langenum ja langeb ka edasi. Hinnalanguse tagab tuuleseadmete tehniline täiustamine ja tootlikkuse tõus, tuulikute suhteline odavnemine ja tasuta puhuv tuul, mille hinda ei mõjuta inflatsioon ega saastemaksud (joonis 11).



Joonis 11. Erinevate energiajaamade poolt toodetava elektrienergia hind 0,1ECU/kWh (Capros, et al., 1999)

Hetkel on tuuleenergia omahind ca 81 senti kWh, põlevkivil ca 45 senti kWh. Prognoositakse, et tuuleenergia kWh omahind väheneb areneva tehnoloogia arvelt 2010. aastaks 40 sendini ja 2020. aastaks 30 sendini, mis võrreldes subsideeritud põlevkivienergiaga oleks ligi 10% odavam või enamvähem samas hinnaklassis. Samas tuleb arvestada ka üha kasvavate keskkonnamaksude ja subsideerimise vähendamisega, mis tõstavad põlevkivi energia hinna tunduvalt kõrgemale (Milborrow, et al., 1999).

10.2.1 Hinnaprognosis

Turbiin ostetakse enamasti laenu abil, kus enamlevinud omainvesteeringu ja laenu suhteks on 20 % ja 80 %. Laenu intress on erinevate situatsioonide ja pankade puhul erinev, kuid keskmiseks intressimääraks on ligi 8 % laenatud summalt aastas

Turbiine saab ka liisida. Silmas tuleb pidada, et tehnika soetamine on vaid üks osa kulutustest. Kogu tehniline eeltöö tuuliku püstitamiseni võtab vähemalt 1,5-3 aastat aega. Selle perioodi sisse jääb kuni 35% ettevõtmise kogumaksumusest. Kuna Eestis hetkel veel piisavalt soodsaid krediidilaene pole, tuleb tuuleparkide püstitamise finantseerimisel kaasata väliskapital.

Tuuliku või tuulepargi rajamise kulutuste arvutamisel lähtutakse kataloogihinnast, millele lisanduvad töötajate palgad, maaga seotud kulutused, äriplaani maksumus (kui seda ei tehta ise), detailplaneering ja muud lepingulised kulutused, võrguga liitumine, logistika, kommunikatsioonid, veokulud, kulud juurdepääsuteede ning vajalike rajatiste ehitamiseks, montaažiks jne. Hinnanguliselt kujuneb lisakulutuste osakaal Euroopa riikides 20-30 % kataloogihinnast. Eestis võivad need kulud infrastruktuuri piiratusest tingituna ulatuda 40 %-ni. Eksploaatatsioonikulud on tavaliselt 0,5-1,5 %, kindlustusmaksed ja rent kuni 2 % tuuliku hinnast. Seega ei ole võimalik kindlat ehitamiseks kuuluvat summat täpselt määratleda. Umbkaudu on tuuliku tehase hinnaks 8000-18 000 krooni kW. Turbiini paigaldamisel maksab iga kW installeerimine koos tuuliku hinnaga 16 000-28 000 krooni. Turbiini korrashoidmine maksab keskmiselt 100 kr/kW, kindlustus ja intressid keskmiselt 200 kr/kW (Milborrow, et al., 1999).

Järgnevalt on toodud näitlikud kulud 1 MW tuuliku püstitamisel.

Tuuleturbiini kataloogihind on ca 15 000 000 krooni, sellele lisandub maksimaalselt 40% ehituskulusid (vedu, vundamendid, teed, ühendamine elektrivõrguga jm) ning 1 MW tuuliku projektsumuseks kujuneks ca 21 000 000 krooni. Sellise tuuliku loodetav aastane elektritoodang (efektiivsusega 25 – 27 %) oleks umbes 2300 MWh aastas ning kogu oma kasutusaja jooksul (20 aastat) toodaks ta 46 GW/h elektrienergiat. Juhul kui toodetav energia müüa Eesti Energiale määratud hinnaga 0,81 krooni kWh, oleks turbiini kogu toodangu väärtus 37 260 000 krooni. Aasta müügitulu oleks seega 1 863 000 krooni.

Antud turbiini ostmisel tuleb ettevõtjal investeerida omakapitali näol 4,2 miljonit krooni ning laenata 16,8 miljonit. Laen pluss sellele kogunenud intressid (ca 2 000 000) makstakse enamasti tagasi 8-12 aasta jooksul. Samuti on iga-aastasteks kulutusteks eksploatatsiooni- ja kindlustusmaksed.

Majanduslikud näitajad paranevad tagastamatu abi suurenedes, juurutamisstaadiumis olevate tuulikute hinna alanemisel, jm. tingimustel. Samuti ei pruugi turbiini ainukeseks tuluks olla elektrienergia müük. Tuulikuid saab varustada linnuvaatlusplatvormiga - meelitades ligi turiste, ning nende külge saab monteerida GSM-antenne (mitte kõigi, vt. *10.1.5 Elektromagneetiliste häirete tekitamine interferents*).jms.

Kui ühe turbiini ca 15 miljonisele investeeringule, mis on põhiliselt tehnoloogiapõhine, lisatakse veel käibemaks ja muud maksud, jõuame olukorda, kus investeering hakkab ennast taastootma mitte 8, vaid alles 18 aastaga.

Tuuleenergia kasutuselevõtu stimuleerimiseks Eestis oleks vajalik järgnevate tingimuste rakendamine:

- tuuleseadmete ühendamine elektrivõrguga soodustingimustel;
- ülekande- ja jaotusvõrkude kaasajastamisse tehtavate investeeringute toetamine neis piirkondades, mis sobivad tuuleenergeetika arendamiseks;
- maksu- ja laenusoodustused;
- “roheline elektri” hinnapoliitika;
- tuuleelektri käibemaksusoodustuse kehtima jäämine ka peale 31.12.2006.;
- uuringud tuuleenergia tootmiseks sobilike alade määratlemiseks;
- sektorit puudutava haridus-, teadus- ja arendustegevuse toetamine (Tepp, 2002; Valma, 2000; Majandusministeerium, 2001).

10.2.2 Investeeringuvõimalused

Käesoleval hetkel on Läänemeremaade valitsuste tasandil väljatöötamisel taastuvenergeetika-alaste väikeprojektide finantseerimisskeem EL Interreg IIC raames “Baltic Chain” programmi abil. Eestis on küll loodud Energeetika Instituudi juures programmi riiklik esindus, kuid kuna valitsuse tasandil pole välja töötatud selget toetussüsteemi ning Euroopa Komisjonile pole valitsuse tasandilt saadetud selget signaali investeeringute kasutamise põhimõtete kohta (võrkude väljaehitamine, väikejaamade ehitus jne), on reaalseste investeeringute hankimine küsitav. Riik ei pea garanteerima äriettevõtete riske ja tulusid.

Käesoleval hetkel oleks Eesti tuuleparkidesse ja teistesse taastuvenergia projektidesse valmis investeerima EBRD divisjon *EIF Central&Eastern European Power Fund* niisamuti *Nordic*

Environment Finance Corporation (NEFCO) kui Eestis oleks piisavalt hästi välja töötatud finantside vastuvõtu, projektide koordineerimise ja järelvalve süsteem (Tepp, 2002).

10.2.3 Muud toetussüsteemid

Saksamaa eeskujul tuleks Eestis luua fond, kuhu kohalikud juriidilised ja füüsilised isikud saaksid oma raha investeerida. Teiseks võimaluseks oleks, et tuulegeneraatorite püstitamiseks vajaliku maa eraldamisel ollakse osalised. Nii oleks kohalikel teenimisvõimalus ja kogu kasum ei voolaks Eestist välja. Selline koostöö kiirendaks oluliselt tuuleenergeetika arengut. Samuti vähendaks tuuleenergeetika suurenev konkurentsi võime põlevkivienergeetika monopoli.

Eestis on tuuleenergia kasutamine geograafilistest ning kliimatilistest tingimustest lähtuvalt soodne. Sellest tulenevalt muutub tuuleenergeetika tootmine rannikuäärse piirkonna ja maaregionide elanikele oluliseks sissetulekuallikaks. Näiteks Saksamaal teenivad paljud talud tänu riigi toetusele, tuuleelektri tootmisest nende maatükil olulist lississetulekut.

Erinevates riikides on erinevad maksusüsteemid. Levinumad on:

1. Fikseeritud ostukohustus (nt. Eestis, Saksamaa, Hispaania), kus tuuleturbiinidega toodetud energial on kindlaks määratud kW/h ostu hind. Saksamaal on hind sõltuv ka tuulikute asukohast. Nii on sõltuvalt tuulepotentsiaalst fikseeritud tuuleenergiale erinevad kokkuostuhinnad. Madala potentsiaaliga asukohtades makstakse tuuliku omanikele kõrgemat hinda kui rannikul. Kuna ka Saksamaal rannikualasid haldavatel võrguettevõtetel on tuuleenergia väljamaksete tõttu suurem finantsiline koormus ja kodutarbijal on ees piirmäär, millest ei saa hinda üle kergitada, siis jagatakse väljamaksed proportsionaalselt kõikide võrguettevõtjate vahel. Lisaks rakendub riiklik toetussüsteem juhul kui taastuvenergiele tehtavad maksed ületavad fikseeritud piirmäära.
2. Rohelise „sertifikaadi süsteem“ (nt. Taani, Holland). Kõigepealt makstakse vastav % võrguettevõtte normmüügi hinnast, millele lisatakse teatud summa subsiidiumina (Taanis umbes pool Eesti krooni). Selle lisaraha maksavad kinni soojuselektri jaamade energiatarbijad, kelle tariifi sees on CO₂ maks.
3. Vaba konkurents e. vähem pakkumine (nt. Suurbritannia, Iirimaa) (Kirch, 2001).

Tänu riigi poliitikale eelistab näiteks Hollandis ligi 10% kodutarbijatest vabatahtlikult kallimat, „rohelist“ elektrit, „hallile“ elektrile ning kohalikud energiaettevõtjad on suurest nõudlusest tulenevalt sunnitud rohelist elektrit teistest riikidest importima (Aarna, 2000).

11. Tuuleturbiini või tuulepargi rajamine

Enne kui hakata mõtlema tuuleenergia tootmisele, tuleb olla kindel, et käsitletavas piirkonnas on piisavad tuuletingimused, et tuulest toodetud elektrienergial on olemas ostja ja et elektri müügihind on piisavalt kõrge tuuleenergiasse tehtud investeeringu tasumiseks. Samuti peavad elektivõrku omavad elektrifirmad lubama sinna ühendada tuuleturbiine.

Tuuliku või tuulepargi püstitamisele eelnevad tööd võivad kesta 2-3 aastat. Selle aja jooksul tuleb lahendada maaomandi küsimused, sooritada 10-12 kuud kestvad tuulemõõtmised, koostada detailplaneering ja koguda sellega kaasnevad kooskõlastused keskkonnateenistusest, lennujuhtimiskeskusest, looduskaitsetelt, jne. Projekti lahutamatuks osaks on ka finantseerimisskeemide väljatöötamine omakapitali moodustamiseks ja liisigüsteemide käivitamiseks. Alustada tuleb laenu põhipaketi kokkupaneku läbirääkimisi finantskorporatsioonidega. Kui finantseerimise põhimõtted selged, tuleb jätkata tehniliste üksikasjade lahendamist. Viia läbi geoloogilised uuringud ja lahendada ligipääsuteede ehitamine. Alustada läbirääkimisi Eesti Energiaga turbiini põhivõrku lülitamiseks ja elektrienergia ostu-müügi lepingu allkirjastamiseks jne.

Esmaseks ülesandeks on sobiva maa - ala valik. Tuleb teha kindlaks maa-alad, kuhu on turbiinide rajamine välistatud;

- kogu ülejäänud maa-ala kohta mõõta keskmised tuulekiirused;
- määrata koha võimalik turbiinide arv, mis on üksteisest ca 330 m kaugusel, eemal asustusest, metsast ja elektriliinidest ning 1000 m televisiooni, raadio ja mobiili mastidest (viimaseid on Eestis juba niipalju, et on raske leida piirkonda, kus nendega arvestada ei tuleks);
- igale maastiku tüübile arvutada välja potentsiaalne energiatootlikkus.

Kui sobivaid maa-alasid on piirkonnas vähe, siis on alternatiivseks lahenduseks liikuda merre. Meres asuvatel tuulikute puhul on minimaalne keskkonnamõjude aspekt - asustusest eemal ei tohiks see kedagi häirida. Suuremateks miinusteks on merre rajatavate tuulikute kallim hind, paigaldus ja hoolduskulud.

Sobiva maatüki leidmiseks e. tsoneeringu koostamiseks, eristatakse piiranguid viie kvalitatiivse iseloomu järgi, vastavalt ala sobivusele või sobimatusetele tuuleenergia kasutamise seisukohast (Kull, 2002; Kull, 2001).

1. Tuuleenergia kasutamist välistavad alad

Tulenevalt seadusandlikest piirangutest on tsoneeringus tuuleenergeetika arendamist välistavaks loetud järgnevaid alasid:

- vastavalt valitsuse määrusele nr. 22 “Elektri-, gaasi- ja kaugküttevõrgu kaitsevööndite ulatuse kinnitamine” (RTI 1999, 8, 123), on elektriliinidest mõlemale poole genereeritud kaitsevööndid lausega 10 m elektriliinil pingega kuni 20 kV, 35 m elektriliinil pingega 35 – 110 kV ja 100 m veekaabelliinide kohal;
- tiheasustusala ja hoonete alune maa ning nende ümber 300 m laiune ala on käsitletud ühtse müra- ning ohutustsoonina. 300 m laiune tsoon tuleneb lubatud müranormidest (RTL, 14.03.2002, 38, 511)
- kalmistud ja nende alune maa;
- muinsuskaitsealade alune maa ja kinnismälestise kaitsevöönd 50 m laiuselt mälestise väliskontuurist või piirist alates;
- Kaitstavate loodusobjektide seaduse (KLOS) alusel kaitstavate looduse üksikobjektide alune maa ja nende ümber 50 m laiune tsoon;
- maanteed (vabariiklikud, põhi- ja tugimaanteed) ümber on vastavalt teeseadusele genereeritud tee kaitsevöönd 50 m laiuselt mõlemale poole sõiduraja telge.

2. Looduslikel põhjustel ebasobivad alad

- järved;
- laiud (kaasneb ka Ranna ja kalda kaitse seadusest tulenev piirang ehituskeeluvööndi näol 200 m ulatuses tavalisest veepiirist);
- märgalad (turvaspinnase tusedus >30 cm);
- metsamassiivid (pindalaga >5 ha).

3. Keelualad

Tuuleenergia kasutamist välistavateks aladeks on seadusandlikult reguleeritud ehitiste ja rajatiste püstitamist välistavad alad ning määratud otstarbega alad. Keelualadeks klassifitseeritakse piirkonnad, kus tuuleturbiinide püstitamine on objektiivsetel põhjustel

keelatud (nt. linnukaitsealad, jne.). Keelualad jaotatakse tzoneerimisel kahte rühma (range keeluala ja keeluala) vastavalt piirangut põhjustava nähtuse või objekti iseloomule.

- Range keeluala:

KLOS (Kaitstavate loodusobjektide seadus) alusel rahvuspargi, looduskaitseala, maastikukaitseala ja programmiala loodusreservaat ja sihtkaitsevöönd. Loodusreservaat, sihtkaitsevöönd ja piiranguvöönd kaitsealadel (rahvuspark, looduskaitseala, maastikukaitseala), millel kaitstakse linnu- ja loomaliike ning maastikke.

- Keeluala:

KLOS järgi kaitsealused I, II ja III kat. liigid (taimed, mineraalid, kivistised) areaalina. Kaitsealade piiranguvööndid KLOS alusel. Ranna- ja kaldakaitse seaduse alusel on ehituskeeluvöönd 100 m tavalisest veepiirist, saartel ja Narva-Jõesuus 200 m (Kaitstavate..., 1994; Ranna..., 1995).

4. Piirangualad

Piirangutega tuleb arvestada lindude rändeteedel ja pesitsusaladel, loomade elupaikades, haruldaste ning endeemsete taimede kasvukohtades, elamute ja asulate läheduses, kuid ka raadiomastide ning majakate vahetus läheduses. Piirangualad on sellised piirkonnad, kus tuuleturbiinide paigutamist ei soovitata, kuid teatud ettekirjutisi järgides on tuuleenergia rakendamine lubatud (nt. taimekaitseala). Nendes piirkondades sõltub tuuleturbiinide paigaldamine kaitseala valitseja ja kohaliku omavalitsuse otsusest vastavalt seadusandlusele ja ala planeeringus või kaitsekorralduskavas/kaitse-eeskirjas ette nähtud tingimustele. Selle tsooni puhul on vajalik KMH (keskkonnamõjude hinnang). Reeglina tuleks piiranguga alal loobuda tuulepargi rajamisest seni, kuni leidub veel majandusliku tasuvuse poolest samaväärseid piiranguteta alasid.

Sotsiaalsete konfliktide tsoonis peab kohaliku omavalitsuse otsus tagama, et ei kahjustataks üldsuse huve tingimustes, kus erinevatel huvigruppidel on erinevad huvid (nt. puhkealad, vaated).

5. Piiranguteta alad

Kõik alad, millele ei laiene ükski eelloetletud piirav kriteerium. Need alad on tuuleenergeetika arendamiseks keskkonna- ja sotsiaal-majanduslike tegurite alusel sobivad

ning alade kasutuselevõtt sõltub eeskätt tuuletingimustest ja elektrivõrguga liitumise võimalustest.

Samas tuleb arvestada ka elanike subjektiivsete väärtushinnangutega, maakasutuse, ohutuse, maastikuesteetika, jt. aspektidega. Subjektiivsete teguritena võivad tuuleturbiinide paigutamisele takistuseks osutada ka maastikuesteetika ning puhkealad. Kuigi tuuleturbiinide maastikupilti rikkuvat toimet või puhkepiirkonna kvaliteedi kahandamist võib vaidlustada, tuleb sellega siiski planeeringus arvestada ning omavalitsuses üldplaneeringu raames leida huvigruppidega kompromiss (Kull, 2002; Kull, 2001).

Alustada tuleks ka läbirääkimist maaomanikega saavutamaks ülevaate nende soovidest ja meeleoludest. Niisamuti tasub edaspidiste pingete vältimiseks konsulteerida ka naabermaaomanikega, sest nii visuaalne reostus kui ka hilisem rasketehnika kasutamine turbiini püstitamise käigus võib põhjustada naabermaadele kahju, mida tuleb ette näha. Peale maaomanike tuleks konsulteerida kohaliku omavalitsusega ning informeerida neid oma plaanidest.

Tsoneeringu kriteeriumite koostamisel ning analüüsil viiakse läbi keskkonnamõju hindamise ja Keskkonnanõude seaduses sätestatud nõuetele vastavad baasuuringuid (RTI 2000, 54, 348). Seetõttu võetakse tsoneeringut alusena, mille põhjal otsustatakse antud tuuliku või tuulikupargile keskkonnamõju hindamise nõude püstitamine. Kui tuuleturbiin või tuulikupark on kavandatud alale, mis langeb tsoneeringu põhjal keelu- või piiranguvööndisse, siis on kohalikul omavalitsusel vajalik algatada antud rajatise(te) kohta KMH (keskkonnamõju hindamine), kaasates tsoneeringu põhjal esitatud piirangutega ala puhul planeeritava tuuliku või tuulikupargi rajamisel KMH protsessis kõik huvigrupid (Kull, 2001).

Kokku võivad kõik eelpool nimetatud tegevused hõlmata 1 kuni 2 aastat

Kui sobivad piiranguteta alad on leitud, tuleb järgnevate kriteeriumite abil leida neist kõige sobivamad.

11.1 Elektrivõrgu olemasolu, selle võimsus ja liitumine

Sobivatest maa-aladest tuleb eelistada neid, millel lisaks headele tuuletingimistele on olemas ka elektrivõrgu lähedus. Kuid enne põhjalike tuulemõõtmiste teostamist, tuleb uurida elektrivõrgu läbilaskevõimet turbiini püstituseks valitud kohal.

Eesti 330 kV põhivõrk on suhteliselt võimas ja võimaldab teha üle tuhandemegavattiseid võimsuse ülekandeid Venemaale ja Lähti või sealt Eestisse. Jaotusvõrgu moodustavad liinid ja alajaamad, mille pinged on 110 kV, tarbijate juures 10, 20, 35 kV (Hein, 1991).

Vastavalt võrgu võimsusele, saab hakata planeerima ka tuuliku võimsust või tuulepargi suurust. Alla 110kV võrk ei sobi suurte tuuleparkide toodangu ülekandeks. Kohalikul tuleb arvestada ka lisainvesteeringute suurusega, mis kaasnevad võrku lülitusega ning tuuleturbiini rajamisega elektrivõrgust kaugemale, mil ettevõtjal tuleb omal kulul ehitada turbiini ja elektrivõrgu-vaheline liin (Ettevõttestandard, 2001).

Konkreetsed tingimused elektrivõrku liitumiseks määratakse läbirääkimistel võrku haldava ettevõttega igakordselt eraldi, sest ka sama pingega erinevate elektriliinide puhul osutuvad nõutavad tehnilised lahendused ning võimalikud liitumispunktid erinevateks.

11.2 Tuule kiiruse ja eeldatava tuuleenergia toodangu hindamine

Järgmiseks põhiliseks sammuks on tuuleturbiini püstitamiseks valitud koha tuulepotentsiaali mõõtmine. Mõõtmiseks püstitatakse valitud kohtadele anemomeetrid. Mõõtmistornid on statsionaarsed (valatud vundamentidega) ja neile kinnitatud anemomeetrid mõõdavad tuult eri kõrgustel.

Usaldusväärsete andmete saamiseks mõõdetakse ligi aasta jooksul tuule hetkväärtusi iga sekundi tagant, nende keskvärtus arvutakse 1-, 2-, 5-, 10-, 15-, 30- või 60-minutilise intervalliga ning samal ajal salvestatakse ka maksimum- ja miinimumväärtused ja nende esinemisajad. Saadud algandmeid töödeldakse (nt. Riso National Laboratory's välja töötatud programmiga Wind Atlas Analysis and Application e WA^SP). Algandmete põhjal koostatakse tuule kiirust ja suunda iseloomustavad diagrammid, millede järgi määratakse sobiva tuuliku parameetrid ja leitakse energia tootmiseks sobiv asupaik (Allan, 2001).

11.3 Dokumentatsioon

Tuuleturbiini või tuulepargi rajamisel on üks olulisemaid etappe kõikide huvikrappidega lepingute ja lubade sõlmimine.

- kohaliku omavalitsuse maavalitsus, muinsuskaitse, lennunduse, riigikaitse, rannainspektsiooni, telekommunikatsiooni, elektrivõrgud, töökaitse; ja keskkonnateenistuse luba turbiini püstitamiseks;
- laenuleping – panga või muu laenu-usaldajaga;
- maa ostu- või rendileping – maaomanikuga;
- elektrienergia ostuleping – energia ostjaga;
- elektrivõrguga ühendamise leping – Eesti Energia;
- eksplaatatsioonileping – tuuleturbiini operaatoriga;
- ehitusleping – ehitusfirmaga;
- varuosade tarneleping – tarnijaga;
- aktsionäride vahelised lepingud – investoritega.

11.4 Ehitustööd

Kui lepingulised ettevalmistustööd on sooritatud, siis viimaseks ja tähtsamaiks tööks on tuuleturbiini ehitus ja käivitamine. Ehitustegevuse peamised tegevused on:

1. teede rajamine;
2. torni püstitamiseks kraanale vajaliku platsi ehitus;
3. kaevetööd ja vundamendi ehitus;
4. alajaama maa-aluste kraavide ja kaablite ehitus ja paigaldus;
5. võrguga ühendamine ja telekommunikatsiooni liinide paigaldus jne.

Vundamendi valamise saavad hästi hakkama ka kohalikud ehitusfirmad kui neil on olemas turbiinile vastava vundamendi ehituse tehnilised joonised ja ehitusprotsessi kirjeldus. Samuti teedehitus ja kommunikatsioonide vedamine, kaabeldus ja püstituskraanade rent ning võrkulülitus peaks toimuma kohalike ettevõtete pinnal, kuid kogemust omava rahvusvahelise projektiarendusfirma kontrolli all. Kohalike alltöövõtjate kasutamine viib projekti hinna alla ning tagab projekti kiirema lõpetamise.

Koha valimisest, kuni tuuleturbiini käivitumiseni võib projektile kuluda 1,5 – 3 aastat.

Avamere tuuleparkide puhul on projekti pikkuseks 3-5 aastat, kuna tuulemõõtmine ehitustööd on komplitseeritumad (Allan; 2001).

Kokkuvõte

Maailma kliima muutumise, elukeskkonna jätkuva halvenemise ja fossilsete kütuse peatse lõppemise tõttu, on suurem osa arenenud riikidest kasutusele võtnud loodussäästliku arengustrateegia. Seega ka Eesti, kui osa kogu maailma arenenud ühiskonnast, peab omaks võtma teatud käitumisreeglid, mis on saavutatud tänu arvukatele ja põhjendatud diskussioonidele. Eestil tuleb koos kõikide huvigruppide ja institutsioonidega pöörata pilk tulevikku, mõeldes sealjuures globaalselt ja tegutsedes lokaalselt.

Hetkel baseerub kogu Eesti energiamajandus põlevkivil (98%). Samas on selge, et vanaviisi jätkates ammendub põlevkivivaru lähema 50 aasta jooksu. Pealegi on põlevkivi põletamine ebaefektiivne ja keskkonda saastav tegevus. Põlevkivi sisaldab orgaanilist ainet umbes 30 - 40 %, millest järeldub, et 1 t-i põlevkivi põletamisel tekib 600 - 700 kg jääki ja 1000 kg CO₂ –te, neile lisandub veel osaliselt põlemata ja põlenud orgaanilise aine tuhk ja hulk muid gaase. Selline energia tootmine on Eestis juba üle 40. aasta mõjutanud globaalset kliimat ja pälvinud viimasel ajal üha rohkem negatiivset tähelepanu nii Euroopa Liidu kui teiste arenenud riikide poolt.

Seega on senisel tehnoloogial põhinev põlevkivienergeetika ennast ammendamas. Vajalik on kas täielikk tehnoloogia uuendamine ja kaasajastamine või uue alternatiivse energiatootmisviisi leidmine. Siiski võib arvata, et põlevkivienergeetika täielik uuendamine ei ole pikemasperspektiivis õigustatud kuna selle varud ammenduvad lähema poole sajandi jooksul. Põlevkivi on aga üks väärtuslikumaid maavarasid Eestis ning selle põletamine on ebratsionaalne ressursi kasutus. Olemasolevad varud võivad osutada tulevikus väärtuslikumaks nt. keemiatööstuses. Pealegi näib arutu hävitada taastumatut loodusvara jättes seejuures kasutamata taastuva.

Sobivaimaks teeks Eestis, oleks põlevkivienergeetika järk-järguline asendamine taastuvate energiaallikate, sh. tuuleenergiaga. Selleks peavad aga riikliku energiamajanduse planeerijad väljatöötama taastuvate energiaallikate arendusplaani ja strateegia.

Hetkel on Eesti energiapoliitika taastuvate energiatega arendamise võimalusse küll tähelepanu pööranud, kuid senine soosing on jäänud siiski soojusenergeetikale. Samas peaks tulevikus

Eesti kui Euroopa Liidu täisliikme põhitähelepanu keskendumata just taastuveneergetika arengu soodustamisele, kuna see on prioriteediks ka Euroopa Liidus.

Eesti enerdeergetika ümberkorraldamisel on aga oluline arvestada ka sotsiaalpoliitilise taustaga, sest põlevkivieneergetika on ainus suurim tööandja, sotsiaalmajanduslikult ebastabiilses Kirde-Eesti piirkonnas. Seetõttu tuleks Eestisse suhtuda kui üleminekumajandusega riiki, kus taastuveneergetia areng ning saastava energiatootmise subsideerimise lõpetamine võib põhjustada sotsiaalmajanduslikke kriise. Probleemi tuleb vaadelda laiemalt ja teha selgeks just Eestile olulisemad prioriteedid. Loomulikult on selge, et üleöö põlevkivielektri jaamu sulgeda ja taastuvalle enerdeergetikale üle minna ei saa, kuid selles suunas tuleb võtta kindel siht.

Üheks lahenduseks oleks tuuleenerdeergetika arendamine. Selle suurimaks eeliseks on võrreldes pidevalt kallineva fossiilse kütusega, hind, mis on järjekindlalt langenud ning langeb ka edaspidi. Hinnalanguse tagab tuuleseadmete tehniline täiustamine ja tootlikkuse tõus, tuulikute suhteline odavnemine ja tasuta tuuleenergetia, mille hinda ei mõjuta inflatsioon, ega saastemaksud. Olulisemaks on aga asjaolu, et nimetatud energetialiik ei muuda Maa kiirgus- ja soojusbilanssi.

Kuigi maailma tuuleenergetia osakaal moodustab kogu maailma energetia tootmisest vaid ühe protsendi, on selle kasv olnud märkimisväärselt kiire, kasvades mõnel aastal sada ja rohkemgi protsenti. Kiire arengutempo põhjuseks on riikide soosiv ja toetav energetiapoliitika. Euroopa tuuleenergetia assotsiatsiooni EWEA ja Greenpeace'i prognooside kohaselt saavutab Euroopa tuuleenerdeergetika aastaks 2020 võimsuse 1,2 miljonit MW, s.o. tervelt 12 % kogu Euroopa energetiatarbest. Sama suurt protsenti nähakse ette ka ülejäänud maailmale. Arvata on, et sellisest arengust ei saa suurt tuuleenergetia potentsiaali omav Eesti kõrvale jääda.

Eestis on tuult piisavalt ning tuuleenerdeergetika arendamisel ei pea kartma ressursipuudust - lääneranniku saared kuuluvad Euroopa tuuliseimate piirkondade hulka. Samuti omab suurt potentsiaali rannikumeri, mida Eestil on küllaldaselt.

Teatud määral on erinevad investorid Eesti tuuleenerdeergetika arendamise vastu juba huvi tundnud ning esimesed tuulikud ja tuuleparkki juba püstitatud. Siiski on areng toimunud peamiselt fanaatikute eestvedamisel ja välisinvestorite abil, riigi poolehoid on olnud minimaalne. Seniste projektide põhieesmärgiks on olnud rohkem kogemuste kogumine kui suure kasumi teenimine.

Peale vähetoetava energiapoliitika on tuuleenergeetika arengu piduriteks ka kõrge võrguga liitumistasu ning vähese elektri läbilaskevõimega elektriliinid rannikualadel. Eesti Energia ülesandeks peaks olema võrkude väljaehitamine vastavaks Euroopa Liidu standarditele, seda tuleb teha ka juhul kui tuuleelektrijaamu Eestisse ei rajatagi. Kasulik oleks tuuleelektrijaamadesse investeerimisest huvitatud firmadega sõlmida kokkulepped vajalike ülekandeliinide ühiseks väljaehitamiseks, kasutades selleks Euroopa Liidu abiprogrammide rahasid. See oleks kasulik kõigile osapooltele, kuna:

- vähenevad Eesti Energia kulutused liinide väljaarendamiseks;
- elektri kvaliteet paraneb, kuna uuendatud liinide läbilaskevõime paraneb;
- investoritel avaneb võimalus rajada Eesti saartele ja rannikule tuuleelektrijaamu;
- kuna elektrit genereerivad tuuleelektrijaamad paiknevad tarbijale lähemal siis vähenevad võrgukaod (Eestis hetkel 13%).

Kuigi tuuleenergeetikat peetakse üheks keskkonnasõbralikumaks energiatootmisviisiks, võidakse tuuleturbiinide halva planeeringu ja mittekvaliteetse ehitustööga saavutada hoopis vastupidine efekt. Õnneks on antud toimingud Eesti seadusandluses piisavalt hästi reguleeritud ning nende järgimisel annab mitmeid probleeme vältida.

Tuuleenergeetika suurimaks miinuseks tema sõltuvus tuulest - saadav energia on kõikuva iseloomuga. Tarbijatele ka tuulevaiksete ilmadega pideva elektrienergia tagamiseks on vaja tuuleenergeetika kõrvale toetavat energiaga varustajat. Esialgu on põlevkivienergeetika küll võimeline tühikut täitma, kuid ainult teatud piirini - 10%. Loomulikult on sellise protsendi saavutamiseks vaja aega (hetkel moodustab tuuleenergeetika 0,1% energiatarbest), kuid vastavaid strateegiaid ja ettevalmistusi võiks riik juba praegu erinevate alternatiivenergiate arendamiseks tegema hakkata.

Taastuenergiaallikate, sh. tuuleenergeetika, ulatuslik arendamine lähemate aastakümnete jooksul on sobivaks lahenduseks, et kindlustada ühiskonna normaalset arengut puhtamas keskkonnas. Sellest tulenevalt jääb üle loota, et käesolevatel parlamendivalimistel suure toetuse osaliseks saanud uusi ja säästvamaid põhimõtteid propageeriv partei propageerib ka uusi ja säästvamaid energeetika lahendusi.

Summary

Wind energy, the factors and possibilities of its development and perspective in Estonia.

Due to changes in global climate, the continual deterioration of living environment, and the near exhaustion of fossil fuels, the majority of advanced countries have switched over to a nature-economical development strategy. Estonia, as a part of the progressive world community, must therefore embrace certain behaviour patterns, which have been achieved in the process of numerous and much-needed discussions. Together with all interested parties and institutions, Estonia will have to turn its sights toward the future, thinking globally, acting locally.

At the moment, Estonian power-management in its entirety is based on oil shale (98%). At the same time it is clear, that if it were so continued, the oil-shale resources would be exhausted within the next 50 years. The burning of oil shale is also an ineffective and environmentally unhealthy procedure. The content of organic substance in oil shale is approximately 30 to 40 %, which means that at the burning of 1 ton of oil shale, 600 to 700 kg of wastes and 1000 kg of CO₂ is produced, not to mention the ashes of half burned and burned organic substance and a number of other gases. Such energy production in Estonia has affected global climate for over 40 years already, drawing much negative attention from the European Union and other advanced countries.

The present technology, based on oil shale power-management, is thus becoming obsolete. There is a need of a total renewal and updating of technology, or finding a new alternative means of energy production. In a longer perspective, it does not seem reasonable to totally renew oil shale power-management, as its resources will be exhausted within half a century. Oil shale, however, is among the most valuable natural resources in Estonia, and it is irrational to burn it. In the future, the existing resources may prove more valuable in chemical industry, for instance. It does seem unwise to use a non-renewable natural resource, while neglecting to use the renewable ones.

The most suitable path for Estonia to choose would be the gradual replacement of oil shale power-management with renewable energy sources, incl. wind energy. For that to happen, those responsible for the planning of national power-management must prepare a development plan a strategy for renewable energy sources.

As of today, the development of renewable energies in the power-management policy of Estonia has been considered to some extent, but thermal power-management has still been favoured. But, as a future full-standing member of the European Union, the full attention of Estonia ought to be turned toward promoting renewable power-management, as this is the priority in the European Union.

Upon rearranging Estonia's power-management, it is important also to consider the socio-political background, because oil shale power-management is the single foremost employer in the socio-economically unstable North-East Estonia. Therefore, Estonia should be viewed as a country with an economy in transition, where socio-economic crisis could be caused by the development of renewable energy and the discontinuance of subsidizing for environmentally non-friendly energy production. The whole range of problems should, therefore, be considered, and the important priorities settled in the specific case of Estonia. It is evident, of course, that the oil shale power plants cannot be closed down overnight. Neither is it possible to immediately switch over to renewable power-management. But this should definitely be the future objective.

The utilization of wind energetics could be a solution. Its greatest advantage, compared to the rising cost of fossil fuels, is the fact that it is becoming progressively less expensive. The diminishing of prices is caused by the technical advancement of wind equipment and the rise of productivity, the comparative decline of turbine prices, and the free-of-charge wind power – not affected by inflation nor pollution taxes. The most important factor, however, is the fact, that this type of energy will not alter the Earth's radiation and heat balance.

Even if the weight of global wind energy is only 1% of the total energy production, its growth has been notably rapid – 100% or more during some of the years. The rapid development is caused by the favourable and supportive energy politics on governmental levels. According to the prognosis of the European Wind Energy Association (EWEA) and Greenpeace, the European wind energy will reach the capacity of 1,2 million MW by the year 2020, which

totals 12% of the whole energy consumption of Europe. As great a percentage is predicted for the rest of the world. Estonia, with its great potential of wind energy, should therefore not miss this development.

There is plenty of wind in Estonia, so the lack of resources is not to be feared while developing wind energetics – the islands off the West Coast are among the windiest regions of Europe. The coastal waters, which Estonia is rich in, also hold great potential.

To a certain extent, various investors have already proven to be interested in developing wind power-management in Estonia, the first turbines and even a wind park are already erected. Still, this development has mostly been due to the efforts of fanatics and foreign investors, the state support being minimal. The main objective of the projects so far has been the acquirement of experience, rather than making huge profits.

In addition of the half-hearted support from power-management policy, the development of wind energetics has also been hindered by the high cost of plugging into the network, and the low capacity of the electric leads in coastal areas. It should be the task of *AS Eesti Energia* (Estonian Energy) to develop the networks in accordance with the standards of the European Union, which needs to be done even if no wind power stations are set up in Estonia. It would be profitable to make contracts with the companies interested in investing into wind power stations for the joint development of necessary transmitting leads, utilizing the finances of the European Union's helps programs. That would be beneficial to all parties, because:

- *Eesti Energia's* costs for development of lines will be diminished;
- The quality of electricity will improve, because the renewed lines will have an improved capacity;
- The investors will have the opportunity to set up new wind power stations in the islands and coastal areas of Estonia;
- As the wind power stations generating electricity will be located closer to the consumer, network losses will drop (in Estonia now 13%)

Even though wind power-management is considered one of the most environmental friendly means of energy production, an opposite effect could be created with poor planning of wind

turbines and low quality of construction works. Luckily, these procedures are sufficiently governed by Estonian legislation, the adhering of which will help avoid many problems.

In practice, the major weakness of wind power-management is its dependency on the wind – the energy produced is unstable. To provide customers with constant electric energy even when there is no wind, there is a need of a supportive standby energy supplier. To begin with, oil shale power-management is able to fill the void, but only to a limit – 10%. It takes time, of course, to reach this percentage (at the moment, wind energetics only constitutes 0,1% of energy consumption), but for the development of alternative energies, specific strategies and preparations could already be launched by the state.

The widespread development of renewable energy sources, incl. wind power-management, during the upcoming decades, is a suitable means of securing a normal development of society in a cleaner environment. It is therefore to be hoped, that the highly supported party of the previous parliamentary elections, which is known for propagating new and economical principles, will also propagate new and economical solutions in the field of power-management.

Kasutatud kirjandus

Kasutatud trükised

1. Brown, L. R., Flavin, C. and French, H., 1999. Energeetika otsib uut ja taasleiutab vana. Maailm aastal 1999. SEI-Tallinn, 249 lk
2. Capros, P., Mantzos, L., Petrellis, D., Panos, V., Delkis, K., 1999. European Union Energy Outlook to 2020. European Commission. Luksemburg, pp. 24-41, 46-65, 112-122.
3. Eisenmann, I., 2001. Potenziale ohne Ende. Neue Energie nr. 8., s. 18-19.
4. Freris, L., 1992. Inherit the wind. IEE Review, pp. 5-10.
5. Hein, K., 1991. Viiskümmend aastat Eesti energiasüsteemi. Tallinn, 86 lk.
6. Hunt, W.G., Jackman, R.E., Hunt, T.L., Driscoll, D.E. & Culp, L., 1998. A population study of golden eagles in the Altamont Pass Wind Resource Area: population trend analysis. Report to National Renewable Energy laboratory. Subcontract XAT-6-16459-01. Predatory Bird Research Group, University of California. Santa Cruz, pp. 34.
7. Hänsch, K., 1999. Euroopa parlamendi ja nõukogu Direktiiv 96/92/EÜ. Energeetika infoleht nr. 1, lk 8.
8. Kalamees, A., 1998. Tähtsad linnualad ehk important bird areas. Eesti loodusfoto. Tartu, 130 lk.
9. Kallaste, T., 1998. Kliimamuutuste uurimise teine vabariiklik konverents Pärnus. Keskkonnatehnika nr 1, lk 11.
10. Kallaste, T., 1999a. Chapter 1. Energy sector. Possible energy sector trends in Estonia. Context of Climate Change. Kallaste, T., Liik, O. & Ots, A. (Eds.). Tallinn, pp. 23-41.
11. Kallaste, T., 1999b. Eesti energeetika võimalikest arenguteedest. ÜRO Kliimamuutuste Konventsiooni Kyoto protokolliga valguses. Keskkonnatehnika nr. 6, lk 16 -17.
12. Kirch, A., Bröckling, I., 2001. International. Neue Energie nr. 5., s. 76.
13. Kull, A., 1999 Eesti tuulekliima, Uurimusi Eesti kliimast. Tartu Ülikooli Geograafia instituut, lk 86-93.
14. Kull, A., Selg, V. and Post, R. 1999. Chapter 4 - 7. Energy sector. Possible energy sector trends in Estonia. Context of Climate Change. Kallaste, T., Liik, O. & Ots, A. (Eds.). Tallinn, pp. 105 – 124.
15. Käärman, L., 1999. Päike ja tuul tagavad meremärgi aastaringse töö. Keskkonnatehnika nr. 7, lk 42.

16. Lõhmus, A., 2002. Virtsu tuulikud mõirgavad sügistormis neljandiku võrra valjemini. Postimees 2002.11.04.
17. Martí, R., 1994. Bird/wind turbine investigations in southern Spain. DE95-004090. Reslove. Washington DC and LGL Ltd. King City, 145 pp.
18. Milborrow, D., Garrad, A., Madsen, B., 1999. Wind Energy the Facts. European Commission, European Communities. Luksemburg, 232 pp.
19. Oidram, 2000. Põlevkivi ja tuul. Elektrileht nr 8, lk 8.
20. Orloff, S., Flannery, A., 1992. Wind Turbine Effects on Avian Activity, Habitat Use, and Mortality in Altamont Pass and Solano County Wind Resource Areas. Report to the California Energy Commission and Planning Departments of Alameda 1989-1991. Contra Costa and Solano Counties by BioSystems Analysis, 85 lk.
21. Pajumets, E., 1998. Kas kütuseelemendist saab tuleviku energiatootja. Keskkonnatehnika nr. 3, lk 26.
22. Punning, J., Terasmaa, J., Roos, I., S. Soosaar, M. Pensa, A. Kont, E. Metusala, T. Vürmer, 2001. Estonia's Third National Communication Under the UN Framework Convention on Climate Change. Estonia, pp. 79.
23. Steinrücke, J., Kull, A., Stemmler, J., 1996. Zukünftige Nutzung der Windenergie in der Republik Estland. Die Erde, 127, 193-204
24. Tepp, J., 2002a. Tuuleenergeetikast. Äripäeva Keskkonna eri, 13.02.2002.
25. Tomson, T., 1998. Tehniline helioressursi jaotus Eestis. Keskkonnatehnika nr. 2, lk 42.
26. Tomson, T., 2000. Taastuvate energiavarude kasutamise võimalused Eestis. Keskkonnatehnika nr. 2, lk 18
27. Tomson, T., 2001. Tuuleenergeetika 2001. - Nii nagu see paistis konverentsil EWEC 2001. Keskkonnatehnika nr.5, lk 36.
28. Walker, J.F., Jenkins, N., 1997. Wind Energy Tehnology. UNESCO. England, pp. 8-23.
29. Valma, A., 2000. Tuuleenergeetika arenguprobleeme Eestis. Keskkonnatehnika nr. 4, lk 24.
30. Valma, A., 2002a. Taastuvenergia uuel aastatuhandel. Keskkonnatehnika nr 5, lk 13.
31. Valma, A., 2002b. Tuuleenergeetika areng. Keskkonnatehnika nr. 2, lk 29.
32. Valma, A., 2002c. Tuuleenergeetika arengu prognoos järgmiseks sajandiks. Keskkonnatehnika nr. 6, lk 40.
33. Winkelman, J.E., 1992. The impact of the Sep Wind Park near Oosterbierum, Friesland, The Netherlands, on birds, 2. Nocturnal collision risks, Rijksinstituut boor Natuurbeheer. Arnhem RIN-Rapport, pp. 23-25.

Kasutatud käsikirjad

34. Aarna, I., Levorsen, A., Lundsager, P., 2000. Wind Energy Feasibility studies in Estonia. Danish Energy Agency Ministry of Economic Affairs of the Republic of Estonian Energy Department. Topic Conference. Tallinn.
35. Allan, F., Jørgensen, L., Raben, N., Levorsen, A., Rathmann, O., Lundsager, P. Gjerding, S., 2001. Tuuleturbiinide Uuringud Eesti Energiale. Väljavõte aruandest - Tuuleenergeetika tasuvusuuringud Eestis nr. 2136/96053-0001, lk 6-8.
36. Greenpeace, Euroopa tuuleenergia assotsatsioon, Greenpeace and wind industry unveil global energy blueprint, 1999. Wind Forse 10. Publications, pp. 35-58.
37. Greenpeace, Euroopa tuuleenergia assotsatsioon, Greenpeace and wind industry unveil global energy blueprint, 2002. Wind Forse 12. Publications, pp. 2-7, 36-46.
38. Kask, Ü., 2003. Taastuvate kütuste ressursside teoreetiline ja majanduslik potentsiaal primaarenergia sisalduse järgi Eestis. Taastuvate energiaallikate uurimine ja kasutamine. kolverentsi ettekanne.
39. Kull, A., 1996. Eesti tuuleatlas. Magistritöö. Tartu Ülikooli Geograafia instituut, lk 39-58
40. Kull, A., 2001. Laimjaja, Leisi, Muhu, Ruhnu ja Salme valla tsoneering tuuleenergia kasutamiseks keskkonna- ja sotsiaal-majanduslike tegurite alusel. Lääne-Eesti Saarestiku Biosfääri Kaitseala Saaremaa Keskus. Tartu Ülikooli Geograafia Instituut, lk 13-15.
41. Kull, A., 2002. Kaarma, Kärla, Mustjala, Pihla ja Valjala valla ning Roomassaare ala tsoneering tuuleenergia kasutamiseks keskkonna- ja sotsiaal-majanduslike tegurite alusel. Lääne-Eesti Saarestiku Biosfääri Kaitseala Saaremaa Keskus. Tartu Ülikooli Geograafia Instituut, lk 7-18.
42. Lahtvee, V., 2002. Kui palju kulub põlevkivi ja vett 1 kWh elektrienergia tootmiseks ning kui palju erinevaid kahjulikke aineid ja tuhka selle tulemusena tekib. Vastus minu küsimusele AS Eesti Energia keskkonnajuhilt. 24.03.2002.
43. Majandusministeeriumi taastuvenergia nõukogu, 2001. Taastuvenergiaallikate majanduslikult põhjendatud rakendamine energia tootmiseks. Taastuvenergeetika nõukogu ettekanne olukorrast Eestis ja Euroopa Liidus ning soovitused ala arendamiseks Eesti Vabariigi Valitsusele. Tallinn, lk 4, 11-20, 34-40.
44. Pajumets, E., 2000. Kütuseelement-saab sellest tuleviku energiatootja. Eesti Energeetika Instituut. Aruanne, lk 5, 8.
45. Post, R., Selg, V., 1995. Wind Energy Make Difficult Start in Estonia. EWEA Special Topic Conference -The Economics of Wind Energy. Finland, lk 32-35.

46. Tepp, J., 2001 .Tuuleenergia kasutuselevõtmine Eestis. kiri Vabariigi peaminister Mart Laarile, 6 pp.

Kasutatud normatiivmaterjalid

47. Asjaõigusseadus, 1993. RT I 1993, 39, 590
48. Elektriturseadus, 2003. RT I 10.03.2003, 25,153.
49. Elektrivõrguga liitumise kord, 1999. RT I 1999,29,403.
50. Energiaseadus, 1997. RT I 1997, 52, 833.
51. Ettevõttestandard, 2001. AS Eesti Energia ametlik väljaanne, Tehnilised nõuded elektrituulikute liitumiseks elektrivõrguga, EE 10421629 ST 7.
52. Kaitstavate loodusobjektide seadus, 1994. RT I 1994, 46, 773.
53. Keskkonnamõtjude hindamise ja auditeerimise seadus, 2000. RKs RT I 2000, 54, 348.
54. Keskkonnastrateegia, 1997. Keskkonnaministeeriumi ja Euroopa Liidu PHARE programmi projekt. Keskkonnaministeerium, Info- ja Tehnokeskus. Tallinn.
55. Kohalike Omavalitsuste Korralduse Seadus, 1993. RT1 1993, 20, 352.
56. Käibemaksuseadus, 2001. RT I 2001, 64, 368.
57. Kütuse- ja energiamajanduse pikaajalise riiklik arengukava, 1998. RT I 1998, 19, 295.
58. Muinsuskaitse seadus, 2002. RT I 2002, 27, 153.
59. Planeerimis ja ehitusseadus, 1995. RT1 1995, 59, 1006.
60. Põllumajandusminister, 2003. Põllumajandusliku keskkonnatoetuse ühikumäär ja taotlejale antava keskkonnatoetuse maksimaalsuurus. määrus nr 16, RTL 2002, 36, 491.
61. Ranna ja kaldakaitse seadus, 1995. RT1 1995, 31, 382.
62. Saastekahju hüvitise määrade kehtestamine 1999., 2000. ja 2001. aastaks, 1994. RT I 1994, 12, 203.
63. Sotsiaalminister, 2002. Müra normtasemed elu- ja puhkealal, elamutes ning ühiskasutusega hoonetes ja mürataseme mõõtmise meetodid. määrus nr. 42, RTL, 14.03.2002, 38, 511
64. Säästva Arengu Seadus, 1995. RT I 1995, 31, 384.
65. Vanaõli käitlemise kord, 1999. RTL, 05.05.1999, 73, 932.

Kasutatud internetileheküljed

66. EWEA, 2003. Tuuleenergeetika võimsused erinevates Euroopa ja maailma maades. <http://www.ewea.org/wew/837-2.htm>. 21.03.2003.
67. EWPA, 2001. Kümme põhilist sammu isikliku tuuleturbiini püstitamiseni. <http://www.tuuleenergia.ee/lehed/abi.htm>, 14.09.2002.
68. Galilleo, 2002. Maailma suurim tuuleturbiin Saksamaale. tutvustav artikkel (muutuv) telekanalil pro 7 eetris olnud teadussaatele. http://www.prosieben.de/cgi-bin/site_search.pl, 11.09.2002.
69. Lehtla, T., 1997. Elektri kalender. <http://www.ene.ttu.ee/Elektriamid/teadus/artiklid/wind/TUUL1.htm>. 14.09.2002.
70. Melsas, R., 2000. Tuul, tuulik, tulevik. Eesti Tuuleenergia Assotsiatsioon. <http://www.tuuleenergia.ee/failid/OK%20Tuul%20tuulik%20tulevik%201%FCChem%20OK.doc>. 04.05.2002.
71. Reinsalu, E., 1998. Criteria and size of Estonian oil shale eserves. Mäeinstituudi eriväljaanne, nr. 2 Special. Tallinna Tehnika Ülikool. <http://www.ttu.ee/maeinst/os/Reinsalu.html>. 06.04.2003.
72. Statistikaamet 2003. Eesti energiabilansi statistika. <http://gatekeeper.stat.ee:8000/pxweb.2001/Dialog/varval.asp?ma=KE03&ti=ELEKTRIE+NERGIA+BILANSS&path=../Database/Majandus/02Energeetika/&lang=2>. 05.03.2003.
73. Tepp, J., 2002b. Virtsu hakkas ise tuuleenergiat tootma. <http://www.epl.ee/artikkel.php?ID=217293>. 12.10.2002
74. Tepp, J., 2003a. Kogutud artiklid Eesti tuuleenergeetika arengust. <http://www.tuuleenergia.ee/lehed/eestist.html>, 12.04.2003.
75. Tepp, J., 2003b. Higine elekter. <http://www.epl.ee/artikkel.php?ID=231208&Com=1>, 24.03.2003.
76. The United Nations Framework, 2001. Convention on Climate Change and Kyoto protocol. <http://unfccc.int/resource/convkp.html>. 17.02.2003.
77. Tulk, M., 2002. Esimene tuulik toodab elektrit. <http://www.saaremaa.ee/uudised/default.htm>. 31.06.2002.