

**Loeng 4 / harjutus:**  
**NordStream kui väljakutse**  
**Läänemere maade mereteadusele**

**Tarmo Soomere**

Eesti Teaduste Akadeemia  
 TTÜ Küberneetika Instituut

Soomere 2010 Rannikuprotsessid EMH0090 WAVE ENGINEERING

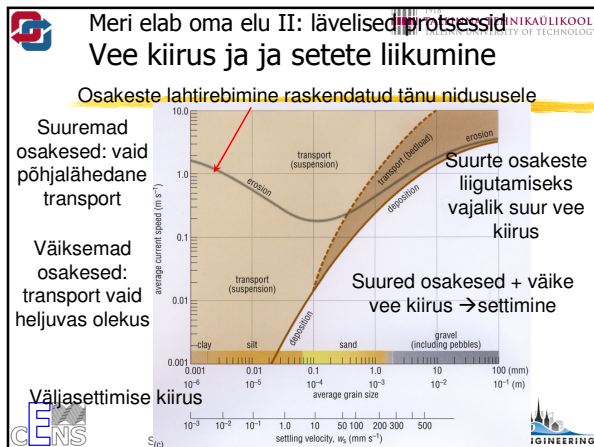
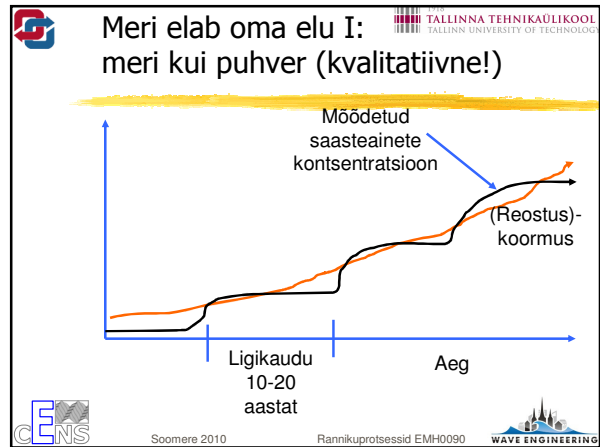
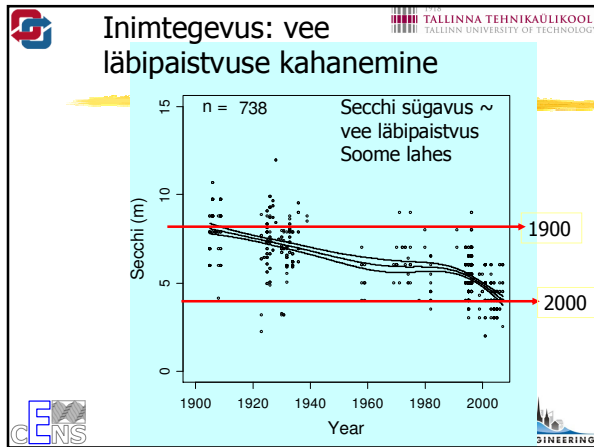
**Läänemeri: erakordne pärl**

EL sisemeri  
 380,000km<sup>2</sup>  
 Keskmine sügavus 67 m

- Pole tõusu-mööna
- Pole jugahoovuseid
- Väikesed möötmed
- Tagasihoidlikud tuuled
- Väikesed tsüklonid;
- Samas kõrged lained
- Riimvesi, väike ookean
- Erakordne stratifikatsioon
- Elu tänu sissevoolule

→ Suhteliselt rahulik meri  
 → Ülitundlik kõrvalmõjudele  
 Eriti tundlik mereala (IMO)

Soomere 2010



**NordStream: mastapne väljakutse**

1220 km: maailma pikim vahejaamadeta torujuhe

Euroopa Liidu (peaaegu) sisemeres, mis on

- Väga ebatavalise hüdrodünaamika ja elustikuga
- Erakordselt tugeva inimõju meelevalts
- Eriti tundlik mereala (IMO 2005, nagu Suur Vallrahu)

Soomere 2010 Rannikuprotsessid EMH0090 WAVE ENGINEERING

**Alguses oli pressiteade** TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**Russian pipeline on sea bed**  
SSG-TALLINN: The Russian gas company Gazprom is planning to build a pipeline on the sea bed from Russia, via the Gulf of Finland and the Baltic, to Germany. According to the company, this type of connection has been chosen in order to avoid transit through countries with an unstable trade and industry sector. Studies have been made with the help of Finnish Fortum and Fortum Engineering as well as with Norwegian, Danish and Russian institutes and consulting companies. The pipeline will be 1,200 km long. It will be completed in 2007 and will reach full capacity – 30 billion cubic metres of natural gas – two years later. On 18 November, Gazprom also signed a transport cooperation agreement with Lukoil for the next three years. (21.11.02)

The Scandinavian  
**SHIPPING GAZETTE** 22.10.2002  
SSG Newsletter 47/02, Maritime News for Northern Europe  
Taru Madli Veismannile  
CENS WAVE ENGINEERING

**Suur torujuhe väikeses meres** TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**THE NATURAL GAS PIPELINE ACROSS THE BALTIC SEA**

**Facts about the gas pipeline**

- Two parallel pipelines, planned as a consequence of the gas pipeline in 2011, the second in 2012
- Total capacity: 60 bcm per year
- Will meet about 25% of the additional gas supply needs of Europe in 2020
- Cost: 7.4 billion Euro

Source: Nord Stream

**Suur torujuhe mere põhjas** TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Torujuhtme ehitusega seondult

- Häiritakse tugevalt setteid mere põhjas
- Tuleb kõrvaldada meremiine, muid lõhkekehi
  - Läänemere paigaldatud kokku ca 100 000 meremiini
- Võidakse häirida uputatud sõjamürke ja muid mürkaineid
  - 1000 tonni elavhõbedat, 350 000 tonni laskemoona, millest puudub täpne ülevaade
- Paisatakse veesambasse mürkaineid, keemiatööstuse heitmeid jne.
  - Dioksiinid Soome lahe kesk- ja põhjaosa setetes
  - Harri Helenius (Soome suursaadik Venemaal): arvestatav kogus mürkaineid võib jõuda merepõhjust pinnavesesse (Downstream Today, 27 Nov 2007)
- Paigaldus häirib linde ja mereelustikku
  - Toru lähed Gottlandi juures mõnda kaitsealade naabrusest
- Toru pesuvedelik (2,3 min m<sup>3</sup>) sisaldab merekeskkonna jaoks võõraid kemikaale.
- Gaasileke ja -plahvatus: oht laevadele & inimestele
  - Andreas Carlgren (Rootsi keskkonnaminister): toru läbib tundliku keskkonnaga ja väikese riskitaluvusega piirkondi (31.07.2007)

CENS Soomere 2010 HÄNNIKUPROTSESSI ERIHILISU WAVE ENGINEERING

**Hoovuste mustrid Soome lahes: veemass koosneb pikaaelistest keeristest** TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Dünaamika kohati keerukam kui avaookeanis

Andrejev, Myrberg & Lundberg  
Tellus A 56 (5), 548-558, 2004.

**Soome lahe hoovused ja pinnakihi temperatuur kõrglahutusega mudelis (0.5 miili, 18.05.1996)**

Arvutused: Oleg Andrejev, SYKE, 2010, personaalne informatsioon

**Mõistlikkuse tagamiseks: keskkonnamõju hindamine** TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**Keskkonnamõju hindamised (KMH) Eesti rannikumeres keskkonnamõju hindamise ja keskkonnaaudititeerimise seaduse valguses**

Triin Lapimaa, MSc. 2006

**Hindamist vajavad tegevused**

- ▶ tuuleelektrijaama püstitamine veekogusse;
- ▶ **siseveekogus** sadama või sellise veeteede rajamine, mis on projekteeritud **1350 tonni ületava** veeväljasurvega aluste jaoks;
- ▶ **sadama või** maismaaga ühendatud **kai püstitamine**, kui see teenindab 1350 tonni ületava veeväljasurvega aluseid;
- ▶ tundlikule suublale **hüdroelektrijaama, tammi, paisu või veehoidla** püstitamine või selle rekonstrueerimine;



KMH ja keskkonnanähtimissüsteemi seadus, 2005 Soomere 2010 Rannikuprotsessid EMH0090 WAVE ENGINEERING

**Hindamist vajavad tegevused (järg)**

- ▶ **mere süvendamine** alates pinnase mahust 10 000 kuupmeetrit, **merepõhja tahkete ainete uputamine** alates ainete mahust **10000 kuupmeetrit**, muu veekogu süvendamine alates pinnase mahust 500 kuupmeetrit või muusse veekogusse tahkete ainete uputamine alates ainete mahust 500 kuupmeetrit;
- ▶ merepõhjust või maismaalt ööpäevas üle 500 tonni **nafta või** üle 500 000 kuupmeetri **maagaasi ammutamine**.



KMH ja keskkonnanähtimissüsteemi seadus, 2005 Soomere 2010 Rannikuprotsessid EMH0090 WAVE ENGINEERING

**KMH visandi esitlus ekspertidele (Hamburg, 16-17.09.2008)**

- ▶ KMH üksikute peatükkide visandite esitlus
- ▶ Intensiivne tagasiside mitmete maade teadlastelt ja ekspertidelt
- ▶ Tähelepanu juhiti olulistele lünkadele andmestikus ja meetoodikas
  - ▶ Situatsioon Soome lahes põhimõtteliselt erinev Läänemere avaosast
  - ▶ Ilmsed interpretatsioonivead avamere kogemuse ülekandmisel Läänemere & Soome lahe tingimustesse
  - ▶ Toksilised ained võivad vabaneda sügavamatest settekihtidest
  - ▶ Suured erimeelsused (100-10 000 korda) riskihinnangutes laevaliiklusele & gaasilekete tagajärgedele
- ▶ NordStream: **materjalide levitamine ja viitamine keelatud**

KMH ja keskkonnanähtimissüsteemi seadus, 2005 Soomere 2010 Rannikuprotsessid EMH0090 WAVE ENGINEERING

**Nord Stream ja Läänemeri I**

- ▶ Läänemere ↔ Põhjameri **veevahetus**
  - ▶ Ilma soolase & hapnikurikka Põhjameri vee sissevooluta oleks Läänemere sügavamad osad surnud (nagu Must meri)
  - ▶ Veevahetus toimub mõne meetri paksuse kihina mere põhjas, mida toru otseselt mõjutab (Hans Dahlin, EuroGOOS, president)
  - ▶ → **oht ökosüsteemile tervikuna** (cf. Öresundi sild)
- ▶ **Insenertehnilised aspektid: avariikindlus**
  - ▶ Võimalike maavarinate tugevus & mõju alahinnatud
  - ▶ Hüdrodünaamilised koormuste hinnangud ebatäpsed
    - ▶ siselained pole üldse märgitud kogu aruandes!
    - ▶ gaasiplahvatus (~50xHiroshima) → tsunami võimalus
- ▶ **Anisotroopsed transpordi mustrid**
  - ▶ Veesambasse paisatud mürgained, keemiatööstuse heitmed jne. Soome lahes → Eesti randa

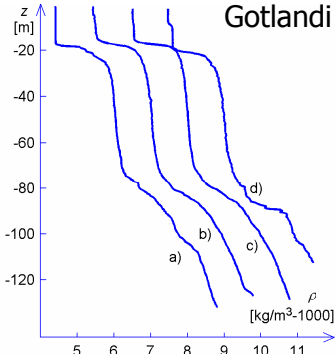
KMH ja keskkonnanähtimissüsteemi seadus, 2005 Soomere 2010 Rannikuprotsessid EMH0090 WAVE ENGINEERING

**Läänemere iseärasused**

- ▶ Väga keerukas kuju
- ▶ Madal (keskmine 55m) – topograafia!
- ▶ Ise väike ookean, ning mitmed basseinid samuti
- ▶ Keerukas horisontaalne ja vertikaalne temperatuuri, soolsuse jne. jaotus
- ▶ Magevesi peal & soolane all: erakordselt tugev stratifikatsioon; 2 (harva 3) kihti
- ▶ Seetõttu ainevahetus ülemiste & alumiste kihtide vahel takistatud → up/downwelling tähtsad!
- ▶ Aeglane veevahetus (~28 aastat)
- ▶ Keerukas tsirkulatsioon

KMH ja keskkonnanähtimissüsteemi seadus, 2005 Soomere 2010 Rannikuprotsessid EMH0090 WAVE ENGINEERING

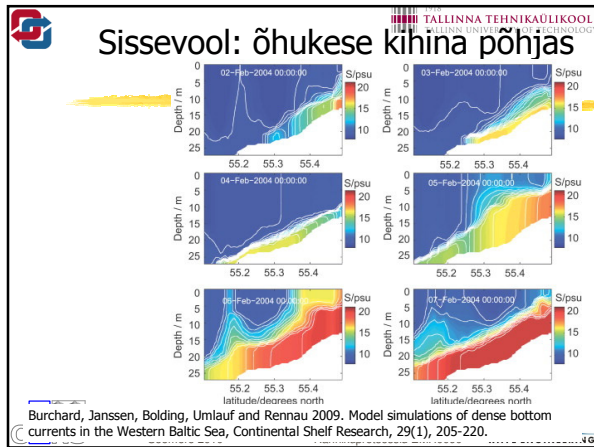
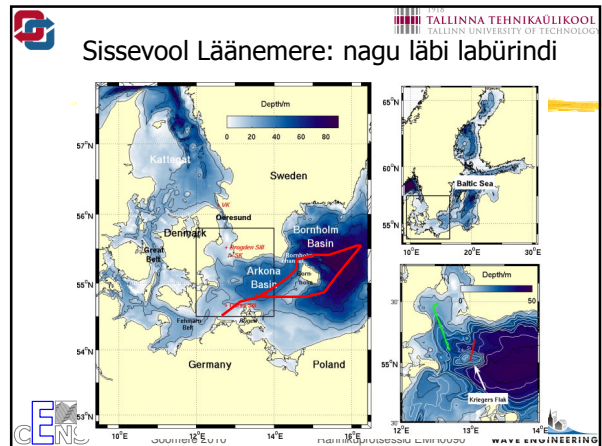
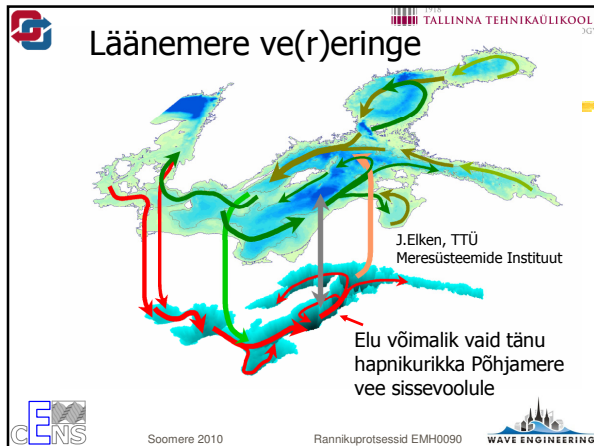
**Vertikaalsed profiilid Gotlandi süvikus**



Mõõtmised: Jaan Laanemets, Madis-Jaak Lilover, TTU Meresüsteemide Instituut

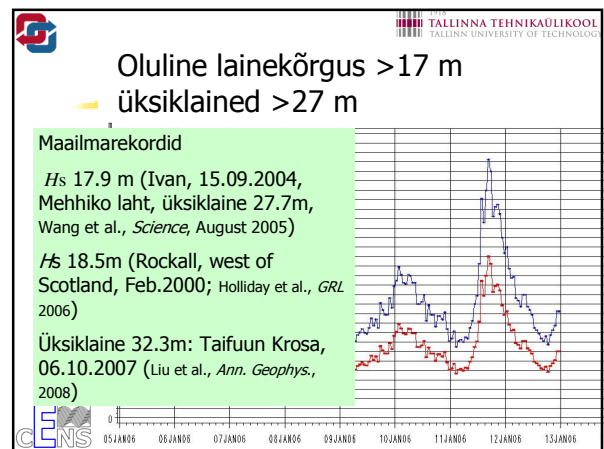
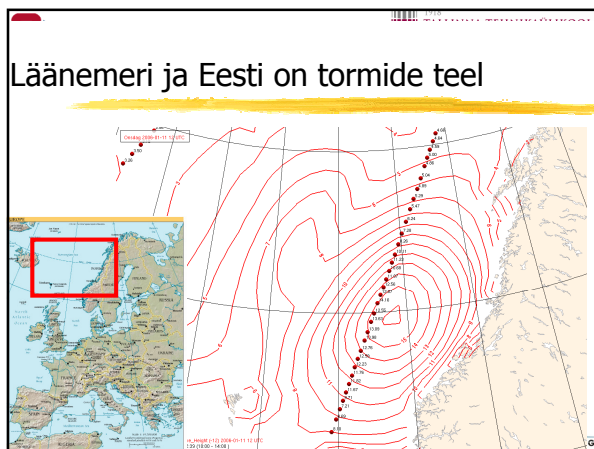
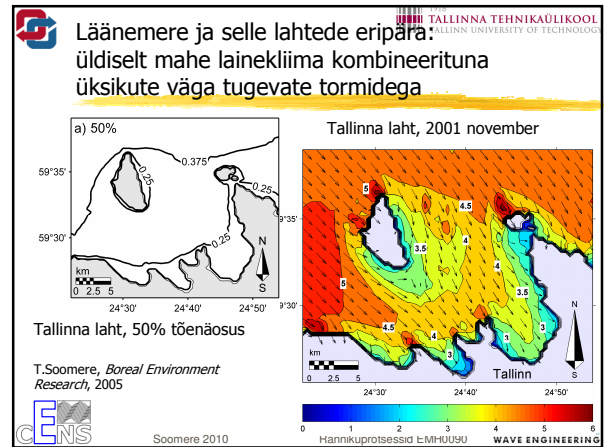
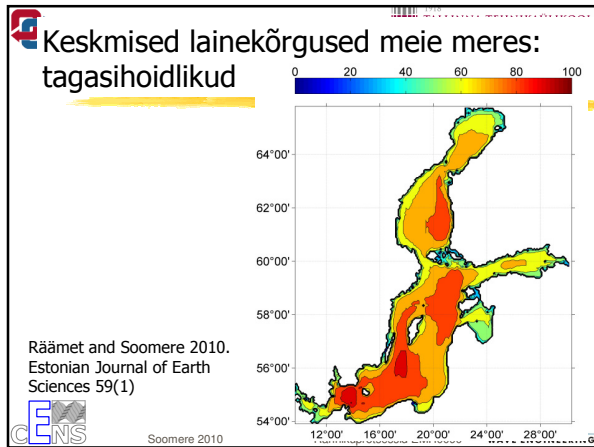
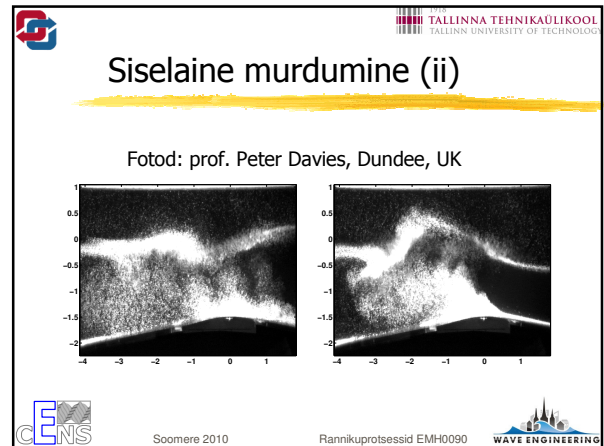
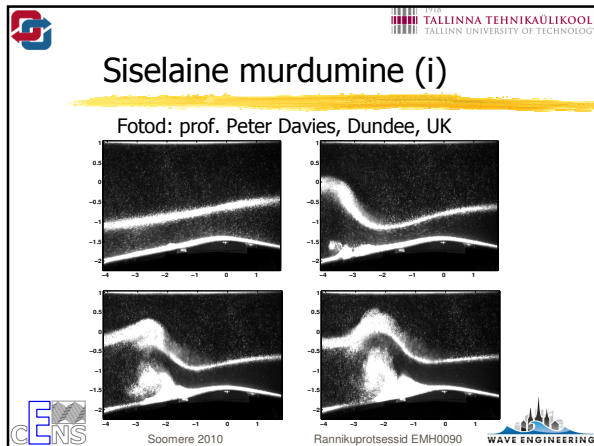
KMH ja keskkonnanähtimissüsteemi seadus, 2005 Soomere 2010 Rannikuprotsessid EMH0090 WAVE ENGINEERING

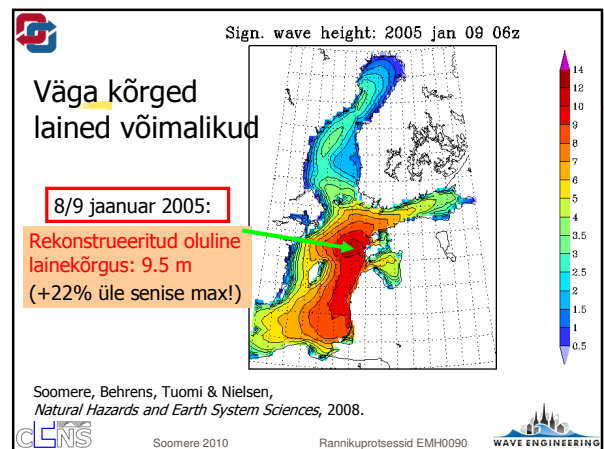
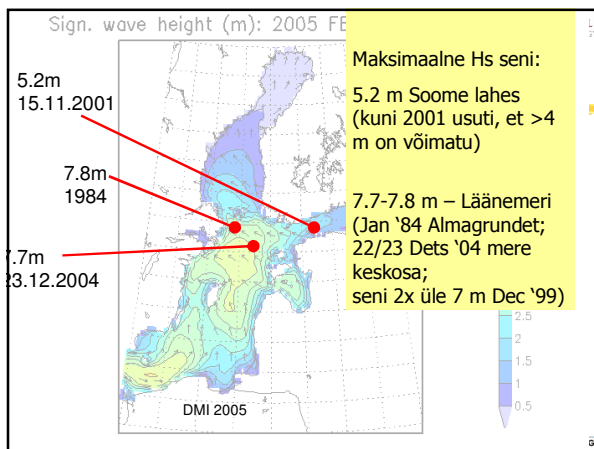
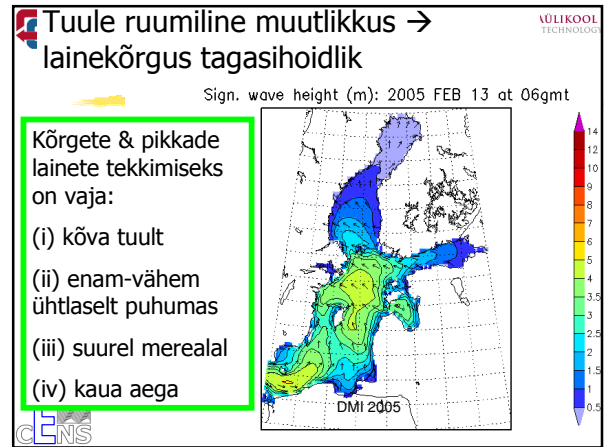
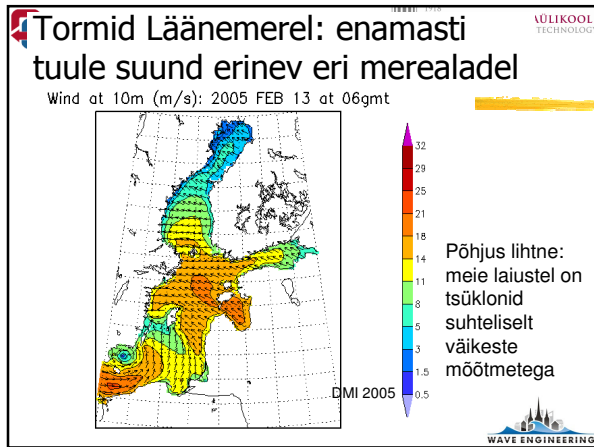
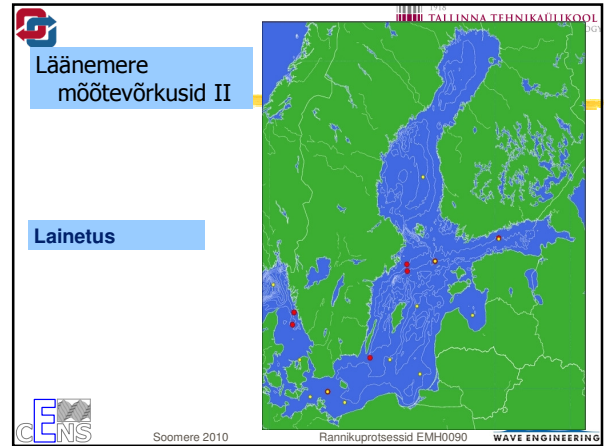
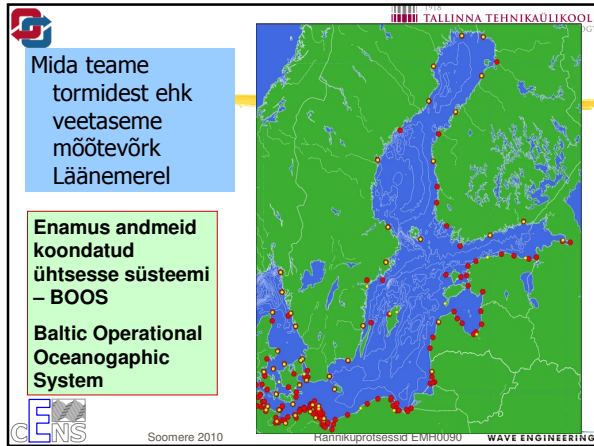


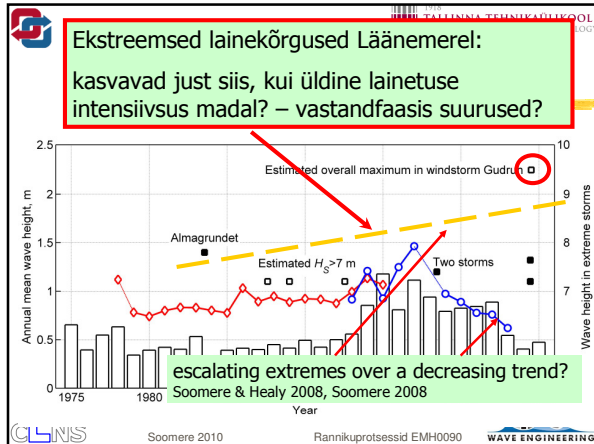


- ### Nord Stream ja Läänemeri II
- Läänemere ↔ Põhjamae veevahetus
    - Ilma soolase & hapnikurikka Põhjamae vee sissevooluta oleks Läänemere sügavamad osad surnud (nagu Must meri)
    - Veevahetus toimub mõne meetri paksuse kihina mere põhjas, mida toru otseselt mõjutab (Hans Dahlin, EuroGOOS, president)
    - oht ökosüsteemile tervikuna (cf. Öresundi sild)
  - Insenertehnilised aspektid: avariikindlus
    - Võimalike maavärinate tugevus & mõju alahinnatud
    - Hüdrodünaamilised koormuste hinnangud ebatäpsed
      - siselained pole üldse märgitud kogu aruandes!
      - gaasiplahvatus (~50xHiroshima) → tsunami võimalus
  - Anisotroopsed transpordid mustrid
    - Veesambasse paisatud müra, keemiatootuse heitmed jne. Soome lahes → Eesti randa
- Soomere 2010 Rannikuprotsessid EMH0090 WAVE ENGINEERING

- ### Siselained šelfimeredes: tekitavad ootamatult suuri hüdrodünaamilisi koormusi
- Suured jõud torudele, platvormi tugedele jm. struktuuridele
  - Täheldatud platvormide deformeerumist ja nihkumist
  - Murdumisel: intensiivne setete ülespaikumine
  - Väga raske uurida, kuna levivad (peamiselt) mööda erineva tihedusega veekihtide vahelist pinda
- 
- Soomere 2010 Rannikuprotsessid EMH0090 WAVE ENGINEERING







**Nord Stream ja Läänemeri Ic**

- Läänemere ↔ Põhjamere **veevahetus**
  - Ilma soolase & hapnikurikka Põhjamere vee sissevooluta oleks Läänemere sügavamad osad surnud (nagu Must meri)
  - Veevahetus toimub mõne meetri paksuse kihina mere põhjas, mida toru otseselt mõjutab (Hans Dahlin, EuroGOOS, president)
  - → **oht ökosüsteemile tervikuna** (cf. Öresundi sild)
- Inseneritehnilised aspektid: **avariikindlus**
  - Võimalike maavärinate tugevus & mõju alahinnatud
  - Hüdrodünaamilised koormuste hinnangud ebatäpsed
    - siselaineid pole üldse märgitud kogu aruandes!
  - **gaasiplahvatus** (~50xHiroshima) → tsunami võimalus
- Anisotroopsed **Risk=tõenäosus × tagajärg**
  - Veesambasse paisatud mürkained, keemiatööstuse heitmed jne. Soome lahes → Eesti randa

Soomere 2010 Rannikuprotsessid EMH0090 WAVE ENGINEERING

**Harjutus 1: kui kaua läheb aega, enne kui gaasileket märgatakse?**

Andmed: Rõhk 200 atm; toru pikkus lähima maismaani (rõhuanurini) 600 km

Vihje: signaal rõhu alanemise kohta levib heli kiirusega

Harjutus 2: kui palju gaasi satub merre juhul, kui toru otsad koheselt avatakse (ideaaljuht)

Vihje: lekkekohas hakkab väljavool kahanema alles siis, kui avamise "signaal" sinna tagasi jõuab

Soomere 2010 Rannikuprotsessid EMH0090 WAVE ENGINEERING

**4 Mai 2008:**  
Üksik hiidlaine Koreas: 9 ohvrit  
Pildid: üksik hiidlaine Kalk Bay, Lõuna-Aafrika, 26.08.2005: 2 vigastatud

Soomere 2010 Rannikuprotsessid EMH0090 WAVE ENGINEERING

**Oktoober 2005: hiidlained (mitte tsunami) ujutasid üle Maracas'e ranna**

1012 I. I. Didenkulova et al.: Freak waves in 2005

Fig. 4. The waves in Maracas Beach on 16 October (Stepletova, 2005).

Maracas Beach, 16 Oct 2005

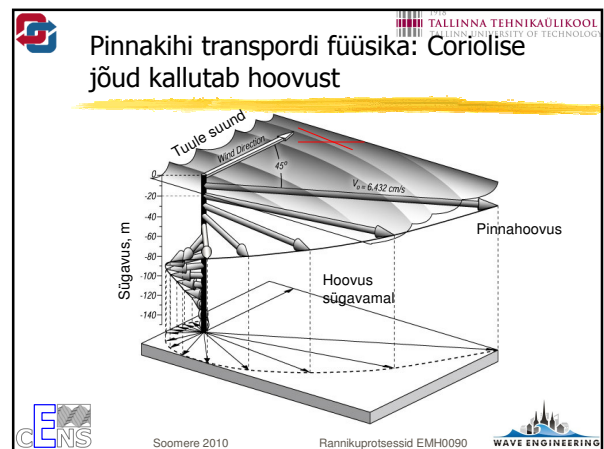
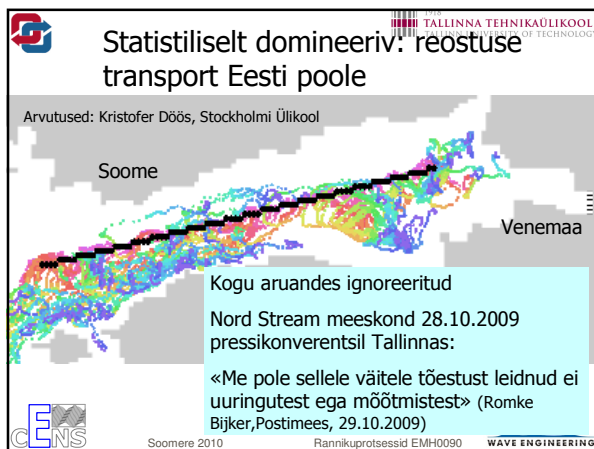
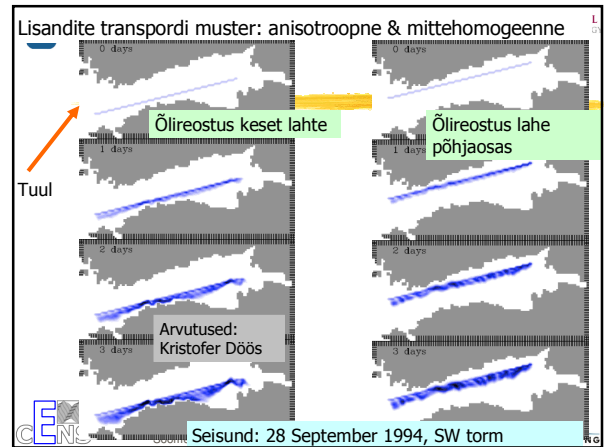
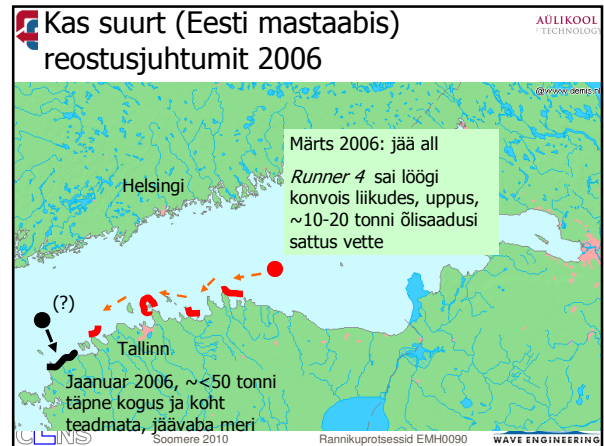
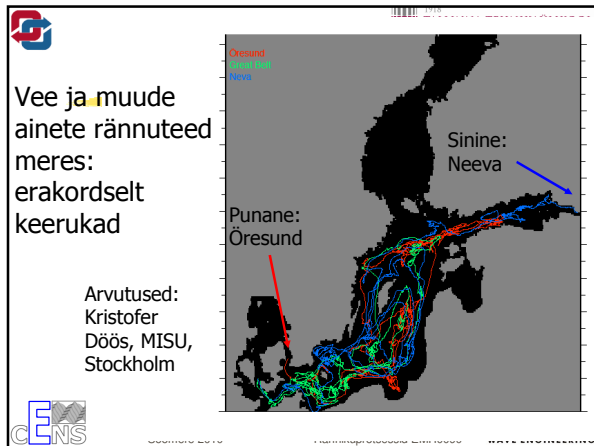
Soomere 2010 Rannikuprotsessid EMH0090 WAVE ENGINEERING

**Nord Stream ja Läänemeri III**

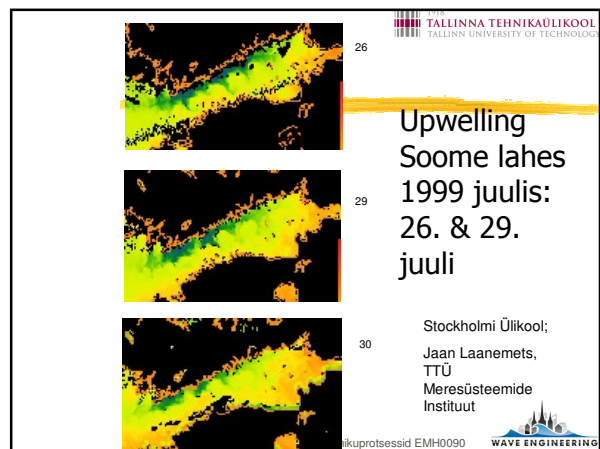
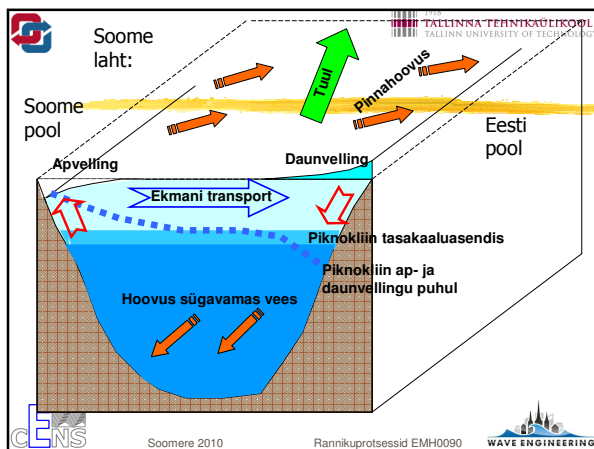
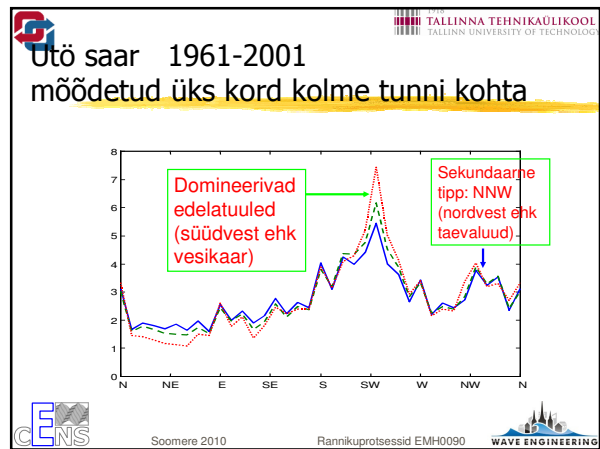
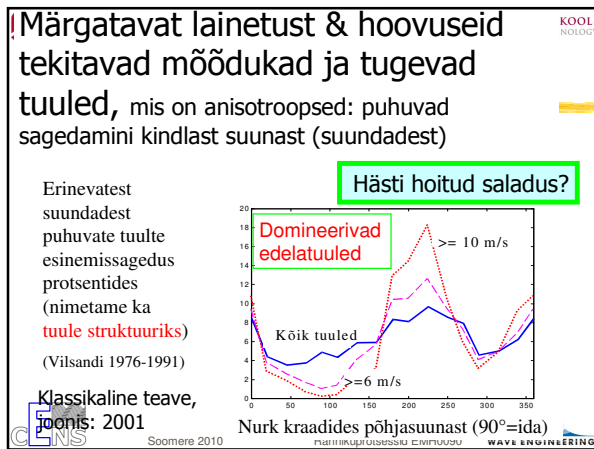
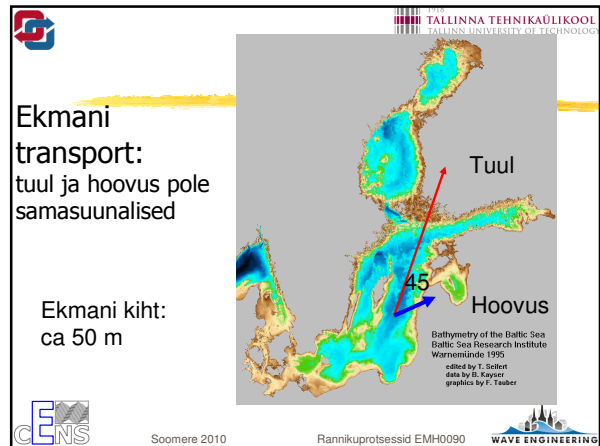
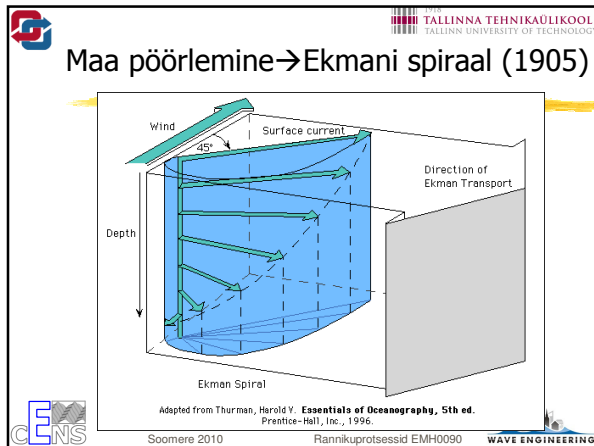
- Läänemere ↔ Põhjamere **veevahetus**
  - Ilma soolase & hapnikurikka Põhjamere vee sissevooluta oleks Läänemere sügavamad osad surnud (nagu Must meri)
  - Veevahetus toimub mõne meetri paksuse kihina mere põhjas, mida toru otseselt mõjutab (Hans Dahlin, EuroGOOS, president)
  - → **oht ökosüsteemile tervikuna** (cf. Öresundi sild)
- Inseneritehnilised aspektid: **avariikindlus**
  - Võimalike maavärinate tugevus & mõju alahinnatud
  - Hüdrodünaamilised koormuste hinnangud ebatäpsed
    - siselaineid pole üldse märgitud kogu aruandes!
  - **gaasiplahvatus** (~50xHiroshima) → tsunami võimalus
- Anisotroopsed **transpordi muustrid**
  - Veesambasse paisatud mürkained, keemiatööstuse heitmed jne. Soome lahes → Eesti randa

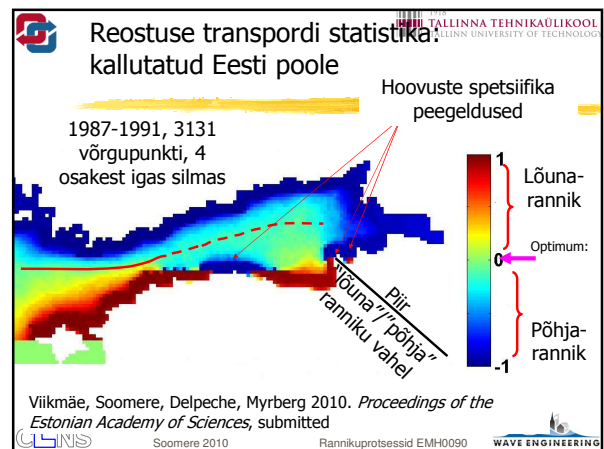
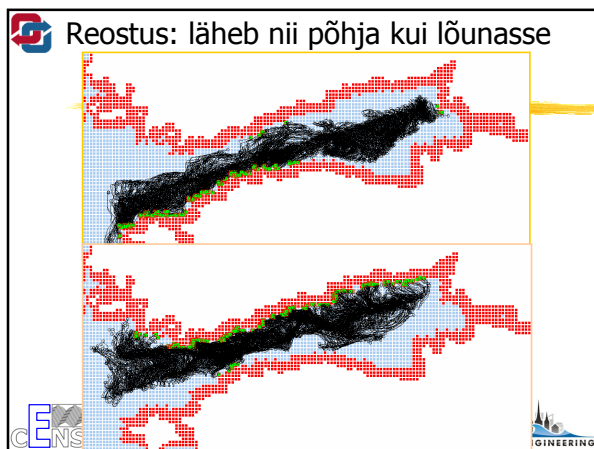
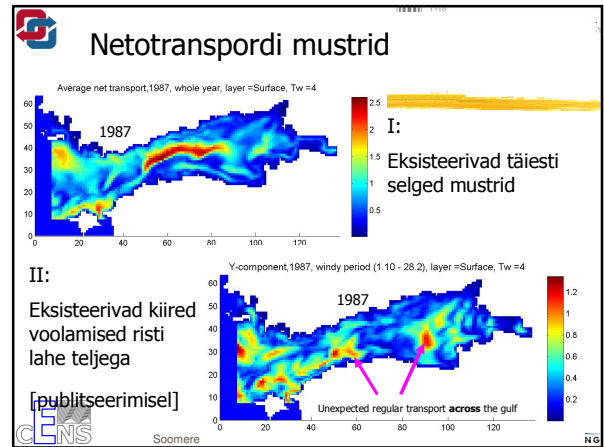
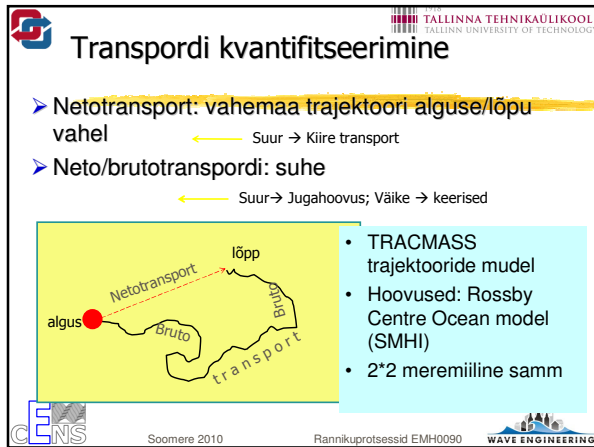
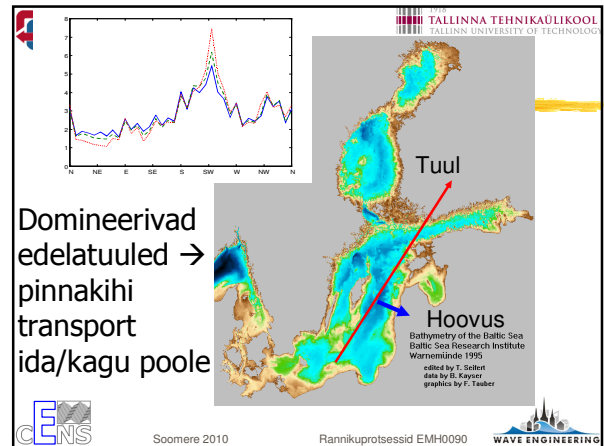
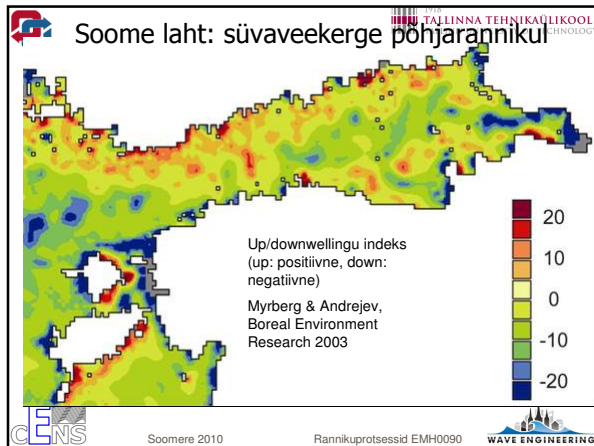
Soomere 2010 Rannikuprotsessid EMH0090 WAVE ENGINEERING







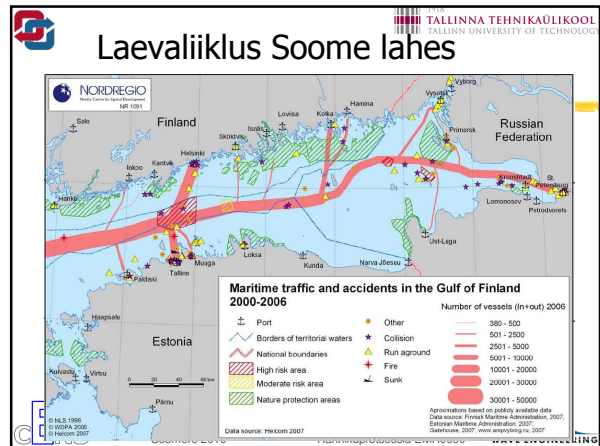




## Nord Stream ja Läänemeri IV

- Kumulatiivsed efektid
  - Ülespaisatud **setted jäävad kohevaks** → juba väike vee liikumine paneb need uuesti liikuma
  - Näidatud kiirlaevalainete uuringute raames (Schoellhamer 1996), kinnitatud 2006/2008 Belgias
  - → Tegelik reostuse liikumine: **kuni 10x kauem, 10x kaugemale**
- Laevaliiklus & toru
  - Esmakordne maailmas: laevatee ei löiku toruga, vaid paikneb toru kohal >400 km ulatuses
  - Toru on Soome lahes kui "attraktor" ankrutele
  - Leke jää all → plahvatus alati laevateel
  - Riski hinnang täiesti ebaadekvaatne

Soomere 2010 Rannikuprotsessid EMH0090



## Kainet mõistust ja matemaatikat ignoreerides

Risk ~  
lõikumise "pindala"

Matemaatika: lõikumist ja puutumist tuleb käsitleda erinevalt!

Safety assessment against ship traffic

Laevatee toru kohal:  
Risk → ~ lõpmatu suur (tegelikult: ~L)

Soomere 2010 Rannikuprotsessid EMH0090

## HELCOMi eesmärgid: 2020 Krakow, 2007

- Ohtlike ainete kontsentratsioonid loodusliku fooni tasemel;
- Mistahes kala võib julgesti süüa;
- Terve looduskeskkond;
- Radioaktiivsus tasemel, mis oli enne Tšernobõli

Soomere 2010 Rannikuprotsessid EMH0090

## Teaduste Akadeemia ekspertkogude pöördumine

Läänemere ümbruse riikide Nord Streami KMH eest vastutavatele institutsioonidele, 29.04.2009

Esialgse analüüsi tulem:

piiriülese (Espoo) KMH aruandes esitatud materjal ei käsitle adekvaatselt gaasitoru keskkonnamõju tegelikku ulatust.

Kesksed küsimused:

- Pole välistatud ökokatastroof **sõjamürkide** veesambasse paiskumise tõttu
- Toksiliste jm. merd negatiivselt mõjutavate **ainete vabanemine põhjasetetest**: mastaap, levik ja tagajärjed ebaselged
- Kumulatiivsed ja pikaajalised mõjud analüüsimata

Soomere 2010 Rannikuprotsessid EMH0090

## Dioksiinid Läänemere setetes : ülevaade 2006.a. seisuga

Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

ScienceDirect CHEMOSPHERE

Chemosphere 67 (2007) 1762-1775

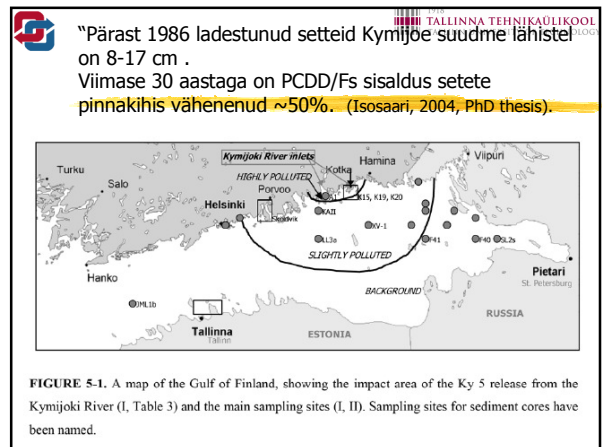
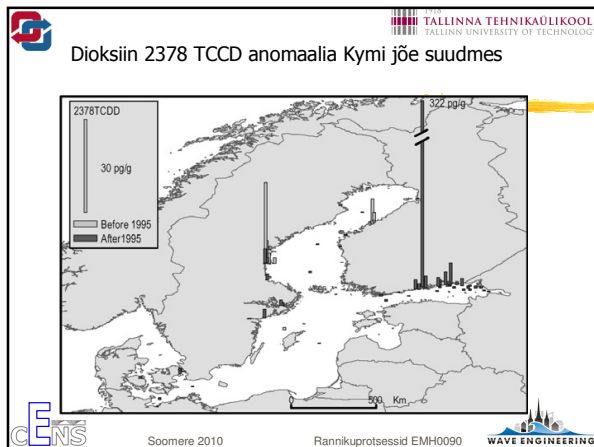
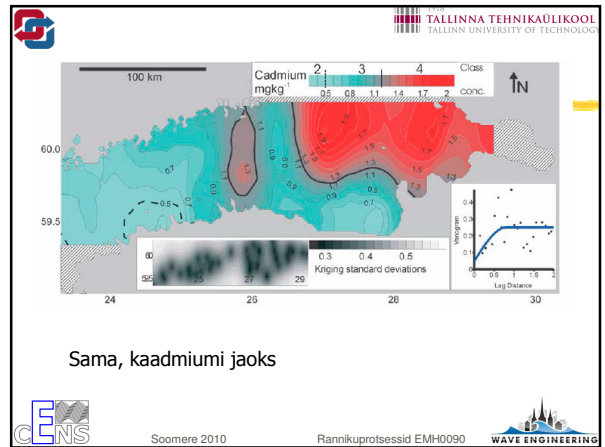
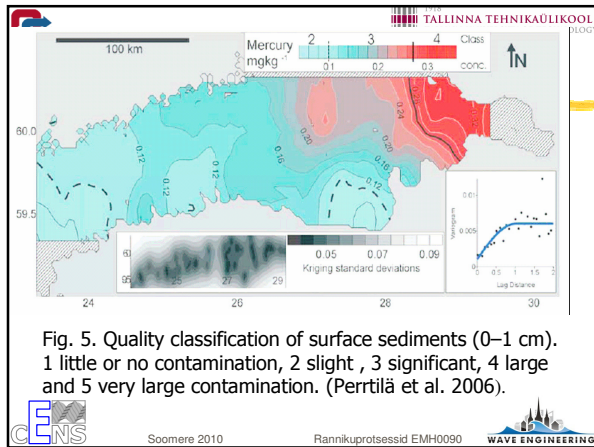
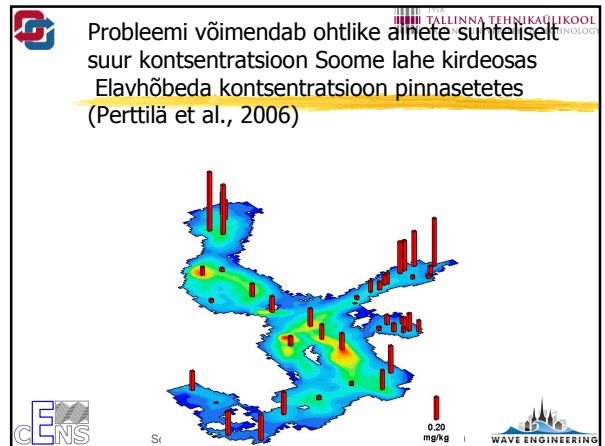
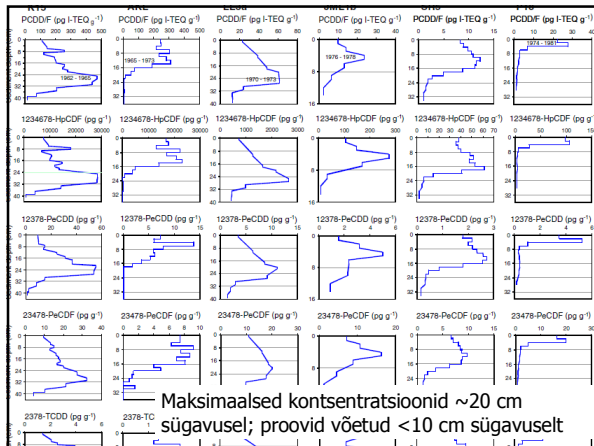
Dioxin concentrations in sediments of the Baltic Sea – A survey of existing data

Matti Verta <sup>a,\*</sup>, Simo Salo <sup>a</sup>, Markku Korhonen <sup>a</sup>, Timo Asmuth <sup>a</sup>, Hannu Kiviranta <sup>b</sup>, Jaana Koistinen <sup>b</sup>, Päivi Ruokojärvi <sup>b</sup>, Pirjo Isosuuri <sup>b,1</sup>, Per-Anders Bergqvist <sup>c</sup>, Mats Tysklind <sup>d</sup>, Ingemar Cato <sup>e</sup>, Jørgen Vikesøe <sup>e</sup>, Martin M. Larsen <sup>e</sup>

<sup>a</sup> Finnish Environment Institute (SYKE), P.O. Box 140, FI-00511 Helsinki, Finland  
<sup>b</sup> National Public Health Institute, P.O. Box 95, FI-00701 Kuopio, Finland  
<sup>c</sup> Environmental Chemistry, Department of Chemistry, Umeå University, SE-901 87 Umeå, Sweden  
<sup>d</sup> Geological Survey of Sweden, P.O. Box 676, SE-751 29 Uppsala, Sweden  
<sup>e</sup> National Environmental Research Institute, P.O. Box 358, DK-4000 Roskilde, Denmark

Accepted 26 May 2006  
Available online 16 January 2007

Soomere 2010 Rannikuprotsessid EMH0090





**Keskonna- ja terviseriske seoses mürkainete vabanemisega**

- Vabanemisel põhjasetetest satuvad dioksiinid ja metüül-Hg toitumisahelasse.
- Kalad (eriti räim ja lõhe) kontsentreerivad dioksiine.
- Soomes norm ületatud 2x ja Venemaal lubatud 1,5x suurem norm EU normist.
- Mõned dioksiini erimid tungivad rakkudesse, mõjutades DNA-d.
- Suurimas ohus rasedad ja imetavate emade lapsed (dioksiinide 50x kontsentreerumine).

Soomere 2010 Rannikuprotsessid EMH0090

**NordStream ja Läänemeri V:**

- väljakutse Läänemere mereteadusele?
- mereteaduse peegel?
- ühiskonna peegel?

Mitte miski muu ei eralda meid reaalsuse objektivsest mõistmisest nii põhjalikult, kui professionaali käega parandatud tõde (Aleksander Zinovjev)

Soomere 2010 Rannikuprotsessid EMH0090

**Mitte kõik pole õnnelikud**

Eestimaa Looduse Fond - miinide lõhkamise luba; Vaasa administratiivkohus.

Eesti Looduseuurijate Selts - Taani keskkonnaluba: Taani energიაvaidluste komisjon (Energeetikaministeeriumi juures)

Saksamaa Looduse Fond - Saksamaa keskkonnaload

Eraisik Rootsis - Rootsi keskkonnaluba

Eraisik Soomes - Soome valitsuse luba Soome kõrgemas kohtus

Ivar Puura informatsioon 16.02.2010 seisuga

**Lahtised küsimused Eesti jaoks**

Hüdrodünaamiliste aspektide ignoreerimine ja/või ebaadekvaatne analüüs mõjutab oluliselt järgmiste protsesside, ohtude ja riskide hinnanguid:

- Potentsiaalselt toksiliste setete resuspensiooni tegelik intensiivsus
  - mis võib erineda tegelikkusest kümneid kordi
- Toksiliste ainete kontsentratsioon toiduahelas (eriti Soome lahes)
- Toru lekete sagedus (sh. toru purunemine)
  - Setete ärakandmine toru alt jne.
- Riskid laevaliiklusele (gaasiplahvatus jms.) ja inimeste elule

Soomere 2010 Rannikuprotsessid EMH0090

**Fundamentaalsed küsimused**

- Kas Läänemeres kui eriti tundlikul merealal on legitiimne avaookeani jaoks välja töötatud normide rakendamine?
  - (Royal Society London, EASAC ESP, Rootsi Veeteede Amet & tsiviilkaitseagenteer)
- Kas on lubatav keeruka & Läänemere jaoks globaalse mastaabiga probleemi jagamine üksikuteks üksteisest sõltumatuteks küsimusteks?
  - (Tervik on enamasti suurem kui osade summa)
  - (Matemaatikast ja loodusteadustest on teada palju näiteid, kus taoline jagamine viib põhimõtteliselt valede järeldusteni)
- Kas kõiki Läänemere riike puudutava kompleksi taandamine bilateraalsete konsultatsioonide seeriale on õigustatud?
  - (Paljudes puudutatud väikeriikides on olemas vaid osa kogu adekvaatseks otsustamiseks vajalikust kompetentsist)

Soomere 2010 Rannikuprotsessid EMH0090

**Nord Stream ja kodanikuühiskond: oluline juriidiline lünk**

- olemas raamistik õhku mööda leviva piiriülese reostuse kompenseerimiseks
- puudub regulatsioon mere veemassidega leviva piiriülese reostuse kompenseerimiseks

Soomere 2010 Rannikuprotsessid EMH0090