

Andres Talvari

HÄDAOLUKORRAD EESTIS: merereostus ja metsatulekahjud

ISBN 978-9985-67-194-8

Sisekaitseakadeemia 2011
Kase 61, 12012, Tallinn
oktoober 2011

SISUKORD

SISUKORD	3
SISSEJUHATUS.....	5
I MEREREOSTUS.....	6
1 Mõistete seletus.....	6
2 Merereostuse olemus.....	8
2.1 Eesti rannikumeri	8
2.2 Soome laht	8
2.3 Merereostused	9
3 Tooted naftast.....	9
3.1. Toornafta.....	10
3.2. Määrdeõlid	12
3.3. Emulsioon kütteõlid.....	12
4 Naftasaaduste käitumine mere keskkonnas	13
5 Naftasaaduste füüsikaliskeemilisi omadusi	15
5.1 Füüsikalised omadused.....	15
5.2 Keemilised	15
6 Naftasaaduse reostuslaigu levimine/Õlilaigu levimine	16
7 Reostuslaigu aurustumine	17
8 Reostuslaigu / Õlilaigu looduslik hajumine	17
9 Vee ja õli emulsioon.....	18
10 Reostuslaigu liikumine.....	18
10.1 Hoovuste mõju.....	19
10.2 Reostuslaigu triivimise arvutamine.....	19
10.3 Kombineeritud liikumine, ilmastiku protsessid, liikumise modelleerimine	19
11 Naftareostuste / Õlireostuste statistika	22
11.1 Lekete arvud maailma meredes	22
11.2 Lekete kogused.....	23
12 Lekete põhjused.....	24
12.1Lekked Läänemeres.....	27
13 Laevaliikluse ja laevaõnnetuste riski kasv Soome lahel	28
14 Õnnetuste ennetamine	30
15 Naftasaaduste tõrje nn õlitõrje.....	31
16 Reostuse ohjamine. Kokkukorje. Poomide tüübid ja nende valik	32
17 Reostustõrje poomide rakendused ja standardtunnused	32
18 Poomide tüübid.....	33
18.1 Tahkest materjalist ujukitega kardinpoom	34
18.2 Täispuhutavate ujukitega poom.....	34
18.3 Isetäituv ujuvpoom	35
18.4 Tarapoom	36
18.5 Tarapoom koos välise pingutuselemendiga	37
18.6 Kaldapoom.....	37
18.7 Alternatiivsed poomid(pneumaatiline tõke,võrkpoomid,improviseeritud tõkked).....	38
19 Õige poomi valimine	39
20 Reostustõrje / Õlitõrje poomide paigaldamine	40
21 Ettevaatusabinõud poomide paigaldamisel.....	41
22 Poomide ankurdamine ja ühendamine	41

23	Poomide ladustamine	44
24	Kogumistehnika – õli veest eraldamine/koorimine skimmeritega	45
	24.1 Skimmerite tüübid ja nende rakendamine	45
	24.2 Kogutud saaste ajutine ladustamine	46
25	Imimaterjalid – sorbendid	46
	25.1 Skimmerite töö põhimõtted	46
	25.2 Naftasaaduste grupeerimine tiheduse alusel(tabelid)	48
II	METSATULEKAHJUD	49
1	Eesti metsad	49
2	Eesti metsatulekahjude statistika	52
3	Metsatulekahjude sõltuvus ilmast	54
	3.1 Metsamaterjali süttimine	55
	3.2 Tule keskkond	55
	3.3 Põlevmaterjal metsas	55
	3.3.1 Pinnasekütused	56
	3.3.2 Pinnakütused	57
	3.3.3 Ladvakütused	58
4	Metsatulekahjusid soodustavad ilmastikuolud	59
5	Kliimamuutused	64
	5.1 Globaalne soojenemine	64
	5.2 Globaalse soojenemise põhjused	66
	5.3 Globaalse soojenemise tagajärjed	68
6	Kliimamuutuste dünaamika	68
7	Kokkuvõte	70
	Merereostuse osas kasutatud kirjanduse loetelu	73
	Metsatulekahjude osas kasutatud kirjanduse loetelu	75
	Lisa 1 Metsatulekahjude liigid	76
	Lisa 2 Kütuse komponendid	77
	Lisa 3 Tule levik pinnasesse	78
	Lisa 4 Tule levik - tuuletu, tuulise ilma korral ja nõlvakul	79
	Lisa 5 Looduslike ohtude klassifikatsioon	80

Annotatsioon.

Käesolev õppematerjal on mõeldud Päästekolledzi kadettidele õppeaine OHTLIKUD AINED II lisaõppevahendina. Täiendava õppevahendina on ta kasutatav ka päästetöötajate koolitusel.

SISSEJUHATUS

Kaasaegne ühiskond on oma arengus üleminekuetapil industriaalühiskonnast postindustriaalsesse (industriaaljärgne).

Industriaalühiskond funktsioneeris tohutu masinana, kus inimene, küll selle loojana täitis selles vaid mutrikese osa.

Industriaaljärgne ühiskond on oma olemuselt humaansem, temas on muutuv majandusstruktuur, tarbimise ja teenuste osutamise sektor kasvab. Seda ühiskonda iseloomustab ressursisäästlikkus ja ökoloogiliselt „puhaste“ tehnoloogiate kasutuselevõtt, hooliv suhtumine inimestesse ja looduskeskkonda.

Ühiskonna arengu käesoleval etapil need probleemid lahenduvad mitmesugustes süsteemides, nt rahvuslik julgeolek, ökoloogia kui kaitse, inimeste elu ja tervise kaitse tootmissfääris. Need moodustavad ühtse sotsiaal-loodusliku julgeoleku süsteemi, mille prototüübiks on käesoleval ajal süsteem „Inimese elutegevuse ohutus“.

Igapäevases elus (tööstussfääris, olmes, puhkusel jm.) puutub inimene kokku erinevate ohtudega (nii tehnogeensete, looduslike, samuti ka sotsiaalsetega).

Elanikkonna ja territooriumi kaitse erakorraliste olukordade eest on riigi üks tähtsamaid ülesandeid riikliku julgeoleku ja riigi arendamise kõrval.

Kuigi Eestis ei ole märkimisväärseid loodusliku iseloomuga erakorralisi olukordi, siis päästeametnikel on sageli appi kutsutuna kokkupuutumist maailma mõnes piirkonnas juhtunud loodusõnnetusega

Isikliku julgeoleku tagamisel on üheks oluliseks teguriks teadmised, kogemused ja valmisolek adekvaatseks tegevuseks mistahes ekstreemses olukorras.

I MEREREOSTUS

1 Mõistete seletus.

AIS (Automatic Identification System) - aluste automaatne tuvastussüsteem. (<http://www.fma.fi/e/functions/trafficmanagement/index.php> 10. aprill 2008).

Asfalt - musta või pruuni värvi viskoosne peamiselt süsivesinikest koosnev looduslikult esinev aine. (<http://tigger.uic.edu/~mansoori/Asphaltene.Molecule.html> 5. aprill).

ASTM FO Nr. – (ASTM - American Society of Testing and Materials) kütteõli (FO – fuel oil) number. (<http://epa.gov/oms/regs/nonroad/marine/ci/fr/dfuelrpt.pdf> 2. aprill, 5. lehekülge).

API erikaal (American Petroleum Institute gravity) – on moodus raske või kerge naftatoote võrdlemiseks veega. Kui API erikaal on suurem kui 10, siis õli ujub vee peal, kui aga väiksem kui kümme, siis ei uju, vajub põhja või hõljub. (<http://moneyterms.co.uk/api-gravity/> 5. aprill).

Biogeenid – toitained, organismide keha ülesehitamiseks vajalikud biogeensed ained – fosfori (P), lämmastiku (N), kaaliumi (K), räni (S), kaltsiumi (Ca), raua (Fe) ja teiste keemiliste elementide ühendid (peamiselt vees ahustuvad soolad). (Eesti Entsüklopeediakirjastus 1996. lk 40).

Bituumen - Tahke, pooltahke või viskoosne kolloidse struktuuriga süsivesinik, värvus pruunist mustani, on toornafta destillatsioonijääk või saadakse atmosfäärirõhul tekkinud naftajääkide vaakumdestilleerimisel. Bituumenit nimetatakse sageli asfaldiks ning seda kasutatakse peamiselt teedehitusel ning katusematerjalina. (<http://www.thecanadianencyclopedia.com/index.cfm?PgNm=TCE&Params=A1ARTA0000787> 5. aprill).

Faarvaater – laevatee. (Eesti Entsüklopeediakirjastus 1996. lk 71).

gasoil õli, mille keemistemperatuur (160- 407 °C) ja viskoossus (1,48 - 140 cSt, 40 °C juures) jäävad petrooliumi ja määrdeõli omade vahele. (<http://www.dec.state.ak.us/SPAR/faq.htm#oils> 5. aprill).

GOFREP (Gulf Of Finland Reporting system) - Soome lahe laevaettekannete süsteem, mille peamine eesmärk on kaasa aidata ohutuse tagamisele laevade navigeerimisel ja seeläbi tõhustada mere keskkonnakaitset. Süsteemi opereerib Veeteede Ameti laevaliikluse korraldamise osakond. (<http://www.vta.ee/atp/?id=886> 10. Aprill 2008).

IFO Nr. - Marine Diesel Fuel – laevade diiselkütus, või Intermediate Fuel Oil (IFO) – keskmine kütteõli ehk segu destilleeritud ja jääk (residual) õlidest.

Mittepüsiv õli – naftatoode, mille mahust 50 % destilleerub 340 °C juures ning 95 % destilleerub 370 °C juures.

MGO - Marine gasoil.

MDO - Marine diesel oil.

Navy Special Fuel Oil (NSFO) - laevakütus, vastab ASTM FO Nr. 5 tähistusele, toodetud ASTM FO Nr. 6 tüüpi õli ja eetri või petrooliumi segamisega. Tihedusega, mis läheneb vee omale, pumpamiseks vajab soojendamist, kuna on kõrge viskoossusega (Kinemaatiline vis-

koossus, cSt, 40 °C juures – kuni 862). (<http://www.globalsecurity.org/military/systems/ship/systems/fuel-oil.htm> 5. aprill).

Parafiinivahad - Need on küllastunud alifaatsed süsivesinikud. Need vahad on määrdeõlide vahatustamisel ekstraheeritud tootmisjäägid. Neil on peen kristalne struktuur, mis on sorditi veidi erinev. Põhiomadused on järgmised: need on värvitud, lõhnatud, valgust läbilaskvad, sulamispunktiga üle 45 °C. (<http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?lk=47> 5. aprill).

Punker – Nimetus tuleneb konteineri nimest (punkermahutid), mida kasutatakse laevadel ja sadamates. (<http://www.liquidminerals.com/fuels.htm> 2. aprill).

Püsiv (persistent) õli – naftatoode, mis vastupidiselt mittepüsivatele õliledestilleerub väga vähe oma mahust (1-15 %).

SYKE (Finnish Environment Institute) - Soome Keskkonnainstituut. (<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=5297&lan=en> 10. aprill 2008).

VTS - Vessel Traffic Service.

VTMIS (Vessel Traffic Management and Information Service) - maalt toimuv mereliikluse juhtimine. (<http://www.fma.fi/e/functions/trafficmanagement/index.php> 10. aprill 2008).

2 Merereostuse olemus

Merereostuse all mõistetakse naftasaaduste (nii tankeritelt kui kaubalaevadelt – bensiin, diislikütus, laevakütusena masuut ning diislikütuse lisandiga põlevkiviõli) sattumist mere keskkonda

Naftareostuse teema Eestis kui mereriigis on aktuaalne hiljutiste suuremate naftareostuse juhtudega Läänemerel.

Viimase viie aasta jooksul on naftasaaduste transport Läänemere Soome lahel kahekordistunud, sellega seoses on suurenenud ka reostuse toimumise tõenäosus.

2.1 Eesti rannikumeri:

(Mereala: üle 15 000 km². Rannajoon: üle 3000 km. Saared: 1751. Saared väiksemad kui 10 ha: 1425. Põliskasustusega saared: 9).

Läänemeri (venelastele Balti meri, sakslastele Ostsee / Idameri) on ökoloogiliselt kergesti ohustatav mereala oma madala soolasisalduse, väikese mahutavuse, põhjapoolse asendi ja vähese veevahetumise tõttu. Riimveeline Läänemeri on kiiresti eutrofeeruv veekogu, sest vett saastatakse pidevalt ja veevahetus ookeaniga on väga aeglane (vesi uueneb 25-35 aastaga), mistõttu enamik biogeene ja toitesooli akumulatsioonid Läänemeres endas. Läänemeri on väike ja suletud mereala, mistõttu merre sattunud nafta kandub kiiresti rannavööndisse. Külma ja hapnikuvaene keskkond aeglustab nafta looduslikku hävimist. Talvine jääkate omakorda raskendab nafta kokkukorjamist. (Merereostustõrje plaan, Tallinn 2008).

2.2 Soome laht

on Läänemere osa, eraldades Eesti ja Soome Vabariiki.

Soome lahe kõigi naftavedude maht oli 1996. aastal oli ligi 22 miljonit tonni, 1997 umbes 30 miljonit tonni ja aastal 2000 üle 40 miljoni tonni. 2004 ulatus Soome lahe naftatranspordi maht juba 110 miljoni tonnini. Ka muu laevaliiklus on kiiresti kasvanud. Nii ulatus näiteks Peterburi sadama veoste kogumaht 1999.a. 28 miljoni tonnini, kui see veel 1990-ndate aastate alguses oli ca 10 miljonit tonni aastas. Venemaa uute sadamaprojektide paratamatu teostumise ajal kahekordistus naftatransport praegusega võrreldes, sama juhtus ka muu transpordiga. 2011. aasta alguses väljus Ust-Luga sadamast esimene kütuse tanker Soome lahel, transporditava nafta kogus võib ületada 190 miljoni tonni piiri juba enne 2010. aastat.

2.3 Merereostused

Tankerionnetusi on Läänemerel ja eriti Soome alal toimunud suhteliselt vähem kui arvestada kogu maailmas toimunud õnnetuste hulka ning Läänemere transpordikoormust. Nii peaks Läänemerel tõenäosuse kohaselt toimuma 4–5 enam kui 34 tonni suurust naftareostust aastas ja Soome territoriaalvetes mõni õnnetus umbes iga 16 kuu tagant. Tegelikuses on neid Läänemerel olnud tunduvalt vähem. Siit tulenevalt arvestades maailma merede reostusõnnetuste statistikat, ei tohi valvsust kaotada. Läänemere laevaliikluse kohta, kuna viimased suuremad reostusõnnetused (Tanker Alambra juhtum 2000. aastal ja Loode-Eesti rannikureostus 2006. aastal.) on näidanud, et enamasti jõuab suur osa lekkinud naftasaadustest alati, varem või hiljem randa, mille likvideerimine ja kokkukorjamine on väga ressursinõudev ja pikaajaline protsess. Selleks, et olla valmis reostuse õigeaegseks lokaliseerimiseks ja leviku peatamiseks suurematele aladele, peame teadma, kuidas naftareostus käitub ja kuhu liigub, kui on sattunud mere keskkonda.

Õppematerjalis antakse ülevaade naftareostuse käitumisest mere keskkonnas; tuues välja statistika naftareostuste kohta maailma meredel ja Läänemerel ning neid võrreldes; **teha ettepanekuid reostuste ärahoidmiseks ja nende ennetamiseks ning täiendada eestikeelse materjali kogust antud valdkonna kohta.**

3 Tooted naftast

Suurem osa toornaftast töödeldakse bensiiniks

- **BENSIIN** (briti inglise leeles petrol, ameerika inglise keeles gasoline, saksa keeles Benzin) on peamiselt mootorikütusena kasutatav kerge süsivesinike segu, mis keeb temperatuurivahemikus 30 – 200°C, on kergesti süttivvärvusetu vedelik
- **LIGROIIN** ehk toorbensiin, on fraktsioon, mis saadakse nafta esmasel destilleerimisel. Kasutatakse nt traktorite kütusena, lahustina ning mõningates hüdroüsteemides töövedelikuna.
- **DIISLIKÜTUS** (inglise diesel fuel; saksa diesel kraftstoff) on peamiselt mootorikütusena kasutatav süsivesinike segu, mis keeb temperatuurivahemikus 200 – 300°C. Sõna diisel tuleneb saksa leiutaja Rudolf Dieseli nimest, kes 1892 aastal leiutas diiselmootori.
- Eesti Vabariigis müüdav diislikütus peab vastama standardile EVS-EN -590, lubatud on minimaalne väävlisisaldus 10 mg/kg.
- **PETROOLEETER** (inglise petroleum ether) on veews lahustumatuvärvitu vedelik, ta on madalal keevate (35 – 100°C) küllastatud süsivesinike segu (pentaan, heksaan ja heptaan). Teda toodetakse naftast või naftagaasidest või sünteesi teel. Kasutatakse peamiselt lahustina aga nt kaa välgumihklite kütusena. Petrooleetri aur moodustab õhuga plahvatusohtlikke segusid.
- **GAASIÕLID** on sellised vedelad naftasaadused, mille mahust destilleerub temperatuuril 250°C alla 65% ja temperatuuril 350°C destilleerub 85% ja rohkem.

- JÄÄKÕLI (inglise residual oil) on nafta destilleerimis või krakkimisjääk, mille määrimisvõime on oluliselt parem kui destillaatõlidel.

Need on saadused, mis on toodetud toornafta töötamise tulemusena. Neil on keemilised ja füüsikalised omadused, mis sõltuvad tooraine koostisest ja erinevatest töötlemisprotsessidest. Tüüpilised naftaproduktide omadused on välja toodud tabelis 2.

Tabel 2. Naftatoodete omadused

Bensiin (mootorikütus) Gasoline	Tihedus, 15/15°C [kg/m ³]	680 - 770
	Keemistemperatuuri vahemik °C	30 - 200
	Kinemaatiline viskoossus, cSt, 40 °C juures	0,65
	Leekpunkt °C	-15 - -40
	Aururõhk	Tüüpiliselt 70kPa 20°C juures
Petrooleum, Kerosene	Tihedus, 15/15°C [kg/m ³]	780
	Keemistemperatuuri vahemik °C	160 - 285
	Kinemaatiline viskoossus, cSt, 40 °C juures	1,48
	Leekpunkt °C	35 - 70
Diiselmootor, Diesel-oil	Tihedus, 15/15°C [kg/m ³]	810 - 850
	Keemistemperatuuri vahemik °C	180 - 360
	Kinemaatiline viskoossus, cSt, 40 °C juures	1.3 - 5.5 (sõltuvalt kvaliteedist)
	Leekpunkt °C	35 - 70
Kütteõlid (kerge, rasked ja keskmised), Fuel oil Kahte tüüpi : 1. destillaadid, distillate fuel – kerged, tihedamad, kasutatavad nn külmsarteriga; 2. jääkõlid, residual fuel, rasked, tihked, neile lisatakse viskoossuse vähendamiseks kergemaid kütusefraktsioone, kasutusel ainult tööstuses ja merenduses.	Tihedus, 15/15°C [kg/m ³]	925 - 965
	Kinemaatiline viskoossus, cSt, 40 °C juures	49 - 862
	Leekpunkt °C	70 ja kõrgem

3.1 Toornafta

On kolme erinevat tüüpi, mida saadakse geograafiliselt erinevates kohtades : näiteks tüüp WTI (West Texas Intermediate), Dubai toornafta jt. Toornaftad on segud erineva molekularmassiga süsivesinikest ja kolme keemilise grupi struktuuri kooslusest: alkeenid, naftenid ja areenid. Erinevate süsivesinike skaala kõigub kergesti lenduvatest ainetest kuni asfaltenideni, mida ei ole võimalik destilleerida. Hapnik, lämmastik, väävel, vanaadium, nikkel, mineraalsoolad ja veel muud ained võivad olla esindatud erinevates kombinatsioonides.

Enamike toornaftade omadused jäävad järgmistesse piiridesse (Tabel 1).

Tabel 1. Toornaftade omadused

Tihedus, kg/m ³ 15/15°C [kg/m ³]	800 – 900
Keemistemperatuur °C	30 – ja ↑
Kinemaatiline viskoossus, cSt, 40 °C juures	3 – 100 (kuid võib olla ka kuni 20 000)
Voolavuspunkt °C	-30 - +25 (võib olla ka madalam või kõrgem, kuni 40)
Leekpunkt °C	-18 – 190
Väävli sisaldus %	0,08 – 5
Vaha sisaldus %	kuni 15
Asfalteenide sisaldus %	kuni 5
Vanaadiumi, ppm (parts per million -miljondikku osa)	5 – 170

Toornaftade nimed on tihti tuletatud nende geograafilise allika järgi, näiteks Alaska North Slope Crude. Igal toornaftal on unikaalne füüsiline ja keemiline koostis ja see võib varieeruda ühest piirkonnast ammutatud õlide ja ka maailmas erinevatest regioonidest ammutatud õlide vahel. Toornafta füüsilised ja keemilised omadused ning nende mürgisus ja käitumine lekke korral on erinevatele mereressurssidele nagu taimestik ja kõik elusorganismid suureks ohuks.

Kergemad ja vedelamad toornaftad on voolavamad ja hajuvad veepinnal kiiresti laiali, neil on tugev lõhn, aurustuvad kergesti ja on väga tuleohtlikud. Nad läbivad poorseid aineid, aga ei klepu kõvadele pindadele ega moodusta klimpe. Võivad olla mürgised inimestele, kaladele ja ülejäänud elusloodusele.

Raskemad, vähem voolavad toornaftad on varieeruvad oma omaduste poolest sõltuvalt nende täpsest koostisest. Nad on muutlikud olenevalt temperatuurist, aurustuvad ja on samuti väga tuleohtlikud. Temperatuuri tõustes tõuseb ka poorsete materjalide läbivus, aga viskoossemad ja klepuvamad toornaftad ei imendu kergelt. Nad klepuvad kõvadele pindadele, kus neid on võimalik eemaldada kasutades erinevaid tehnikaid. Raskemad toornaftad ei imendu poorsetesse materjalidesse, kuna nende viskoossus on tunduvalt kõrgem. (IMO. Manual on Oil Pollution, 2005. lk 5-6).

Bensiin on kergekaaluline (tihedus, 15/15°C [kg/m³] 680 – 770) toode, mis voolab kergesti, moodustab veepinnal kiirelt õhukese ja suure pindalaga laigu ja võib muutuvates tingimustes täielikult aurustuda paari tunniga. Kiire aurustumise ja madala leekpunkti tõttu tekib koheselt kõrge plahvatuse ja süttimise oht.

Petrooleum on kergekaaluline (tihedus, 15/15°C [kg/m³] 780) toode, mis voolab kergelt, levib koheselt peale vette sattumist, moodustab veepinnal kiirelt õhukese ja suure pindalaga laigu ja aurustub kiiresti.

Kütteõlidel on mitmeid nimetusi näiteks: Punker A, B, C; Fuel Oil No.2, 4, 5, 6; Intermediate Fuel Oil (IFO 180); või Heavy Fuel Oil (IFO 380).

Suhted eri klassifikatsioonide vahel ei ole alati selged, aga Bunker A-C skaala ja ASTM kütteõli skaala on laialdaselt samaväärne nagu näidatud tabelis 1-3. IFO skaala määratleb õli viskoossuse sentistokkides 50 °C juures. (IMO. Manual on Oil Pollution. 2005. lk 6-7).

Tabel 3. Punker skaala, ASTM FO Nr. ja IFO Nr.

Näited	Punker skaala	ASTM FO Nr.	IFO Nr.	Süsiniku ahela pikkus
kergekütused , diisel	A	2		10-20
diisel, kerglaevakütus	B	4	60	12-70
Keskmised kütteõlid	B	5	180	12-70
Rasked kütteõlid (laevakütus ja tööstusküte)	C	6	380	20-70

3.2 Määrdeõlid

Need on kõrgtasemel töödeldud õlid, mis sõltuvalt rakendusest on erinevad oma tiheduselt ja viskoossuselt. Nendes õlides on kasutatud laias ulatuses erinevaid lisandeid, millest paljud on pindaktiivsed. Teatud määrdeõlid sisaldavad lisandeid, mis kujutavad lekke korral ohtu nii inimese tervisele kui ka ülejäänud elusloodusele.

3.3 Emulsioonkütteõlid

- **Emulsioonkütteõlid** on üha enam kasutatavad tööstusettevõtetes energiaallikatena mis küll vähem levinud kui määrdeõlid. Omavad tihedust, mis läheneb või ületab merevee oma ja on väga kõrge viskoossusega muutuvates temperatuurides.

Bituumen on üldnimetus looduslikult esinevatele põlevatele tahketele või vedelatele süsivesinike segudele, must pigijas orgaaniline sideaine.

Peamiselt bituumenist koosnevad näiteks nafta ja asfalt.

Asfalt on musta või pruuni värvi viskoosne peamiselt süsivesinikest koosnev looduslikult esinev aine.

Asfalti leidub looduses peamiselt nafta degradeerumise produktina. Raske nafta koosnebki suurel määral asfaldist. Asfalti sisaldavaid setteid nimetatakse tavaliselt tõrvaliivadeks ehkki tõrv ja asfalt on erinevad asjad.

Tõrv ehk **pigi** on keeruka koostisega musta värvusega orgaaniline (süsinikku sisaldav) amorfne aine, millel pole kindlat sulamistemperatuuri. Asfalt on toatemperatuuril tahke ja muutub vedelaks temperatuuridel, mis ületavad 200 °C.

Enamik kasutatavast asfaldist ei ole võetud otse loodusest, vaid see on naftatöötlemise saaduseks.

- **Püsivad** (persistent) õlid

Terminit persistent – püsiv kasutatakse õlide kirjelduseks, mis oma keemilise koostise poolest lekke korral merevette sattudes väga aeglaselt lagunevad ja hästi levivad ning vajavad kokku korjamist. Püsimatud õlid kipuvad lekke korral kiiresti aurustuma ja ei nõua üldjoontes ulatuslikku koristustööd.

- **Mittepüsivad õlid** – naftatooted, mille mahust 50 % destilleerub 340 °C juures ning 95 % destilleerub 370 °C juures.

Need on: MGO (Marine gasoil) vastab ASTM FO Nr. 2 tähistusele, MDO (Marine diesel oil) – gaasõli ja raskekütteõli segu, petrooleum, lennuki kütus ja hüdroõlid.

- **Püsiv (persistent) õli** – naftatoode, mis vastupidiselt mittepüsivatele õlidele destilleerub väga vähe oma mahust (1-15 %).

Need on: IFO 180, raskekütteõlid, Navy Special Fuel Oil (NSFO) – Mereväe kütteõli

Kuigi termin (persistent – püsiv) ei ole täpselt defineeritud üheski lepingus ega rahvusvahelises standardis, siis üldiselt kuuluvad sinna klassi toornaftad, kütteõlid, masuut ja määrdeõlid. Püsimatute õlide hulka kuuluvad bensiin, diiselkütus ja petrooleum. (IMO. Manual on oil pollution. 2005. lk 8).

Kuna naftasaaduste keemiline koostis ja füüsikalised omadused varieeruvad väga suuresti, siis on palju erinevaid naftasaaduseid, mida transporditakse laevadega, mille tõttu on erinevate omadustega naftasaadustega juhtunud reostusõnnetused ka oma raskusastmelt erinevad.

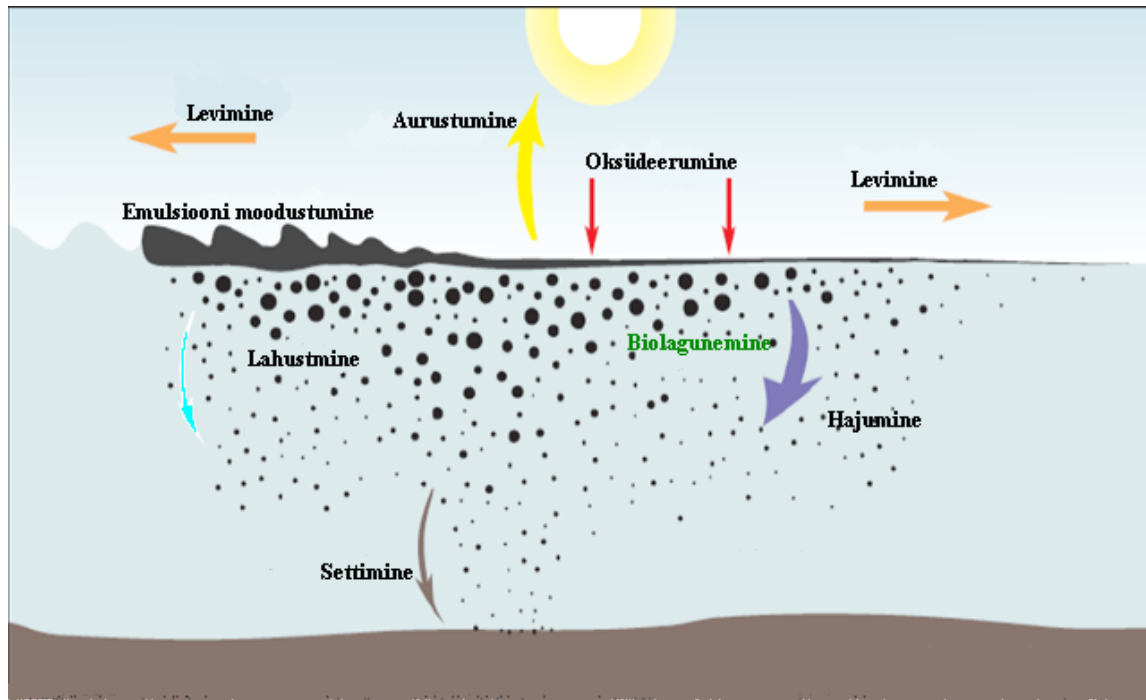
4 Naftasaaduste õli käitumine mere keskkonnas

Kui kiiresti meri lekkinud õli omastab, sõltub naftasaaduse/tavakasutuses on lühem sõna: **õli** algsest füüsikalistest ja keemilistest omadustest ning looduslikest lagunemisprotsessidest, mis antud keskkonnas aset leiavad.

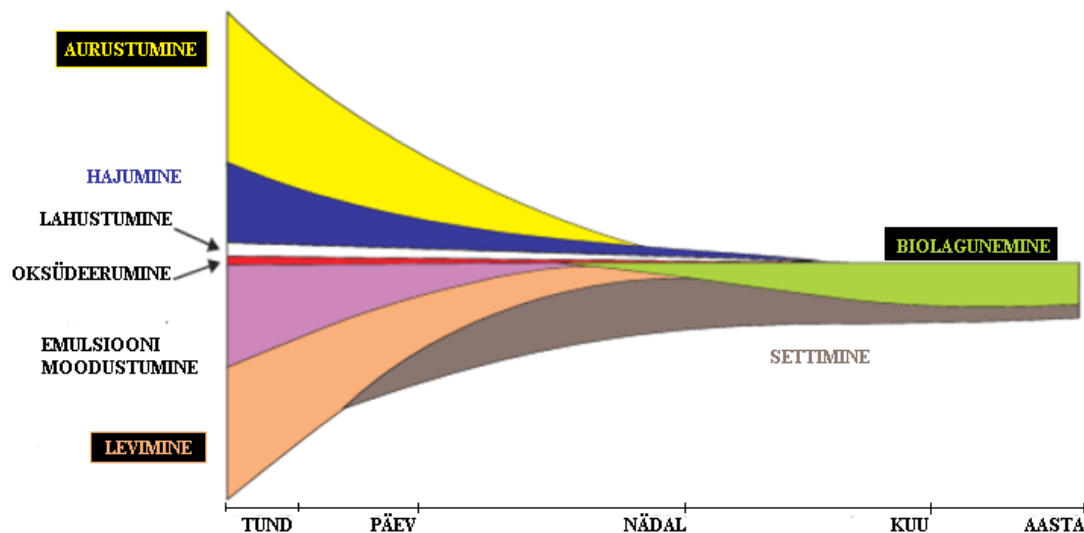
Kui õli satub merre, siis ta teeb läbi sarja protsesse, mida kutsutakse lagunemisprotsessideks, mis muudavad õli omadusi ja käitumist. Peamised tegurid, mis mõjutavad õli käitumist reostuspiirkonnas:

- õlide füüsilised omadused, täpsemalt: tihedus, viskoossus ja keemistemperatuuri vahemik.
- koostis ja õli keemilised omadused.
- Ilmastiku tingimused (mere seisund, päikese kiirgus ja õhu temperatuur).
- Merevee omadused (tihedus, hoovused, temperatuur, vees olevad bakterid, vee toitainete ja hapniku sisaldus).

Teadmine nendest protsessidest ja sellest, kuidas nad muudavad õlide omadusi on vajalik õlireostuse likvideerimise õigeaks korraldamiseks. Joonis 1 illustreerib eelnevaid protsesse ja joonis 2 näitab protsesside toimet ja mõju suhtes ajaga.



Joonis 1. Ilmastikus tingitud protsessid, mis leiavad aset peale naftasaaduste sattumist vette. (Eesti Mereakadeemia, Reostustõrje koolitus, PowerPoint esitlus 2007; IMO. Manual on Oil Pollution. 2005. lk 11).



Joonis 2. Erinevate protsesside ajaline kulgemine ja tähtsus naftasaaduste lekke puhul. (Eesti Mereakadeemia, Reostustõrje koolitus, PowerPoint esitlus 2007; <http://www.itopf.com/assets/documents/tip2.pdf> 11. aprill 2008.)

Siinses kliimas peame arvestama sellega, et kuna Läänemere aastaringne keskmine temperatuur jääb enamasti alla kümne kraadi, siis ei toimu biolagunemisprotsessid piisavalt kiirelt ja jõudsalt. Biolagunemise tarvis oleks vaja aasta keskmise temperatuuri tõusmist vähemalt üle kahekümne kraadi, et bakterid, mis naftasaadusi lagundavad saaksid jõudsasti paljuneda ja antud keskkonnas elada. Biolagunemine on arvestatav reostuse vähenemise protsess soojemate kliimadega aladel nagu Vahemere ümbrus ja ekvatoriaalsed piirkonnad. (IMO. Bioremediation... 2004. lk 3-7).

5 Naftasaaduste füüsikaliskeemilisi omadusi

5.1 Füüsikalised omadused

Omaduste teadmine on väga tähtis, siis on aimata õli käitumist mere keskkonnas ja selle lagunemise taset looduslike protsessidega.

- Tihedus.

See omadus määrab ära õli ujuvuse, tema levimise ja loodusliku lagunemise võime. Õli tihedus on väljendatud ühikutes, mis näitavad massi ruumala ühiku kohta – kg/m^3 , või API erikaalu (American Petroleum Institute gravity) ühikutes, mis on vastavuses järgneva valemiga:

$$\text{API} = 141,5/\text{erikaal} - 131,5.$$

Üldise reegli järgi on naftasaadus madala tihedusega (kõrge API erikaaluga), madala viskoossusega ja sisaldab palju püsimatuid ja aurustuvaid komponente.

(<http://moneyterms.co.uk/api-gravity/> 5.aprill).

- Keemispunkt ja keemistemperatuuride vahemik.

Tase, millal õli aurustub, on näidatud tema keemispunkti ja keemisvahemikuga. Mida madalamad need on, seda kiiremini leiab aset aurustumine. (IMO. Manual on oil pollution. 2005. lk 9).

- Viskoossus.

Viskoossus iseloomustab vedeliku voolamist. Kõrge viskoossusega õlid voolavad raskesti ja aeglaselt, madala viskoossusega aga kergesti ja kiirelt. Viskoossus väheneb temperatuuri kasvamisega, seega muutuvad merevee temperatuur ja absorptsioon pinnalähedastes kihtides päikeselt tulevast soojusest, mis mõjutab silmnähtavalt lekkinud õli viskoossust. (IMO. Manual on Oil Pollution. 2005. lk 9).

- Voolavuspunkt (tahkumine).

Õli voolavuspunkt on temperatuur, millest madalamal õli enam ei voola. Selline omadus tuleb aine mikrokristallilise struktuuri muudatustest temperatuuri tagajärjel. Kui temperatuur langeb alla voolavuspunkti, siis muutub aine tahkeks. Vedeliku tahkumine tähendab aatomite (molekulide) vaheliste sidemete tugevnemist sedavõrd, et aatomite asukohad üksteise suhtes fikseeruvad.

(<http://bobyich.ru/referat/88/19675/5.html> 5. aprill).

5.2 Keemilised omadused

- Leekpunkt.

Leekpunkt on põlevvedelike madalaim temperatuur, mille juures moodustub süttiv vedeliku aurude ja õhu segu (süttib ainult süüteallika olemasolul). Seda on tähtis teada koristusoperatsioonide käigus ohutuse tagamiseks. Paljud värskelt lekkinud põlevvedelikud võivad kergesti süttida süüteallika olemasolul, kui on piisav kogus põlevvedelikku aurustunud ja hajunud ümbritsevasse keskkonda. (IMO. Manual on oil pollution. 2005. lk 10).

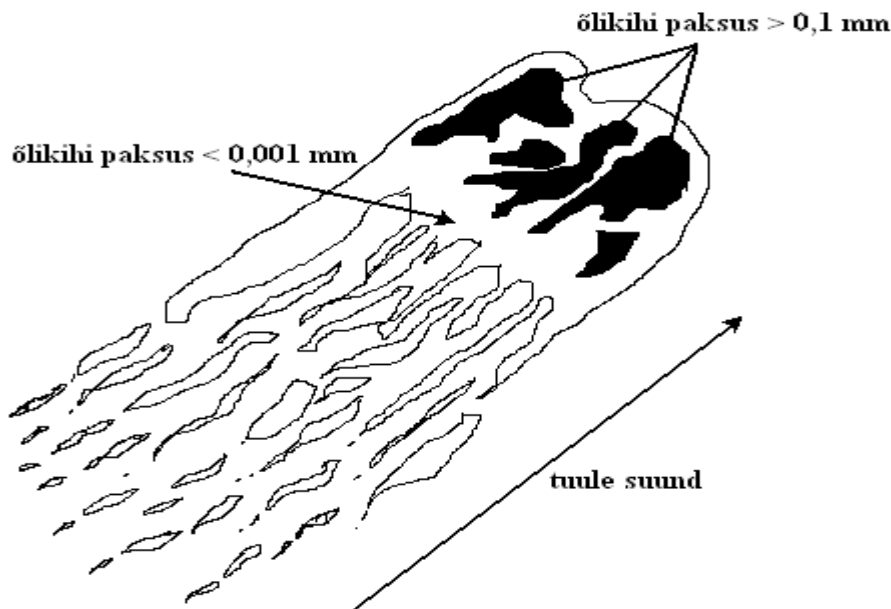
- Lahustuvus.

Mõned naftasaaduste komponendid on vees lahustuvad. Üldiselt on rohkem lenduvad komponendid ka enam lahustuvad. Lekkinud vedeliku lahustuvus vees võib põhjustada tõsise mere elustiku mürgituse. Enamus Läänemerel veetavatest naftasaadustest on praktiliselt vees lahustumatud ning seega ei ole lahustuvust vaja karta kui otsest reostusõnnetusega kaasnevat ohtu. (IMO. Field Guide... ,1997. lk 10).

6 Naftasaaduse reostuslaigu / Õlilaigu levimine

Kui õli (naftatoode) satub lekke tagajärjel merre, siis ta hõljub veepinnal ja lekke vahetus läheduses ning hakkab koheselt levima, erandjuhtudel mõned naftasaadused, mille tihedus ületab merevee oma, upuvad ja vajuvad mere sügavamatesse kihtidesse või põhja. Õlilaigu levik mere keskkonnas on õli (naftatoote) vabanemise hetkest kiire ja peamine protsess. Viskoossed õlid levivad aeglasemalt kui madalama viskoossusega õlid.

Paari tunni jooksul hakkab õlilaik laiali lagunema ja moodustama kitsmaid laiike või siilusi, paralleelselt tuule suunaga. Alates sellest etapist õli viskoossus ei mängi enam peamist rolli leviku suhtes, edasine levik sõltub juba merevee pinnakihtide liikumistest, segunemisest ja turbulentsusest. Leviku tase varieerub okeanograafiliste tingimuste erinevusest, nagu näiteks hoovused ja tuule kiirus. 12 tunni jooksul võib reostuslaik levida mitme ruutkilomeetri suurusele või isegi suuremale alale (olenevalt õli kogusest), mille tagajärjel muutuvad koristustööd aina raskemaks. Leviku jätkudes võib õli (naftatoode) hajuda laiali väga suurtele aladele. Välja arvatud juhtudel, kui on tegemist madala viskoossusega naftatoote väikeste leketega, ei ole levik ühtlane ja paksuse varieerudes ilmneb laikudena. Lained ja keerised mere pinnal moodustavad laikudest erinevate suurustega tilkasid ja kogumeid, millest suuremad tõusevad tagasi pinnale ja moodustavad liikuva reostuslaigu taha hargnenud ja sakilise saba. (joonis 3) (IMO. Manual on Oil Pollution. 2005. lk 12 ; IMO. Field Guide... . 1997. lk 9, 11-12).



Joonis 3. Õlilaigu levimine vees.

7 Reostuslaigu / Õlilaigu aurustumine

Kõige tähtsam protsess õli eemaldamiseks mere keskkonnast on aurustumine. Aurustumise kiirus ja määr sõltub peamiselt madalal temperatuuril keevate komponentide osakaalust õli koostises. Aurustumise tase sõltub õli esialgse leviku kiirusest ulatuslikumale pinnale, mida kiiremini see toimub, seda rutem kergemad komponendid aurustuvad. Tormised mered, kõrgemad temperatuurid ja tugevad tuuled soodustavad kiiremat aurustumist. Üldiselt kergemad komponendid, mille keemistemperatuur on kuni 200 °C, aurustuvad 24 tunni jooksul. Kergkütteõlid nagu bensiin ja petrooleum võivad aurustuda täielikult juba paari tunni jooksul, diiselkütus võib kaotada 40 % oma kogusest esimese päeva jooksul. Rasked kütteõlid ja toornafta aurustuvad palju vähem ja mõnel juhul ei aurustu näiliselt üldse. Aurustumine põhjustab allesjäänud õli tiheduse ja viskoossuse suurenemist. (IMO. Manual on Oil pollution. 2005. lk 12; IMO. Field Guide... . 1997. lk 9).

8 Reostuslaigu / Õlilaigu looduslik hajumine

Tavaliselt vedelad õlid hajuvad piiskadeks, sõltuvalt mere turbulentsusest. Õlipiisad vajuvad läbi pealmiste vee kihtide ja jäävad hõljuma või tõusevad tagasi pinnale sõltuvalt tiheduste suhtest vee ja õli vahel ning tilkade suurusest. Väikeste õlitilkade moodustumine suurendab vee ja õli kokkupuute pindu ja seoses sellega õli lagundamine mikroorganismide poolt kasvab.

Loodusliku hajumuse tase koos aurustumisega määrab ära õli eluaja mere keskkonnas. Looduslik hajumus vähendab õli kogust mere keskkonnas ja aurustumise hulka, aga ei muuda füüsilist ja keemilist koostist nii nagu aurustumise protsess seda teeb. Enamus kergemate

õlide väikesed laigud kaovad paari tunniga loodusliku hajumuse tagajärjel, kui meres on pidev lainetus. (IMO. Manual on Oil pollution. 2005. lk 14; IMO. Field Guide... . 1997. lk 8).

9 Vee ja õli emulsioon

Mõned toornaftad ja kütteõlid omavad tendentsi absorbeerida veetilkasid ja moodustavad selle tulemusena vee ja õli emulsiooni. Kõige märgatavam tunnus stabiilse vee ja õli emulsiooni moodustumisest on selle punakas-pruun või oranž värvus. Emulsiooni stabiilsus sõltub suuresti asfalteenide sisaldusest õlis. Need õlid, mis sisaldavad üle 0.5 % asfalteene moodustavad stabiilset emulsiooni. Emulsiooni moodustumine sõltub mere seisundist, rahuliku mere korral on emulsiooni moodustumine vähe tõenäoline, kuigi mõne väga kerge õliga võib see ikkagi esineda koos madala lainetusega. Tugeva tuule ja lainetuse korral võivad mitmed kergemad õlid moodustada emulsiooni, mis sisaldab 60-80 % merevett oma kogusest, juba paari tunniga. Vee ja õli emulsioon võib moodustuda rasketest õlidest piirkondades, kus laine kõrgus on ainult 100 mm.

Vee ja õli emulsiooni viskoossus on palju kõrgem kui algse õli oma, millest see emulsioon moodustus. Emulsioon on tavaliselt segades vedelduv, mis tähendab, et lainete loksutades võib see olla üsna voolav, aga mere rahunedes või emulsiooni rannale jõudes muutub see tihkemaks ja jäigemaks. Tihedus suureneb ja läheneb merevee omale. Absorbtsiooni ilmnedes võib õli isegi põhja vajuda. Vee ja õli emulsiooni moodustumisega võib lekkinud õli kogus suurened a isegi kuni 5 korda. Emulsiooni stabiilsus sõltub õli koostisest ja temperatuurist. Soojas kliimas teatud tingimuste juures võib emulsioon laguneda. (IMO. Manual on Oil pollution. 2005. lk 14-15; IMO. Field Guide... . 1997. lk 9; <http://www.itopf.com/assets/documents/tip2.pdf> 11. aprill 2008).

10 Reostuslaigu liikumine

Harva jääb õlilaik samasse kohta, kus ta merre sattus. Liikumine on tingitud tuulte, lainete, tõusude ja mõõnade kombineeritud mõjust. Pindmiste veekihtide, tuulte, lainete ja hoovuste pideva liikumise ja muutuste tõttu on õli liikumist vees raske ette ennustada. Siiski on täheldatud mõned üldtunnused õlilaigu liikumise kohta mere keskkonnas, reostusõnnetuse toimumisel. Laigu osa, mis jääb allatuult on üldiselt paksem, kui vastutuult jääv laigu lõpu ots. Triivimise jooksul laik pikeneb ja moodustab siilusi paralleelselt tuule suunaga. Kiirus, millega õlilaik veepinnal triivib, sõltub tuule tugevusest ja õli paksusest, üldjuhul on laigu liikumise kiirus vabas vees 3% tuule kiirusest, mis mõõdetakse 10 meetri kõrguselt veepinnast. (IMO. Manual on Oil Pollution. 2005. lk 16).

10.1 Hoovuste mõju

Kui tuult pole, siis liigub õli hoovuste, tõusude ja mõõnade mõjul. Hoovuste režiim võib olla konstantne, aga üldiselt nende tugevused ja suunad varieeruvad sõltuvalt ajast. Tõusude ja mõõnade tugevus ja suund mõjutavad laigu liikumist lühiajaliselt. Hoovused põhjustavad aga pikaajalist mõju õlilaigu liikumisele.

10.2 Õlilaigu triivimise arvutamine

Kui arvutada eraldi tuule ja hoovuste mõju on võimalik vektordiagrammi joonistamisel õlilaigu liikumine kindlaks teha. Seda on võimalik teha järgneva lihtsustatud valemiga:

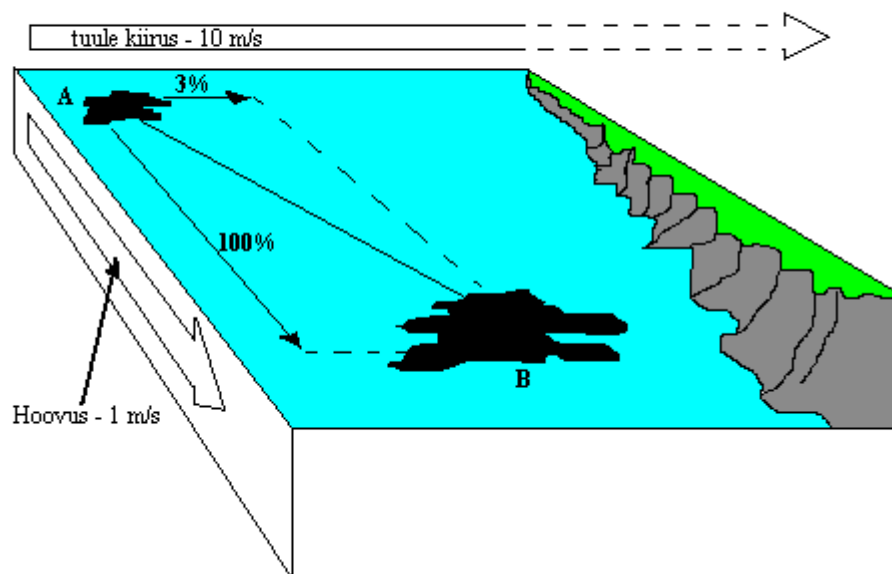
$$V_{\text{õli}} = V_{\text{hoovus}} + (V_{\text{tuul}} * Q)$$

$$V_{\text{õli}} = \text{õlilaigu liikumise kiirus}$$

$$V_{\text{hoovus}} = \text{merevee liikumise kiirus}$$

$$V_{\text{tuul}} = \text{tuule liikumise kiirus 10 meetri kõrgusel vee pinnast}$$

Q = empiiriliselt välja kujunenud tuule kiiruse koefitsient (tavaliselt 3%) (IMO. Manual on Oil Pollution. 2005. lk 17).



Joonis 4. Arvestades 3% tuule kiiruse mõju ja 100% hoovuse kiiruse mõju, saame õlilaigu liikumise punktist A punkti B.

10.3 Kombineeritud liikumine, ilmastiku protsessid ja liikumise modelleerimine

Lühike kirjeldus erinevatest protsessidest, mis muudavad õli omadusi ja soodustavad lekkinud õli kadumist või püsivust vee keskkonnas. Kõik need protsessid on otseselt sõltuvad paljudest protsessidest, nagu näiteks õli tüüp, temperatuur, ilmastiku ja mere tingimused. Levimise, aurustumise, hajumise, emulsiooni ja lahustumise protsessid on olulised lekke

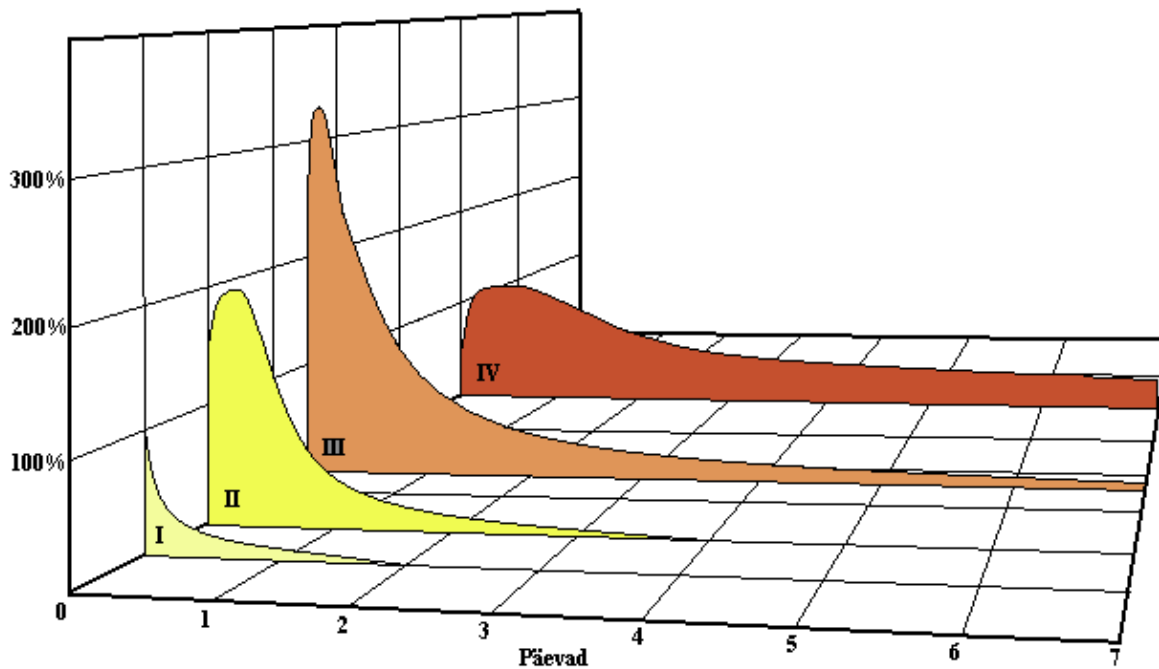
esimeste etappide jooksul. Kuna oksüdeerimine, settimine ja biolagunemine määravad õli lõpliku saatuse, siis jääb nende tähtsus hilisematesse etappidesse. (Binderup, 2004. lk 41). Et aru saada, kuidas erinevad õlid muutuvad meres oldud aja jooksul, peame esiteks teadma, kuidas need lagunemisprotsessid vastastikku toimivad. Selle ennustamiseks on vastavalt õlisordile välja töötatud mõned mudelid.

Üks selline mudel põhineb poolestusajal, õlid on laias laastus oma tiheduse järgi pandud gruppidesse, kirjeldamaks püsivust ja aega, mis kulub õli hajumiseks. Üldiselt madala tihedusega õlid on vähem püsivad, aga mõned näiliselt kerged õlid võivad käituda sarnaselt raskekütteõlilele nendes sisalduvate vahade tõttu. Poolestusaeg on periood, mis kulub 50% õli kadumiseks mere keskkonnast. Peale kuue poolestusaja möödumise on õlist järgi ligikaudu 1%. Seda mudelit illustreerib joonis 5. Ilmastiku ja kliima tingimused võivad muuta taset, mis on graafikus näidatud, näiteks tormise ilmaga grupi III õli võib hajuda sama ajaga nagu grupi II õli.

Kuigi lihtsad mudelid nagu see, ei suuda ennustada õliga toimuvaid muutusi täpselt, annavad need üldjoontes meile ettekujutuse, kas lekkinud õlilaik hajub looduslikult või jõuab randa. Seda informatsiooni on võimalik tõhusalt kasutada reostustõrjes, et otsustada efektiivseima tõrjetaktika kasuks ja panna paika koht, kus on võimalik rakendada seda taktikat.

Tabel 4. Naftatoodete grupeerimine tiheduse alusel.

Grupp	Tihedus	API erikaal	Naftasaaduse liik
Grupp I	< 0.8	>45	Bensiin, petrooleum
Grupp II	0.8 – 0.85	45 – 35	diiselmootor
Grupp III	0.85 – 0.95	35 – 17.5	Kerged ja keskmised kütteõlid
Grupp IV	>0.95	< 17.5	Rasked kütteõlid



Joonis 5. Erinevate naftatoodete lagunemine vees tuginedes poolestusajale. I- Grupp I, II- Grupp II, III- Grupp III, IV- Grupp IV. (http://www.itopf.com/_assets/documents/tip2.pdf 11. aprill 2008; IMO. Manual on oil pollution. 2005. lk 20-21).

Mitmed erineva tasemega arvuti programmid on viimasel ajal välja töötatud, et ennustada õli füüsilisi ja keemilisi muutusi ja liikumise trajektoori mere keskkonnas. Sellised programmid annavad usaldusväärse tulemuse, siis kui informatsioon ja õnnetuse algandmed on täpsed. Paraku ei ole võimalik tuulte ja hoovuste kohta neid alati saada. Reostuse kulgemise prognoos põhineb ilmastiku tingimuste ennustustel ja täpsel modelleerimistel, mis tagatakse regulaarse järelevalve ja monitooringuga hõlmataval alal, mis on kõige tähtsam aspekt optimaalseks reostuse avastamiseks.

Selleks, et ära hoida reostuse levimist laiematele aladele ja looduskaitsealadele, kus reostus võib põhjustada tõsiseid tagajärgi keskkonnale ja seal elutsevatele taim- ja loomaliikidele, peame teadma, kuidas mere keskkonda sattunud naftatooted käituvad. Ainult nii on võimalik ennetada ja ära hoida reostuse sattumist ohustatud aladele, aga tihti ei õnnestu see, kuna leke avastatakse liiga hilja või on see niivõrd suuremahuline, et esmaste ressursidega ei ole lihtsalt võimalik reostuse levikut vajalikul määral piirata. Kaldale jõuavad naftatooted, mis on tihedamad, viskoossemad ja püsivamad, kuna selliste omadustega (kerглаevakütus, keskmised kütteõlid ja raskekütteõlid, toornafta) naftatooted püsivad laikude, siilude ja kogumitena koos ning võivad triivida hoovuste ja tuulte mõjul kümneid kilomeetreid oma esialgselt lekkkohast, kuni jõuavad varem või hiljem randa.

11 Naftareostuste / Ölireostuste statistika

Joonistel on arvestatud kogu naftasaaduste kogust, mis õnnetuse käigus looduskeskkonda sattus, kaasaarvatud kogus, mis tulekahju käigus ära põles või läks põhja koos alusega. Siin on märkimisväärne iga-aastane muutus nii reostusõnnetuste arvus kui ka lekke kogustes, mis kajastub joonistel olevate tulpade kõrguse erinevustes, siit tulenevalt viib mõne aasta suur lekete arv kümnendi keskmise kõrgeks.

11.1 Lekete arvud maailma meredes

Suuremahuliste lekete arv on suhteliselt madal ja detailne statistiline analüüs on harva võimalik, seega tuleb arvestatava tulemuse saamiseks statistikasse kaasata ka väiksema mahuga lekked.

Tabel 5 näitab ära, et suurte lekete (>700 tonni) arv on viimase kolmekümne aasta jooksul suurel määral langenud. Suurte lekete keskmine arv üheksakümnendatel moodustas ainult kolmandiku sellest, mis oli seitsmekümnendatel.

Tabel 5. Üle 7 tonniste lekete arvud aastatel 1970-2007 üle maailma. (<http://www.itopf.com/information%2Dservices/data%2Dand%2Dstatistics/statistics/> 11. aprill 2008).

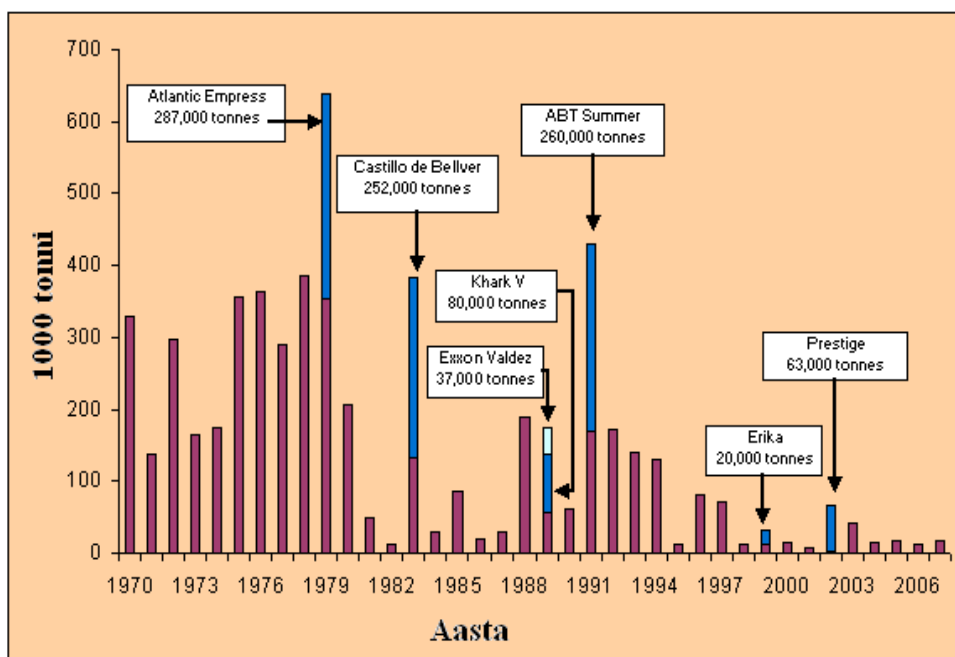
aasta	Lekete arv	Lekke kogus,/t/
1970	6	29
1971	18	14
1972	48	27
1973	27	32
1974	89	28
1975	95	22
1976	67	26
1977	68	17
1978	58	23
1979	60	34
1980	52	13
1981	54	7
1982	45	4
1983	52	13
1984	25	8
1985	31	8
1986	27	7
1987	27	10
1988	11	10
1989	32	13
1990	51	14
1991	29	7
1992	31	10
1993	31	11
1994	26	9
1995	20	3

1996	20	3
1997	28	10
1998	25	5
1999	19	6
2000	19	4
2001	16	3
2002	12	3
2003	15	4
2004	16	5
2005	21	3
2006	11	4
2007	10	3

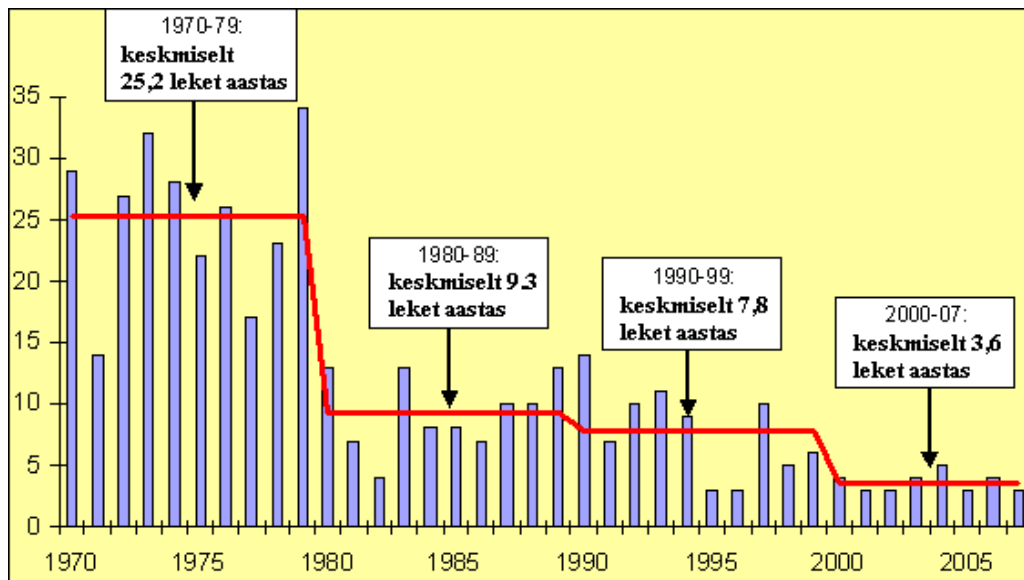
11.2 Lekete kogused

Suurem enamus lekkeid on väikesed (alla 7 tonni) ning andmed täpsete koguste kohta ei ole alati täpsed. Vaatamata väikeste lekete suurele arvule moodustavad nad oma kogumahuga suhteliselt väikese murdosa kogu naftasaaduste hulgast, mis aastas on mere keskkonda tankerite õnnetuste tagajärjel sattunud.

On märkimisväärne, et paar väga suurt leket viivad aasta lekkekoguse väga suureks. Näiteks kümne aastasel perioodil 1990-1999 oli 358 leket üle 7 tonni, mis moodustas kokku 1 138 tuhat tonni, millest 830 tuhat tonni (73%) tuli ainult kümnelt reostusõnnetuselt (ainult 3% õnnetuste koguarvust). Vastava aasta näitaja võib seetõttu paari suure lekke korral tõusta väga kõrgeks. Seda võime näha 1979 (tanker Atlantic Empress – 287 tuhat tonni), 1983 (tanker Castillo de Bellver – 252 tuhat tonni) ja 1991 (tanker ABT Summer – 260 tuhat tonni) aastate näitel. (<http://www.itopf.com/information%2Dservices/data%2Dand%2Dstatistics/statistics/> 11. aprill 2008).



Joonis 6. Lekkinud naftasaaduste kogus aastatel 1970-2007. (ITOPF 2008. lk 9).



Joonis 7. Üle 700 tonniste lekete keskmine arv kümne aasta lõikes alates 1970. aastast. (ITOPF 2008. lk 9).

12 Lekete põhjused

Enamus õnnetustest juhtuvad mingi tegevuse ja asjaolude, mis kõik soodustavad erineval määral õnnetuste tekkimist, kokkulangemise tulemusena.

Potentsiaalselt ohtlikud kohad laevakokkupõrkeks ja sellest johtuva naftareostuse tekkeks nii navigatsiooni- kui ka muude vigade tõttu on laevateede ristumiskohad, mis asuvad Soome lahes, Väinameres, Liivi lahes ja Kura kurgus, kus põhilised liiklusvood ristuvad sadamatesse suunduvate või väljuvate liiklusvoogudega.

Laevad kui tehnilised objektid võivad põhjustada reostuse lisaks navigeerimisveale ka tehnilise õnnetuse või lossimis-, lastimistöõde ja punkerdamise tagajärjel. Laevaõnnetused võivad tekkida ka force majeure tagajärjel. Sadamates ja naftaterminalides võib tekkida potentsiaalse reostus hoiustamise, lossimis-, lastimistöõde ja laevade punkerdamisel.

Pilsivete vette laskmine on üks peamisi enamjaolt väikesemahulisi merereostusi tekitavatest ohtusid.

Punkerdamine on potentsiaalselt keskkonnaohtlik tegevus, mis nõuab kõrgendatud järelevalvet.

Reostuse tekitamist oluliselt mõjutavaks teguriks on inimfaktor, seda nii eksimuse tagajärjena reostuse põhjustamisel, kui ka tahtliku reostuse põhjustajana.

Statistika näitab, et 43% 2006. aastal asetleidnud laevaõnnetustest ja merereostustest toimus just inimliku eksimuse tõttu. (Merereostustõrje plaan. 2008. lk 17-18).

Järgnev analüüs toob välja üle maailma juhtunud erineva suurusega merereostuste põhjused, kõige tõenäolisema õnnetust põhjustanud tegevuse või sündmuse alusel. Põhjused on

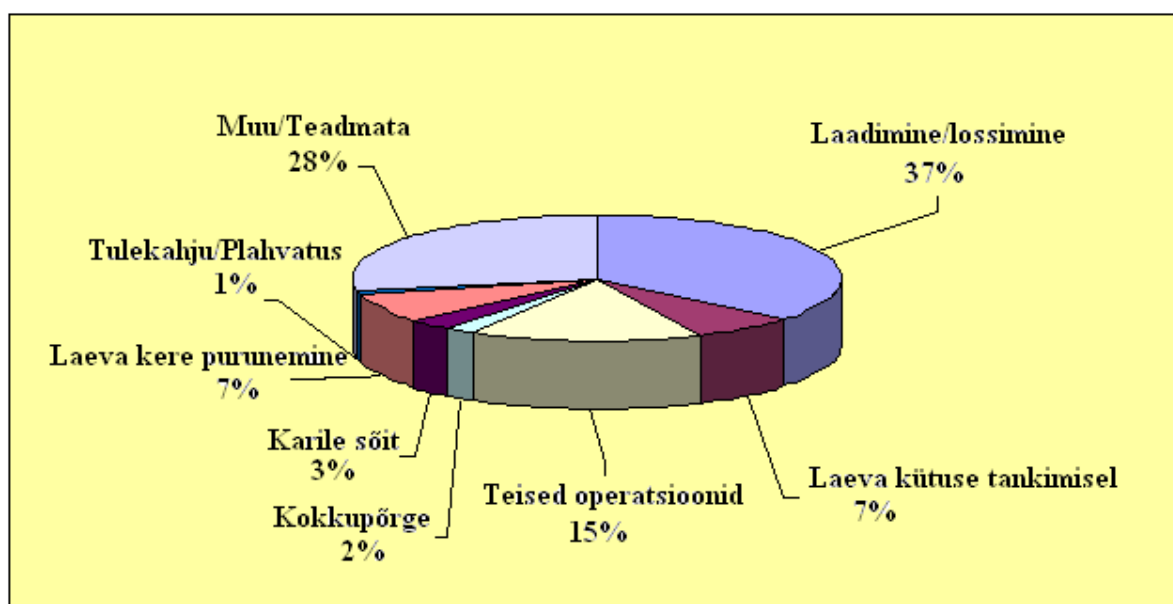
jagatud operatsioonideks (tegevusteks) ja õnnetusteks. Lekked, mille kohta asjasse puutuv informatsioon puudub või, mille põhjus ei sobi ühegi antud grupi alla liigitatakse see gruppi muu või teadmata alla.

Tabelist 6 on võimalik välja lugeda:

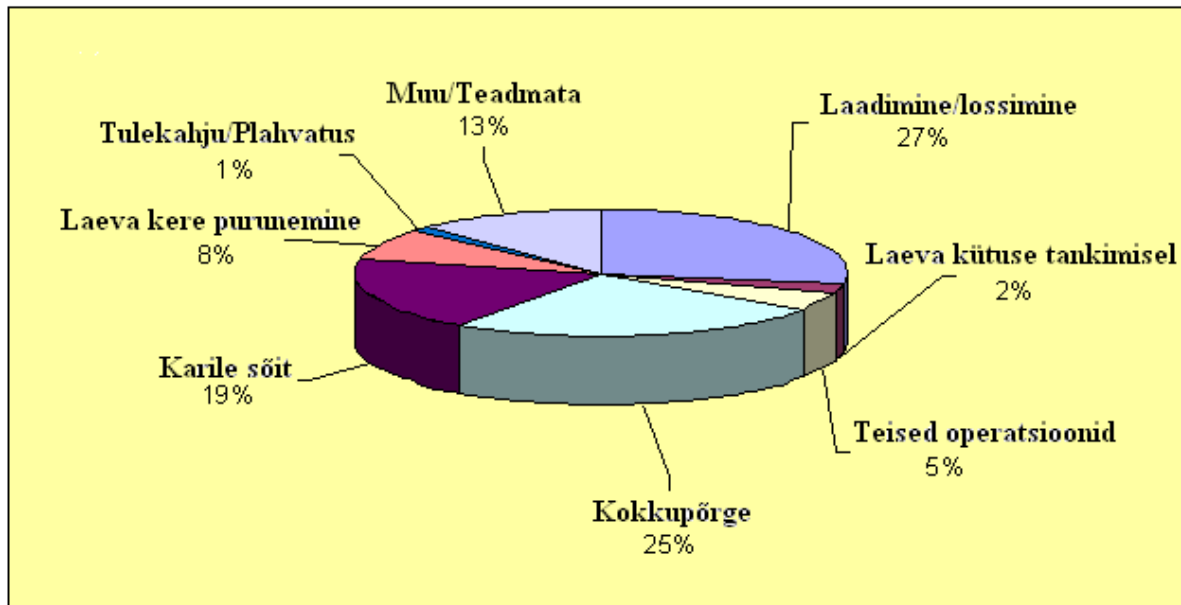
- Enamus lekkeid tankeritelt on rutiinsete operatsioonide, nagu laadimine, lossimine ja tankimine käigus juhtunud, mis üldjuhul leiavad aset sadamates ja terminalides.
- Enamasti on need operatsioonidega kaasnevad lekkesed väikesed, millest 91% on alla 7 tonni.
- Õnnetused, nagu kokkupõrge ja karile sõit, põhjustavad aga kordades suuremaid lekkeid, millest vähemalt 84% lähenevad 700 tonnile või ületavad selle.

Tabel 6. Reostusõnnetuste põhjused aastatel 1974-2007. (<http://www.itopf.com/assets/documents/amop05.pdf> lk 9).

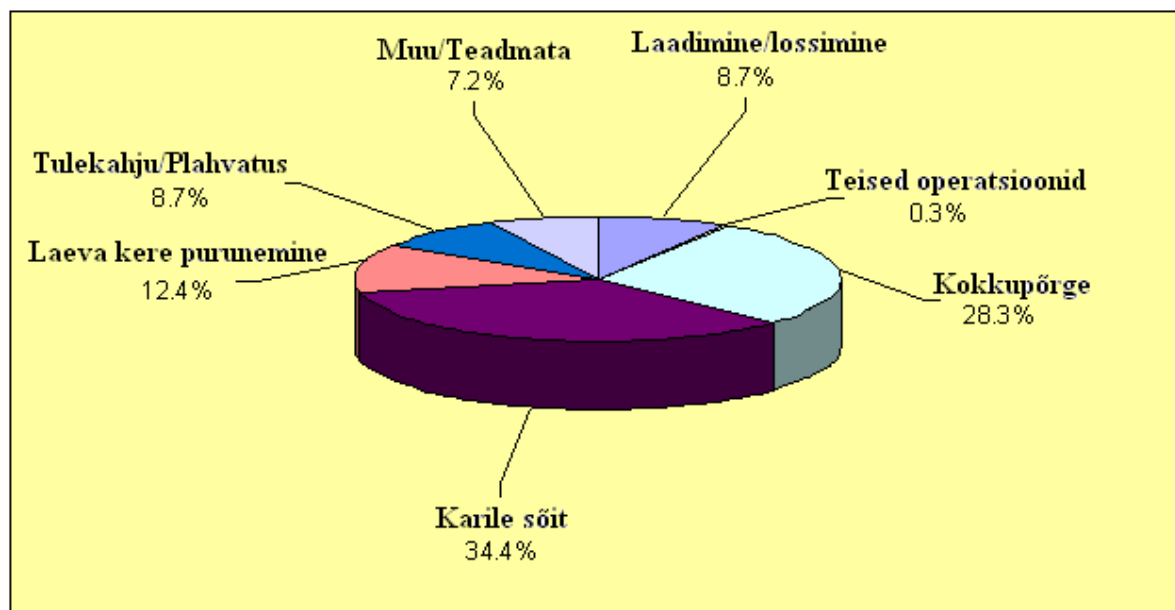
	Alla < 7 tonni	7 - 7 0 0 tonni	üle> 700 tonni	Kokku
Operatsioon (tegevus)				
Laadimine/Lossimine	2823	333	30	3186
Tankimine	548	26	0	574
Teised operatsioonid	1178	56	1	1235
Õnnetus				
Kokkupõrge	175	300	98	573
Karile sõit	235	226	119	580
Kere purunemine	576	90	43	709
Tulekahju/Plahvatus	88	15	30	133
Muu/Teadmata	2186	150	25	2361
Kokku	7809	1196	346	9351



Joonis 8. Alla 7 tonniste lekete põhjused 1974-2007. (<http://www.itopf.com/information%2Dservices/data%2Dand%2Dstatistics/statistics/> 11. aprill 2008).

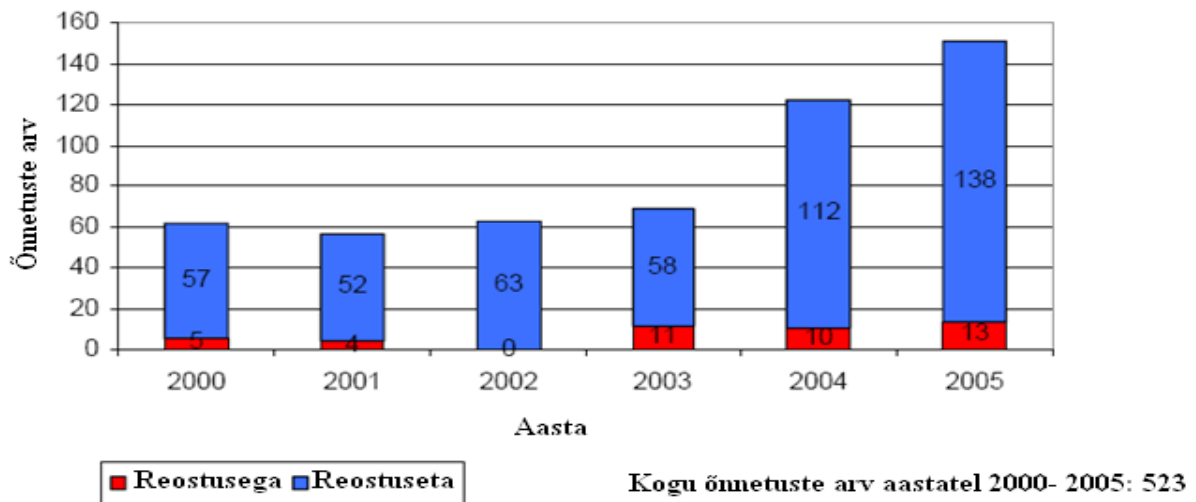


Joonis 9. 7-700 tonniste leket põhjused 1974-2007. (<http://www.itopf.com/information%2Dservices/data%2Dand%2Dstatistics/statistics/> 11. aprill 2008).

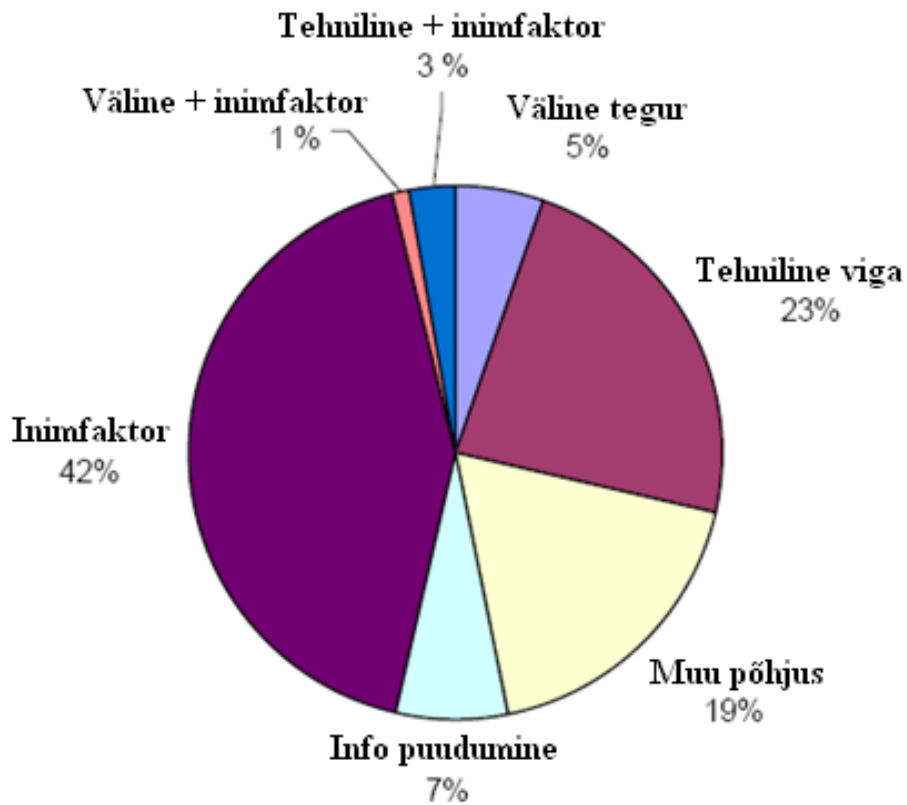


Joonis 10. Üle 700 t leket põhjused aastatel 1974-2007. (<http://www.itopf.com/information%2Dservices/data%2Dand%2Dstatistics/statistics/> 11. aprill 2008).

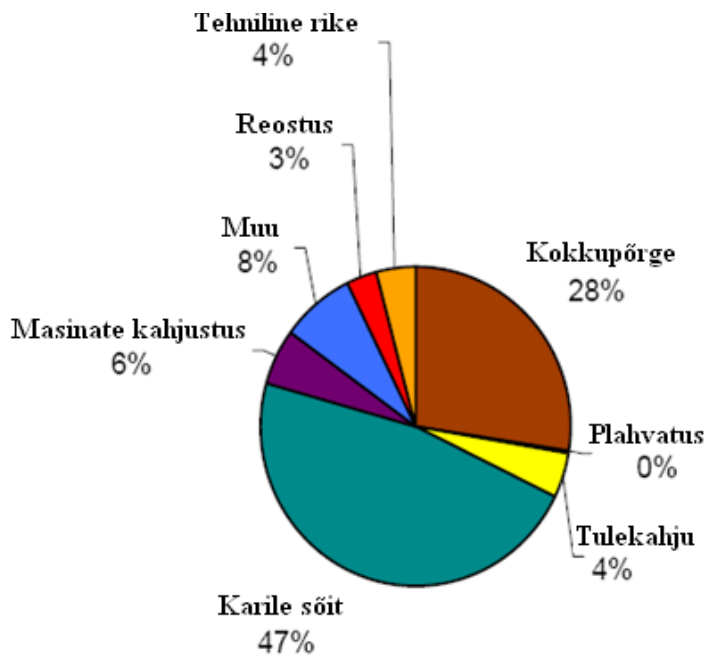
12.1 Lekked Läänemerel



Joonis 11. Laevaõnnetused Läänemerel. (Eesti Mereakadeemia 2007).



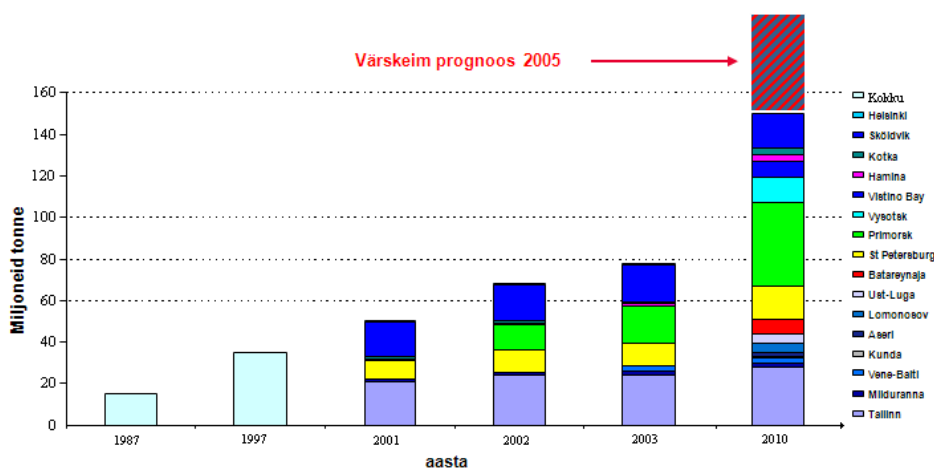
Joonis 12. Õnnetuste põhjused Läänemerel aastal 2005 (Kogu õnnetuste arv aastal 2005: 151). (Eesti Mereakadeemia 2007).



Joonis 13. Õnnetuste tüübid Läänemereel 2000-2005 (Kogu õnnetuste arv aastatel 2000-2005: 523). (Eesti Mereakadeemia 2007).

13 Laevaliikluse ja laevaõnnetuste riski kasv Soome lahel

Soome lahe kõigi naftavedude maht oli 1996. aastal ligi 22 miljonit tonni, 1997 umbes 30 miljonit tonni ja aastal 2000 üle 40 miljoni tonni. 2004 ulatus Soome lahe naftatranspordi maht juba 110 miljoni tonnini. Ka muu laevaliiklus on kiiresti kasvanud. Nii ulatus näiteks Peterburi sadama veoste kogumaht 1999. aastal 28 miljoni tonnini, kui see veel 1990-ndate aastate alguses oli ca 10 miljonit tonni aastas. Venemaa uute sadamaprojektide paratamatu teostumise ajal kahekordistus naftatransport praegusega võrreldes, sama juhtus ka muu transpordiga. Soome lahel transporditava nafta kogus võib ületada 190 miljoni tonni piiri juba enne 2010. aastat.



Joonis 14. Naftasaaduste transport Soome lahel aastatel 1987-2003 ja oodatav areng. (Eesti Mereakadeemia 2007).

Viimane prognoos (11/2004 ja 5/2005) näitab, et veetav naftasaaduste kogus on aastaks 2010 kasvanud 200 miljoni tonnini (Joonis 14).

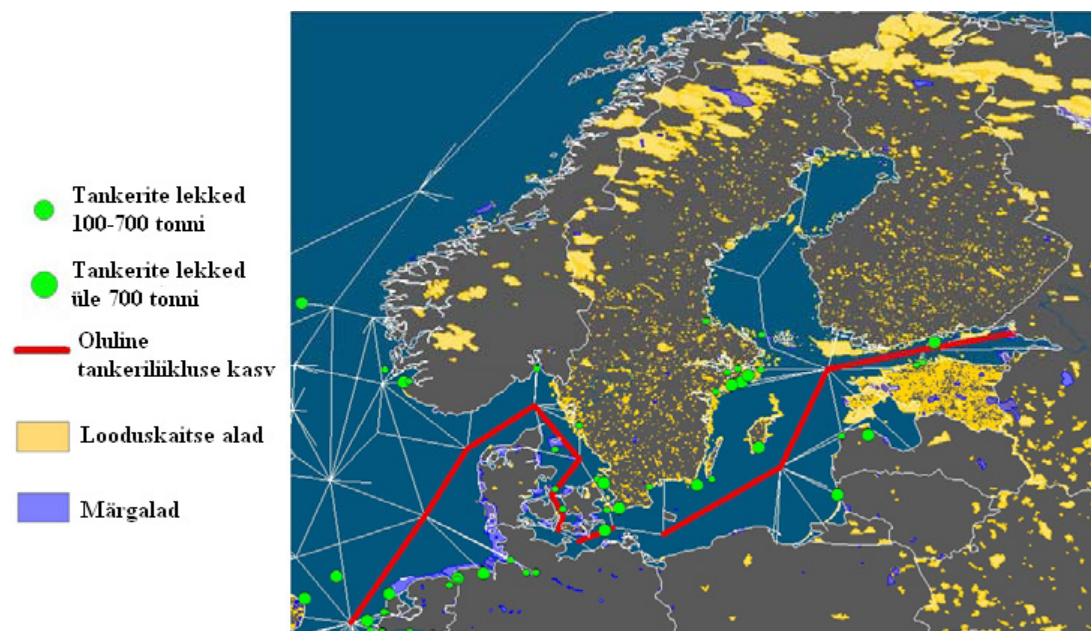
See tähendab enam kui 6000 tankerit ~ 32 000 tonni tanker, igal aastal, täislaadungis Soome lahel.

Venemaa ekspordi suurenemise tagajärjel on tõusnud reostusõnnetuste risk Läänemeres.

Perioodil 2001-2005 on Venemaa jätkuvalt suurendanud naftasaaduste tootmist ja tõusnud seeläbi maailmas teiseks suurimaks nafta tootjaks peale Saudi Araabiat. Suured muutused on toimunud ka selles, kuidas Venemaa oma naftasaadusi ekspordib, mis peamiselt avaldub Primorski ja Novorossiyski naftaterminalide ekspordimahtude ulatuslikus kasvus. Baltikumil on Venemaa naftatoodete ekspordil Põhja- Euroopasse ja sealt edasi väga tähtis roll, kuna suur osa transiidist käib just siit kaudu.

Venemaa toornafta torujuhtmete süsteem on ühendatud kolme sadamaga Läänemeres: Läti sadam Ventspils, Leedu sadam Butinge ja Venemaa sadam Primorsk, mis peale valmimist aastal 2002, ekspordib neist kolmest kõige rohkem ning suurendab järjest transiidi mahtu läbi Soome lahe, mis samaaegselt vähendab aga ekspordi Ventspils ja Butinge sadamatest. Soome lahe sadamatele pani aluse Vene tsaar Peeter I, kes lasi oma kartograafidel uurida sobivaid sadamakohti. Sobivateks (eelkõige sügavus) peeti ainult kohti, kus praegu on Sillamäe, Muuga ja Paldiski sadamad

Soome laht on kitsas ja täis keskkonna suhtes tundlikke alasid, naftasaaduste transiidi koguste suurendamine, selles tihtipeale üleni jäätavas lahes, soodustab suurel määral reostustekke riskide kasvu.



Joonis 15. Kaart toob välja märkimisväärse naftasaaduste transpordi kasvu Kirde- Euroopast, kaasaarvatud suuremate naftareostuste kohad aastatel 1974-2006. (<http://www.unep-wcmc.org/latenews/stories/wcmcData.aspx> 10. aprill 2008). (http://www.itopf.com/information%2Dservices/publications/papers/documents/arctic_shipping.pdf lk 10. 10. aprill 2008).

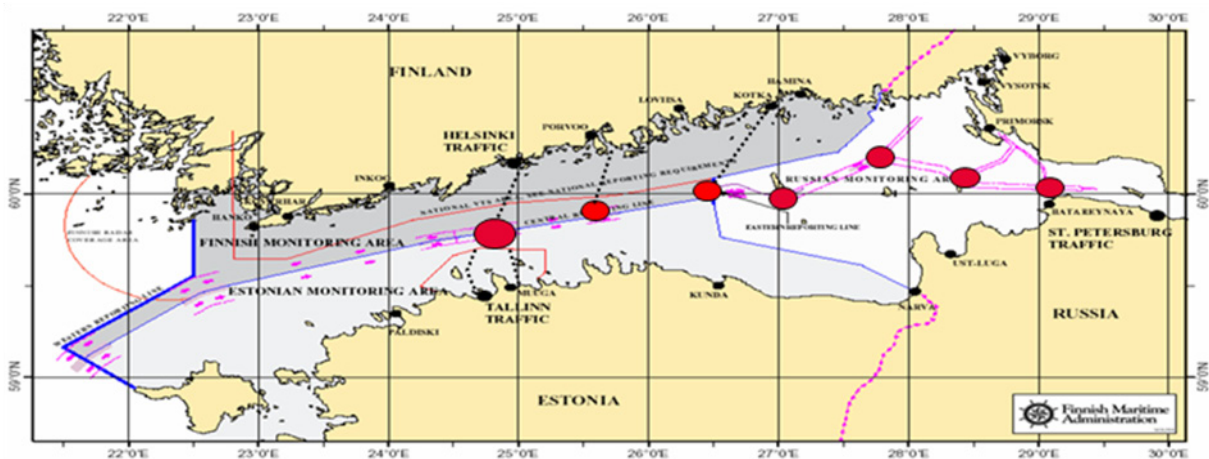
14 Õnnetuste ennetamine

Millest siis tuleneb, et Läänemerele ja eriti Soomes on toimunud õnnetusi keskmisest vähem? Meresõiduohutus on eriti Läänemere lääne- ja põhjaosas kõrgel tasemel, kuna tugevasti liigendatud rannik asetab meresõidule suuri nõudmisi. Saartevahelised faarvaatrid (laeva-teed) on hästi ehitatud ja märgistatud, radarivõrk on kattev ja lootsi kasutamine kohustuslik. Keerukaist meresõidutingimustest tulenevalt on laevastik uus ja navigatsiooniseadmed kaasaegsed. Tankerid on reeglina kahepõhjalised. Õnnetusi juhtub siiski suhteliselt tihti, kuid nende mõjud on vähesed. Mereõnnetuste sagedus tingib ka nii eraisikute kui ka ametnike kogemuste kasvu õnnetussituatsioonide selgitamisel. Merepäästet ja keskkonnakahju- de tõrjet alustatakse kiiresti ja enne kui reostust on merre sattunud.

Õnnetuste ennetamise aspektist olulisemateks projektideks, mis lõpuks peaksid katma kogu Läänemerd, on maalt toimuv mereliikluse juhtimine (VTS või VTMIS), seda toetav aluste automaatne tuvastussüsteem (AIS), kahepõhjaliste tankerite kasutamine ja suurte tankerite pukseerimine faarvaatrites ning ühised jääs liikumise piirangud.

Ühepõhjalistest naftatankeritest vabanetakse alles aastail 2005 -2010. Soome lahe kohustuslik teavitussüsteem (GOFREP) hakkas kehtima 2004. aasta suvel.

GOFREP raporteerimise alad, liikluseraldusskeemid ja ristuva liikluse alad.



Joonis 16. „Kuumad kohad“ Soome lahes, kus liiklusvood ristuvad ja on suurem võimalus õnnetusteks ning kõrgendatud reostusoht. (Eesti Mereakadeemia, 2007).

Mitmetes „kuumades kohtades“, kus liiklusvood ristuvad, on suurem võimalus õnnetusteks ning kõrgendatud reostusoht. Seega pole ime, et kasvavaks mureks on valmisolek soovimatuks reostusjuhtumiks.

15 Naftasaaduste tõrje, nn õlitõrje

Õlitõrje on samasugune päästeülesanne kui tule tõrjumine või kiirabiteenus, milleks treenitakse vaatamata sellele, et loodetakse, et nende järele ei ole vajadust. Treening moodustab olulise osa meie aluste valmidusest. Muul ajal täidavad alused muid ülesandeid, tegeldes faarvaatrite hooldusega ja piiri valvamisega. Nii on võimalik hoida valmiduskulud mõõdukaina.

Soome õlitõrjetehnika kuulub maailma tippklassi. Meeskonna oskusi arendatakse SYKE iga-aastastel naftareostustõrje õppustel, kaks Soome alustest, Seili ja Linja, on esimestena maailmas varustatud talviste õlikogumisseadmetega, samuti ka nende sõsarlaev EVA 316. (<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=5297&lan=en> 10. aprill 2008).

Selleks, et ära hoida reostuse levimist laiematele aladele ja looduskaitsealadele, kus reostus võib põhjustada tõsiseid tagajärgi keskkonnale ja seal elutsevatel taime- ja loomaliikidele, peame teadma kuidas mere keskkonda sattunud naftatooted käituvad. Ainult nii on võimalik ennetada ja ära hoida reostuse sattumist ohustatud aladele, aga tihti ei õnnestu see, kuna leke avastatakse liiga hilja või on see niivõrd suuremahuline, et esmaste ressursidega ei ole lihtsalt võimalik reostuse levikut vajalikul määral piirata. Kaldale jõuavad naftatooted, mis on tihedamad, viskoossemad, ja püsivamad, kuna selliste omadustega (kerglaevakütus, keskmised kütteõlid ja raskekütteõlid, toornafta) naftatooted püsivad laikude, siilude ja kogumitena koos ning võivad triivida hoovuste ja tuulte mõjul kümneid kilomeetreid oma esialgselt lekkekohast, kuni jõuavad varem või hiljem randa.

Valdav osa lekkeid tankeritelt on rutiinsete operatsioonide, nagu laadimine, lossimine ja tankimine, käigus juhtunud, mis üldjuhul leiavad aset sadamates ja terminalides. Enamasti on need operatsioonidega kaasnevad lekked väikesed, millest 91% on alla 7 tonni. Operatsioonide käigus on üldjuhul tegemist inimliku eksimusega või tehnilise rikkega, mida saab tavaliselt asjaosaliste sekkumisega kõrvaldada ja lekke varases staadiumis sulgeda. Õnnetused, nagu kokkupõrge ja karile sõit, põhjustavad aga kordades suuremaid lekkeid, millest vähemalt 84% lähenevad 700 tonnile või ületavad selle. Suurte lekete põhjuseks on õnnetused, mis tulenevad enamasti inimfaktorist. Tehakse kas viga kursi arvestusega või loetakse meremärke valesti.

Kui maailmameredel võib märgata reostusjuhtumite vähenemist võrreldes varasemate aastatega, siis Läänemerel on olukord vastupidine. Üheks peamiseks reostusjuhtude sagedamise põhjuseks on Soome lahe laevaliikluse kiire kasv viimase kümnendi jooksul. Naftasaaduste transiidi suurenemise põhjuseks on Venemaa ekspordimahtude suurendamine läbi Baltikumi Põhja-Euroopasse ja sealt edasi. Kui arvestada maailmas toimunud tankeriõnnetuste hulka ning Läänemere transpordikoormust, siis peaks Läänemerel tõenäosuse kohaselt toimuma 4-5 enam kui 34 tonni suurust naftareostust aastas ja Soome territoriaalvetes mõni õnnetus umbes iga 16 kuu tagant. Tegelikuses on neid olnud Läänemerel tunduvalt vähem.

Laeva tehnilise ohutuse tõstmiseks tuleb teha regulaarset laeva tehnilise seisukorra kontrolli, muu hulgas tuleb kontrollida siseriiklike ja rahvusvaheliste nõuete täitmist, tehnoloogiliste protsesside järgimist ja muude nõuete täitmist, mis tulenevad heast merepraktikast. Inimtegurist lähtuvaid ohte tuleb ennetada väljaõppe, õigusruumi kujundamise ja majanduskeskkonna mõjutamisega maksupoliitika või muude tegevuste kaudu.

16 Reostuse ohjamine. Kokkukorje. Poomide tüübid ja nende valik

Kui õli on merre lekkinud, siis tuleb võtta kasutusele kõik meetmed, et minimeerida reostuse kahjustused mere ja looduse keskkonnale. Merre sattunud õli võib tuulte ja hoovuste tõttu levida kiirelt reostuse algpunktist ulatuslikule mere pinnale moodustades hajutatud laike ja siile. Palju lihtsam on koristada õli, mis on merel oma algses vabanemiskohas kontsentreeritult, kui laiali valgunud ja suurele alale levinud reostust, mis varem või hiljem jõuab randa ja piirkondadesse, kus loodus on reostustundlikum ja kahjustused vältimatud. Eelistatud meetod on õli leviku algpunktis spetsiaalse varustusega kokku koguda ja uuesti ringlusesse lähetada, kuna siis on see veel võimalik.

Üks võimalus on jälitada reostuslaiku koristuslaevadega pukseerides poome, mis koguvad ujuvat õli, kasutades skimmereid ja ladestavad selle ajutistesse kogumiskonteineritesse. Spetsiaalsed alused on konstrueeritud ja ehitatud nii, et neil on pardal kogu vajalik varustus ja abivahendid, et koguda õli poome kasutamata. Alternatiivselt kasutatakse aga staatilisi meetodeid, paigaldades poome kohtadesse, kus ujuv õli looduslikult koguneb, kas avamerel või tihedamini ranna lähedal, kus õli kogutakse kasutades skimmereid ja pumpasid.

Õlide füüsikaline ja keemiline koostis on erinev, seega võib vaja minna ulatuslikult erinevat tehnikat, eriti skimmereid ja pumpasid, aga ka ladustamise vahendeid, sõltuvalt konkreetsest õlist, millega on tegemist. Kokkuvõttes võib merre sattunud õli muuta oma omadusi, näiteks kasvab viskoossus tänu aurustumisele või emulsiooni moodustudes. Need muutused võivad oluliselt mõjutada varustuse efektiivsust.

Ilmastiku ja mere tingimused mõjutavad oluliselt operatsiooni efektiivsust. Isegi ideaalsetes rahulikes tingimustes õige varustuse ja korrektsete sooritustega on ainult suhteliselt väike protsent lekkinud õlist võimalik kokku koguda.

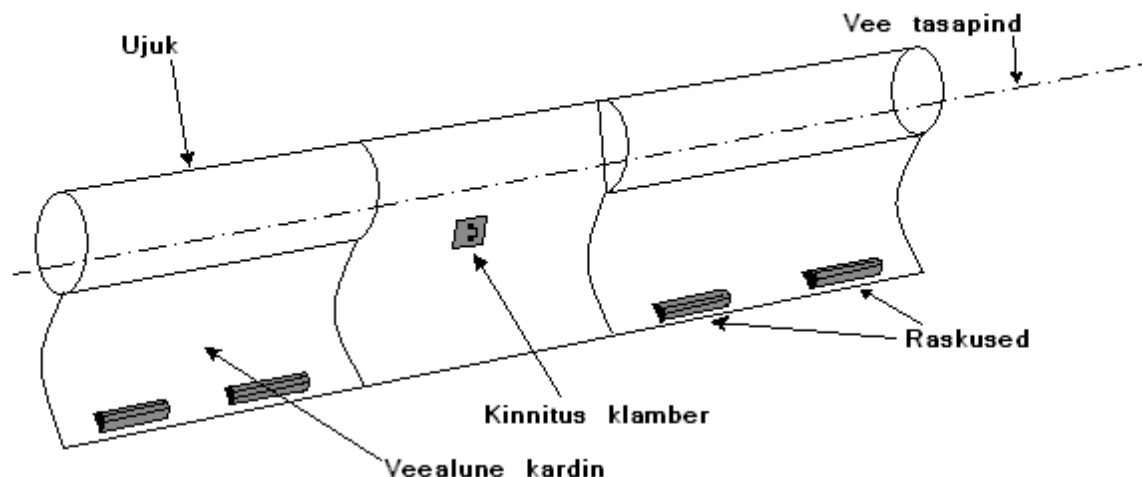
17 Reostustõrje poomide rakendused ja standardtunnused

Reostustõrje- ja koristusoperatsioonidel kasutatakse poome erinevatel viisidel ja eesmärkidel:

1. ennetada levikut aluste tühjakslaadimise juures,
2. ennetada levikut aluste tühjakslaadimise ja tankimise juures,
3. samaaegselt skimmerite ja laevadega õli kogumiseks,
4. ohustatud piirkondade ja keskkonna kaitseks,
5. õli kõrvale juhtimiseks tundlikelt aladelt ja piirkonnast,
6. õli juhtimiseks aladele, kus seda on kergem koristada.

Reostustõrje **poomid koosnevad** järgmistest komponentidest:

1. vabaparras – ennetada või vähendada ülevoolu
2. veealune kardin – ennetada või vähendada õli vabanemist poomi alt
3. ujukid – valmistatud ujuvast materjalist (enamasti õhktäitega), et tagada poomi ujuvus
4. pikisuunaline pingutuselement – lainetele, hoovustele ja tuulele vastupidavuse tagamiseks
5. raskused – tagada stabiilsus ja veealuse osa õige paiknemine
6. liite ja kinnitus elemendid – kindlustada korrektne ühendus kõrval olevate sektsioonidega.



Joonis 1 – Poomi koostisosad.

18 Poomide tüübid

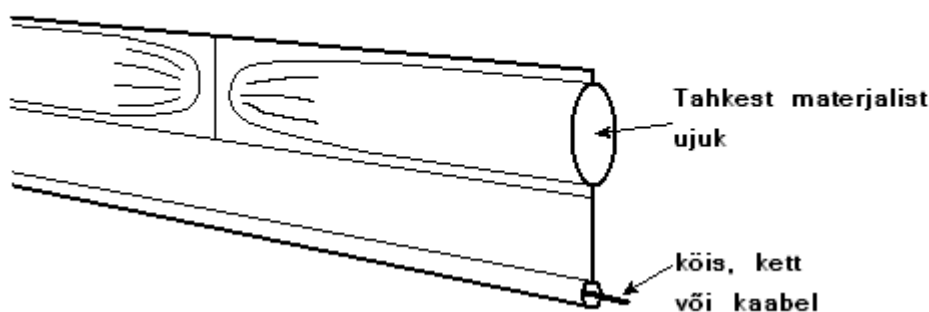
Erinevate vajaduste ja olukordade jaoks on lai valik poome, mis jagunevad neljaks grupiks:

1. Kardin-tüüpi poom – koosnevad ujukkambritest ja kardinast. Ujukid on kas täispuhutavad, õhuga automaatselt täituvad või statsionaarsed.
2. Tara poom – koosnevad tarast ja välisest pingutuselemendist.
3. Kalda poom – koosneb veega täidetud kambritest, mis tagavad poomi tiheduse vastu maapinda ja ujukkambrid, mis tagavad poomi ujuvuse, kui vesi tõuseb.
4. Tulekindel poom – valmistatud tulekindlatest materjalidest.

Eelnev informatsioon hõlmab ülevaadet erinevat tüüpi poomide üldistest joontest. Selliseid õlitõrje vahendeid, nagu poome, on võimalik kasutada erinevates kombinatsioonides.

18.1 Tahkest materjalist ujukitega kardinpoom

Need poomid on konstrueeritud kastutades süsivesiniku kindlat vahtu, millega on täidetud poomi ujuvkambrid. Rahulikeks tuulevaikseteks tingimusteks mõeldud poomide vabaparras moodustab 33% poomi kõrgusest ja avamerel, kus esineb tugevaid hoovusi kasutatakse poome, mille vabaparras moodustab 50% poomi kõrgusest. Raskusteks kasutatakse tavaliselt ketti, kaablit või muid raskuselemente. Poomi kangas moodustab pikisuunas toimiva pingutuselemendi, mille tugevust suurendab raskuskaabel või kett. Mõnel juhul on kinnitatud ujuki kohale täiendav pingutuselement (kaabel). Kasutamise ja lahtiharutamise kergendamiseks on selliste poomide pikkus 15-25 meetrit ja otsad varustatud ühendusk-lambritega.

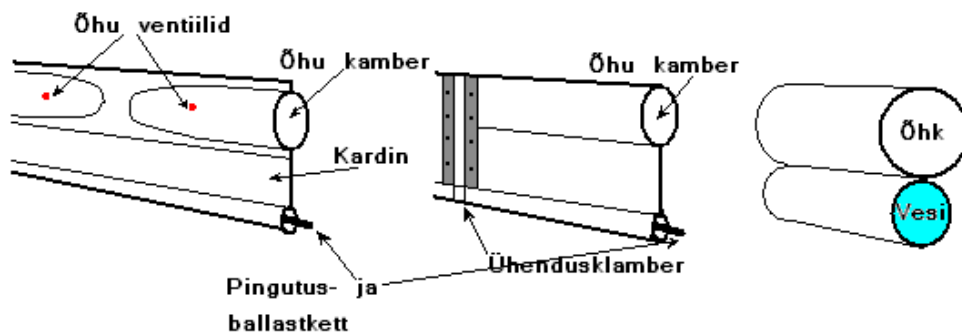


Joonis 2 – Tahkest materjalist ujukitega poom.

Plussid	Miinused
<ul style="list-style-type: none">• Torkeaugud ujukites ei põhjusta poomi uppumist• Suhteliselt odavad• Saadaval laias ulatuses modifikatsioone ja erinevatest materjalidest	<ul style="list-style-type: none">• Suure vabapardaga poomid on jäigad ja raskesti käsitletavad.• Ristkülikukujulised ujuvpoomid ei järgi laine profiili korrektselt.• Vajavad suurt laoruumi ja võivad deformeeruda ladustamisel.

18.2 Täispuhutavate ujukitega poom

Nendel poomidel on täispuhutavad õhukambrid ujuvuse tagamiseks. Valmistatud üldiselt PVC (polüvinüülkloriid), polüuretaan või nitril/neopreen materjalidest. Ujuvkambrid on jagatud 2-3 meetristeks sektsioonideks või kogu poomi pikkuseks. Ujuvkambrid on varustatud õhu tagasijooksu stoppplappidega ja mõnel juhul ka ülerõhu klappidega. Raskusteks kasutatakse ketti, kaablit või veega täidetud kambreid. Täispuhutavate ujukitega poomidel, mida kasutatakse rannajoone kaitseks, on kardina küljes kaks veega täidetud ballasti kambrit, mis tagavad tiheduse poomi ja maapinna vahel, kui vesi alaneb.

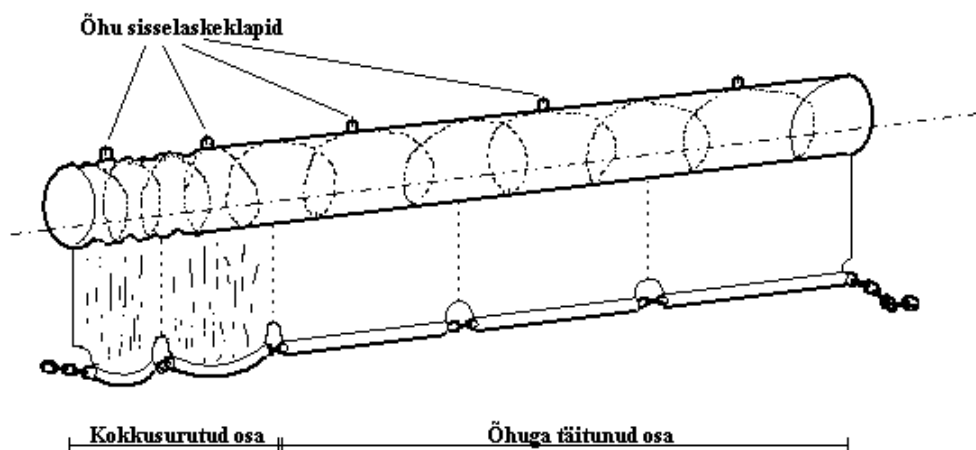


Joonis 3 - Täispuhutavate ujukitega poomid.

Plussid	Miinused
<ul style="list-style-type: none"> • Järgivad hästi laine profiili. • Kui õhu kambrid on sektsioonideks jaotatud, siis ei põhjusta torkeaugud ulatuslikku poomi uppumist. • Monoliitne õhu kamber vähendab täispuhumise aega. • Ladustamisel kompaktne ja võimalik kerida poolile, mis tagab kiire valmisoleku kasutamiseks. 	<ul style="list-style-type: none"> • Torkeauk võib põhjustada kogu sektsiooni uppumise. • Kui õhu kambrid on jagatud sektsioonideks on paigaldamine aeglustatud, kuna iga kamber tuleb eraldi õhuga täita. • Suurte poomide puhul muutuvad ladustamispoolid raskeks.

18.3 Isetäituv ujuvpoom

Ise täituvad ujuvpoomid on valmistatud PVC või polüuretaan materjalist ja on väliselt sarnased täispuhutavatele ujuvpoomidele. Seda tüüpi poomid sisaldavad mehhanismi, mille abil ujuki kambrid paisuvad ja täituvad automaatselt õhuga paigaldamise ajal. Poomi kangast koos raskusketiga kasutatakse pingutuselemendina.

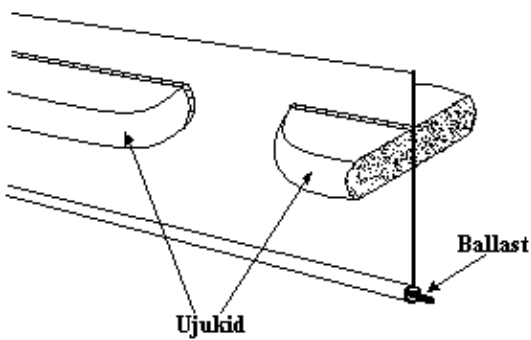


Joonis 4 - Isetäituv ujuvpoom.

Plussid	Miinused
<ul style="list-style-type: none"> • Ujuvkamber on sektsioonideks eraldatud, mis vähendab vabaparda uppumist kambri osalise purunemise puhul. • Üks suur õhusilinder vähendab õhuga täitumise aega. • Lihtne käsitleda ja ladustada. • Kiirelt paigaldatav. • Hästi sobiv õhu transpordiks kaugetele aladele. 	<ul style="list-style-type: none"> • Õhu sektsioonid on nõrgemad ja purunevad kergemini, mille tagajärjel võib uppuda kogu sektsiooni vabaparras. • Enamasti on kallid ja parandus kulukas. • Keeruline ladustamisruumidele tagasi panna.

18.4 Tarapoomid

Tarapoomid on konstrueeritud mitmetel erinevatel viisidel. Välised ujukid võivad olla poltidega kinnitatud tugevale PVC, polüuretaan või nitriin/neopreen lehele. Lamedad kinniste pooridega vahtujukid võivad olla kinnitatud peenemate PVC/polüuretaan materjalist lehtedega keskmise tara moodustava lehe külge. Lehed on omavahel kinnitatud, kas õmbluste või keevisühendusega. Raskuselementideks kasutatakse kette, kaablit või metallist raskusi. Pingutuselemendina kasutatakse kas tara, raskus ketti või mõlemat korraga.



Joonis 5 – Tarapoom (<http://www.containmentboom.com/permafen.html> 6. aprill)

Plussid	Miinused
<ul style="list-style-type: none"> • Kiirelt paigaldatav. • Lihtne kasutada ja ladustada (kompaktne). • Väga lihtsa konstruktsiooniga, võib valmistada improviseeritud vahenditest, näiteks vanast konveieri rihmast, millele on poltidega kinnitatud ujukid (robustne ja odav). 	<ul style="list-style-type: none"> • Halb laine profiili järgimine tänu jäigale tara elemendile ja kaalu kohta madal ujuvus. • Tuule ja hoovuste mõjul kipuvad ümber minema. • Füüsilised kahjustused võivad põhjustada ebapüsivust ja vabaparda uppumist.

18.5 Tarapoom koos välise pingutuselemendiga.

Need poomid on valmistatud PVC/polüüretaan materjalist ja on disainilt sarnased tarapoomile. Nendel poomidel on tarast eemal paiknev pingutus element, mis paikneb horisontaalselt poomi ees ja on kinnitatud lühikeste vahede tagant poomi külge. Selliseid poome kasutatakse tugevate tuulte ja hoovustega ning reostuspaikades, kus leidub jääd. Sellised poomid on efektiivsed ebasoodsates tingimustes, aga suureks miinuseks on nende tülikas paigaldamine

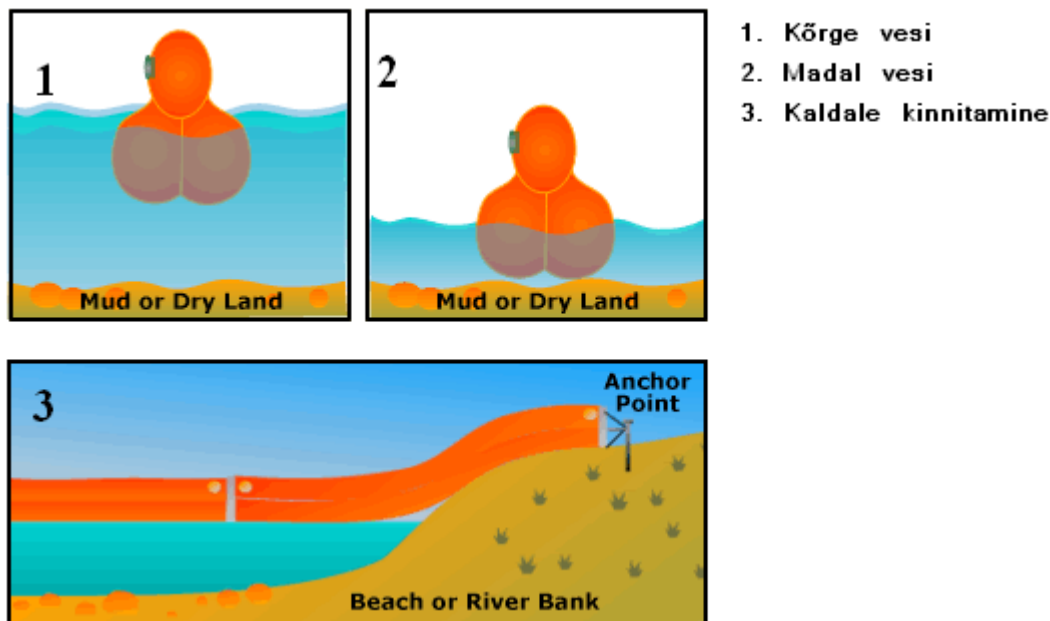
Plussid	Miinused
<ul style="list-style-type: none">• Vastupidavad tugevale tuulele ja hoovustele.• Ideaalsed kokku rullimiseks ja rullidena teisaldamiseks, tõstmiseks.• Sobivad ebakorrapäraselt suurte õlilekete jaoks avatud veel.• Väline pingutuselement annab poomile ideaalse laine järgivuse ja vähendab kardina kahjustusi.• Nõgusa kujuga poomid aitavad õli hästi kinni pidada. (hoovuste ja pukseerimise korral).	<ul style="list-style-type: none">• Raske üles seada, paigaldada, kokku korjata ja puhastada.• Väline pingutuselement kipub takerduma paigaldamise ajal.• Poom töötab ainult ühel suunal hoovuse suhtes.

18.6 Kaldapoom

Kaldapoomid on valmistatud PVC/polüüretaan materjalist. Koosnevad kolmest eraldi kambrist, mis kulgevad kogu sektsiooni ulatuses. Ülemine kamber on täidetud õhuga, tagamaks poomi ujuvust ja alumised kaks kambrit on täidetud veega. Vee langemise korral lamab poom tihedalt vastu maapinda, tõusu ajal aga ujub vee pinnal nagu tavaline ujuvpoom.



Tüüpiline kalda poom.



Joonis 6 – Kalda poomi paiknemine: 1.Kõrge veetaseme puhul, 2. Madala veetaseme puhul, 3. Kaldale kinnitatuna. (<http://www.containmentboom.com/tidal.html> 5. aprill).

Plussid	Miinused
<ul style="list-style-type: none"> • Ideaalsed kalda järgimise omadused. • Head laine järgimise omadused. • Ladustamisel kompaktned. • Üksik suur õhukamber vähendab kokkupaneku aega. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tänu kambrite täitmisele õhu ja veega nõuab paigaldamine keskmisest rohkem aega. • Nõuab tavapoomidest põhjalikumat hooldust peale kasutamist.

18.7 Alternatiivsed poomid (pneumaatiline tõke, võrkpoomid improviseeritud tõkked)

Saadaval on veel mitmeid alternatiivseid poomide süsteeme, mis ei liigitu eelnevalt kirjeldatud gruppidesse. Näiteks: pneumaatiline tõke, võrkpoomid ja improviseeritud tõkked.

- Pneumaatiline tõke.

See on seade (tavaliselt auklik toru, mis on ühendatud suruõhu voolikuga/torustikuga), mis paigaldatakse veekogu põhja ning selle kaudu juhitakse suruõhk vee alla moodustades tiheda mullide rea, mis pinnale tõustes tekitavad ülespoole suunatud vee voolu. See vee vool suundub mõlemale poole paralleelselt seadmega ja tõrjub eemale ujuva õli. Pneumaatilise tõkke eelised on seotud veeluse paiknemisega, mille tõttu nad ei tõkesta laevade liiklust, on kergesti käivitavad ja seega kõige sagedamini kasutatavad sadamates. Puudusteks on nende limiteeritud efektiivsus sügavas vees tugevate hoovuste ning tuulte korral. Veelused torustikud kipuvad ka kergesti ummistuma setete ja muda tõttu ning nõuavad olulist infrastruktuuri (õhu kompressorid), et tagada piisav õhusurve.

- Võrkpoomid.

Mitmeid erinevaid võrkpoome on saadaval, mis on valmistatud viskoosete õlide kogumiseks veest. Valmistatud samal põhimõttel nagu kalatraalid. Miinusteks omadus kergelt ummistuda ja raske puhastada peale kasutamist.

- Improviseeritud tõkked.

Kaugetes kohtades, kuhu varustuse toomine võtab aega, võib reostustõrje poome valmistada kohapeal kättesaadavast materjalist järgides poomi ehituse põhiprintsiipe. Poomid võivad olla improviseeritud kasutades kõiki ujuvaid materjale, näiteks tühje õlitünne, palke, õhuga täidetud kotte, põhupalle ja muud.

19 Õige poomi valimine

Kuna reostustõrje operatsiooni edu sõltub väga palju poomi efektiivsusest, siis tuleb täpselt arvestada olukorda, et võtta kasutusele õiget tüüpi poomid.

Poom peab olema piisavalt suur, tugev ja robustne, et pidada vastu jõududele, mis talle vees avalduvad. Peab olema piisavalt paindub, et jälgida laine reljeefi, valmistatud piisavalt tugevast materjalist, et torgetele vastu pidada (eriti tähtis suruõhuga täidetud ujukite juures), kergesti transporditavad vajalikku kohta ning seal kiiresti paigaldatavad. Peavad olema päevavalguses hästi nähtavad. On veel mitmeid teisi tingimusi, mis peavad olema erinevate situatsioonide jaoks täidetud, nagu näiteks sobivus paigaldada jää tingimustes.

Tabel 1 Mõned üldised juhised poomi valiku tegemiseks erinevates olukordades.

	Rahulik vesi	Rahulik vesi hoovusega	Siselaht	Ava meri	Tormine ava meri
Laine kõrgus (m)	< 0.3	< 0.3	0-1.0	0-2.0	>2
Tingimused	Väikesed lühikesed mittemurduvad lained	Hoovus 0.4 m/s või suurem	Väikesed lained ja mõned valged laineharjad	Mõõdukad lained, sagedad valged laineharjad	Suured lained, vahused laineharjad ja lenduvad piisad
Sobilik poomi tüüp või grupp	Tarapoom, kardinpoom.	Kardinpoom, mille vabaparda kõrgus 50% poomi kõrgusest. Tarapoom.	Tarapoom, kardinpoom.	Tarapoom, koos välise gutuselemendiga. Kardinpoom.	Kardinpoom.
Poomi kõrgus (mm)	150-600	200-600	450-1100	900-2300	1500+

Ujuvuse ja kaalu suhe	3:1	4:1	4:1	8:1	8:1
Miimum tõe tugevus poomile (newton)	6800	23000	23000	45000	45000+

20 Reostustõrje / Õlitõrje poomide paigaldamine

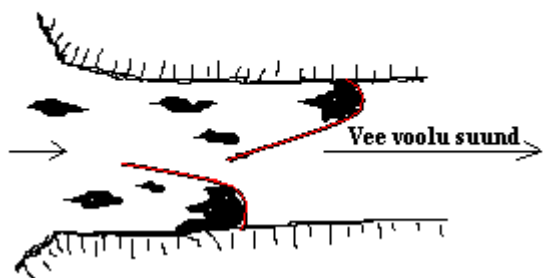
Optimaalne poomi paigaldamine sõltub asukohast, ilmastiku tingimustest, mere seisundist ning teistest faktoritest. Tuleb määrata olukorrale nõutav kogus, tabel 6-2 annab mõned üldised nõuanded poomide pikkuse arvestamiseks erinevates situatsioonides.

Tabel 2 Nõuanded poomi pikkuse valikuks.

Situatsioon	Kogus
Lekkiva aluse piiramiseks.	3 * laeva pikkus.
Terminalis paikneva aluse piiramiseks.	1,5 * laeva pikkus pluss kaugus võõrist kaldani ja ahtrist kaini.
Oja või jõe suudme piiramine.	3-4 * veekogu laius.
Lahtede ja sadamate piiramine.	1.5 + hoovuse kiirus sõlmedes * veekogu laius.

Sõltuvalt asjaoludest ja operatsiooni eesmärgist on mitmeid paigaldamise meetodeid:

- 1) Ümberpiiramine: Seda meetodit rakendatakse tavaliselt reostuse varajastes staadiumites, et ennetada õli levikut lekkivast laevast kaugematele aladele ja ohjeldada edasist lekkivat õli. Praktikas võivad mere tingimused muuta efektiivse operatsiooni võimatuks. Ankurdamine võib samuti osutuda raskeks või ebapraktiliseks. Sellise rakenduse puhul peab poomide pikkus olema kolm korda objekti pikkus, näiteks laeva puhul, mida piiratakse. Selle meetodi rakendamine eeldab rahulikku ja madala lainega mere tingimusi. Kui lekke allikas on kalda lähedal, siis võib kallast kasutada kui osa poomist või kui reostus on ühel laeva küljel, siis on otstarbekas ühendada poomid laeva külge, mille tagajärjel moodustab laeva kere osa piirdepoomist.
- 2) Kanalitesse ja jõgedesse paigaldamine: Õli levikut kitsas kanalis või jões võib ennetada poomide paigutamisega kanali või jõe pervedele paraja nurga all, sõltuvalt voolu kiirusest. Laevaliikluse tagamiseks peab jätma kanali või jõe keskossa piiratud avaused poomide vahele. Vee tõusu korral peab olema tagatud poomide korrektne ühendus kaldaga, et õli ei saaks sealtkaudu edasi levida.



Joonis 3-7 – Poomide paigutus kanalisse.

- 3) Kõrvalejuhtiv paigutus: Mõnikord on võimalik reostust, tundlikelt aladelt, pumpide õige paigutusega kõrvale juhtida. Kohtadesse, kus koristustöid on kergem teostada. Arvestatava tulemuse saavutamiseks tuleb pumpid paigutada hoovuse suhtes nurga alla, mille tulemusena on võimalik õli kõrvale juhtida.
- 4) Poomide pukseerimine: Kui õli on reostuse algpunktist kaugematele aladele levinud, siis on võimalik see kokku koguda, pukseerides poome madalal kiirusel (alla 0.5 m/s) mööda vett. Poomide ette kogunenud õli eemaldatakse veest skimmeritega. Sellist meetodit kasutatakse avamerel, vaatamata sellele, et pukseerides ei pruugi poomid kõike õli kinni pidada, on selline meetod üldiselt edukas. Edu eeldusteks on rahulikud ilmastiku tingimused, sisemeri, kus ei ole suuri laineid ning poomide vedamine hoovusega samas suunas, mis vähendab vee ja poomi omavahelist kiirust.
- 5) Triiviv paigutus: Kui hoovuse kiirus on liiga suur või vesi liiga sügav, selleks et poome korralikult ankurdada, võib reostuslaigu piirata nii, et poomid triivivad koos õliga hoovuse suunas. Triivimise kiirust on võimalik vähendada kasutades triivankruid. Madalamas vees võib ankrud asendada mööda põhja lohisevate kettidega või muude raskustega.
- 6) Mitmekordne paigutus: Kui statsionaarne poom ei pea õli kinni võib paigaldada ühe või enam poomi liine esimese kõrvale. Kui on vajalik mitmekordne poomide paigutus, siis peavad poomide liinid olema üksteisest eraldatud. Kui on tegemist tugeva hoovusega, mis tõstab poomi kardina üles, mille tagajärjel õli vabaneb poomi tagant, tuleb efektiivsuse tagamiseks liinid omavahel eraldada 1 – 5 m kaugusele. Olukorras, kus õli on juba paigaldatud poomi tagant vabanenud, ei pruugi mitmekordse paigutuse rakendamine enam aidata, kuna järgnevate liinidega võib esineda sama probleem.
- 7) Võrk süsteem paigutus: See on keeruline süsteem, mis koosneb poomidest, poidest, ankrutest, raskustest ja võrgu linast. Võrgud paigaldatakse poide ja raskuste ning kardina ja raskuste vahele, selline paigutus leevendab pinget poomil ja parandab õli kinnipidamisvõimet. Olukorras, kus raskekütteõli pallid ja matid hõljuvad veepinna all, on vajalik pikendada poomi kardinat võrguga kuni mere põhjani. Tavaliselt rakendatakse sellist paigutust kalda lähedal, eriti aladel, kus meri kannab kaldale jätkuvalt uusi õli kogumeid.

Õli liikumist veepinnast allpool on väga raske või isegi võimatu ette aimata, enamustel juhtudel märgatakse seda alles madalas vees visuaalselt või juba kaldale jõudnuna.

Poomide paigaldamine võib olla vaearikas ja isegi ohtlik, mille tõttu peab olema tegevus korrektselt juhendatud. Paigaldamisstrateegia peab olema välja kujunenud koos eelnevalt kavandatud stsenaariumitega tüüpsündmuste kohta, arvesse võttes lekkinud õli iseloomu, lekke olemust, kogust, ulatust ja allikat ning keskkonna iseärasusi. Sellise strateegia planeerimisel tuleb arvestada: paigalduskohaga, saadavate poomide tüübi ja pikkusega, paigaldusmeetodiga ja tööd paatide ning teiste logistiliste probleemidega. Praktikas on oht poomide paigaldusstrateegia läbikukkumiseks eelkõige logistika ebapiisavale ettevalmistusele või vajamineva poomiliini pikkuse valearvestuse tõttu.

21 Ettevaatusabinõud poomide paigaldamisel

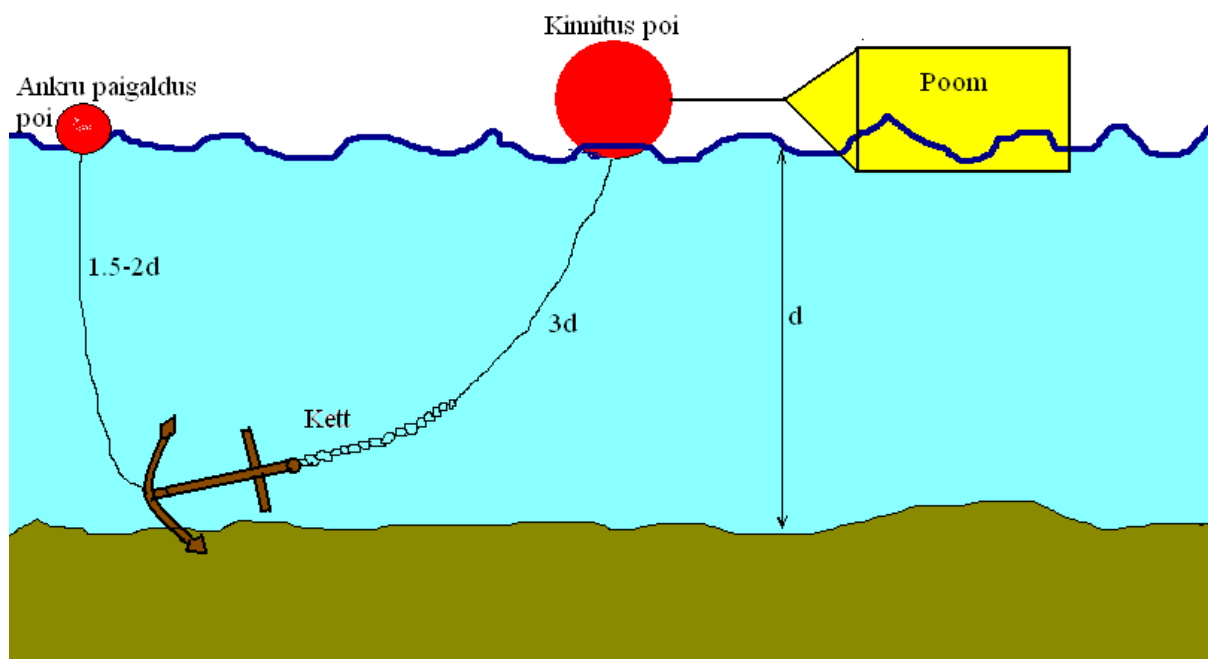
Kaasaegsed poomid on valmistatud küllaltki tugevast materjalist, kuid vaatamata sellele võivad nad ikkagi rebeneda või saada kahjustatud, kui neid lohistatakse mööda kõvasid pindasid nagu ladude põrand, kaid või maastik. Poomide paigaldamisel tuleb tähelepanu pöörata sellele, et ei esineks üleliigset väändumist ja sõlmi, kuna hiljem, kui poomid on vees, on neid raske lahti harutada.

Erinevad välisjõud, mis tulenevad tuulest, hoovustest ja lainete loksumisest, eriti tormisel merel, võivad kahjustada poome, nende ühendusi ja põhjustada kinnituste purunemist. Kui võimalik, tuleks vältida poomide paigaldamist sellistesse tingimustesse, kuna sellistes tingimustes on nende efektiivsus niigi minimaalne.

Poomide õige asetuse säilitamine meres võib osutuda raskeks tuulte ja lainete tõttu ning selle tõttu võib väheneda nende efektiivsus õli kinnipidamisel. Poomide ankurdamisel tuleb täpselt välja arvestada, kui palju ankruid vaja läheb ja, kui tihedalt peab poomi kinnitama ankru trossi külge, et tagada piisav stabiilsus. Kui poomid on paigaldatud ümber lekkiva laeva, tuleb paigaldada ujukid laevakere ja poomide vahele, et poom ei saaks kahjustada hõõrdumisega vastu laeva.

22 Poomide ankurdamine ja ühendamine

Poomide ankurdamiseks kasutatakse kõige tihedamini betoonplokkide ja ankruid. Kinnituskohade ja ankruite arv sõltub poomide paigutusviisist, tuulest ja hoovuse tugevusest. Kinnitusköite pikkus peab olema viis korda pikem paigalduskoha vee sügavusest. Köied ei tohi avaldada poomidele vertikaalset pinget, selle vältimiseks paigaldatakse poomist 3-4 meetri kaugusele kinnitusköie peale poi. Ankruite paigaldamiseks ja hiljem eemaldamiseks kinnitatakse nende külge paigaldamise/üleostmise nööri koos poiga (nööri pikkus 1,5 * vee sügavus).



Joonis 8 – Poomide ankurdamine veekogu põhja (d - vee sügavus [m])

Lohisemise ennetamiseks on tähtis valida õiges suuruses ja piisavas koguses ankruid. Danfort tüüpi ankrud on efektiivsed liivasel ja mudasel põhjal, kalamehe tüüpi ankur hoiab aga paremini kivisel põhjal.

Poomi veealusele pinnale A_s (m^2) hoovuse kiirusest V_c (sõlme) avalduva jõu F_c (kg) ligikaudseks hindamiseks kasutatakse valemit:

$$F_c = 26 * A_s * V_c^2$$

Seega avaldub 100 m pikkusele 0,6 m sügavuse kardinaga poomile 0,5 sõlme hoovuse juures jõud:

$$F_c = 26 * (0,6 * 100) * (0,5)^2 = 390 \text{ kg}$$

Hoovuse kiiruse kahekordistumisega suureneb poomile avalduv koormus neljakordselt. Tõsiselt arvestatav on ka tuulest (V_w) tulenev jõud (F_x), mis avaldub poomi vabapardale (A_f). Selle ligikaudseks arvutamiseks on järgnev valem:

$$F_x = 26 * A_f * \left(\frac{V_w}{40}\right)^2$$

Näiteks 100 meetri pikkusele poomile, millel on 0.5 meetri kõrgune vabaparras avaldub 15 sõlme tuule puhul jõud:

$$F_w = 26 * (0,5 * 100) * (15/40)^2 = 183 \text{ kg}$$

Eelnevalt arvatud hoovuse ja tuule jõudude summaks tuleb 573 kg, kui nad mõjuvad samas suunas. Tuleb arvestada, et poomid on painduvad ja seega on võimalik moodustada kurve. Lisaks võib kinnitada poome hoovuse suhtes nurga all. Mõlemad eelnevad võimalused aitavad vähendada poomidele mõjuvaid jõude. Sellise täpsusega arvutused aitavad meil

valida õiget tüüpi poome ja õige tugevusega kinnitusi. Järgnev tabel annab Danfort tüüpi ankrute maksimaalse rakendatava kinnituskoormuse erinevate pinnaste puhul.

Tabel 3 Danfort tüüpi ankrute hoidmis tugevused.

Ankru kaal (kg)	Hoidmise tugevus (kg), jõud		
	Muda	Liiv	Savi
15	200	250	300
25	350	400	500
35	600	700	700

Tähtis on tagada tihe ühendus poomi otsa ja pinna vahel, mille külge poom on kinnitatud. Järgnevaid vahendeid kasutatakse õlitiheda ühenduse tagamiseks poomi otsa ja kai või laeva kere vahel:

- 1) **Magnetühendused:** Üks poomi ots on ühendatud magnet ühenduse külge, mis omakorda hoiab kõvasti ja tihedalt metallpinnast (laeva kere või kai) kinni. Neid on võimalik käsitsi ümber paigutada juhul, kui vee tase muutub või toimub laevaliiklus.
- 2) **Raskustega vant (liin):** Raskustega liin visatakse ümber poomi ja poom tõmmatakse seejärel muuli või kai lähedale ning vant kinnitatakse pollari külge.

23 Poomide ladustamine

Selleks, et hoida poome heades tingimustes ja tagada kiire mobilisatsioon, transport ning paigaldus, tuleb järgida teatud ettevaatusabinõusid:

- 1) Poome tuleb perioodiliselt kontrollida kasutamisest tekkinud kulumise ja rebenemiste tagajärjel tekkinud kahjustuste vältimiseks. Kõik kulunud, korrodeerunud ja purunenud osad tuleb võimaluse korral koheselt parandada või asendada.
- 2) Ladustusalad peavad olema masinatele kergesti ligipääsetavad, kui võimalik, tuleb varustust hoida standardsetel alustel, mida on võimalik tõstukiga tõsta.
- 3) Pikaajaliselt meres olnud poomid tuleb puhastada vetikatest ja veetaimedest, mis on aja jooksul poomi pinnale kasvanud ning kontrollida korrodeerunud osad.
- 4) Poome tuleb kaitsta otsese päikesekiirguse eest ning ladustamisel peavad poomid olema korralikult puhastatud ja kuivad.
- 5) Kui poomid on ladustatud volditult, siis tuleks nad paigutada tõstealustele või riiulitele, et vältida liigsest raskusest tekkivaid deformatsioone ning kangasse püsivate voltide tekke ennetuseks tuleks poome periooditi (kord paari kuu jooksul) ümber voltida.
- 6) Kui ladustatakse rullidele/poolidele, siis tuleb arvestada, et ei tekiks üleliigset pinget ning põimumist.

- 7) Kui ladustatakse siseruumidesse, peavad ruumid olema kuivad ja kahjurivabad. Ladu peab olema hästi ventileeritud, et vältida niiskuse kogunemist, mis omakorda põhjustab hallitust.
- 8) Vahetult peale kasutamist tuleb poomid puhastada ja hooldada.

24 Kogumistehnika – õli veest koorimise skimmeritega

24.1 Skimmerite tüübid ja nende rakendamine

Tänapäeval on väga laialdaselt erinevat tüüpi skimmereid saadaval, mis on kõik valmistatud lekkinud õli kogumiseks. Neid on erinevate olukordade ja tingimuste jaoks. Üldiselt jagunevad nad nelja põhikategooriasse:

- 1) Tõke seaded: Neil on tõke, mis asub õli/vee piirpinnal, selleks, et koguda ainult õli, mis ujub vee pinnal, kogumiskollektorisse, kus kohast see transporditakse pumpade või teiste seadmetega eraldi ladustusmahutisse. Sellistel skimmeritel on reguleeritavad ujukid, mille abiga seatakse paika optimaalne tase, et koguda maksimaalselt õli ja minimaalselt vett. Mõned tõke seadmed on ühendatud reostustõrje poomidega, mida nimetatakse kombineeritud tõke/skimmer seadmeks.
- 2) Kleepivad seadmed: Need seadmed kasutavad õli omastavat pinda, mille õli vabalt kleepub. Need pinnad moodustavad: kettad, köied, harjad või rullid. Õli, mis kleepub pindadele tõstetakse veest välja ning sõltuvalt konstruktsioonist pigistatakse või pressitakse seejärel õli eemaldamiseks, kompressiooni tagajärjel vabaneb õli pindadelt, mis kogutakse ajutistesse mahutitesse.
- 3) Sisselaskeseaded: Need seadmed kasutavad ära vee ja hoovuse liikumist, millesse skimmer on asetatud, või voolu, mis on tekitatud seadme veost, selleks et tekitada ujuva õli voolamist läbi seadme, kus see eraldatakse veest ja kogutakse. Seda tüüpi skimmerid ehitatakse tavaliselt reostustõrje laevadele/alustele.
- 4) Seadmed, milles kasutatakse teisi printsiipe: on veel suur valik seadmeid, mida on võimalik kasutada improviseeritud koristusmeetodite juures õli kogumiseks. Selliste seadmete hulka kuuluvad imisüsteemid, mehaanilised kogujad, traalid ja võrgud.

Skimmeri valikul tuleb arvestada: mere ja lainete seisundit, õli tüüpi ja hajuvustaset, hoovusi ja tuult. Vastavalt olukorrale tuleb valida kõige efektiivsem ja optimaalsem skimmer. Kõik võimalused tuleb esialgse planeerimise käigus põhjalikult läbi mõelda, et sündmuskohal ei tekiks ootamatusi ja probleeme eelnevalt tegemata töö pärast.

Valiku tegemisel erinevate seadmete vahel tuleb kindlasti arvestada tootja poolt antava infoga antud skimmeri kohta. Skimmeri õlikorjevõime arvestamisel ei saa toetuda ainult tootja poolt antud andmetele, tuleb ka arvestada keskkonna seisundit ja õli omadusi, kuna tegelikkuses on pea võimatu saavutada ideaalseid tingimusi, mille puhul skimmer saavutaks maksimaalse õli korje.

24.2 Kogutud saaste ajutine ladustamine

Reostuskoristus operatsiooni juures on edu tagamiseks väga oluline ajutise ladustuskoha olemasolu. Kui koristusprotsess on edukas, siis võib juba paari tunni jooksul ajutisest ladustusruumist puudu tulla. Kogemused näitavad, et antud aspekt jäetakse koristusoperatsioonide puhul tihti tähelepanuta, või alahinnatakse esialgse planeerimise etapis kokkukogutava õli ja reostusjätmete mahtu. Merel kasutatavad ajutised ladestusmahutid on: laeva trümm, pargas, järelveetavad mahutid.

25 Imimaterjalid (Sorbendid)

Sorptsioon (absorptsioon ja adsorptsioon) on

1) gaasi, vedeliku või mõne muu nende komponendi neeldumine vedelikus või tahkes aines, see on absorptsioon, mis on ruumiline nähtus –sorbendi maht suureneb või

2) kogunemine tahke aine pinnale – see on adsorptsioon, mis on pinnanähtus, sorbent ei muutu

25.1 Skimmerite töö üldised põhimõtted

Enamasti kasutatakse vees ujuva õli korjamiseks skimmereid, mis on paigaldatud reostustõrje alustele. Õli imevad materjalid sisaldavad laias ulatuses aineid, mis imevad õli veest endasse. Neid kasutatakse eriolukordades, kus alternatiivsete vahenditena, kui õli kogumine skimmeritega on raskendatud või võimatu, nagu näiteks madalas vees, alanevas vees või väikeste õlilaikude puhul. Imimaterjalid (sorbendid) töötavad adsorbendina (õli kleepub aine pinnale) või absorben-dina (õli imendub ainesse).

Saadaval on laias ulatuses erinevaid materjale/aineid, mis reostustingimustes toimivad erinevalt, segaduse vältimiseks nimetatakse neid aga kõiki sorbentideks. Sorbentide kasutamisel peab arvestama piisava materjali/aine tagavaraga, sorbendi sobivusega antud olukorda/keskkonda, et oleks lihtne kasutada ning oleks kergesti kokkukorjatav peale kasutamist.

Sorbendid jagunevad:

- 1) Anorgaanilised ained (vulkaaniline klaas)
- 2) Sünteetilised materjalid (enam levinud on polüpropeen kiud)
- 3) Looduslikud orgaanilised materjalid (turvas, tselluloos, puuvill, saepuru ja veel teisi materjale)

Enamus sünteetilised sorbendid on valmistatud polüpropeen kiust ja on saadaval erinevate vormidena. Kõige sobivamad/mugavamad kasutada on padjad, rullid või poomid.

Tabel 4 Sorbentide õli omastamise võime.

Sorbent	Sorbendi maksimaalne õli omastamise võime (gm/gm)		Ujuvus peale pikaajalist kontakti õliga.
	Kõrge viskoossusega õli (3000 cSt 25°C juures)	Madala viskoossusega õli (5 cSt 25°C juures)	
<i>Anorgaaniline</i>			
Vulkaaniline tuhk	20	6	Ujub
Klaas vill	4	3	Ujub
<i>Looduslik orgaaniline</i>			
Nisupõhk	6	2	Ujub
Turbasammal	4	7	Ujub
Puidu tselluloos kiud	18	10	Ujub
Punase puu kiud.	12	6	Ujub
<i>Sünteesiline orgaaniline</i>			
Polüuretaan vaht	70	60	Ujub
Karbamiid formaldehüüd vaht	60	50	Ujub
Polüetüleen kiud	35	30	Ujub
Polüpropüleen kiud	20	7	Ujub
Polüstüreen pulber	20	20	Ujub

Rakendused.**Tabel 5** Sorbentide rakendused.

Erinevad sorbendi vormid	Rakendus
Rullid	Sobivad, kuna neid saab lõigata või rebida vajaliku pikkusega juppideks. Efektiivsed laevatekkide, läbipääsude, töö platside/kohtade ja eelnevalt reostusest puhastatud alade kaitseks. Lihtne kokku rullida ja kiirelt teisaldada, kui on oma eesmärgi täitnud.
Padjad	Kasutatakse väikeste õlikoguste likvideerimiseks rannaaladelt. Valmistatud lahtisest materjalist, mis on pakendatud vedelikke läbilaskvasse pakendisse (võrk, kangas, riie). Tunduvalt lihtsam kokku korjata kui lahtist materjali.
Püümis-poomid, Lõngavihid või mopid	Koosnevad polüpropüleen materjali ribadest, mis on traadi või juhtmega kokku seotud. Kasutatakse üksikult või teatud vahemaa tagant kinnitatuna nõõrile või köiele suurema ala katmiseks. Efektiivsed raskekütteõlide ja viskoosete õlide puhul.
Poomid	Töötavad poomina ja samas imevad ka lekkinud õli endasse, kuid efektiivsed ainult rahulikes mere tingimustes.
Lahtine materjal	Ei ole soovitatav kasutada veest õli koristamiseks. (Vaاتماتا sellele on lahtise sorbendi kasutamine raskelt ligipääsetavates kohtades õli koristamiseks efektiivne.)

25.2 Naftasaaduste grupeerimine tiheduse alusel

Group 1

Specific Gravity < 0.8 (API > 45)

B Viscosity cSt @ 15 °C: 0.5 - 2.0
 C % boiling below 200 °C: 50 - 100%
 D % boiling above 370 °C: 0%

	B	C	D
Gasolene	0.5	100	0
Naptha	0.5	100	0
Kerosene	2.0	50	0

Group 2

Specific Gravity 0.8 – 0.85 (API 35 - 45)

A Pour Point °C
 B Viscosity cSt @ 15 °C
 C % boiling below 200 °C: 19 - 48% Average 33%
 D % boiling above 370 °C: 12 - 50% Average 31%

High pour point >5 °C				Low pour point				
	A	B	C	D		B	C	D
Amna	18	S	25	30	Abu Dhabi	7	36	31
Argyll	9	11	29	39	Arabian Super Light	3	26	39
Arjuna	27	S	37	15	Berri	9	36	35
Auk	9	9	33	35	Beryl	9	35	34
Bach Ho	35	S	21	47	Brass River	4	45	17
Bass Straight	15	S	40	20	Brega	9	38	32
Beatrice	12	32	25	35	Brent Blend	6	30	38
Bimbula Neat	17	S	24	34	Ekofisk	4	46	25
Buryu	18	S	29	12	Kirkuk	1	35	36
Cormorant	12	13	32	38	Kole Marine	1	34	35
Dunlin	6	11	29	36	Lower Zakum		34	35
Es Sider	6	11	28	42	Maib Light		40	20
Escravos	10	9	35	15	Montrose	7	36	31
Gippsland Mix	15	S	40	20	Murban	7	32	34
Lalang	33	S	19	49	Murchison	7	36	20
Lucina	16	S	26	41	Olmecca		32	32
Nigerian Light	9	S	35	27	Oseberg	10	28	39
Qua Iboe	15	7	29	32	Palanca		30	35
Rio Zulia	27	S	34	30	Qatar Land	9	36	33
San Joachim	24	S	43	20	Sahara Blend	4	48	27
Santa Rosa	10	4	34	27	Sirtica	7	44	27
Safir	24	S	24	39				
Seria	18	S	37	15	Gas Oil	5		
Soyo	17	S	20	50				
Thistle	9	9	35	38				
Zuetina	9	9	35	30				

High pour point oils would only behave as Group 2 at ambient temperatures well above their pour points. At lower temperatures treat as Group 4 oils.

Group 3

Specific Gravity 0.85 – 0.95 (API 17.5 - 35)

A Pour point °C
 B Viscosity cSt @ 15 °C
 C % boiling below 200 °C: 14 - 34% Average 22%
 D % boiling above 370 °C: 28 - 50% Average 46%

High Pour Point >5 °C				Low Pour Point				
	A	B	C	D		B	C	D
Bakr	7	1,500	14	60	Arabian Heavy	55	20	56
Belajim	15	S	22	55	Arabian Light	14	24	45
Bonny Light	12	25	30	30	Arabian Medium	25	22	51
Cabinda	17	S	18	56	Basrah Light		26	45
Dai Hung	25	S	30	33	Bonny Medium		14	39
Djeno	6		16	61	Buchan	14	31	39
Duri	21	S	5	74	Champion Export	18	15	28
Mandji	9	70	21	53	Escravos		30	32
Morgan	7	30	25	47	Fletta	11	34	26
Nile Blend	36	S	13	59	Forcados	12	17	37
Soyo Blend	15	S	21	48	Forozan		24	49
Suez Mix	10	30	24	49	Forties	8	32	36
Trinidad	14	S	23	28	Gullfaks	13	21	40
Zaire	15	S	18	55	Hout	15	24	48
					Iranian Heavy	25	24	48
					Iranian Light		26	43
					Khafji	80	21	55
					Kuwait Export	30	23	52
					Leona		14	56
					Loreto		17	50
					Maya	500	17	61
					Miri Light		25	25
					Nigerian/Medium	40	14	40
					Oman		23	45
					Qatar Marine		29	39
					Santa Maria	250	22	54
					Siberian Light		24	52
					Russian Export Blend	15	27	24
					Tia Juana Light	2,500	24	45
					Upper Zakum		26	44
					Medium Fuel Oil (IFO 180)	1,500-3,000		

High pour point oils would only behave as Group 3 at ambient temperatures well above their pour points. At lower temperatures treat as Group 4 oils.

Group 4

Specific Gravity > 0.95 (API < 17.5) or Pour Point > 30°C

A Pour point °C
 B Viscosity cSt @ 15 °C: 1500 - Solid
 C % boiling below 200 °C: 3 - 24% Average 10%
 D % boiling above 370 °C: 33 - 92% Average 65%

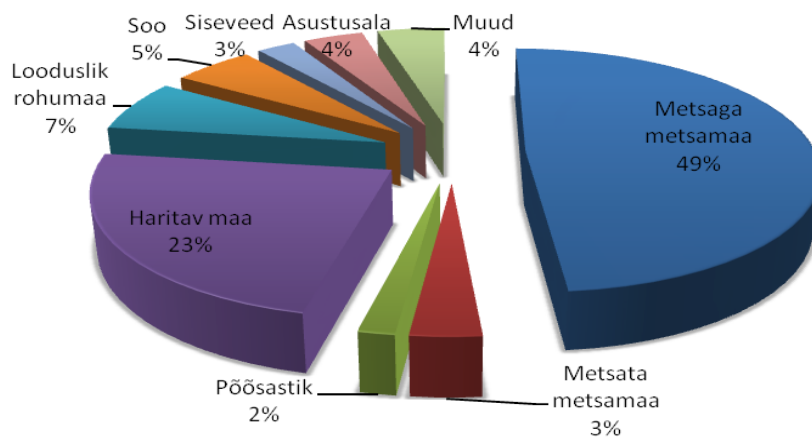
	A	B	C	D
Bachequero	-20	5,000	10	60
Boscan	15	S	4	80
Bu Attilil	39	S	19	47
Cinta	43	S	10	54
Cyrus	-12	10,000	12	66
Daqing	36	S	12	66
Gamba	23	S	11	54
Handl	35	S	23	33
Heavy Lake Mix	-12	10,000	12	64
Jatibarang	43	S	14	65
Merey	-18	7,000	7	70
Minas	37	S	14	57
Paruco	2	S	3	76
Pilon	-4	S	2	92
Quirique	-29	1,500	3	88
Shengli	21	S	9	70
Taching	35	S	12	49
Tia Juana Pesado	-1	S	3	78
Wafra Eocene	-29	3,000	11	63
Widuri	46	S	7	70
Heavy Fuel Oil (IFO 380)		5,000-30,000		

II METSATULEKAHJUD

Järgnevas materjalis on ilmastikust tingitud ohtude ning mõjurite välja toomine metsatulekahjude tekkel. Näiteks 2006. aastal põles taasiseseisvunud Eesti metsatulekahjude ajaloo rekordarv metsamaad, mille kustutamise nägid nii päästjad, vabatahtlikud kui ka kaitsevälased kogu suve suurt vaeva. Töö eesmärgini jõudmiseks kasutas autor statistilist analüüsi, saamaks Eesti metsadest ülevaadet ja saamaks teada metsatulekahjude trendi. Töötas läbi erialakirjandust ja ilmastiku muutusi ning prognoose sisaldavaid materjale.

1 Eesti metsad

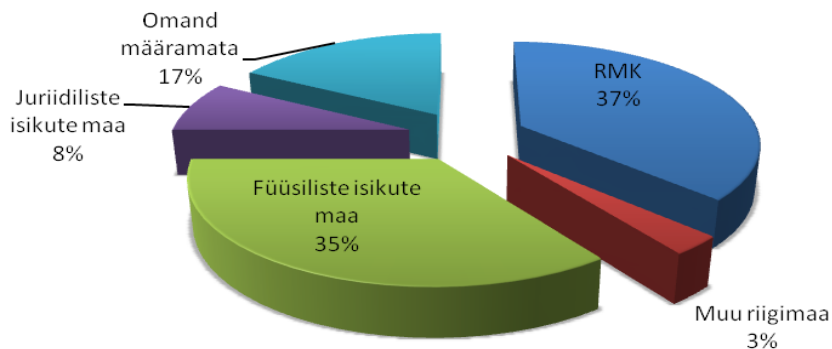
Eestimaa maismaa üldpindala on 4369,8 tuhat hektarit, mis jaguneb maakasutuse järgi järgmiselt:



Joonis 1. Eesti maismaa pindala jaotumine (Adermann 2006:18)

Andmetest lähtuvalt saab öelda, et pisut alla poole Eesti pindalast moodustab mets, kui liisada sellele veel pöösastik, metsata metsamaa, looduslik rohumaa ja sood, siis tuleb kokku 66% Eesti pindalast. See tähendab, et ligikaudu 66% Eesti pindalast on suviti tuleohtlik, eelkõige metsamaa ja maastikupõlenguid silmas pidades, mis on Eesti väiksust arvestades väga suur protsent.

49% Eesti pindalast kattev metsamaa jaguneb omandivormi järgi neljaks- viieks (Joonis 2), mis teeb metsamaa haldamise ning selle üle kontrolli teostamise keeruliseks, eriti juhul kui omandivorm on määramata. Probleemne on see just suviti, kui on tuleohtlik periood ning kui on vaja metsi tuleohtu korral sulgeda. Riik on keskkonnaministri 15. Juuni 1998. a määrusega nr 46 „Metsa ja muu taimestikuga kaetud alade tuleohutusnõuete kinnitamine” punkti 5 lõike 1-ga kohustanud maaomanikku või -valdajat metsade sulgemisel õigusaktide kohaselt tõkestama inimeste viibimist metsas. Kuid realselt see ei toimi, just omanike puhul kelleks pole riik. Nii on seaduslik tugi metsakaitsele olemas, kuid kontrollorgan, mis saaks kehtestada sunni, puudub või ei toimi.

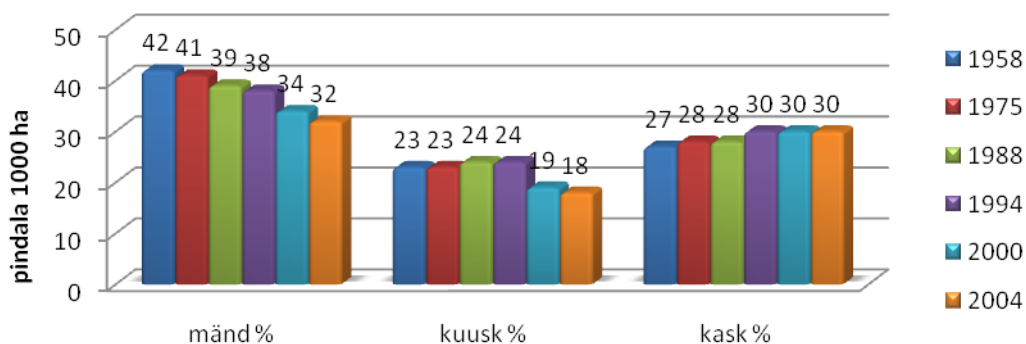


Joonis 2. Metsa omandivorm (Adermann 2006:20)

Vaadates järgnevat joonist (Joonis 3) saame kindlalt öelda, et Eesti metsad on muutunud tuleohutumaks, sest okaspuude osakaal on vähenenud. Eriti on vähenenud männi kui kõige tuleohtlikuma puuliigi osakaal ja tõusnud kase kui lehtpuu osakaal.

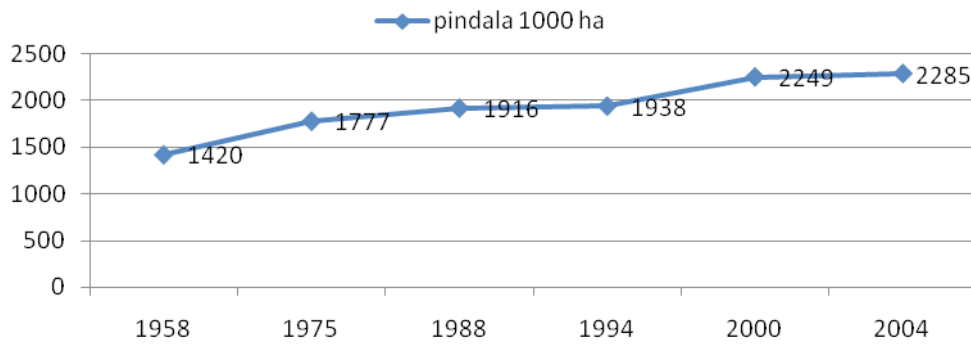
Kuid metsa tuleohtlikkus sõltub palju ka kasvukohast ja puistu koosseisust. Juba 2..3 osa lehtpuid koosseisus teeb männikust tuleohu mõttes tavametsa. Lisaks tõstab või langeb tuleohtu ka metsa alustaimestik ning see, kas mets on hõre või tihe. Hõre mets laseb maapinnale rohkem valgust ligi, mis loob alustaimestikule soodsamad kasvutingimused. Kui tegu on niiske kasvukohaga, võib puistu langeda üpris madalasse tuleohuklassi, kuival pinnasel võib aga vohama hakata tuleohtlik kanarbik. Pohla, sinilille ja jänesekapsa kasvukohatüübis arvatakse esialgu kõik okaspuistud I tuleohuklassi. Metsa saades vanemaks ja tihedamaks taimede kasvutingimused metsa all muutuvad ning puistud loetakse III ja IV tuleohuklassi kuuluvaks. Puistud jaotatakse põlevusastmelt viide klassi, millest I klassi kuuluvad on kõige tuleohtlikumad. (Alton H. 2003,31,32)

Kuusikud on männikutest vähem tuleohtlikud. Nende oksastik püüab päiksesevalgust niivõrd hästi, et tihedas metsas alustaimestik mõnel juhul pea täielikult puudub. Teiseks kasvab kuusk viljakamatel muldadel, mistõttu hõredas kuusikus on rohurinne suhteliselt lopsakas ning seega vähetuleohtlik. Kuid kuusenoorendikus võib tuli kergemini ladvatuleks üle minna kui sama vanas männinoorendikus. (Alton H. 2003,32)



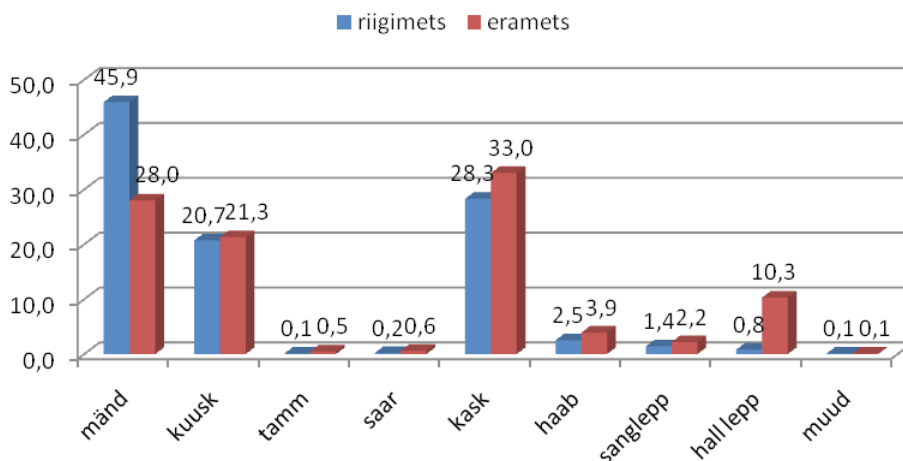
Joonis 3. Eesti kolme põhilise puuliigi osakaalu muutumine (Adermann 2006:23)

Kuigi Eesti metsades on okaspuude osakaal vähenenud ei tähenda see veel üleüldist tuleohtu langust, sest metsapindalade võrdlus varasema ajaga näitab, et Eesti metsamaa pindala on hoopis märgatavalt suurenenud (Joonis 4), kui 1958. aastal oli metsamaa pindala 1420 tuhat hektarit, siis 2004. aastal juba 2285 tuhat hektarit. Sellest võib tingitud olla ka okaspuumetsade osakaalu langus, lehtpuumetsa on lihtsalt niipalju juurde kasvanud.



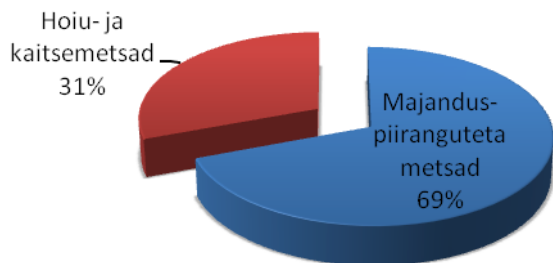
Joonis 4. Metsamaa pindala suurus 1958-2004 (Adermann 2006:30)

Ning vaadates, kuidas jagunevad metsad enamuspuuliikide järgi (Joonis 5), siis näeme, et tuleohtu poolest kõige ohtlikumad puuliigid on väikese ülekaaluga riigi omandis, mis näitab, et metsade tuleohtu vähendamiseks saab kõige enam ära teha riik kui omanik.



Joonis 5. Enamus puuliik Eesti metsades (Adermann 2006:19)

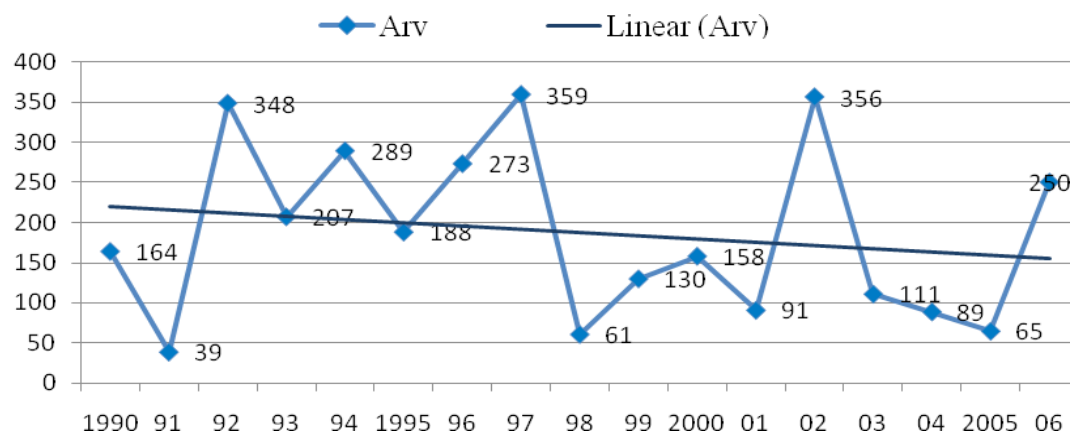
Metsamaa kasutus (Joonis 6) näitab, et pea kolmveerand Eesti metsadest on majanduspiiranguteta, mis tähendab, et neid võidakse kasutada nii nagu tahetakse. Ühelt poolt on see tuleohtu seisukohalt hea, teiselt aga mitte. Hea on seepärast, et metsaomanikud võivad majanduspiiranguteta metsades rajada metsateid, metsasihte ja vajadusel kuivenduskraave. Metsateed moodustavad pinnatule korral tuletõkkeid ja võivad ladvatulekahju korral olla selle alla toojaks ning parandavad metsatulekahju korral päästetehnika ligipääsu. Metsasihid nagu ka metsateed võivad tulekahju korral töötada tuletõkkena ning ladvatule korral selle allatoojana. Metsakuivenduskraavid on nii head kui halvad, head seepärast, et võivad töötada tuletõkkena ning parandada metsas vesivarustust, teisalt kuivendavad nad metsa pinnast, mille tagajärjel niiskuse tase liigub allapoole ja seeläbi muutub pinnas tuleohtlikumaks.



Joonis 6. Metsa pindalane kasutamine (Adermann 2006:21)

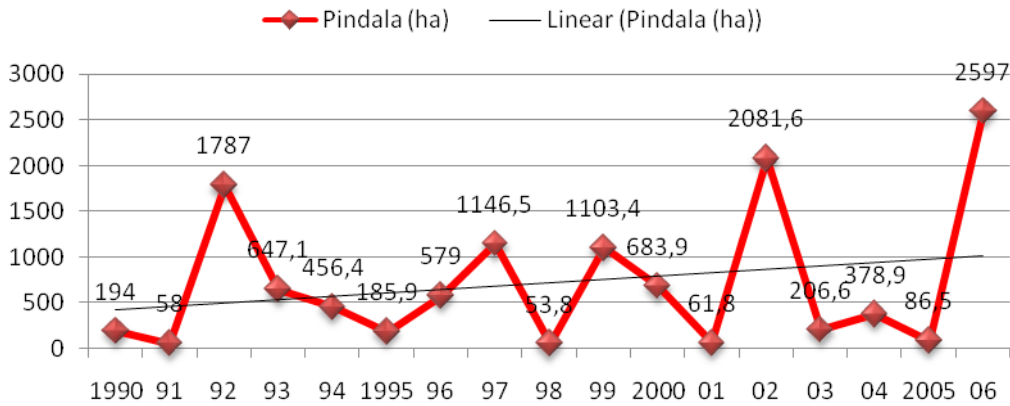
2 Eesti metsatulekahjude statistika

Lähtudes metsatulekahjude arvu statistikast aastatel 1990-2006 (Joonis 7) on metsatulekahjude arv langustrendis, mille tipud jäid 1992, 1997 ja 2002. aastasse. Arvu langustrendist lähtudes ei peaks me metsatulekahjude pärast eriti muretsema, kuid vaadates metsatulekahjude pindalade (Joonis 8) ja keskmiste põlengupindalade (Joonis 9) statistikat on muretsemiseks põhjust küllaga. Statistika tippudel on ka kindel seos neil aastail möllanud suurte metsatulekahjudega. 1992. aastal oli Vihterpalu metsapõleng, 1997 ja 2002 Oru turbaraba põleng ning maksimumi tegi 2006. aasta kolme suure metsapõlenguga, mis leidsid aset Kuusalu vallas, Agusalus ja Koitjärve piirkonnas.

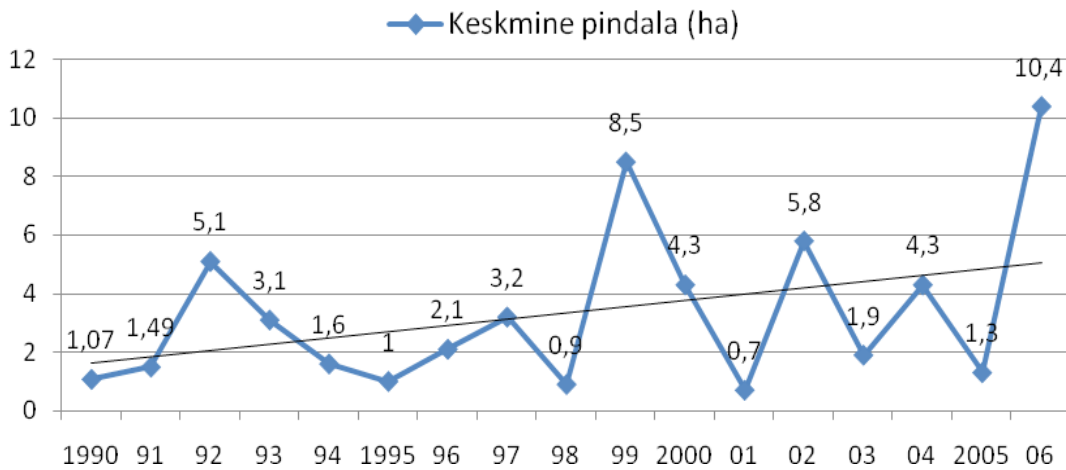


Joonis 7. Metsatulekahjude arv 1990-2006 (Kütt 2007)

Ühte ja ainust põhjust on raske välja tuua, kuid põhiroll on selles kindlasti ilmastikul, millele lisanduvad maastiku iseärasused. Ilmastiku puhul ei tasu põhjusi otsida ainult kuumast ja vihmavaesest suvest. Ilmastikku tuleb vaadelda pikemaajaliselt ja leida juba varem ohumärke. Näiteks Eesti Geoloogiakeskuse Hüdroloogia osakonna poolt koostatud „Põhjavee tugivõrgu seire” aruande kohaselt oli 2006. aasta esimesed kuud põhjaveevarude täienemiseks ebasoodsad, mistõttu aprilli lõpus juba hakkas veetaseme langus. Keskmise põhjaveetaseme aktiivse veevahetuse vöös madalam nii 2005. aasta keskmisest (0,1–0,9 m võrra) kui ka pikaajalise vaatlusrea keskmisest (0,1–1,0 m võrra).



Joonis 8. Metsatulekahjude pindalad 1990-2006 (Kütt 2007)



Joonis 9. Metsatulekahjude keskmine pindala 1990-2006 (Kütt 2007)

Põlenguala pindala järgi : 0,1...0,2 ha ; 0,2...200 ha ja 201...2000ha.Suurt metsaala hõlmav tulekahju võib sisaldada kõiki kole liiki.Tulekahju dünaamika seisukohalt võin levimiskiirus 3...4m/min korral 10...14 tunni jooksulolenevalt meteoroloogilistest tingimustest ja põlevmaterjalist kasvada kahekordseks.Tulekahju rinne on kõge kiiremini edasiliikuv metsatulekahju osa.Tagala moodustub vastupidises suunas.Turbaväljade tulekahju iseloomustab leegita põlemine ja suur soojuse eraldumine.Metsatulekahju kustutamine on tule leviku tõkestamine ja peatamine ning taaspuhkemise vältimine.Enne kustutustööde alustamist tuleb teha luuret, kus määratakse 1.metsatulekahju liik;2.iseloomulikud näitajad;3. tulekahju leviku suund;4.võimalike tule levikut takistavate tegurite olemasolu;5. Vomalike tule levikut soodustavate tegurite olemasolu.;6. võrrelda olemasolevaid ressursse vajaminevate ressursidega.

Metsa püroloogia - on teadus metsatulekahjude olemusest ja tagajärgedest,ja kustutusviisidest metsatulekahjudel.

3 Metsatulekahjude sõltuvus ilmast

Metsatulekahju on tulekahju, mis levib metsa aladel. NENDE TEKE ON KÕIGE TÕENÄOLISEM KUIVAL TULEOHTLIKUL AJAL, ENAMASTI SUVE AJAL VÕI HILISSUVE PERIOODIL. Metstulekahju levimiskiiruse määrab leegirinde levimiskiirus, mille põhjal **liigitatakse metsatulekahjusid** : nõrgad (leegi levimiskiirus 1 m/min; leegi kõrguskuni 0,5m) ; keskmised (1...3 m/min ja lrrk kuni 0,5m) ; ja tugevad (vastavalt enam kui 3 m/ min ja üle 1,5m)

Põlemine on keemiline reaktsioon, milles produtseeritakse energiat (eksotermiline reaktsioon). Metsamaterjali põledes kombineerub õhuhapnik keemiliselt puidu, vaigu ja/või teiste põlevate ainete termilisel lagunemisel tekkivate gaasidega

(NB Põlemine on gaasifaasi nähtus!), millega kaasneb soojuse eraldumine ja valguskiirgus.

Metsas võib eristada mitmeid põlemisprotsessi staadiume:

- 1) Süütav säde;
- 2) Hõõgumisperiood;
- 3) Kütteaine kiire põlemine.

Raske on kindlaks teha soojuse hulka, mida vajatakse põlevaine süütamiseks, sest metsades leidub väga palju erinevaid põlevaine liike. Taimne materjal on rikas süsinikühendite poolest ja süttib üsnagi madalatel temperatuuridel (eeldades, et niiskusesisaldus aines on madal ja hapniku juurdepääs vaba).

Metsa tuleohtlikul ajal suurem osa taimsest metsamaterjalist (raagus oksad, kuuseokkad, mahalangenud puud, kuivanud lehed jne.) on küllaltki kuivad, et süttida. Metsas oleva materjali süttimiseks vajalik temperatuur varieerub 260 C ja 399 C vahel. Paljud tavalised süüteallikad annavad selleks vajaliku kuumuse. Nt põlev tikk, hõõguv sigaretiots, välgu-mihkel jne.

Taimne materjal, mis metsatulekahjul põleb, on toodetud fotosünteesi poolt, protsess, mille käigus süsinikdioksiid, vesi ja päikeseenergia kokku toodavad tselluloosi, sütt ja teisi keemilisi komponente. Nii kõdunemine kui ka põlemine on selle vastupidised protsessid. Kõdunemine on aeglane protsess, peaaegu märkamatu soojuse eraldusega pikal perioodil. Tuli seevastu on fotosüteesi poolt toodetud soojuse kiire eraldumine. (Pyne, Andrews, Laven, 1996)

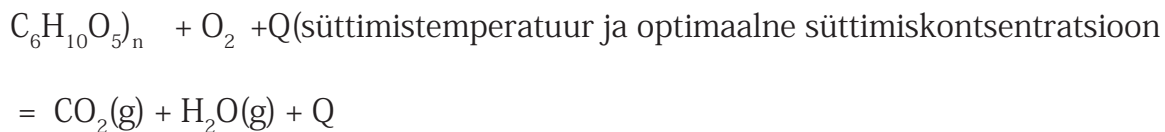
Päikese kiirgusenergia muudetakse fotosünteesi käigus talletama keemilist energiat taimestikku. Kui taimestik on põlenud, muudetakse keemiline energia soojusenergiaks, kiirgusenergiaks ja kineetiliseks energiaks. Seda suhet fotosünteesi ja põlemise vahel on võimalik vaadata ka lihtsustatud valemi abil:

Fotosüntees:



3.1 Metsamaterjali süttimine

Põlemine:



Põlemine algab endotermilise reaktsiooniga, mis neelab energiat ja lõpeb eksotermilise reaktsiooniga, mille käigus vabaneb energia. Endotermiline protsess on süütamine, eksotermiline protsess põlemine ja muutumise punkt on süttimine. Eelsüüte faasis viiakse kütus tulehaku või süttimistemperatuurini. Tavaliselt on seal eelsüüteallikas, kuid ka isesüttimised on võimalikud. Algne efekt temperatuuri tõusu korral kütuses on dehüdratsioon, mille käigus vaba ja absorbeeruv vesi eemaldatakse. Samuti põhjustab kuumus vahade, õlide ja teise komponentide aurustumist. Kõrgematel temperatuuridel muutub see pürolüüsiks, termiliseks kütuse põlemiseks. Pikad polümeermolekulid katkevad väiksemateks molekularikaaluga gaasideks ja pool-lenduvaks tõrvaks ja tahkeks söeks. Lenduvad osakesed on seotud leegitsevas põlemises, kui süsi võib oksüdeeruda hõõguvas põlemises.

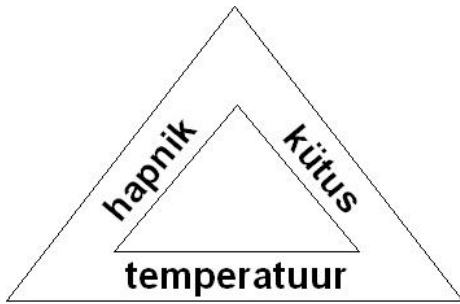
Süttimine on üleminek eelsüütamise ja põlemise vahel, temperatuur mille korral edasist kuumus pole enam vaja. Kui on juba süüdatud, siis põlemise kuumus tekitab teiste kütuste süttimise, jätkates seda protsessi. (Pyne, Andrews, Laven., 1996)

3.2 Tule keskkond

Põlemine ei tähenda alati nähtavat leeki. Lenduvad osakesed, mis on tekkinud eelkuumutamise faasis süttivad, tekitades nähtava leegi. Kui leek on sütitanud ja põletanud suurema osa lenduvatest osakekestest, võib alles jäänud süsinik põleda tahkena pinnapealses oksüdatsioonis ehk miilava või hõõguva põlemisena. Hõõguv põlemine erineb miilavast põlemisest selle poolest, et pürolüüsi tsoon on asendunud eelkuumutustsooniga. Miilavat ja hõõguvat põlemist kasutatakse samas tähenduses.

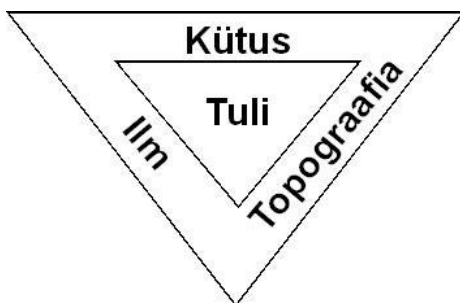
Põlemise efektiivsus varieerub. Kui põlemine pole täielik, siis osa lenduvatest osakekestest jäävad väga väikesteks vedelateks piiskadeks. Need, lisaks jäänuk süsinikuosakesed, mis hõljuvad õhus, on suits. (Pyne, Andrews, Laven., 1996)

Tulekolmnurka kasutatakse (Joonis 10), et kirjeldada faktoreid mille korral tuli põleb. Tuli vajab põlemiseks kolme komponenti: kütust, hapnikku, ja temperatuuri. Temperatuuri on vaja selleks, et viia kütuse temperatuur süttimistemperatuurini, et see toodaks edasi temperatuuri, mida peab olema piisavalt et jätkata põlemist. Hapnikku on vaja põlemiseks, mille juurdepääsu mõjutab kütuse asetus.



Joonis 10. Tulekolmnurk

Tule käitumine on keskkonna väljund, kus tuli põleb. Topograafia, kütus, ilm ja tuli ise on vastastikku mõjurid, mis kokku on tule keskkond. See on illustreeritud kui tule keskkonna kolmnurk (Joonis 11). Tule keskkonna kolmnurk näitab peamisi faktoreid tule käitumises.



Joonis 11. Tule keskkonna kolmnurk (Pyne, Andrews, Laven, 1996:15)

Topograafia sisaldab elemente nõlvade järskusest, küljest, kõrgusest ja maa konfiguratsioonist. Topograafia erinevused võivad põhjustada traagilisi muutusi tule käitumises maapinnal. Kuid topograafia ei muutu ajas. Topograafia muudab peamisi ilma seaduspärasusi, produtseerides lokaalseid ilmastiku tingimusi, mis mõjutavad kütuse tüüpe ja niiskuse sisaldust. Kuna Eestis puuduvad suured mäeahelikud ning maksimaalne kõrguste vahe pole suur, siis Eesti metsatulekahjusid mõjutab topograafia vähe. Lõuna-Eesti piirkondades võib topograafial siiski teatav mõju tule levikule olla.

3.3 Põlevmaterjal metsas

Metsatulekahjude kütuseks võib olla igasugune orgaaniline materjal, nii elav kui surnud, mis võib süttida või põleda.

Kütuste ja nende asukoha järgi saab metsatulekahju jaotada kolme tulekahju klassi: pinnasetuli, pinnatuli ja ladvatuli (Lisa 1). Kütused jaotatakse asukoha järgi kolmeks: pinnasekütused, pinnakütused, ladvakütused (Lisa 2). Kütus on põhiline komponent nii tule kolmnurgas kui ka tule keskkonna kolmnurgas. Kütused ei põhjusta tulekahjusid, kuid kindlasti muudavad tule iseloomu, mõjutades süütamise kergust nagu ka tule suurust ja intensiivsust. Kütus on tähtis kõigis metsatulekahju aspektides, ka tule kustutamises, taltsutamises, suitsu eraldumises, metsa/linna kasutamises, metsa tervises ja ekosüsteemis, ja globaalses ilmamuutuses. (Pyne, Andrews, Laven, 1996; Lowe, 2001)

Surnud-elus kütuse suhe on tähtis arvestamaks tule potentsiaali. Surnud kütused, olles kergemini süttivad, kannavad tule ja kuumuse elus kütusele, viies need süttimistemperatuurini. Mida rohkem on surnud kütust, seda suurem on eluskütuse süttimisvõimalus.

3.3.1 Pinnasekütused

Pinnasekütused on kütused, mis asuvad metsapinnases või selle vahetus läheduses. Selleks võivad olla, huumus, turvas, juured, oksad ja maha langenud lehed. Puude juuresüsteemid võivad tuld edasi kanda läbi kustutusliinide ja maa-alused hõõguvad tulekolded võivad jääda täiesti märkamatuks ja tuld maapinnas hoida isegi talv läbi (Lisa 3).

Huumus koosneb kihiti kõdunenud taimsest materjalist, mis ajapikku moodustab turbase pinnase. Huumusel on tähtis mõju tule levimiskiirusele, olles tavaliselt niiske ja tihedalt kokku surutud levib tuli temas aeglaselt. Õhk pääseb vaid väga vähesel määral ligi. Huumuse puhul on tule levimiskiirus tavaliselt aeglane. (Toomas Luik, 1998)

Juured ei mängi eriti tähtsat rolli tule levimisel. Neile on tavaliselt hea õhuhapniku juurdepääs ning sellepärast põlevad nad kiiresti. Kuid siiski võib tuli juurtes aeglaselt „hiilida”. On juhtunud, et põleng on väljunud sellepärast kontroll alt. Põhjus seisneb selles, et juured võimaldavad tulel minna üle kontroll-liini ning põhjustada uusi tulekoldeid.

Kui lehed ja okkad langevad maapinnale, hakkavad nad kõdunema ning muutuvad huumuskihi üheks osaks. Enne kõdunemist on nad siiski väga tuleohtlik materjal, sest maapinnal olevad okkad ja lehed on tavaliselt hapnikule kergesti kättesaadaval ning nende vahel käib pidev õhu tsirkulatsioon, mis kuivatab neid ja muudab eriti tuleohtlikuks metsamaterjaliks. Mõned okkad kinnituvad ka mahalangenud puuokste külge ning sellisel juhul on nad veel tuleohtlikumad.

Rohi on tähtis küttematerjal mõjutades oluliselt tuleleviku kiirust. Roheline rohi toimib tuleleviku tõkestajana. Kuid metsatulekahjude hooajal muutub rohi kuivemaks ning toimib hoopis tuleleviku arendajana. Paljud teised kütused on selleks ajaks rohukatte varjus juba laguneda jõudnud, kuid rohukate, tänu oma suurele mahule, jääb püsima. Sel perioodil on rohi kõige tuleohtlikum materjal. Rohukate on peaaegu igas metsas. Tihedates metsades, kus valgust jõuab maapinnani vähe, on ka rohukate hõre. Avarates metsades leidub, aga suurel hulgal. Kui metsaalust katab enam-vähem pidev rohukate, siis on tule levimine seal sel alal kindlustatud. (Toomas Luik, 1998)

3.3.2 Pinnakütused

Pinnakütused on kõik tuleohtlikud materjalid, mis asuvad maapinna lähedal. Levinumad materjalid on – madalad põõsad, noored puuvõrsed, kännud. Pinnatulekahjud levivad aeglaselt ja ei mängi suurt rolli tule levikus. Pinnakütused muutuvad tähtsaks kustutusliini moodustamisel ja täielikul kustutamisel.

Madalaid põõsaid, puude võsusid loetase pinnakütuseks. Tavaliselt on nad lähestikku ja läbi põimunud teiste tuleohtlike metsamaterjalidega. Alusmets võib kas kiirendada või pidurdada tule levimist. Tuleohtliku hooaja algul, pakub alusmets varju maapinnal asuvatele kütustele, kaitstes neid kiire kuivamise eest. Hooaja progresseerudes kuivab siiski ka alusmets ja selle all olev küttematerjal. Põõsad ja võsud muutuvad seejärel ohtlikeks tulekandjateks. Alustaimestik loob sageli hea ühenduse pinnakütuste ja ladvakütuste vahele, kandes tule ülemistesse kihtidesse. (T.Luik,1998)

Peenpuiduks loetakse väiksemaid oksa, puukoort, pehkinud puitu ning muud põlevmaterjalid, mis on diameetriga kuni 51 mm. Need maapinnal asuvad materjalid kuuluvad kõige tähtsamate tule leviku kiirust arendavate kütuste hulka. Peenpuit süttib kergesti ja sageli soodustab head tule levikut, ühest kohast teise. Ta on ka suuremate ja raskemate metsakütuste süütajaks. Kohtades, kus leidub suurtes kogustes peenikest puitu, saavutab tuli kiiresti tohutu kuumuse. Kõige suuremates kogustes leidub seda tavaliselt raielankidel. Kuivades tingimustes toimub sellistes kohtades äge põlemine ja tugevate konvektsioonivoolude mõjul, lennutatakse kaugustesse põlemisprodukte, tekitades üha uusi tulekoldeid. (Luik. 1998)

Pehkinud puit ei oma tähtsat rolli tule leviku kiirusele, kuid ta on heaks süütematerjaliks, seda tänu oma sõmerale ja kuivale iseloomule. Piisab vaid ühest sädemest ja pehkinud puit võib tekitada uue tulekolde. (T. Luik, 1998)

3.3.3 Ladvakütused

Siia kuuluvad jämedad oksad, puutüved, kõrged põõsad. Need metsakütused vajavad pikemat kuiva perioodi, et muutuda tuleohtlikuks. Kui selline metsakütus saavutab vajaliku kuivuse, arendab ta põledes väga kõrget temperatuuri.

Kõige ohtlikum raske põlevmaterjal on selline, mis on lahtise koore või suurte kuivanud lõhedega, ehk nn metsakuiv. Sileda pinnaga kütused on vähem tuleohtlikud, kuna nad kuivavad aeglasemalt ja õhuhapniku juurdepääs puidu sisemusse on raskendatud. Eriti kõrge temperatuuriga tuli tekib risti-rästi langenud puude puhul, sest erinevad kütuse komponendid kiirgavad kuumust üksteisele.

Väga tuleohtlik küttematerjal on okaspuude oksad ning neile kinnituvad okkad. Okaste asetatus oksaharul võimaldab õhu vaba tsirkulatsiooni, mis kuivatab neid soodustades süttimist.

Puude oksad ja ladvad võivad kiiresti leekidesse mattuda, kui toimub niiskuse piisav vähenemine. Ladvatuli tekib harva, kui suhteline niiskusesisaldus on kõrge. Kuid okaste kiire kuivamine kuuma ja kuiva õhu käes, võib ladvatule võimalikkust tunduvalt suurendada. Okaste kuivust mõjutab veel puu transpilatsiooniprotsess.

Kui pinnas on niiske, pumpavad puud läbi lehtede suurtes kogustes niiskust õhku. Pinnase kuivades aeglustub transpilatsiooniprotsess ning selle tulemusena muutuvad lehed ja oksad palju tuleohtlikumaks. (Pyne, Andrews, Laven., 1996)

Surnud oksad on tähtsaks ladvakütuseks. Putukate või haiguste tagajärjel tapetud okste hulk võib põhjustada tule liikumist puult puule. Surnud okste suur hulk puu alumistes kihides, võib põhjustada tule levikut puudelatvadesse. Kõige tuleohtlikumad oksad on ikkagi okkaid sisaldavad.

Puukoor on üks kergematetest ja süttivamatest metsamaterjalidest. Puukoor võimaldab tule kiiret levimist pinnakütustelt ülemistele. Nagu teised kerged küttematerjalid, reageerib puukoor kiiresti niiskuse muutumisele. Kuiva ilma korral võib ladvatuli tekkida rohke puukoore olemasolu korral.

Kõrgete põõsaste tippusid loetakse ladvakütuseks, sest nad asuvad küllaltki kõrgel maapinnast. Sellised põõsad süttivad, kui maapinnal leidub tugevat kuumust tekitavaid raskeid pinnakütuseid või suurel hulgal peenikest küttematerjalil tule arengut põõsastes mõjutavad: Küttematerjali hulk, põõsa tihedus;

Paiknemine;

Pinnakütuse olemasolu;

Surnud oksad põõsal. (T. Luik, 1998)

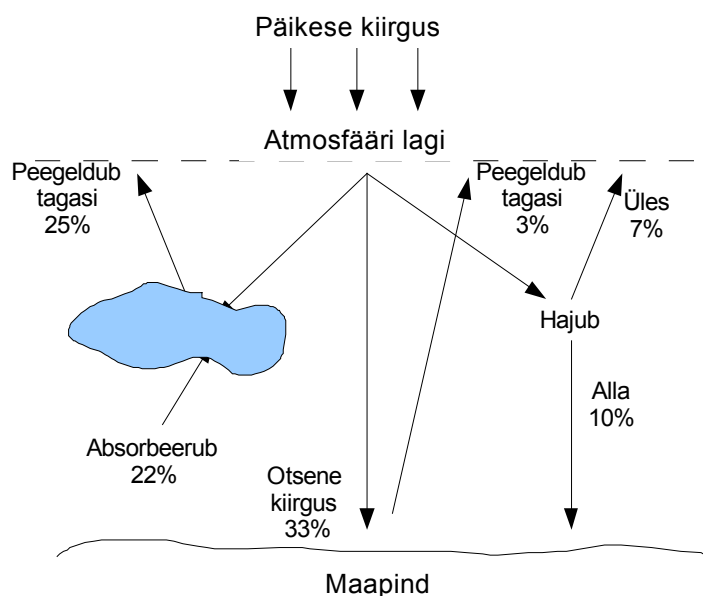
4 Metsatulekahjusid soodustavad ilmastikuolud

Ilm on olulisim komponent metsatulekahju keskkonna kolmnurgas, kusjuures tähtsaimateks teguriteks süttimise, tule leviku ja ohjeldamise raskuse seisukohalt on tuul, temperatuur, sademed ja suhteline õhuniiskus. Tuul mõjutab põlevainete kuivamise kiirust ning etendab olulist osa tule levikus (Lisa 4). Suhteline õhuniiskus ja õhu temperatuur mõjutavad samuti põlevainete niiskust päevast päeva. Vihm mõjutab põlevainete kuivust. Hetkeliiselt võib ilm täielikult domineerida tule keskkonda, nullides kütuse ja topograafia mõju, nii võivad ladvatulekahjud levida üle mägise maastiku hoolimata topograafiast. Kütuse niiskuse mõju ja kütuse jaotuse tähtsus nullitakse kui tuli levib tugeva tuule mõjul. Teisalt võib ilma mõju olla ka vaevu märgatav. Päevane temperatuuri ja õhuniiskuse muutus võivad märgatavalt muuta kütuse niiskusesisaldust ja nii ka tule käitumist.

Kumulatiivsed ilmastikumõjud määravad metsavarise ja toorhuumuse ning soomuldade kuivarežiimi. Madal suhteline õhuniiskus, kõrge temperatuur ja tuul võivad kuivatada met-

savarise ja toorhuumuse paari päevaga isegi pärast tugevat sadu. Vihma puudumisel kuivab maapind üha sügavamalt, ning seda kiirendab transpilatsioon. Kuna mõned orgaanilise aine kihid võivad sisaldada vett kümme korda rohkem oma kuivmassist, võib tõsiste põua-tingimuste kujunemine võtta mitu kuud või isegi aastat. Pikaajalise vihmajärgi ja lumekatte korral tuleb korraldada vaatlusi saamaks usaldusväärseid hinnanguid orgaanilise aine süvakihtide niiskuse kohta.

Peaaegu kogu maapinna ja atmosfääri soojenemist põhjustab päike. Keskmiselt 50% päike-energiast jõuab maapinnale, 30% soojusenergiast peegeldub tagasi kosmosesse ja umbes 20% absorbeerub atmosfääris. Päikesekiirguse jaotus varieerub, sõltudes asukohast ja atmosfääritingimustest (Joonis 12).

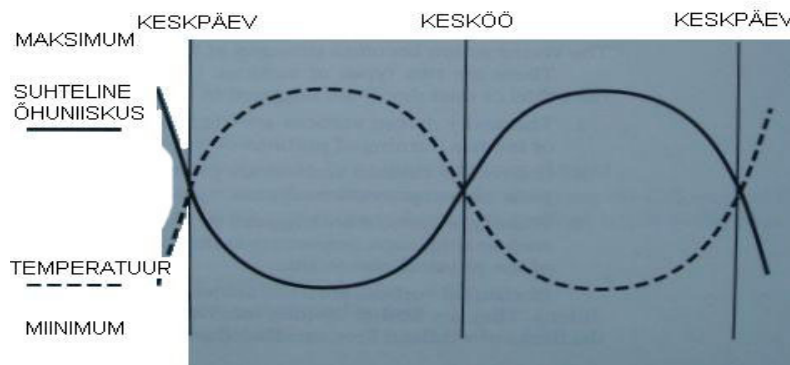


Joonis 12. Keskmise päikesekiirguse jaotumine keskmise pilvisusega (Pyne, Andrews, Laven, 1996:131)

Kui arutletakse atmosfääri niiskuse üle, sisaldusprotsent ükskõik mis ajal või kohas väljendatakse kondenseerumispunkti temperatuurina, suhtelise õhuniiskuse ja märja termomeetri otsa temperatuurina. Kondenseerumispunkt on temperatuur, milleni temperatuuri peab jahutama, et jõuda konstantsel rõhul küllastuspunkti. See on absoluutse niiskuse mõõt, või kui palju veeauru on õhus. Kui õhk jaheneb kondenseerumispunkti, kondenseerumine ilmneb ja moodustuvad kaste, udu või pilved. (Pyne, Andrews, Laven. 1996)

Et määrata täpselt kui kuiv või niiske õhk on teatud ajal või kohas, kasutatakse mõõtühikut suhteline õhuniiskus. Suhteline õhuniiskus on niiskuse suhe õhus, et õhk saaks hoida sama temperatuuri ja atmosfääri rõhu korral. Suhtelist õhuniiskust väljendatakse alati protsentides. Muutustel suhtelises õhuniiskuses on märgatav efekt kütuse niiskusel. Kõrge suhteline õhuniiskus põhjustab kütuste aeglast põlemist ja raskemat süttimist. Madala suhtelise õhuniiskuse korral kütuste süttimisoht tõuseb.

Kui temperatuur tõuseb konstantsel rõhul, suhteline õhuniiskus väheneb ja vastupidi. Maksimaalne suhteline õhuniiskus ilmneb tavaliselt päikese tõusu ajal, ajal mil temperatuur on madalaim. Pärast päikesetõusu, õhuniiskus väheneb kiiresti ja jõuab miinimumini ajal, kui temperatuur on maksimaalne. See tõuseb järk-järgult hilisõhtust alates läbi öö. Seda kutsutakse temperatuuri ja õhuniiskuse päevamuutuseks (Joonis 13). (Pyne, Andrews, Laven., 1996; Lowe, 2001)



Joonis 13. Temperatuuri / suhtelise õhuniiskuse diagramm (Lowe 2001:49)

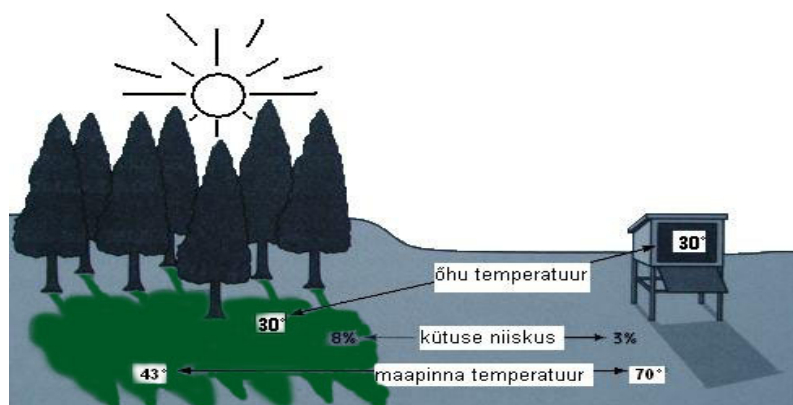
Muutused maastikus, taimestikus, pilvedes ja tuules võivad tekitada suuri erinevusi temperatuuris ja suhtelises õhuniiskuses väikesel alal. Kontrolliv faktor on see, kuidas need parameetrid mõjutavad sissetuleva ja väljamineva päikeseenergia hulka, mis jõuab maapinnani. Tuuled segavad õhku maapinna lähedal, ja taimestik neelab sisenevat päikeseenergiat päeva jooksul ja väljuvat päikeseenergiat öösel.

Päevased temperatuurid tavaliselt vähenevad kõrguse suurenedes vastavalt päevase suhtelise õhuniiskuse tõusule. Kui öösel jahenemine toimub selge taevaga, temperatuuri muutus kõrguses on tavaliselt vastupidine. Külma õhk voolab mööda mäenõlva alla kogunedes orgu, mille tulemusena alumistel kõrgustel on õhk külmem ja suhteline õhuniiskus on suurem, kui suuritel kõrgustel.

Suhteline õhuniiskus ja temperatuur mõjutavad otseselt kütuste niiskust. Kütuste niiskusest sõltub, kui kergesti kütus süttib ja põleb. On kahte tüüpi kütuste niiskustasemeid: elus kütuse niiskus ja surnud kütuse niiskus. Elus kütused on rohkem mõjutatavad aastaajastest muutustest kui päevastest ilmapuutustest. Kütuse niiskus on kõrge kui lehestik on värsked ja taim on kasvutsüklis. Elus kütuste puhul tuleb eristada puid ja rohttaimi. Rohttaimed arenevad iga aasta seemnest ja enne kui tuli neid võtab, peab 1/3 rohust olema surnud, seega sõltuvad nad palju ilmastikust pärast lumesulamist. Puud seevastu reageerivad aastaajastele muutustele ning niiskus neis langeb kasvuhooaja lõpus. Surnud kütused reageerivad väga järsult muutustele suhtelises õhuniiskuses ja temperatuuris. Kui sajab jõuavad nad oma küllastuspunkti kiiresti ja samakiiresti nad ka kuivavad. Rohumaadel ja metsades, kus on palju niisugust materjali nagu kuivanud rohttaimed, varisenud puulehed ja samblikud, muutub selle niiskus ja põlevus kiiresti koos ilmastikutingimustega. Need

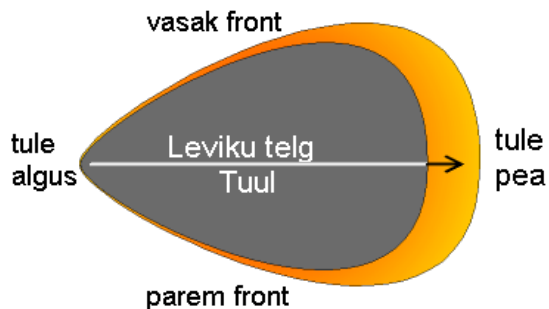
võivad muutuda tuleohtlikeks juba mõni tund pärast vihmaseadu. Kuivamiskiirus sõltub ilmastikutingimustest ja päevavalguse kestvusest.

Kütuste temperatuur mõjutab samuti kütuse niiskusesisaldust. Päikesekiirgus soojendab maapinda ja kütuseid selle lähedal. Kui pinnas ja soojenenud kütused muutuvad soojemaks, hakkavad nad soojendama õhku pinnase lähedal. See õhu soojenemine põhjustab õhuniiskuse ja tuulte vähenemist ja temperatuuri tõusu. Täheldatud on ka varjude mõju kütuse niiskusele ja temperatuurile (Joonis 14). Otsese päikese käes olevad kütused on ligi 5% kuivemad ja pea 30°C soojemad, mis teeb nad tulele märgatavalt vastuvõtlikumaks.

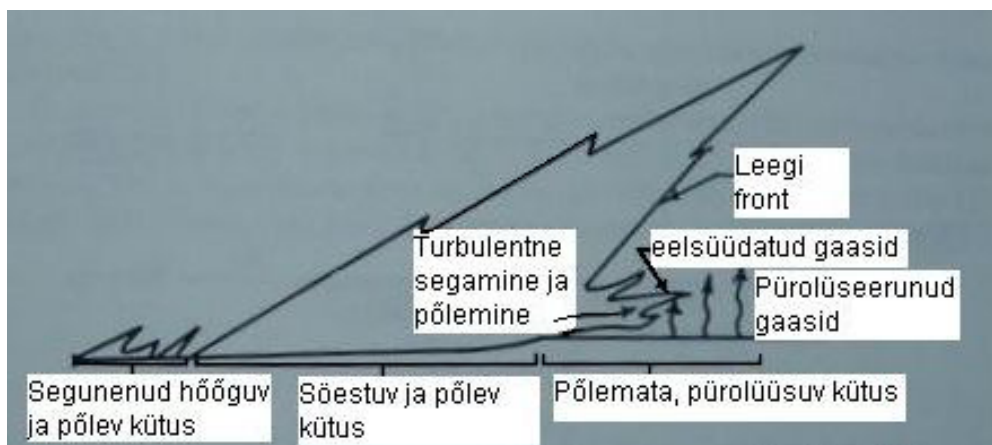


Joonis 14. Varju mõju pinnakütuste temperatuurile ja niiskusele (Lowe 2001:25)

Lisaks varjudele võib kütuste niiskust mõjutada ka tuul. Kuigi tihti on tuul just see, mis viib kütused kiiremini süttimiseks vajaliku niiskuseeni, siis tugevad tuuled päeva jooksul võivad hoopis vältida maapinna temperatuuride tõusu ja jahutada kütuseid. Tavaliselt on metsatulekahjudel just tuul see, mis annab tulele suuna. Tuulise ilma korral, kui on tuulel koldele juurdepääs, on lauskmaal tule levik piisakujuline (Joonis 15), kus hall ala on põlenud ala ja kollane tulefront. Leegist tulenev mõju on tuuletu ja tuulise ilma korral ning nõlval erinevad (Lisa 4). Joonisest 16 on näha, miks tuulise ilmaga liigub tuli kiiremini, kui tuuletu ilmaga, peamiseks põhjuseks soojuskiirgus ja konvektsioon, mis kuumutavad kütuseid tulefrondi ees. Õhu liikumine metsavõrastiku sees ja selle kohal on tavaliselt horisontaalne ja selle mõju tule käitumisele on päästjatele hõlpsasti jälgitav. Domineerivad maapinnalähedased tuuled aeglustuvad puuvõrade toimel, mistõttu pinnatule levik tiheda metsa all on suhteliselt aeglane ja prognoositav isegi siis, kui tuul puuvõrade kohal on üsna tugev. Võrastikupealsed tuuled muutuvad ohtlikuks siis, kui tuli küünib võradesse ja satub tugevama tuule mõjupiirkonda.



Joonis 15. Tule levik tuule mõjul (Wikipedia 2007)



Joonis 16. Tuulest mõjutatud leegi mõju maapinnale (Pyne, Andrews, Laven 1996:15)

On kasutusel termin „tuleilm”, mis seostub atmosfääri nende omadustega, mis mõjutavad tule käitumist alates maapinnast kuni suuremate tulekahjude kohale tekkinud konvektsioonisammaste tipuni. Tuleilm arvestab elemente metsatulekahjul, nii maapinnal, kui ka 10 kilomeetri kõrgusel. Tuleilma vaadeldakse sageli tunnises või päevases skaalas, kuid muutused aastate lõikes, nii ilmas kui kütuses, määravad tuleohtliku aja. Pikas perspektiivis, arutelu globaalse kliimamuutuse üle uurib ühtlasi ka metsatulekahjude rolli nii põhjustes kui ka mõjus, mis ilmneb sajandite vältel. (Alton H. 2003)

Samas võib rääkida „tulekliimast”, mis viitab mingi piirkonna keskmisele ilmale nädalate, kuude või aastate lõikes. Mingi piirkonna kliima kirjeldamiseks kasutatakse sageli temperatuuri ja sademete keskmisi näitajaid. Igal piirkonnal, olgu see metsakultuur või märjal kohal kasvav kuusik, on oma kliima. Kliima määrab taimestiku tüübi, mis kasvab mingis piirkonnas, ning võib avaldada olulist mõju tule käitumisele, eriti selle intensiivsusele. Erinevused metsapiirkondade sadememallides ja vee pinnasest aurustumise kiiruses mõjutavad puude kasvu ning rohttaimestiku ja kogu orgaanilise aine kuivamist metsa all. Kui kusagil sajab pikema aja jooksul normaalsest vähem, võib sellest lähtuvalt vähendada taimestiku kasv ja suurendada tulekahjude arv ja intensiivsus, sest metsa põlevained kuivavad läbi.

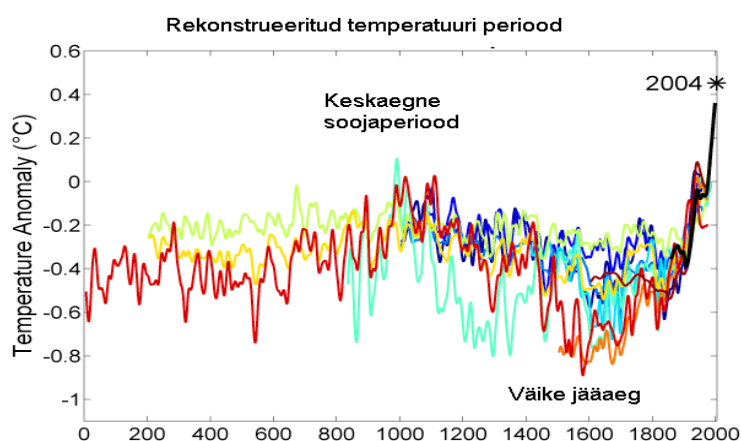
5 Kliimamuutused

Kliimamuutuse all peetakse tavaliselt silmas globaalset soojenemist, mis on statistilise keskmise temperatuuri tõus maapinna lähedal ja ookeanides. See on pisut vale arusaam, oletame, et meil keskmine sademete hulk ei ole muutunud, küll on aga muutunud sademete jaotus aasta sees - varasema ühtlase sademete jaotuse asemel on nüüd näiteks talved vihasemad, kuid suved põuasemad. Kahtlemata on ka see kliimamuutus, kuigi keskmine ei ole muutunud, kuid kõige tõsisemaks kliimamuutuseks on kujunenud just globaalne soojenemine.

Peamiselt mõjutab maa kliimat päike ja päikeselt tulev soojuskiirgus, kuid ainuüksi päikesekiirgusest ei piisa, et maa keskmine temperatuur oleks 15°C nagu praegu, mitte -17°C on vaja kasvuhooneefekti. See on protsess kus päikese infrapunane kiirgus soojendab maa pinda läbi atmosfääri gaaside. Lihtsamalt öeldes pole kasvuhooneefekt midagi muud kui atmosfääris olevate gaaside ehitatud tõke, mis takistab päikese soojusel maalt ilmaruumi tagasi pääseda. Seega oleme oma olemasolu eest tänu võlgu ka kasvuhooneefektile. Kasvuhooneefekti avastas Joseph Fourier 1824. aastal ja seda uuris kvantitatiivselt esimesena Savante Arrhenius 1896. aastal. Tähtsaim infrapunast kiirgust neelav gaas on veeaur (36-70% pilvi sisaldamata), kuid lisaks talle omavad märkimisväärset mõju ka süsinikdioksiid (9-26%), metaan (4-9%), osoon (3-7%), vähemal määral lämmastikoksiidid, freoonid jne (Wikipedia 2007).

5.1 Globaalne soojenemine

Kahe aastatuhande keskmine maapinna temperatuur vastavalt erinevatele rekonstruktsioonidele, mida silutud aastakümne kaupa. 2004. aasta mittesilutud väärtus on samuti märgitud (Joonis 17).



Joonis 17. 2000 aasta temperatuuride võrdlus (Wikipedia 2007)

Globaalsed temperatuurid nii maal kui merel on tõusnud $0,75^{\circ}\text{C}$ võrreldes perioodiga 1860-1900.a. vastavalt instrumentaaltermomeetri salvestistele. See mõõdetud temperatuuri tõus ei ole silmnähtavalt mõjutanud linnastunud sisemaad. Alates 1979. aastast on maa temperatuur tõusnud pea 2 korda kiiremini kui ookeani temperatuur ($0,25^{\circ}\text{C}/\text{dekaad}$

vastavalt 0.13 °C/dekaad). Usutakse, et temperatuur on olnud suhteliselt stabiilne üle ühe või kahe tuhande aasta enne 1850. aastat, koos võimalike regionaalsete kõikumistega nagu keskaegne soojaperiood või väike jääaeg.

Tuginedes NASA Goddardi Kosmose Instituudi andmetele, oli 2005. aasta kõige soojem, alates ajast, kui instrumentaalne temperatuuri mõõtmine kasutusele võeti, ületades mõne sajandikuga 1998. aastast pärit rekordi. Maailma meteoroloogide organisatsioon ja Suurbritannia Kliima Uurimise Ühing märgivad, et 2005. aasta oli soojuse poolest teine aasta pärast 1998. aastat.

Globaalse kliima muutuste kolleegiumi (IPCC) seisukoht: „suuremat osa globaalse keskmise temperatuuri tõusust on täheldatud alates 20 sajandi keskpaigast, mil täheldati kasvuhoone gaaside kontsentratsiooni tõusu,” see juhib meid maapinna ja madalamate atmosfäärikihide soojenemisele, mille põhjuseks on kasvuhoone gaaside suurenemine. Teised ilmingud nagu päikese muutused ja vulkaanid on arvatavasti olnud soojenemise põhjusteks alates eelindustriaalajast kuni 1950-ni, alates 1950-dast on sel jahenemise efekt. Sellistele järeldustele on jõudnud vähemalt 30 teadlast ja teadusteakadeemiat, kaasa arvatud kõik riiklikud teadusteakadeemiad juhtivates industriaalriikides. 20. sajandi 13 kuumemat aastat on esinenud viimase 20 aasta jooksul. Nende seas on kolm aastat olnud soojemad kui mistahes mineviku aasta. Keskaegsed mungad ei teinud järjekindlaid ilmavaatlusi, ka polnud neil termomeetreid temperatuuri täpseks mõõtmiseks. Nõnda tuleb sajanditetaguse ilma kohta saada andmeid kaudsete tõendite põhjal. Puude aastaringid kasvavad paksemaks või peenemaks sõltuvalt sellest, kas ilm on soe või külm. Samamoodi sõltuvad ilmast korallide või arktilise lume kihid. Uurijad on põhjapoolkeralt leidnud sadakond ilmastiku indikaatorit, mida kombineerides ongi aastatud 20. sajandi ilmastiku käik. Uuritakse, kas temperatuuri muutused on seotud päikesekiirguse, vulkaanilise aktiivsuse või süsihappegaasi tasemega atmosfääris. Nii näiteks hüppas temperatuur üles pärast Indoneesia vulkaanipurset 1815. aastal. 17. sajandi keskel ja 18. sajandil valitsenud suhteliselt külm kliima kaasnes tavalisest tuhmima päikesega. Oluline on aga mõista, et inimõju ja päikese aktiivsuse muutusi ei saa üksteisest lahutada. Kliima on väga keerukas ja kompleksne süsteem. Pahatihti leitakse keerulistele probleemidele lihtsad lahendused, mis aga enamasti on valed. Lihtne näide: praegu seotakse üheselt kliimamuutused atmosfääri süsinikdioksiidi kontsentratsiooni muutustega, tegelikult on kliimat mõjutavaid tegureid palju ning nende mõju ei pruugi sugugi alati ühesuunaline olla (Kändler 2000).

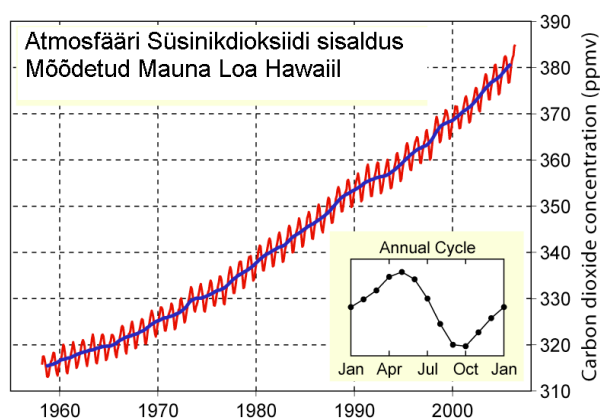
Kui loodus oleks toiminud omapead, oleks meie planeedi kliima viimase kahe aastakümnega hoopis külmemaks muutunud. Just inimese aktiivsus on temperatuuri tõstnud nii kõrgele, et 90-ndad aastad osutusid aastatuhande kõige soojemateks. Rahvusvahelise Kliimamuutuse Paneeli aruanne, mis ilmus 2001. aastal, tunnistab esimest korda, et kogu globaalne soojenemine on põhjustatud inimese poolt. Alates 1976. aastast on Maa kliima soojenenud kiirusega 2°C sajandis. Otsustades puude aastarõngaste järgi, järeldatakse, et see kiirus on aastatuhande kontekstis pretsedenditu. Viimase viie aasta kliimapilt sobib kõige paremini

kokku mudeliga, mis põhineb kasvuhooneefektil. Päikese kiirguse muutumine ja vulkaaniline tolmu atmosfääris mõjutavad ilmastikku ja mõned sajandi esimese poole muudatused arvatakse tulenevat neist põhjustest. Ent ainuüksi need faktorid ei suuda viimase kahe aastakümne suundumust seletada. (Kändler 2000)

5.2 Globaalse soojenemise põhjused

Päikeselt tuleva energia suurenemine peaks ka ilma soojemaks tegema. Kuid päikesekiirgus muutub vaid tühise 0,1 protsendi võrra. Arvutimudelite põhjal tehtud arvutused on näidanud, et viimase 200 aasta jooksul toimunud ilmastikumuutusi saab kõige paremini põhjendada kahte moodi: päikese aktiivsuse muutusega või kasvuhooneefektiga. Päikese kiirguse hulga kasvu seostatakse võimaliku soojenemise põhjusena, kuid seda ei saa kinnitada, sest puuduvad kindlad mõõtmistulemused, isegi kui on olemas 30 aasta satelliitmõõtmiste salvestused. Kokkuvõtvalt on oma osa kahtlemata päikese aktiivsuse muutustel, oma osa mängib inimtegevusest põhjustatud kasvuhoonegaaside kuhjumine atmosfääris ja oma osa etendab mereplankton, mis eristab õhku dimetüülsulfiidi nimelist gaasi, see omakorda soodustab pilvede teket. Maa on keeruline ning nagu öeldakse, kaootiline süsteem, milles imepisikesed algtingimuste muudatused tekitavad mistahes lõppmuudatusi.

Teaduslikult ollakse üksmeelel, et inimese aktiivsus on tõstnud kasvuhoonegaaside taset. See on selgeim põhjus viimase 50 aasta kohta, alates millest on kõige detailsem info olemas. Kuigi inimese poolt atmosfääri paisatava süsinikdioksiidi hulk on võrreldes looduses ringlevate kogustega suhteliselt väike, võib sel pika ajavahemiku jooksul olla ometi märgatav mõju. Mauna Loa observatooriumis teostatud mõõtmised näitavadki süsinikdioksiidi kontsentratsiooni pidevat tõusu (Joonis 18).

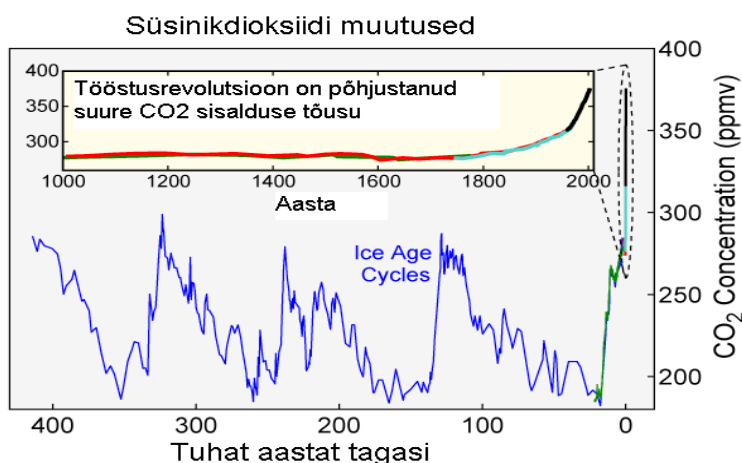


Joonis 18. Süsinikdioksiidi sisaldus Mauna Loal Hawaiiil (Wikipedia 2007)

Kõike ei saa siiski inimese süüks panna, sest oluline roll on ka ookeanidel, mis soojenedes süsinikdioksiidi atmosfääri paiskavad. Selle põhjustab see, et gaaside lahustuvus vedelikus selle soojenedes halveneb. Lahustunud CO₂ ookeanis reageerib veega ning moodustub süsihape, mille tulemusel ookeanid hapestuvad. Kui biosüsteem on kohandunud väikese PH taseme

kõikumisega on see tõsine hoiatus. Lisaks tuleb vastust otsida ka ookeanide tsirkulatsioonist ehk hoovustesüsteemist. Meie kliimat soojendav Põhja-Atlandi hoovus ei ole arvatavasti kogu aeg nii kaugele põhja ulatanud. Golfi hoovus ja selle jätk Põhja-Atlandi hoovus on osaks hiigelsuurest ning kogu maailmamerd hõlmavast konveierilaadsest süsteemist. Teadlased arvavad, et äkilised kliimamuutused võivad vallanduda siis, kui see süsteem muudab oma asendit ja kulgemisteid. Oletatakse, et tal on nn. kaks tasakaaluasendit, kus ta võib viibida pikka aega. Ühest asendist teise läheb ta aga suhteliselt kiirelt. Huvitaval kombel näitavad teadlaste arvutused, et arvestades inimõju ning atmosfääri soojenemist, peaks süsinikdioksiidi kontsentratsioon kasvama kiiremini kui ta seda tegelikult teeb. Ilmselt on siin taaskord tegemist tagasiside mehhanismiga. Esiteks intensiivistub loomulikult taimede kasv, kuid peamiseks põhjuseks on ilmselt ookeanisetete settimiskiiruse muutumine. (Wikipedia 2007)

CO₂ ja metaani (CH₄) kontsentratsioon atmosfääris on tõusnud 31% (Joonis 19) ja 149% võrreldes eelindustriaalaja tasemega alates 1750-st. See on märgatavalt suurem kui viimase 400 000 aasta jooksul, selle aja kohta on saadud usutavat infot aktiivse lume uuringud. Vähemotseseid geoloogilisi tõendeid uskudes oli CO₂ tase nii kõrge 20 miljonit aastat tagasi. Kolm inim põlve on inimtegevuse CO₂ emissioon tulnud peamiselt fossiilsete kütuste põlemisest, ülejäänud osa aga muutunud maakasutusest, eriti metsaraiest. Üheks CO₂ taseme tõusu näiteks on igijää sulamine. CO₂ taseme tõus atmosfääris on soojendanud Maa maapinda, mis on viinud jää sulamiseni poolustel. Kui jää sulab, siis maa või vesi võtavad selle koha. Nii maa kui vesi on keskmiselt vähem peegelduv kui jää ja nad neelavad rohkem päikeseenergiat. See põhjustab soojenemist, mis viib üha suurema sulamiseni ja nii see tsükkel jätkub. Teadlased on veendumusel, et isegi kui kasvuhoonegaaside tase stabiliseeruks praegusele tasemele, soojeneks temperatuur ikkagi 0.5 °C.



Joonis 19. CO₂ sisalduse tase 400 000 aasta lõikes (Wikipedia 2007)

Ka tulevikus oodatakse CO₂ taseme tõusu fossiilsete kütuste põlemise ja muutunud maakasutuse tõttu. Tõusu suurus oleneb majandusest, sotsioloogiast, tehnoloogiast, loodusavastustest, kuid võib olla väga piiratud fossiilsete kütuste saadavuse pärast. Fossiilsete kütuste reservid on piisavad jõudmaks sellele tasemele ja jätkama emissiooni kuni 2100-ni, kui maavarasid laialdaselt kasutatakse. (Wikipedia 2007)

5.3 Globaalse soojenemise tagajärjed

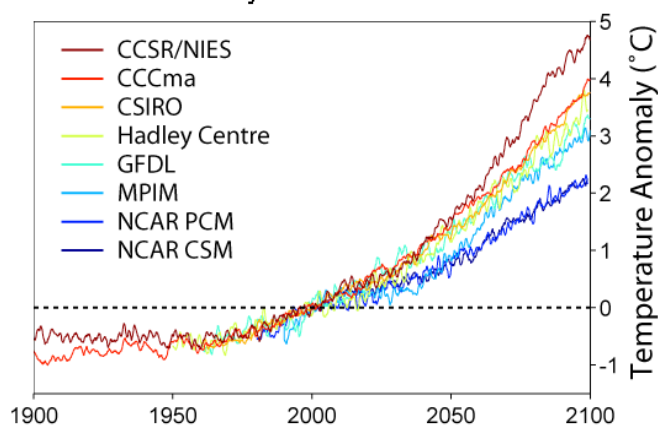
Asjatundjate kõige dramaatilisem ennustus on, et temperatuuri tõus Gröönimaal 3°C võrra vallandab jääkatte pöördumatu sulamise. See tõstab merepinda järgmise aastatuhande jooksul seitsme meetri võrra. Lisaks veel kaks meetrit tõusu, mis on vältimatu isegi siis, kui globaalne soojenemine peatatakse. Samuti võivad maailma metsad omakorda vallandada ohtliku positiivse tagasisideme. Kui mets soojusstressi kätte sureb, pääseb selle poolt talletatud süsihappegaas tagasi atmosfääri, suurendades kasvuhooneefekti. Globaalse temperatuuri tõus võib kaasa tuua ka muutusi sademe hulgas ja seaduspärasustes. Võib suurened ka ekstreemsete ilmaolude sagedus ja intensiivsus, kuigi on raske neid siduda globaalse soojenemisega. Teised tagajärjed, kaasa arvatud muutused põllumajanduslikel maadel, liustike taandumisel, vähenenud suviste hoovuste liikumisel, liikide väljasuremisel ja suurenenud nakkuste vormidel. Globaalse temperatuuri kasv ühe kraadi võrra avaldub erinevatel laiuskraadidel erinevalt. Ekvaatoril ei avaldu see peaaegu üldse, Euroopa põhjaosas aga soojeneb ilmastik kuni 3,5 kraadi. Sellest tulenevalt tõlgendatakse eri maades suundumust erinevalt. Erinevates piirkondades mõjub soojenemine elukeskkonnale erinevalt näiteks Venemaal muutuksid sood kõrgelt produktiivseteks karjamaadeks ja teraviljatoodang Venemaal suureneks 25 kuni 40 protsenti. Metsapiirkond nihkuks soojenemise tagajärjel põhja poole. Seevastu subtroopikas ja preeriates hakkab põllumajandustoodang langema ning need alad kõrbestuvad. Lõuna-Euroopa aga võib jääda mageda vee puudusse. (Kändler 2000)

Eesti kuulub ilmastiku poolest suurriikide sekka. Vähe on maailmas paiku, kus paarisaja kilomeetri ulatuses ilm nõnda erinev on. Kliimauuringute kõige üllatavamaks tulemuseks peetakse tõdemust, kui oluliselt jääkate Läänemeres mõjutab ilma näiteks Tõravere ilmajaamas Tartu lähistel. On täheldatud, et Tõravere aprillikuine temperatuur sõltub otseselt jääkatte kestvusest Vilsandi saare lähistel. Maa globaalne ilmastik mõjutab jääkatte kestvust Vilsandil, see omakorda lumikatte kestvust peaaegu kogu Eestis, mis omakorda avaldab mõju keskmistele temperatuuridele ja sademetele. Terves Eestis ei toimu protsesse, mida ei mõjutaks Läänemere saarte juures toimuvad protsessid. (Kändler 2000)

6 Kliimamuutuste dünaamika

IPCC teadusmudeli järgi ennustatakse globaalse temperatuuri tõusu 1,1-lt 6,4°C-ni 1990 ja 2100 aastate vahel (Joonis 21). Väärtuste ulatus väljendab erinevaid kasvuhoonegaaside emissiooni stsenaariume nagu ka ebakindlat kliima tundlikkust. Siiski suurem teaduslik tähelepanu keskpunkt on suunatud perioodile aastani 2100, arvatakse, et soojenemine ja merevee taseme tõus jätkuvad veel vähemalt ühe aastatuhande, isegi kui rohkem kasvuhoonegaase enam õhku ei paisataks. See peegeldab süsinikdioksiidi (CO₂) pikka eluiga atmosfääris.

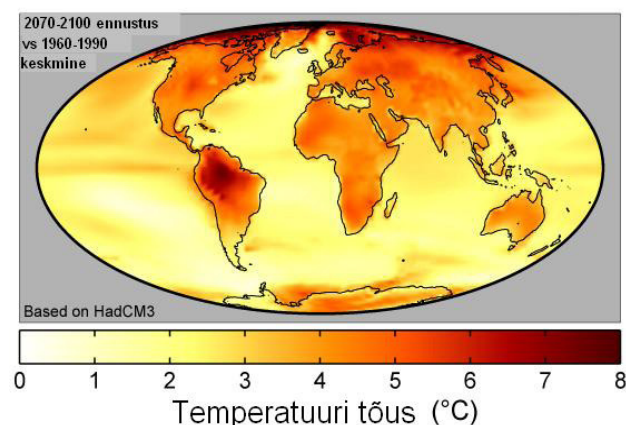
Globaalse soojenemise ennustused



Joonis 20. Globaalse soojenemise ennustused aastani 2100 (Wikipedia 2007)

Teadlased on uurinud globaalset soojenemist arvutimudeliga. Nende mudelite ennustuse järgi on meie kliima kasvuhoonegaaside lisamisel tulevikus soojem. Isegi kui CO₂ emissioon ja fosüilsete kütuste tarbimine jääks samaks, varieeruks ennustatav soojenemise suurus mudelite vahel, kuid see siiski jääks. Maapinna soojenemise geograafiline jaotumine 21-l sajandil arvutatuna HadCM3 kliimamudeli järgi, kui jätkub majanduskasv ja kasvuhoonegaaside emissioon (Joonis 22).

Globaalse soojenemise ennustus



Joonis 21. Globaalse soojenemise ennustused aastatel 2070-2100 võrreldes perioodiga 1960-1990 (Wikipedia 2007)

Nii näiteks on üpris kindel, et Peipsi veetase, mis on praegu keskmisest madalam, hakkab lähiaastatel tasapisi tõusma ja saavutab aastaks 2015 praegusest meetri võrra kõrgema taseme. "Peipsi veetase muutub perioodiliselt ning osa perioodidest võib ühitada Päikese aktiivsuse 11aastase tsükliga," ütleb hüdroloog Arne Reap. Eesti kliima tulevik pole aga täpselt teada. Üks on siiski enam-vähem kindel, lähema saja aasta jooksul tõuseb siinmail nii keskmine temperatuur kui ka merepind. Tartu Observatooriumi teadlase Sirje Keevalliku stsenaariumi kohaselt tõuseb aastaks 2100 Läänemere tase kõige tõenäolisemalt pool meetrit, äärmisel juhul 80 sentimeetrit. Aasta keskmise temperatuuri vastav tõus on ühest kraadist kuni seitsme kraadini. Maha sajab saja aasta pärast aga kümme kuni viiskümmend protsenti enam sademeid. "Talvel ja sügisel tõuseb temperatuur suhteliselt rohkem kui ke-

vadel ja suvel,” ütleb Keevallik, kes rakendas erinevaid tulevikustsenaariume ka minevikule ning leidis, et sel puhul töötavad need rahuldavalt. Eesti liigub tuleval sajandil soojema ja niiskema kliima poole. Kuid Sirje Keevalliku sõnul võib globaalse soojenemise foonil Golfi hoovus nõrgeneda, mis tähendab Eestis esialgset jahenemist. (Kändler 2000)

Pilvede kuju on üks peamistest ebamäärasuse allikatest praegustes ilmamudelites, kuigi progress selle probleemi lahendamises käib. Käib ka diskussioon, kas kliimamudelites pole tähelepanuta jäetud tähtsaid päikesekiirguse kaudseid ja tagasiulatuvaid efekte.

Ebatäpset oodatavat kliimamuutust tulevikus põhjustavad järelejäänud teaduslikud ebamäärasused, eriti kuidas muutused varieeruvad regioniti üle terve Maa. Samuti tuleb lahendada poliitiline ja avalik debatt teemal, kas midagi tuleks teha ja mis saaks kõige kulu-efektiivsemalt teha, et vähendada või vastandada järgnevat soojenemist, või tegeleda oodatavate tagajärgedega. Suurem osa riikidest on allkirjastanud ja ratifitseerinud Kyoto protokoll, mis on maailma kõige peamiseks kokkulepe võitluses globaalse soojenemisega. Kyoto protokoll on Ühendatud Rahvaste Kliima Muutuste Konventsiooni täiendus (UNFCCC). Riigid mis on ratifitseerinud selle protokoll, kohustavad endeid vähendama CO₂ ja ülejäänud viie kasvuhuone gaase põhjustavate gaaside emissiooni või astuma samme emissiooniga kauplemises kui nad jäävad samale tasemele või suurendavad nende gaaside emissioone. Arengumaad on vabastatud emissiooni standardite koosolekutest Kyotos. Sinna kuuluvad ka Hiina ja India, teine ja kolmas CO₂ hulga õhkupaiskajaid USA järel. (Wikipedia 2007)

7 Kokkuvõte

Pole üllatav, et kuumemate ja kuivemate suveilmade trend aitab tekitada kuumemaid ja intensiivsemaid tulekahjusid. Kuum ilm kuivatab kütust metsa all, luues ideaalsed tule tingimused. Ilma kuivus väldib ka tule vihmaga niisutamist. Jätkuv soojenemine toodab suuremat aastajalist erinevust, mis ühendatuna 44%-se välgutabamuste tõusuga tootab põlengualade 78% kasvu järgmise 50 aasta jooksul (David Suzuki Foudation).

Metsatulekahjude arvu tõus globaalse soojenemise tagajärjel võib tekitada niinimetatud: „lumepalli efekti”. Sel juhul suurteil metsatulekahjudel vabaneb tonne süsinikdioksiidi atmosfääri, mis soodustab globaalset soojenemist, mis jälle omakorda tekitab rohkem tulekahju- si ja nii jätkub surnud ring. (David Suzuki Foudation)

Kui perioodilised tulekahjud võivad metsale head olla, ei ole see kindlasti hea elamutele ja inimestele. Üha rohkem ja rohkem inimesi kolib linnast kaugemale metsaäärde, mis suurelt suurendab metsa ja kodude piiri, see on piirjoon metsa ja inimasustuse vahel. See aina suurenev pindala mitte ainult ei suurenda inimasustuse võimalust kokku puutuda tulega, vaid ka nõrgestab niigi vähest päästeressurssi, sest päästjad peavad esmalt perede päästmisele ja siis majade, enne kui nad saavad hakata tegutsema tule allikaga. Kahtlemata on see õige valik, kuid suurema päästeressursi kaasamine ei pruugi olla parim viis metsatulekahjude

kahjude ennetamiseks. Loogilisem on ju asulate ja teede projekteerimisega ennetada tule ohte, kui püüda tagasiulatuvalt kavandada lähedalasuvaid metsi.

Inimtegevusest põhjustatud metsatulekahjud võivad alata mitmel viisil, kaasa arvatud maja, auto, lennuki tulekahju levimisest metsa, lõkkest, hooletusest, rongi pidurite või korstna sädemest, mahajäetud laagrilõkkest, süütamisest ja rasketehnikast. Kus iganes on tee, sinna mingi aja pärast järgneb tuli, sest inimese ligipääs tähendab ka tule ligipääsu.

Metsatulekahjude dünaamika keerukus nõuab laia mitmekesisust lahendustes, et vähendada põlengute mõju ühiskonnale. Inimene on õppinud, et me ei kaitse metsi neid süüdates. Siiski saab kaitsta elusid ja vara. On mõned lihtsad asjad, mis tuleks kasutusele võtta.

Kohalikud omavalitsused peavad tegema muudatusi selles, kuidas kavandatakse asulaid ja teid. Päästeamet koos kohaliku omavalitsustega peavad alustama inimeste harimist, et ennetada inimtegevusest tekkinud metsatulekahjusi ja valitsused peavad tegema tugevaid samme, et ennetada kliimamuutusi. Iga aasta kaotatakse maailmas kodusid, metsa ja väärtuslikku infrastruktuuri metsatulekahjude tõusu tõttu. Seepärast on esmatähtis, et otsustajad annaksid aru globaalse soojenemise võimalikest kulutustest, tehes otsuseid rahvusvaheliste kasvuhoonegaaside vähendamise kokkulepete kasutusele võtmisel.

Kuna kliimamuutuste ilmingud hakkavad üha enam meie elukeskkonda ja ilma mõjutama, siis ei saa ka päästeteenistus sellest mööda minna ja sellega mitte arvestamata jätta. Päästeamet peab hakkama mõtlema mitte ainult sellele kuidas metsatulekahjudega võidelda, kuidas neid kiiremini avastada ning kustutada, vaid peaks hakkama tegema ka ennetustööga sel alal. Kutsuma üles inimesi vabas looduses tulega hoolikamalt ringi käima, selgitama inimestele metsatulekahjude ohte ning jälgima hoolikalt uute elamurajoonide asukohti.

Tänapäevane päästeteenistus peab probleemidega mitte kaasaskäima, vaid neist eespool käima. Tuleb varakult ennetada metsatulekahjude riske ning nende tekkimisel kustutamisega seotud probleeme. Nagu 2006 aasta suvi näitas logises metsatulekahjudel logistika, toitlustus ja tegevuskava üsna tõsiselt. Logistika lahendamiseks tuleb võtta tööle logistikaharidusega inimesi, või olemasolevaid kõvasti koolitada, sest inimene kes on õppinud päästeinseneriks ei ole kindlasti logistik. Samuti ei tohiks päästeteenistused lasta ennast mõnest metsatulekahjudeta suvest uinutada lasta, vaid iga kevad tegelema plaanide, lepingute ning varustuse ülevaatusel ning korrigeerimisega.

Metsatulekahjudega seonduva logistikaosas on Päästeamet (Peeter Eylandt) teinud ära suure organisatsioonilise töö. Päästekolledzis on mitmeid metsatulekahjude logistikat käsitlevat lõputööd (Oviir, Turu), juhendajad P. Eylandt ja A. Talvari.

Ilmastik on meie elutegevust kõige enam mõjutav nähtus, mõjutades ka metsatulekahjusi ning nende tekkimise eelduseid. Ilmastik võib metsatulekahjude teket nii soodustada kui ka mittesoodustada. Praegu lähtutakse tuleohu hindamisel ainult Eest Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituudi koostatavast tuleohukaardist, mis on koostatud lühiajaliste näitajate põhjal, millest sõltub päevade, nädalate kuude lõikes metsade tuleohtlikkus. Sellest ainuüksi ei piisa ilmastiku rolli kirjeldamiseks metsade tuleohtlikkusele. Ilmastikust tulenevat tuleohtu tuleks jälgida terve aasta, isegi aastate lõikes, sest talvised protsessid mõjutavad otseselt tuleohtliku aja algust, kui ka kestvust. Kuna globaalset soojenemist on praegu võimatu täpselt ette ennustada, tuleb lähtuda praegustest ennustustest.

Seepärast peab Päästeamet üle vaatama ka ennetustööstreegia, lisaks metsatulekahjude arvu vähendamisele ennetama ka võimalikku metsatulekahjudes hävitavat vara. Nii saaks vältida olukorda, kus hakatakse tegutsema alles siis kui probleem käes. Palju efektiivsem on probleemidega tegeleda eos. Metsatulekahjude alast ennetustööd ja selgitustööd peab Päästeamet alustama kohalikest omavalitsustest, sest neil on võim keelata metsa minek tuleohtlikul ajal. Kui kohalikud omavalitsused on aru saanud probleemist, siis järgneks ennetustöö rahva seas.

Kui mõni aasta ei toimu suureulatuslikke metsatulekahjusi, siis ei tohiks päästeteenistused lasta end sellest uinutada, vaid iga-aastaselt tegelema metsakustutusplaanide ja koostöökokkulepete läbivaatamisega. Metsatulekahjude puhkemisel eelkõige vältima logistilisi vigu, nagu autor 2006. aasta suvel koges, selle ennetamiseks tuleks tööle võtta logistiku haridusega inimesene või äärmisel juhul saata praegused inimesed vastavatele koolitustele, sest päästeteenistujaks õppinu ei ole logistik.

Merereostuse osas kasutatud kirjanduse loetelu.

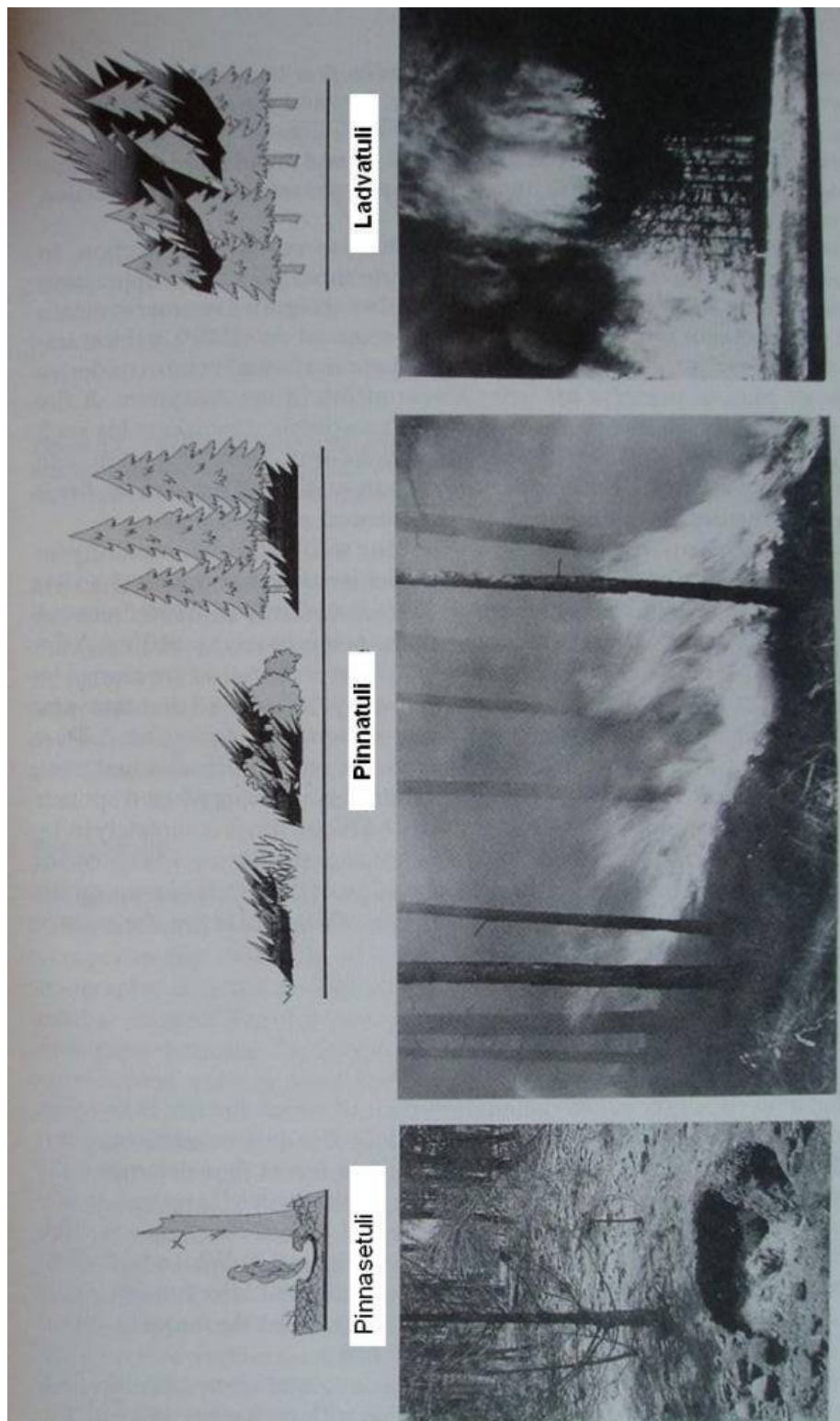
1. Binderup Mona-Lise, Nordic Council of Ministers. The effect of oil spills on seafood safety : an example of the application of the Nordic risk analysis model. Copenhagen. 2004.
- 1A M.Mänd. Naftareostuse käitumine mere keskkonnas, Lõputöö, juhendaja A.Talvari, Tallinn 2008.a.
2. Forschungsinstitut Senckenberg ; Riyadh : National Commission for Wildlife Conservation and Development. A marine wildlife sanctuary for the Arabian Gulf : environmental reasearch and conservation following the 1991 Gulf War oil spill / European Commission, Brussels, National Commission for Wildlife Conservation and Development, Riyadh, Forschungsinstitut Senckenberg, Frankfurt... . Frankfurt a.M. 1996.
3. Eesti Entsüklopeediakirjastus. 1996 Tallinn. Mereleksikon.
4. Eesti Mereakadeemia. Reostustõrje koolitus. PowerPoint esitlus 2007.
5. International Maritime Organization. Field guide for oil spill response in tropical waters. London : IMO, 1997.
6. International Maritime Organization. Bioremediation in marine oil spills, 2004 edition: guidance document for decision making and implementation of bioremediation in marine oil spills / International Maritime Organization. London. 2004.
7. International Maritime Organization. Manual on oil pollution. London. 2005.
8. Kaldma Agni. ELF. Merereostustõrje käsiraamat. 2007.
9. Merereostustõrje plaan. Tallinn 2008
10. The International Tanker Owners Pollution Federation limited. ITOPF Handbook 2008. London. 2008.
11. <http://www.liquidminerals.com/fuels.htm> 2. aprill 2008.
12. <http://epa.gov/oms/regs/nonroad/marine/ci/fr/dfuelrpt.pdf> 2. aprill 2008.
13. <http://www.thecanadianencyclopedia.com/index.cfm?PgNm=TCE&Params=A1AR TA0000787> 5. aprill 2008.
14. <http://www.europarl.europa.eu/sides/> getDoc.do 5. aprill 2008.
15. <http://tigger.uic.edu/~mansoori/Asphaltene.Molecule.html> 5. aprill 2008
16. <http://www.globalsecurity.org/military/systems/ship/systems/fuel-oil.htm> 5. aprill 2008.

17. <http://www.dec.state.ak.us/SPAR/faq.htm#oils> 5. aprill 2008.
18. <http://moneyterms.co.uk/api-gravity/> 5.aprill 2008.
19. <http://www.containmentboom.com/tidal.html> 5. aprill 2008.
20. <http://www.containmentboom.com/permafen.html> 6. aprill 2008.
21. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=5297&lan=en> 10. aprill 2008.
22. <http://www.vta.ee/atp/?id=886> 10. aprill 2008.
23. <http://www.fma.fi/e/functions/trafficmanagement/index.php> 10. aprill 2008.
24. <http://www.unep-wcmc.org/latenews/stories/wcmcData.aspx> 10. aprill 2008.
25. http://www.itopf.com/information%2Dservices/publications/papers/documents/arctic_shipping.pdf 10. aprill 2008. 10. aprill 2008.
26. http://www.itopf.com/_assets/documents/amop05.pdf 10. aprill 2008.
27. http://www.itopf.com/_assets/documents/tip2.pdf 11. aprill 2008.
28. <http://www.itopf.com/information%2Dservices/data%2Dand%2Dstatistics/statistics/> 11. aprill 2008.
29. M.Mänd Naftareostuse käitumine mere keskkonnas, Lõputöö, juhendaja Andres Talvari, Tallinn,2008

Metsatulekahjude osas kasutatud kirjandus:

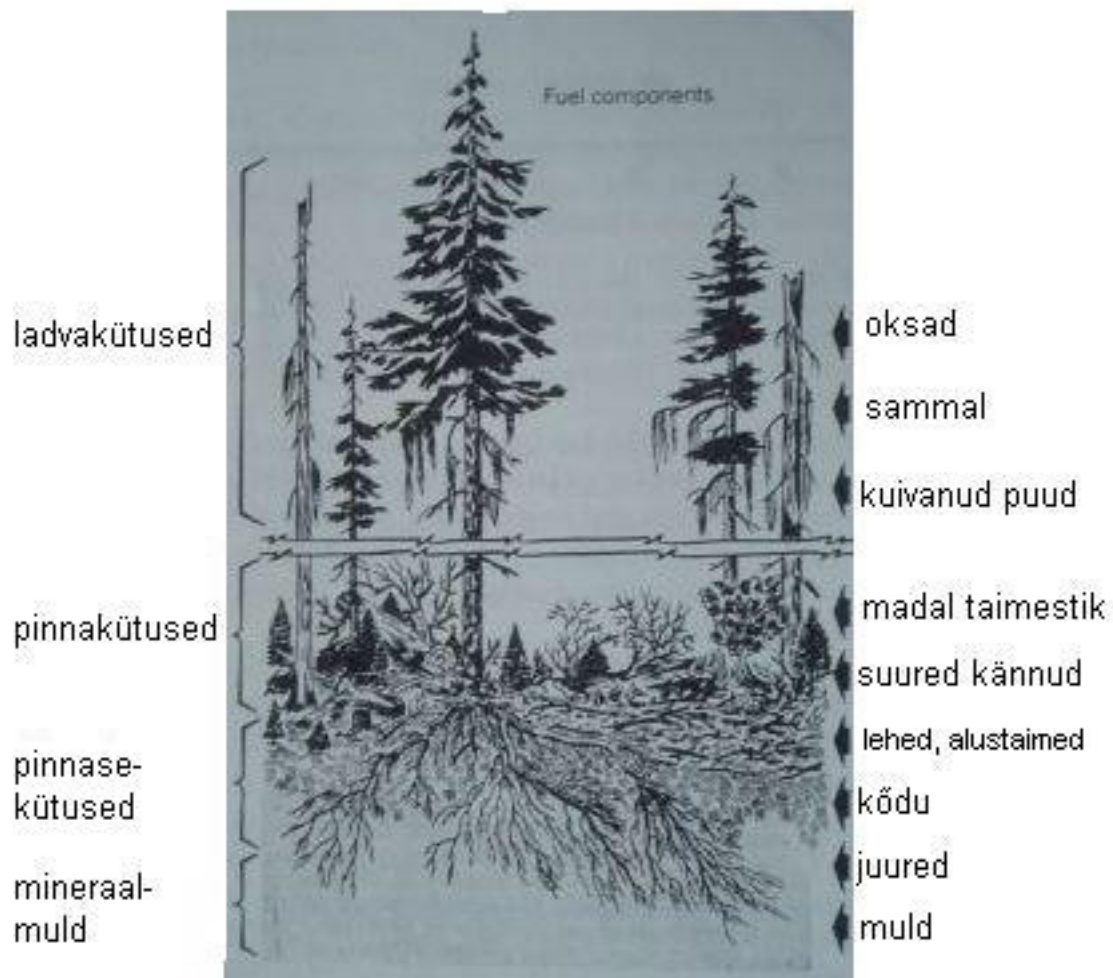
- 1) Adermann V. 2006. Eesti Metsad 2005. Tallinn: Metsakaitse- ja Metsauuenduskeskus.
- 1A T. Aruvainu, Ilmastiku roll metsatulekahjude tekkel, Lõputöö uhendaja A. Talvari, Tallinn 2007.a.
- 2) David Suzuki Foudation. Climate Change and Fire.
http://www.davidsuzuki.org/Forests/Forests_101/FIRE/Climate_Change.asp
[20.04.2007](http://www.davidsuzuki.org/Forests/Forests_101/FIRE/Climate_Change.asp)
- 3) Kändler T. 2000. Kliima muudab oma ilmastikku. Loodus. Jaanuar.
- 4) Kütt V. 2007. Statistiline ülevaade viimaste aastate metsatulekahjustest, nende tekkepõhjustest ning tuleohutusnõuete rikkumistest. Riigimetsa Majandamise Keskuse seminar "Metsade kaitse tulekahjude eest". 30. oktoobril Tartus ja 31. oktoobril Tallinnas.
- 5) Lowe J.D. 2001. Wildland Firefighting Practices. United States of America: Delmar.
- 6) Luik T. 1998. Metsatulekahjud. [Diplomitöö] Tallinn: Sisekaitseakadeemia Päästekolledž.
- 7) Metsa ja muu taimestikuga kaetud alade tuleohutusnõuete kinnitamine. 15.06.1998-
[RTL 1998, 216/217, 854](http://www.rtl.ee/RTL/1998/216/217/854), [RTL 2007, 26, 457](http://www.rtl.ee/RTL/2007/26/457).
- 8) Pyne S.J, Andrews P.L, Laven R.D. 1996. Introduction to Wildland Fire: Second Edition. United States of America: John Wiley & Sons Inc.
- 9) Wikipedia, The Free Encyclopedia. Effects of Global Warming.
http://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_global_warming 15.03.2007
- 10) Wikipedia, The Free Encyclopedia. Global warming.
http://en.wikipedia.org/wiki/Global_warming 16.03.2007
- 11) Wikipedia, The Free Encyclopedia. Wildfire.
http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Propagation_model_wildfire.png 12.03.2007

Lisa 1. Metsatulekahjude liigid



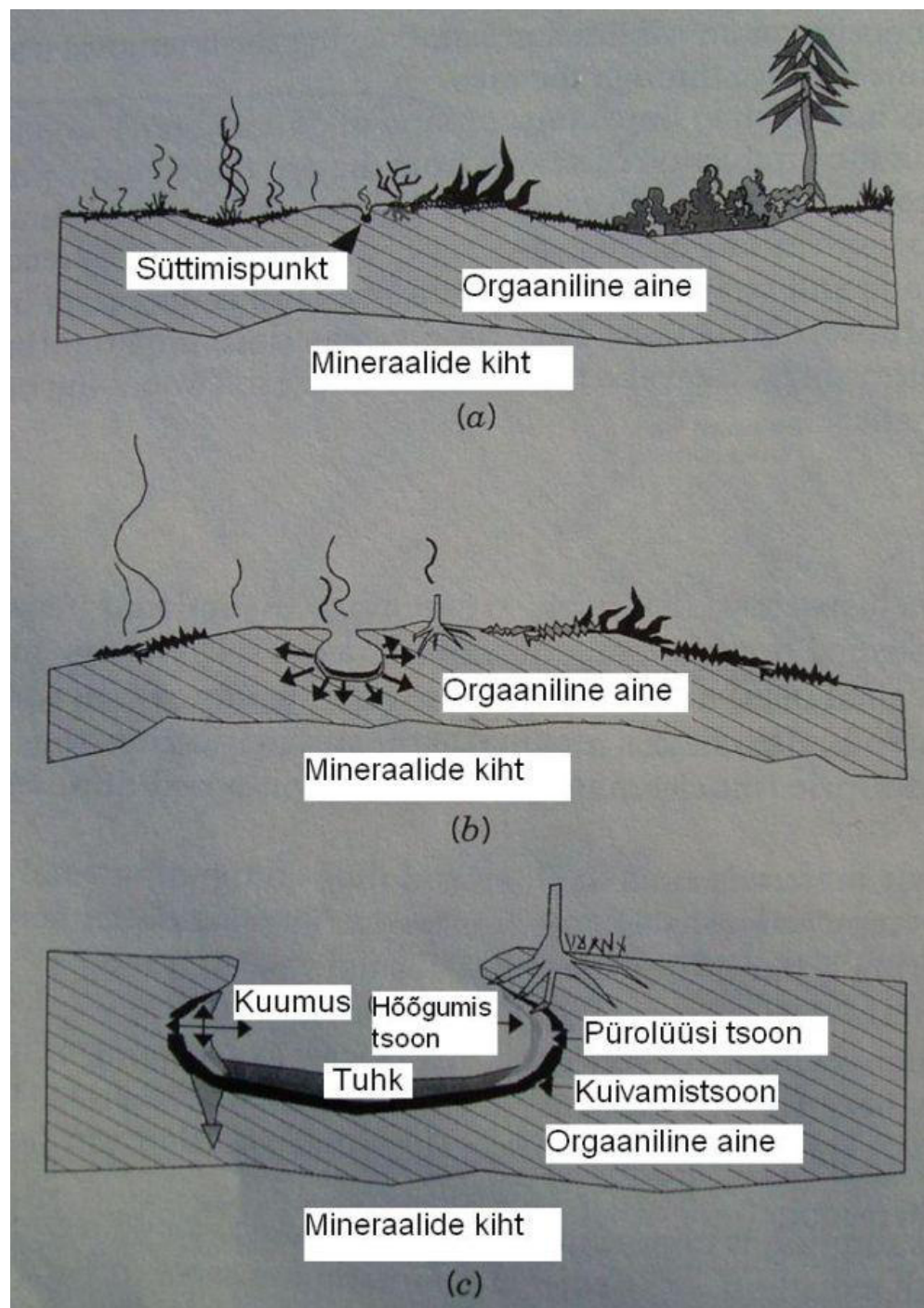
Joonis 22. Metsatulekahjude liigid (Pyne, Andrews, Laven 1996:47)

Lisa 2. Kütuse komponendid



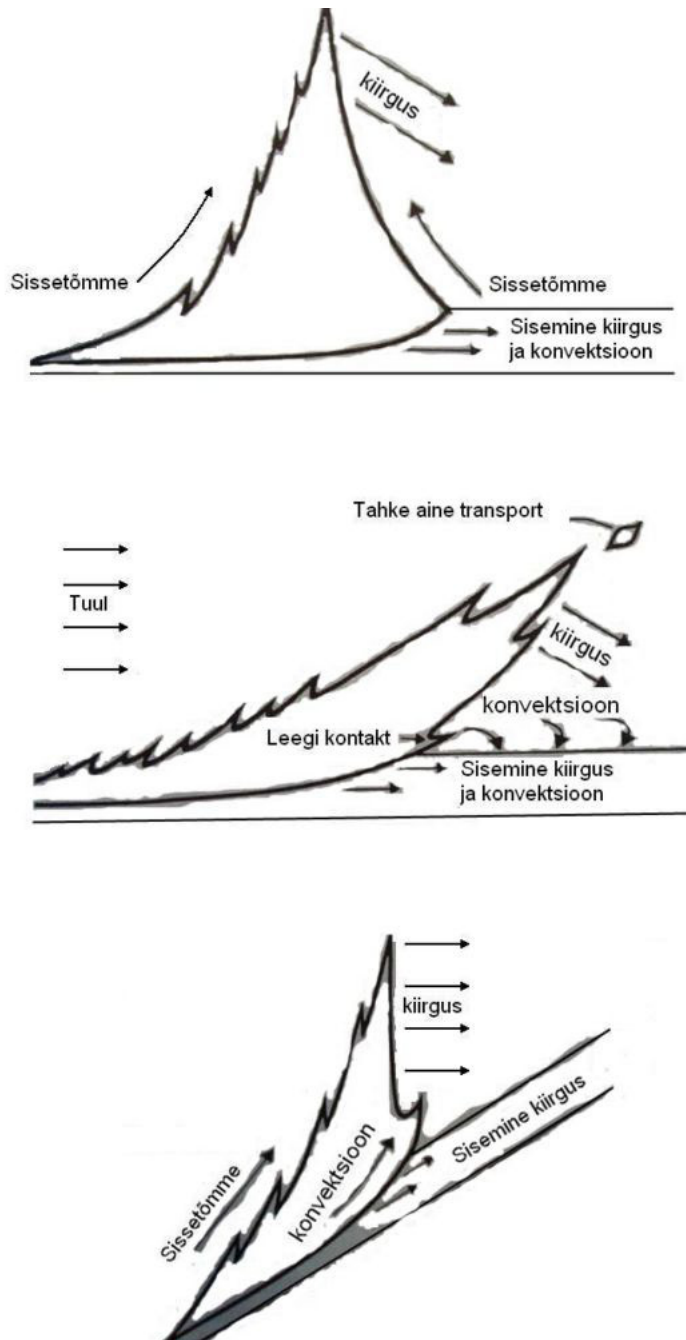
Joonis 23. Kütuste kategooriate komponendid. (Pyne, Andrews, Laven 1996:100)

Lisa 3. Tule levik pinnasesse



Joonis 24. Tule levik pinnasesse (Pyne, Andrews, Laven 1996:28)

Lisa 4. Tule levik, tuuletetu, tuulise ilma korral ja nõlvakul



Joonis 25. Tule levik tuuletetu ja tuulise ilma korral ning nõlval (Pyne, Andrews, Laven 1996:43)

Lisa 5. Looduslike ohtude klassifikatsioon (Moskva Tuletõrje akadeemia, S. Mjagirovi, N. Jasamatovi, 2002) järgi

LOODUSÕNNETUSE LIHK	LOODUSÕNNETUSTE TÜÜP	ERAKORRALISTE NÄHTUSTE TÜÜP
EPIDEEMIAD	<i>BIOLOOGILISED</i>	Eriti ohtlikud infektsioonhaigused, mürgitused
EPIZOOTIAD	”	
EPIFÜTONIIDID	”	
LOODUSLIKUD TULEKAHJUD	”	
TSUNAAMID	<i>GEODÜNAAMILISED</i>	Geoloogilised
VULKAANIPURSKED		
MÄEVARINGUD		
MAALIHKED	<i>GEOMORFOLOOGILISED</i>	Geoloogilised
LUMELAVIINID		
TORMID, TSÜKLONID	<i>KLIMAATILISED, HÜDROLOOGILISED</i>	Hüdrometeoroloogilised ja heliogeograafilised
ÜLEUJUTUSED		
PÕUAD		
KÜLMUMISED		
KIILASJÄÄ		
METEORIIDID	<i>KOSMILISED</i>	
MAGNETTORMID		