

# Meriväylän syvyyden suunnittelu- ja esittämisperiaatteet riskien valossa







Tekijät (toimielimestä: toimielimen nimi, puheenjohtaja, sihteeri) Esa Sirkiä		Julkaisun laji Merenkululaitoksen julkaisuja	
		Toimeksiantaja Merenkululaitos	
<p>Julkaisun nimi Meriväylän syvyyden suunnittelu- ja esittämisperiaatteet riskien valossa</p> <p>Tiivistelmä Suomalaisilla merikartoilla meriväylille on aina esitetty suurin syväys, jolla väylää saa käyttää, ns. kulkusyvyys. Merenkululaitoksen Navi-projektin myötä parantunut pohjatopografia-tuntemus on mahdollistanut ajatuksen väylän vesisyvyyden tehokkaammasta turvallisesta käytöstä.</p> <p>Työssä tutkitut kansainväliset ja kansalliset vertikaalisen väylätilan mitoitusstandardit olivat hyvin linjassa suomalaisen väyläsuunnitteluohjeen mitoittavien kanssa. Työssä tutkitaan myös väylän vesisyvyyden ilmoittamisen käytännön vaihtoehtoja Euroopassa ja erityisesti Itämeren alueella.</p> <p>Työssä on perehdytty myös yleisesti onnettomusriskien ja sen luonteeseen alusliikenteessä. Työ painottaa pohjakosketusriskin merkitystä varaveden suuruuden kannalta. Työssä on tutkittu myös inhimillisten tekijöiden merkitystä pohjakosketusriskin todennäköisyyteen.</p> <p>Erityisesti työssä painotetaan pohjakosketusriskiä ja sen muutosta, jos viranomaispäätöstä väylällä käytettävästä syvyydestä ei ole esitetty, vaan käytettävä syväys ja väylän käyttöpäätös tehdään aluksella.</p> <p>Tulosten perusteella voidaan todeta, ettei riskitaso kasvu kulkusyvyyskäytännön muuttamisen yhteydessä ole erityisen merkittävä. Vastuukysymykset meriväyliä käytöstä muuttuisivat kansainvälisten käytäntöjen mukaisiksi ja selkeämmiksi. Erityisesti riskianalyysituloksista on havaittavissa se, että sääolosuhteet ovat erittäin merkittävässä roolissa käytettävän syvyyden ja pohjakosketusriskin korrelaatioissa.</p>			
Avainsanat (asiasanat) kulkusyvyys, syväys, mitoittaminen, riski, väylä, vesisyvyys			
Muut tiedot Julkaisu on tehty diplomityönä TKK:n Vesitalouden ja vesirakennuksen laboratorioon nimellä ”Meriväyliä syvyys, suunnitteluperiaatteiden vertailu ja riskit”. Julkaisu on raportin ”Väyliä syvyyskäytäntö – Syvyyskäytäntöryhmän loppuraportti ” liite.			
Sarjan nimi ja numero Merenkululaitoksen julkaisuja 1/04		ISSN 1456-7814	ISBN 951-49-2085-6
Kokonaissivumäärä 77+liitteet	Kieli suomi	Hinta 20 euroa	Luottamuksellisuus julkinen
Jakaja Merenkululaitos		Kustantaja	

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b>	<b>- 5 -</b>
1.1	LAIVAVÄYLÄSTÖSTÄ JA RANNIKOSTA YLEENSÄ	- 5 -
1.2	MERENKULKIJOIDEN KÄYTTÄMÄT JULKAISUT	- 5 -
1.3	NYKYINEN KULKUSYVVYYSKÄYTÄNTÖ	- 6 -
1.4	NAVI-STRATEGIAN MERKITYS	- 6 -
1.5	SYVVYYSKÄYTÄNNÖN MUUTTAMINEN	- 6 -
1.6	TYÖN TAVOITE JA RAJAUKSET	- 7 -
<b>2</b>	<b>VÄYLÄN VESISYVVYYDEN MITOITTAMINEN</b>	<b>- 9 -</b>
2.1	KULKU- JA HARAUSSYVVYYS	- 9 -
2.2	VESISYVVYYDEN OSATEKIJÄT	- 10 -
2.2.1	<i>Vedenkorkeuden muutokset</i>	- 10 -
2.2.2	<i>Aluksen syväys</i>	- 11 -
2.2.3	<i>Squat</i>	- 11 -
2.2.4	<i>Aaltoilun aiheuttamat liikkeet</i>	- 15 -
2.2.5	<i>Kölivara</i>	- 16 -
2.2.6	<i>Haraussyvyyden alapuoleinen vesi</i>	- 16 -
2.2.7	<i>Vuorovesi</i>	- 17 -
2.3	VÄYLÄN VESISYVVYYDEN MITOITTAMISMENETELMIÄ	- 17 -
2.3.1	<i>Kokemusperäiseen tietoon nojautuminen</i>	- 18 -
2.3.2	<i>Deterministinen lähestyminen</i>	- 18 -
2.3.3	<i>Tilastollinen lähestyminen</i>	- 18 -
2.4	VESISYVVYYDEN MITOITUSTYÖN KULKU	- 18 -
2.4.1	<i>Suomalainen mitoitusmenetelmä</i>	- 18 -
2.4.2	<i>Muiden maiden varaveden mitoitusnormeja</i>	- 21 -
2.5	YHTEENVETO VESISYVVYYDEN MITOITTAMISTAVOISTA	- 24 -
<b>3</b>	<b>KULKUSYVVYYSKÄYTÄNTÖ JA VESISYVVYYDEN ILMOITTAMINEN</b>	<b>- 25 -</b>
3.1	VÄYLÄN VESISYVVYYDEN ILMOITTAMINEN	- 25 -
3.1.1	<i>Nykytilanne</i>	- 25 -
3.1.2	<i>Vaihtoehto 1: Haraussyvyyden ilmoittaminen</i>	- 27 -
3.1.3	<i>Vaihtoehto 2: Pohjatopografian esittäminen</i>	- 28 -
3.1.4	<i>Vaihtoehto 3: Suositussyvyysskäytäntö</i>	- 28 -
3.1.5	<i>Oheisjulkaisut</i>	- 28 -
3.2	VÄYLÄN VESISYVVYYDEN ESITTÄMISKÄYTÄNNÖT EUROOPASSA	- 29 -
3.2.1	<i>Ruotsalainen esitystapa</i>	- 30 -
3.2.2	<i>Virolainen esitystapa</i>	- 34 -
3.2.3	<i>Venäläinen esitystapa</i>	- 35 -
3.2.4	<i>Belgialainen esitystapa</i>	- 37 -
3.2.5	<i>Hollantilainen esitystapa</i>	- 37 -
3.2.6	<i>Brittiläinen esitystapa</i>	- 37 -
3.2.7	<i>Norjalainen esitystapa</i>	- 38 -
3.2.8	<i>Muut julkaisut</i>	- 39 -
3.3	YHTEENVETO EUROOPPALAISISTA ESITYSTAVOISTA	- 40 -
<b>4</b>	<b>VASTUUKYSYMYKSET</b>	<b>- 42 -</b>
4.1	NYKYTILANNE	- 42 -
4.2	MUUTOKSEN VAIKUTUKSET	- 43 -
<b>5</b>	<b>RISKIT ALUSLIIKENTEESSÄ</b>	<b>- 44 -</b>
5.1	RISKIN MÄÄRITELMÄ	- 45 -
5.2	RISKITASON MUUTOS	- 45 -
5.2.1	<i>Varaveden pienenemisen merkitys</i>	- 45 -
5.3	ONNETTOMUUKSIEN SEURAUKSET	- 46 -
5.4	SATTUNEET ONNETTOMUUDET	- 47 -
5.5	POHJAKOSKETUSRISKI	- 48 -
5.5.1	<i>Pohjakosketusriskimalli</i>	- 49 -

5.6	YHTEENTÖRMÄYSRISKI	- 50 -
5.7	RISKIN SYNTY	- 50 -
5.8	INHIMILLINEN RISKI	- 51 -
5.8.1	<i>Inhimillisen riskin aiheuttama pohjakosketusriskin kasvu</i>	- 52 -
5.9	ASiantuntija-arviot riskeistä	- 53 -
5.9.1	<i>Istunnon kulku</i>	- 53 -
5.9.2	<i>Merkittävimmät riskit</i>	- 54 -
5.9.3	<i>Yhteenvedo asiantuntijaistunnosta</i>	- 56 -
<b>6</b>	<b>RISKIANALYYSI CASE: RAUMAN RIHTNIEMEN 10,0 M:N VÄYLÄ</b>	<b>- 58 -</b>
6.1	RAUMAN SATAMA JA LIIKENNE	- 58 -
6.2	RAUMAN SATAMAN SISÄÄNTULOVAIHTO	- 59 -
6.3	KÄYTETTÄVÄ ALUSTYYPPI	- 61 -
6.3.1	<i>Analyyssialueiden vertikaaliset liikkeet</i>	- 61 -
6.3.2	<i>Muut virhelähteet</i>	- 63 -
6.4	RISKIANALYYSI	- 64 -
6.4.1	<i>Merkittävyyden analyysi</i>	- 67 -
<b>7</b>	<b>HYÖDYT JA HAITAT</b>	<b>- 68 -</b>
7.1	KULKUSYVYYSKÄYTÄNNÖN MUUTTAMISESTA KOITUVAT HYÖDYT	- 68 -
7.1.1	<i>Kuljetustaloudelliset hyödyt</i>	- 68 -
7.1.2	<i>Vastuun selkiytyminen</i>	- 69 -
7.2	KULKUSYVYYSKÄYTÄNNÖN MUUTTAMISESTA KOITUVAT HAITAT	- 70 -
7.3	KULKUSYVYYSKÄYTÄNNÖN MUUTTAMISESTA KOITUVAT RISKIT	- 70 -
<b>8</b>	<b>YHTENVETO JA SUOSITUKSET</b>	<b>- 72 -</b>
8.1	MUUTOKSEN VAATIMUKSET	- 72 -
8.2	MUUTOKSEN EDUT MUIHIN VAIHTOEHTOIHIN NÄHDEN	- 73 -
	<b>LÄHDELUETTELO</b>	<b>- 74 -</b>
	<b>LIITTEET</b>	<b>- 78 -</b>

### Käytetyt lyhenteet:

VTS	<i>Vessel Traffic Service</i> , Alusten ohjaus- ja tukipalvelu
AIS	<i>Automatic Identification System</i> , Alusten automaattinen tunnistusjärjestelmä
INT	Kansainvälinen karttasymboliikka
IHO	<i>International Hydrographic Organization</i> , Kansainvälinen merikarttajärjestö
IMO	<i>International Maritime Organization</i> , Kansainvälinen merenkulkujärjestö
MW	<i>Mean Water</i> , keskiveden korkeustaso, MW1997, vuoden 1997 tason keskivesi
HW	<i>High Water</i> , yläveden korkeustaso
LW	<i>Low Water</i> , Alaveden korkeustaso
PIANC	<i>Permanent International Association of Navigation Congresses</i> , Kansainvälinen merenkulkualan järjestö
DGPS	<i>Differential Global Positioning System</i> , Radiokorjattu satelliittipaikannusjärjestelmä

### Symboliluettelo

$C_B$	[-]	Uppouman täytettäisyysaste
$v$	[m/s]	alusnopeus
$V$	[m <sup>3</sup> ]	aluksen uppouma
$L_{pp}$	[m]	aluksen vesilinjan pituus
$F_{nh}$	[-]	Frouden syvyysluku
$S$	[m]	nopeuspainuma (squat)
$A$	[m <sup>2</sup> ]	vesipoikkileikkausala
$B$	[m]	leveys
$h$	[m]	vesisyvyys
$t$	[m]	luiskan korkeus
$T$	[m]	aluksen syväys
$g$	[m/s <sup>2</sup> ]	maan vetovoiman kiihtyvyys

# 1 Johdanto

## 1.1 Laivaväylästä ja rannikosta yleensä

Suomessa on Merenkulkulaitoksen ylläpitämiä laivaväyliä noin 16 000 km. Tämä väyläkilometrimäärä jakautuu lähes tasan meri- ja sisävesiväyliin. Väylästä on kauppamerenkulun väyliä noin 4 600 km ja loput ovat ns. matalaväyliä. Suomen tuonnista 70 prosenttia ja viennistä peräti 90 prosenttia kulkee meritse. Vuonna 2002 aluksilla kuljetettiin ulkomaan liikenteessä noin 87 miljoonaa tonnia tavaraa ja noin 15,8 miljoonaa matkustajaa. Aluskäyntejä Suomen satamissa oli noin 37 000. Kotimaan vesiliikenteessä kuljetettiin tavaraa 8,8 miljoonaa tonnia ja matkustajia 4,6 miljoonaa (Merenkulkulaitos 2003d). Suomen merenkulun pääväylästä tarkemmin on eriteltynä esitetty liitteessä 1.

Suomen rannikko on maailmanmittakaavassakin ainutlaatuinen. Suomella on hyvin laaja saaristo rannikkonsa suojana. Maaperä on pääosin ikivanhaa kalliota, keski-ialtään noin 2 miljardia vuotta, kun jo muu Itämeren alue on lähinnä hienojakoisen hiekan ja siltin tai saven peittämää maastoa. Juuri laajasta saaristosta ja matalista rantavesistä johtuen Suomen rannikon satamat ovat harvinaisen pitkien ja matalien tuloväylien päässä.

Maaperän kovuudesta johtuu toinen suomalaisen rannikon alusliikennettä hankaloittava tekijä. Siinä missä keskieuropalaisiin satamiin tultaessa osuma väylän pohjaan johtaa korkeintaan pieniin maali- tai painaumavaurioihin, on osuma väylällä Suomessa oletettavasti vaarallisempi ja voi aiheuttaa vuodon esimerkiksi repeämän muodossa. Samaten kova, kallioinen maaperä aiheuttaa ongelmia väylän perustamisen kustannustekijänä. Kun pieniraekokoista maata olevan väylän syventäminen tapahtuu imu- tai hopper -tyyppisillä ruoppaimilla, hyvinkin edulliseen hintaan, on kallion poistaminen meren pohjasta erittäin kallista ja aikaa vievää työtä. Tämä yksikkökustannusten nousu aiheuttaa tarpeen tarkalle väylän vesisyvyyden mitoittamiselle.

Edellä mainitut seikat johtavat siihen, että navigointi suomalaisilla väylillä on harvinaisen hankalaa ja tarkkaavaisuutta vaativaa toimintaa. Vesien mataluuden ja saariston takia suurella osalla väylistä on ainakin joitakin ruopattuja kapeikkopaikkoja, joissa väylän vesisyvyys on erittäin kriittinen ja aluskoon määräävä tekijä.

## 1.2 Merenkulkijoiden käyttämät julkaisut

Suomalaiseen merenkulkuperinteeseen kuuluu omalla suomalaisella kuvaustavalla valmistetut merikartat. Tämä vihreä – kelta – valkoinen merikarttojen kuvaustapa on siis ollut käytössä ainoastaan Suomessa. Muualla maailmalla on yleisesti käytössä kansainvälinen INT – kuvaustapa, joka on kansainvälisen järjestön, International Hydrographic Organizationin (IHO), normiston mukainen. Suomessakin ollaan parhaillaan, vuosien 2003–2005 aikana, siirtymässä kansainväliseen kartankuvaustapaan ja kansallisesta kartastokoordinaattijärjestelmästä kansainväliseen WGS-84 – järjestelmään. Tässä työssä käytetään perinteisestä suomalaisesta kuvaustapaan perustuvasta kartasta termiä ”vihreä” kartta ja uudesta INT – kuvaustavalla tehdystä kartasta termiä ”sininen” kartta.

Riittävien merikarttojen lisäksi Suomessa kuuluu aluksen katsastusvarustukseen kirja ”Suomen rannikon loistot”, joka ilmestyy kahden vuoden välein ja sisältää merialueiden loistoluettelon sekä tiedot radionavigaatio-, meriradioliikenne-, luotsi-, VTS- ja pelastuspalveluista sekä suomalaisten merikarttojen koordinaattijärjestelmistä (Merenkulkulaitos 2003a).

### **1.3 Nykyinen kulkusyvyyskäytäntö**

Suomessa on perinteisesti ilmoitettu merikartoissa laivaväylille suurin sallittu kulkusyvyys. Syvyys on merkittynä väylää kuvaavan viivan päälle sulkeissa, ja se ilmoittaa suurimman syvyyden, joka väylää kulkevalla laivalla saa olla. Käytäntö on ollut voimassa niin vanhoilla, vihreillä kartoilla kuin kevään 2003 jälkeen ilmestyvillä uusilla sinisillä kartoillakin (Merenkulkulaitos 2003b). Koska väylän todellinen vesisyvyys on kuitenkin huomattavasti suurempi suurin sallittu kulkusyvyys, ollaan käytäntöä muuttamassa joustavampaan suuntaan.

Nykytilanteessa ilmoitetusta suurimmasta sallitusta kulkusyvyydestä vastaa Merenkulkulaitos ja siten loppujen lopuksi Suomen valtio. Jos vedenkorkeustason huomioon ottaen oikeansyväyksinen laiva saa pohjakosketuksen väyläalueella, on mahdollista, että laivan omistaja on oikeutettu saamaan korvausta vaurioista Merenkulkulaitokselta. Oikeuskäytäntöä asiasta ei kuitenkaan ole, eikä laissa asiaa ole määritelty.

### **1.4 Navi-strategian merkitys**

Merenkulkulaitoksessa aloitettiin vuonna 1994 Navi-strategia, joka tarkoittaa väylästä koskevien tietojen, tietojärjestelmien ja tiedonhallinnan kuntoonpanoa. Navi-strategia käynnistettiin Navi2003 – projektina, joka tähtäsi kauppamerenkulun pääväylien saattamiseen Navi-strategian mukaiseen kuntoon vuoteen 2003 mennessä. Vuonna 2001 Navi-strategiaa laajennettiin koskemaan koko väylästä ja valmistumisen tavoitevuodeksi asetettiin 2013.

Navi-strategian toteutuminen ja mittaustekniikoiden kehittyminen on mahdollistanut kattavien vesisyvyys- ja pohjatopografiatietojen keräämisen koko kauppamerenkulun pääväylästä alueelta. Erityisesti kaikuhara- ja monikeilainkalustojen käyttöönotto ja yleistyminen ovat parantaneet kattavien vesisyvyystietojen saatavuutta.

Navi-strategian mukaisesti kauppamerenkulun väylästä väyläalueet on tutkittu kattavasti normistojen mukaisesti ja kaikkialta väyläalueilta on olemassa tarkkaa syvyystietoa. Tämän tarkentuneen syvyystiedon avulla koko väylästä on suunniteltu tai suunnitellaan uudestaan niin, että väylätila saadaan kokonaan turvalliselle alueelle ja niin, että alue käytetään tehokkaasti. Kauppamerenkulun pääväylillä Navi-strategian mukainen uudelleensuunnittelu on jo tehty ja pääosin toteutettukin. Nyt työn alla ovat muut väylät.

Tämä uusi, kattava ja varma syvyystieto mahdollistaa myös vertikaalisen väylätilan nykyistä tehokkaamman hyväksi käyttämisen. Osana tätä väylätilan parannettua hyötykäyttöä on ryhdytty pohtimaan kulkusyvyyskäytännön muuttamista nykyisestä sallivampaan suuntaan.

### **1.5 Syvyyskäytännön muuttaminen**

Merenkulkulaitoksen johtokunta on kokouksessaan 16.1.2003 päättänyt, että kun kattava ja todellinen vesisyvyystieto ja väyläalueen pohjatopografia on saatavilla, uusi vesisyvyysperustuva syvyyskäytäntö otetaan käyttöön vuoden 2004 alusta. Tämä tapahtuu sillä ehdolla, ettei jatkoselvityksissä ilmene seikkoja, jotka vaativat tavoitemallin muuttamista (Merenkulkulaitos 2003e, Merenkulkulaitos 2003f). Käytännön muutos koskisi pelkästään kauppamerenkulun merialueen pääväyliä, jotka on rasteroitu merikartoille. Sisävesillä ja muilla väylillä pitäydettäisiin vanhassa käytännössä. Päätösesitys Merenkulkulaitoksen johtoryhmälle on liitteenä 2.



Visiona on, että tulevaisuudessa merikartoilla ilmoitetaan kauppamerenkulun pääväylille ainoastaan varmistettu vesisyvyys. Käytettävää laivan syväystä ei rajoitettaisi lainkaan. Maailmalla on yleisesti käytössä menettely, jossa kartoilla esitetään ainoastaan pohjatopografia, ja osittain muutoksen pyrkimyksenä onkin siirtyä kansainvälisen kulkusyvyyden ilmoittamiskäytännön piiriin. Tällä tavoin muutoksella voitaisiin poistaa nykykäytännön aikana mahdollisia ongelmia kansainvälisessä rahtaustoiminnassa. Nykyään voidaan luulla väylän maksimikulkusyvyyden olevan väylän haraus- tai vesisyvyys.

Koska Suomen rannikko on topografialtaan monimutkainen ja pienipiirteinen, on kulkusyvyyssikäytännön muutoksesta todellista hyötyä. Lähes kaikilla satamien sisääntuloväylillä väylän kulkusyvyyttä rajoittaa vain yksi tai muutama matalikko. Jos suurimman syväyksen ilmoittamisesta luovuttaisiin ja siirryttäisiin varmistetun vesisyvyyden ilmoittamisen menettelyyn, olisi mahdollista käyttää koko väylän vesisyvyys hyödyksi esimerkiksi aluksen nopeutta muuttamalla, ajamalla rajoittavien matalikkojen kohdalla hitaammin.

Yhtenä muutoksella saavutettavana etuna on se, että vedenkorkeuden vaihtelut voidaan joustavammin ottaa huomioon väylää käytettäessä. Nykytilanteessa maksimikulkusyvyys on rikkomaton. Jos veden korkeus on ns. miinuksella, MW –tason alapuolella, pitää aluksen ottaa se huomioon syväyksessään. Siis jos väylän kulkusyvyys on 10,00 m ja vesi on 15 cm miinuksella, voi väylää käyttää ainoastaan 9,85 m:n syväyksellä. Tällaisessa tilanteessa joutuu väylän maksimikulkusyväyksessä uiva alus joko odottamaan redillä vedenkorkeuden nousemista tai hakemaan poikkeuslupaa kyseessä olevan merenkulkupiirin päälliköltä. Merenkulkupiirin päällikkö voi myöntää luvan ylisyvässä uivan aluksen luotsaukseen. Vastaavasti ns. plusveden voi ottaa huomioon aluksen syväyksessä. Muutoksen jälkeen voisi aluksen päällikkö ottaa riskin ja tuoda aluksen sisään, vaikka sitten huomattavasti normaalia pienemmällä nopeudella, nopeuspainuman pienentymistä hyödyntäen.

Aluksen syväyksen kasvattaminen tarkoittaa kasvanutta lastitilavuutta ja näin ollen parantunutta kuljetustaloutta. Vaikka muutamien senttien lisäykset aluksen syväyksessä eivät kuulosta kovinkaan merkittäviltä muutoksilta, on todettava, että jos esimerkiksi 75000 dwt:n bulk-aluksen syväystä kasvatetaan 1 cm, vastaava lastilisäys on 50–70 t. Muutoksella voidaan siis todeta olevan kuljetustaloudellista merkitystä suotuisissa olosuhteissa.

Kulkusyvyyssikäytännön mahdollisen muuttamisen yhteydessä myös vastuukysymykset muuttuisivat. Vanhaan tapaan Merenkululaitos vastaisi väyliä kunnosta, mutta uudessa tilanteessa se ei enää vastaisi siitä, että tietyn syväyksinen alus voi käyttää väylää, vaan siitä, että väylällä on koko sen mitalla vähintään ilmoitetun vesisyvyyden verran vettä. Tässä tapauksessa riski laivan alleen vaatimasta vesisyvyydestä, mukaan luettuna luonnonvoimien siinä aiheuttamat muutokset, jäävät alukselle ja käytännössä aluksen päällikön ja mahdollisen luotsin harteille.

## **1.6 Työn tavoite ja rajaukset**

Tämän työn tavoitteena on selvittää kulkusyvyyssikäytännön muuttamisen aiheuttamia riskitekijöitä. Lisäksi kirjallisuuden avulla tehdään selvitys kansallisista kulkusyvyyssikäytännöistä, vesisyvyyksien ilmoittamiskäytännöistä ja väylän vesisyvyyden ilmoittamiskäytännöistä. Tarkoituksena on tutkia kaikkien edellä mainittujen seikkojen merkitystä kulkusyvyyssikäytännön muuttamisessa. Samoin tutkitaan riskin muodostumista käyttäen esimerkkinä Rauman väylän pohjakosketusriskianalyysiä.

Työ on tausta- ja kirjallisuustyö VTT:n Tuotteet ja tuotanto- yksikössä tapahtuvaa riskianalyysityötä (Hänninen et al. 2003) varten. Riskianalyysiä referoidaan työn loppuosassa ja sen tuloksia käytetään loppupäätelmien ja -suositusten teossa.

## 2 Väylän vesisyvyyden mitoittaminen

Kun väylänsuunnittelija ryhtyy työhönsä, hän valitsee väylälle mitoitusaluksen. Mitoitusaluksella tarkoitetaan alusta, jonka päämittoja käytetään mitoittaessa esimerkiksi väylän minimikaarresäteitä. Yleensä mitoitusaluksiksi valitaan suurin alus, joka tulee käyttämään suunniteltua väylää. Kun mitoitusalus on tiedossa, voidaan mitoitusaluksen syvyyksen avulla mitoittaa väylälle minimivesisyvyys.

Edellä mitoitettu minimi vesisyvyys väylällä valitaan siten harausvyvydeksi, johon koko väylän pituus väylän rakentamisen jälkeen varmistetaan. Hyvin yleistä on, että väyläalueella käytetään kahta tai jopa useampaa harausvyvyttä. Esimerkiksi väylän ulkosalla harausvyvyys on suurempi kuin väylän sisäosan ruopatussa rännissä. Näin väylän rakennuskustannukset pysyvät yleensä järkevämpinä, ja matalamman harausvyvyyden tuomat ongelmat voidaan ohittaa esimerkiksi asettamalla väylän sisäosalle nopeusrajoitus, jolloin väylää käyttävät alukset tarvitsevat vähemmän varavettä. Samalla voidaan ottaa huomioon saarten tuulelta ja aalloilta suojaava vaikutus, joka on yleensä suurempi väylän sisäosalla.

### 2.1 Kulku- ja harausvyvyys

Väylästäön liittyy useita teknisiä käsitteitä, joista osaa käytetään myös lakitekstissä. Merenkululaitoksen Navi-ohjeistossa ohjeessa 1.2.1 ”Väylästäön peruskäsitteiden määrittelyt” nämä käsitteet määritellään yksiselitteisesti.

#### ***Väylän kulkusyvyys***

Edellä mainittu Navi-ohje määrittelee väylän kulkusyvyyden seuraavasti:

*” Väylän kulkusyvyys tarkoittaa suurinta syvyyttä, jolla alus voi käyttää väylää, vertailutason mukaisesta vedenpinnasta lukien. Vertailutaso on merialueilla MW-tason mukainen taso ja sisävesillä purjehduskauten aliveden taso.*

*Väylän kulkusyvyys ei tarkoita, että kaikki alukset kaikissa olosuhteissa ja kaikilla nopeuksilla voisivat syväytensä puolesta riskittävästi käyttää väylää, vaikka syväys ei ylittäisikään väylän kulkusyvyyttä.*

*Yleisen kulkuväylän kulkusyvyys vahvistetaan Merenkululaitoksen väyläpäätöksessä. Kulkusyvyys ilmoitetaan merikartalla väylälinjaan merkityllä väylän syvyysluvulla.*

*Vedenkorkeuden muutokset otetaan luotsattavilla aluksilla huomioon Merenkululaitoksen antamien luotsausohjeiden mukaisesti.”*

#### ***Väylän harausvyvyys***

Haraaminen on vesisyvyyden mittaamista joko mekaanisesti tankoharalla tai erilaisilla kaikumenetelmillä kuten kaikuharalla, kaikuluotaamalla tai monikeilaamalla. Harausvyvyys määritellään Navi-ohjeessa seuraavasti:

*”Väylän nimellinen harausvyvyys tarkoittaa tietystä vertailutasosta ilmoitettua vesisyvyyttä, johon saakka väylän alueella (vahvistetulla väyläalueella tai väyläalueeksi katsottavalla alueella) on joka kohdassa varmistettu olevan vapaata vettä. Harausvyvyys muodostuu väylän kulkusyvyyden ja varaveden summasta. Varavesikäsite on määritelty kohdassa 3, ja sen suuruus määritetään väylänsuunnitteluohjeiden mukaisesti.*

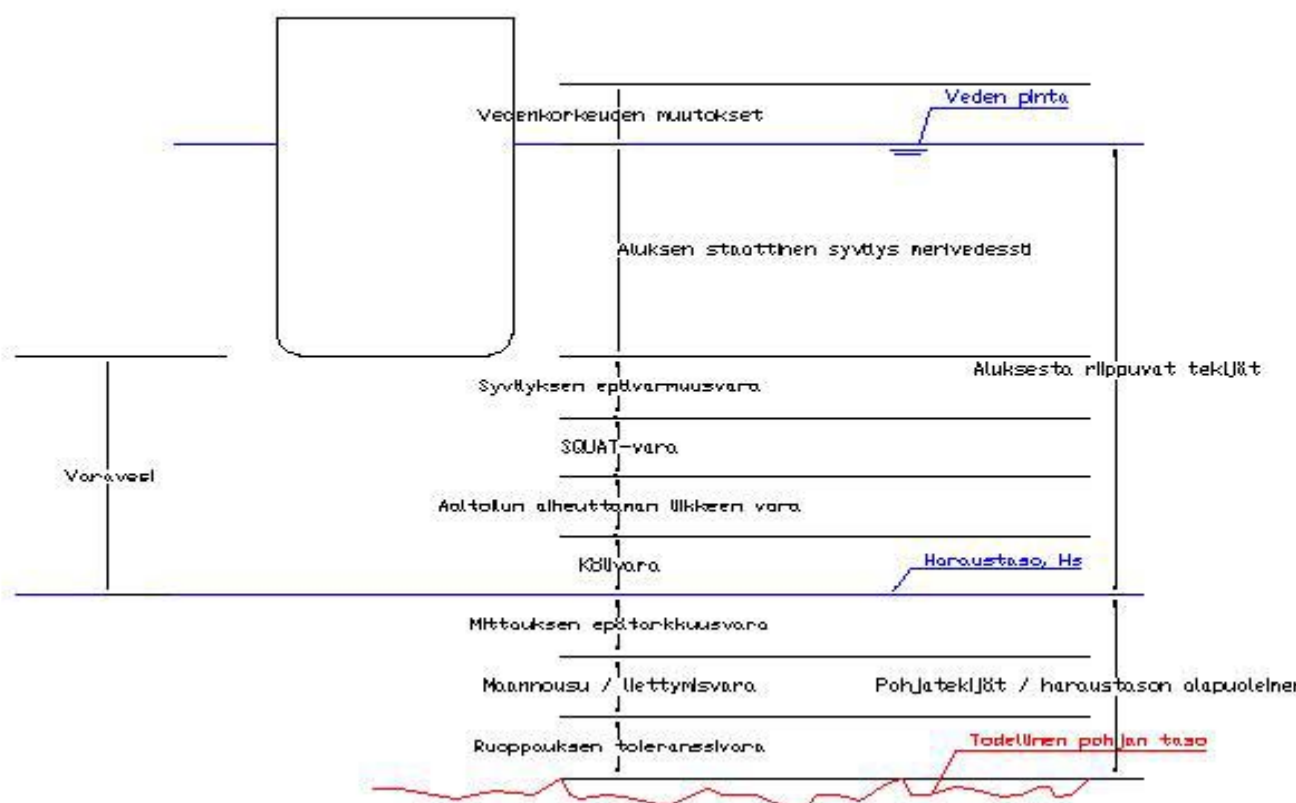
Haraussyvyys varmistetaan kuhunkin tilanteeseen riittävän tarkaksi luokitellulla menetelmällä.

*Esteistä vapaan syvyydystason toteamiseen eli haraussyvyyden varmistamiseen liittyy virhemarginaali (+/-), jonka suuruus riippuu kullekin mittausmenetelmälle tyypillisestä ominaistarkkuudesta. Virhemarginaali sisältää vähäisiä laitteisiin ja olosuhteisiin liittyviä virhetekijöitä. Nimellisen haraustason yläpuolelle jäävä virhemarginaali sisällytetään kölivaraan.”*

Kun alue on harattu, muodostetaan siitä varmistettu alue, ts. rekistereihin viedään aluetta rajaavien pisteiden ja haraussyvyyden tiedot. Koko väyläalueen tulee sijaita varmistetulla alueella.

## 2.2 Vesisyvyyden osatekijät

Vesisyvyys aluksen ja väylänpohjan välillä voidaan jakaa useisiin osiin, joiden käsitteistä kaikki eivät ole aivan täysin itsestään selviä. Kuva 1 selventää useimpia ko. käsitteistä.



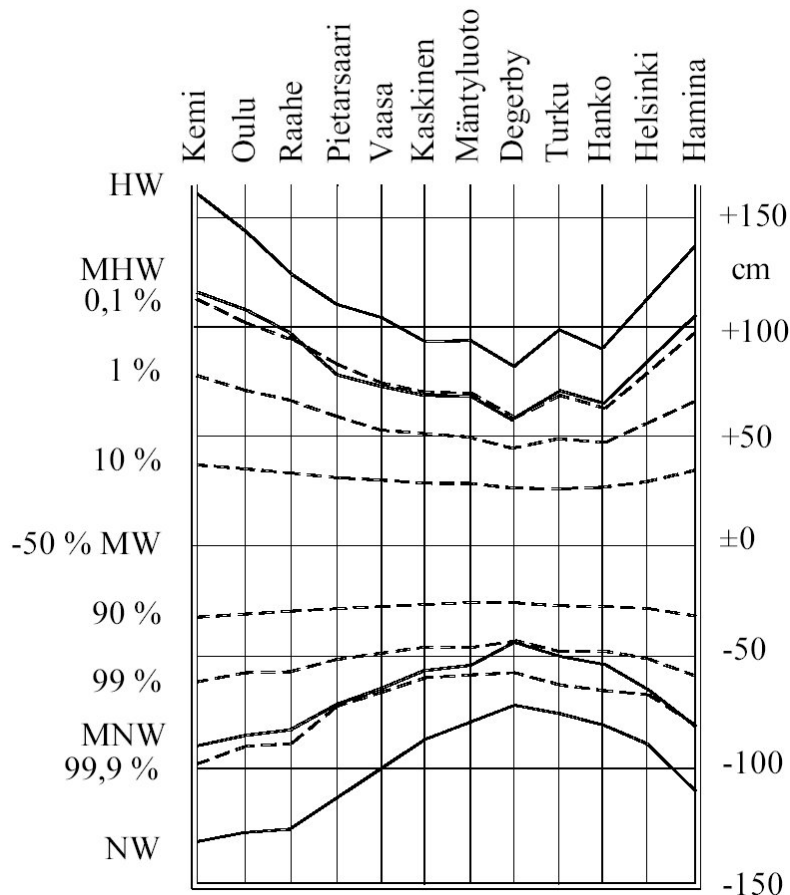
Kuva 1. Vesisyvyyden käsitteitä, ei mittakaavassa (PIANC 1985)

### 2.2.1 Vedenkorkeuden muutokset

Suomen rannikolla meriveden korkeutta mitataan 13 virallisella mareografilla. Meriveden korkeus vaihtelee lähinnä sääilmiöiden takia. Korkea- ja matalapaineet muuttavat

vedenkorkeutta. Pitempiaikainen tuuli saattaa aiheuttaa suuriakin muutoksia meriveden korkeudessa. Muutokset vedenkorkeudessa heijastuvat suoraan varaveteen.

Vedenkorkeuksien muutokset ovat suurin syy siihen, että nykykäytännössä joudutaan turvautumaan poikkeuslupiin väylän kulkusyvyyden ylittämiseksi. Vedenkorkeuden muutokset ovat hyvin heikosti ennustettavissa ja vesi voi olla huomattavasti vertailutason alapuolella pitkiäkin aikoja. Vedenkorkeuden pysyvyyskäyriä Suomen rannikolla on esitettyä kuvassa 2. Kuvasta voidaan muun muassa todeta, että 10 % vuoden päivistä Kemissä vesi on enemmän kuin 30 cm alle vertailutason.



**Kuva 2. Vedenkorkeuksien pysyvyys Suomen rannikolla (Merenkulkulaitos 2001)**

### 2.2.2 Aluksen syväys

Syväys on alukselle tyypillinen ominaisuus, joka ilmaisee etäisyyden aluksen tyynestä vesirajasta kölin syvimpään kohtaan. Syväys ei ole täysin pysyvä ominaisuus vaan se voi muuttua esimerkiksi ajan funktiona, kun aluksen lastitilanne muuttuu polttoainemäärän pienentyessä. Aluksen syväys luetaan aluksen vesirajaan maalatusta asteikosta. Aluksen syväys muuttuu veden lämmön ja suolapitoisuuden suhteen, mutta tämä ilmiö voidaan Suomen tapauksessa unohtaa, koska muutokset eivät paikallisessa mittakaavassa ole merkitseviä. Muutos syväydessä suolapitoisuuden muuttumisen takia tapahtuu siis tultaessa Pohjanmereltä Itämerelle.

### 2.2.3 Squat

Squat tarkoittaa aluksen nopeuspainumaa. Aluksen liikkuessa sen ympärille syntyy aluksen liikesuunnalle vastakkaissuuntainen virtaus. Tämän virtauksen nopeudesta aiheutuu

puolestaan veden pinnan lasku aluksen ympärillä. Alusten squatkäyttäytyminen on persoonallista, ja se riippuu rungon muodosta ja ennen kaikkea uppouman täyteläisyysasteesta. Täyteläisillä aluksilla squat on suurimmillaan keulassa, kun taas hoikka-rukkaisilla aluksilla squatin maksimi saavutetaan perässä (Merenkulkulaitos 2001).

Nopeuspainuman arviointiin on olemassa useita menetelmiä. Maailmalla on käytössä kymmenkunta erilaista numeerista menetelmää, jotka on kehitetty eri olosuhteisiin ja erilaisille alustyypeille. Ehkä eniten käytetty kaava squatin arviointiin on Barrassin kolmas kaava (kaava 1), joka yksinkertaisuutensa vuoksi sopii hyvin pikaiseen nopeuspainuman arviointiin tilanteessa, jossa alukselle ei ole tehty erillisiä squat-käyrästöjä.

$$S_{\max} = \frac{C_B v_k^2}{50} \quad (\text{rajatulle väylälle}) \quad (1)$$

$$S_{\max} = \frac{C_B v_k^2}{100} \quad (\text{vapaassa vedessä}),$$

joissa

$S_{\max}$  = maksimi squat [m]

$C_B$  = uppouman täyteläisyysaste [-]

$v_k$  = aluksen nopeus [m/s]

Yleisesti tunnetuimpana menetelmänä voitaneen pitää Tuckin laskentamenetelmää, jonka jatkokokehitelmä on Suomessa käytössä oleva Huuskan menetelmä. Tuckin menetelmä on esiteltyä kaavassa (2) (Stocks et al. 2002).

$$S_b = 1,46 \frac{V}{L_{pp}^2} \frac{F_{nh}^2}{\sqrt{1-F_{nh}^2}} K_s + 0,5 L_{pp} \sin \left( \frac{V}{L_{pp}^3} \frac{F_{nh}^2}{\sqrt{1-F_{nh}^2}} K_s \right), \quad (2)$$

joissa

$S_b$  = painuma [m]

$V$  = aluksen uppouma [ $m^3$ ]

$L_{pp}$  = aluksen vesilinjan pituus [m]

$F_{nh}$  = Frouden syvyysluku

$K_s = 7,45 S_i + 0,76$ , kun  $S_i > 0,03$

$K_s = 1$ , kun  $S_i \leq 0,03$

$S_i = A_s / A_c / K_i$

$K_i$  = väyläparametri, jos ei vedenpäällisiä luiskia = 1

$A_s$  = aluksen poikkipinta-ala [ $m^2$ ]

$A_c$  = väylän vesipoikkileikkausala [ $m^2$ ]

Kaavassa 2 käytetty Frouden syvyysluku lasketaan kaavalla (3).

$$F_{nh} = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}}, \quad (3)$$

jossa

$g$  = maan vetovoiman kiihtyvyys,  $9,81 \text{ m/s}^2$

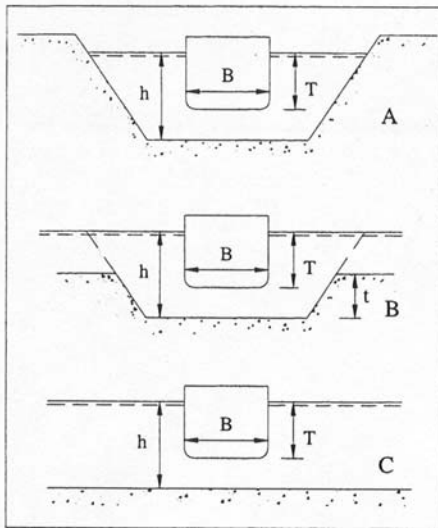
$h$  = väylän vesisyvyys [m]

$v$  = alusnopeus [m/s]

Aluksen rungonmuodon lisäksi squat riippuu aluksen nopeudesta ja väylän poikkileikkaustyyppistä, koska takaisinvirtausnopeus muuttuu väylän poikkileikkauksen funktiona. Poikkileikkaustyyppiä voidaan katsoa olevan kolmea erilaista, jotka tarkemmin eriteltynä kuvassa 3 (Merenkulkulaitos 2001).

Nopeuspainuman laskemiseksi käytetään Suomessa kahta erilaista tapaa. Kaikille em. poikkileikkauksille soveltuu Guliev'in menetelmä ja yleisimmin tasasyvässä vedessä (poikkileikkaustyyppi C) käytetään Huuska – ICORELS – menetelmää. Molemmat menetelmät perustuvat Frouden syvyysluvun käyttöön. Guliev'in menetelmä käyrästöineen on selostettu kuvassa 3.

## SQUAT (Guliev'in menetelmä)



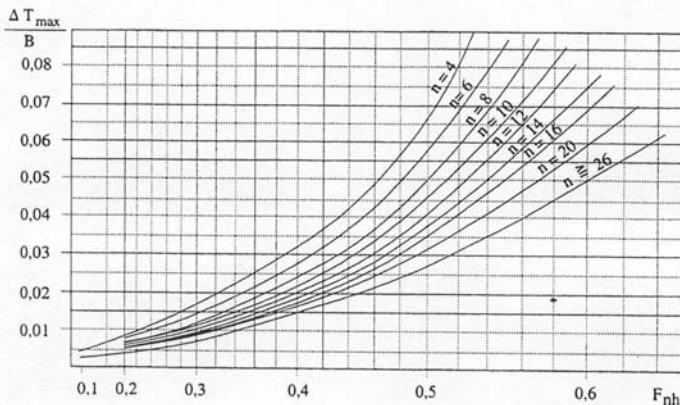
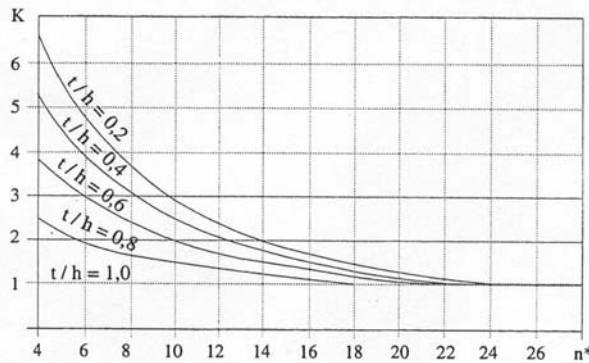
Aluksen nopeudesta aiheutuva painuma (squat) voidaan määrittää käyrästöstä, jonka Guliev on laatinut mallikoekiden perusteella. Käyrästöstä squat saadaan kahden muuttujan ( $F_{nh}$ ,  $n$ ) avulla, ja nämä muuttujat lasketaan erilaisille väyläpoikkileikkauksille seuraavasti:

$$\text{Poikkileikkaus A: } F_{nh} = v / \sqrt{g \cdot h}; n = \frac{A_k}{A_a}$$

$$\text{Poikkileikkaus B: } F_{nh} = v / \sqrt{g \cdot h}; n = K \cdot n^*; n^* = \frac{A_k^*}{A_a}$$

$$\text{Poikkileikkaus C: } F_{nh} = v / \sqrt{g \cdot h}; n \geq 26$$

- $h$  = vesisyvyys, m
- $t$  = luiskan korkeus, m
- $B$  = aluksen leveys, m
- $T$  = aluksen syväys, m
- $v$  = aluksen nopeus, m/s
- $g$  = maan vetovoiman kiihtyvyys
- $A_k$  = vesipoikkileikkausala,  $m^2$
- $A_k^*$  = vesipoikkileikkausala, kun luiskien oletetaan jatkuvan vesipintaan saakka,  $m^2$
- $A_a$  = aluksen poikkileikkausala,  $m^2$   
 $= 0,98 \cdot B \cdot T$
- $K$  = kerroin, joka saadaan oheisesta käyrästöstä
- $F_{nh}$  = Frouden syvyysluku
- $\Delta T_{max}$  = squat, m
- $L_a$  = aluksen pituus, m
- $C_B$  = uppouman täyteläisyysaste



### Menetelmän rajoitukset

(mallikokeissa tutkittujen alusten ja väylätyyppien mukaan)  
 aluskohtaiset :  
 $0,60 \leq C_B \leq 0,80$ ;  $C_B \text{ med} = 0,71$   
 $2,19 \leq B/T \leq 3,50$ ;  $(B/T) \text{ med} = 2,55$   
 $5,50 \leq L_a/B \leq 8,50$ ;  $(L_a/B) \text{ med} = 6,89$   
 väyläkohtaiset :  
 $1,23 \leq h/T \leq 4,55$

**Kuva 3. Poikkileikkaustyypit ja Squat - laskenta Guliev'in mukaan (Merenkulkulaitos 2001).**

Kuvassa 3 esitettyä Guliev'in menetelmää käytetään suomalaisessa mitoitustavassa yleensä ainoastaan rajoitettujen väyläpoikkileikkausten nopeuspainumalaskentaan. Guliev'in menetelmässä väylän poikkileikkausalan pieneneminen ja näin ollen takaisinvirtausnopeuden ja nopeuspainuman kasvu otetaan huomioon korjauskertoimen  $K$  avulla. Korjauskertoimen suuruuteen vaikuttaa luiskan korkeuden ja väyläsyvyyden suhde sekä vesipoikkileikkausalan ja aluksen poikkileikkauksen pinta-alan suhde. Kanava- ja



ruopatun poikkileikkauksen ero otetaan huomioon laskettaessa korjauskerrointa K luiskan korkeuden määrittämältä käyrältä.

Todellisuudessa ruopatun väylän muoto ei ole täysin Guliev'in menetelmän mallikuvien mukainen. Lähes aina väylä on toispuoleinen, niin että luiska nousee väylän toisella reunalla huomattavastikin korkeammalle kuin toisella. Tämä ongelma voidaan korjata squat-laskennassa ”jakamalla” penkereet tasan molempien puolien kesken. Siis jos toisella puolella on viisi metriä korkea pengeri ja toisella puolella avovesi, squat-laskennassa käsitellään symmetristä tilannetta, jossa penkereet ovat 2,5 m korkeat. Tämä on mahdollista, koska vesipoikkileikkauksen ala säilyy samana molemmissa tapauksissa ja näin ollen nopeuspainumailmiön suuruus on identtinen. Täytyy tosin ottaa huomioon, että muut virtausmekaaniset ilmiöt eivät säily samanlaisina ja että reunaimut kääntävät alusta toispuoleisessa leikkauksessa.

Huuska – ICORELS menetelmässä nopeuspainuman maksimiarvo lasketaan kaavalla (4). Kyseinen kaava soveltuu siis ainoastaan rajoittamattomalle väyläpoikkileikkaukselle, ei kanava- tai kaivetulle poikkileikkaukselle (tyypit A ja B).

$$\Delta T_{\max} = C_o \frac{C_B \cdot B \cdot T}{L_{pp}} \cdot \frac{F_{nh}^2}{\sqrt{1 - F_{nh}^2}} \quad (4)$$

, jossa

$C_o$  = aluksen muodosta johtuva kerroin, arvot välillä 1,7 - 2,4

$C_B$  = uppouman täyteläisyysaste [-]

$L_{pp}$  = vesiviivan pituus [m]

$T$  = aluksen syväys [m]

$B$  = aluksen leveys [m]

$F_{nh}$  = Frouden syvyysluku

Frouden syvyysluku on dimensioton arvo, joka on riippuvainen ainoastaan vesisyvyydestä ja aluksen nopeudesta. Yleensä normaalien kauppa-alusten konetehto ei riitä ylläpitämään sellaista nopeutta, että Frouden luvun arvo kasvaisi yli 0,7. Käytännössä kuitenkin aluksen saapuessa maksiminopeudella syvästä vedestä matalikon kohdalle ovat Frouden luvun arvot 0,7...1,0 mahdollisia. Tällaisessa tilanteessa squat kasvaa hyvin voimakkaasti, joten pohjakosketusvaara on olemassa. Äkillinen matalikko on siis otettava erikseen huomioon väylän vesisyvyyttä mitoittaessa.

#### 2.2.4 Aaltoilun aiheuttamat liikkeet

Meren pinta on todella harvoin aivan tyyni. Kun tuuli nousee, ajan kuluessa alkaa veden pinta aaltoilla. Suomessa etenkin Selkämerellä tavataan pitempien tuulikausien aikana ns. maininkiaaltoja, joille on ominaista erityisen pitkä aallonpituus ja jopa useita päiviä pitkä yhtäjaksoinen kesto. Samoin Perämeren pohjukka alkaa ”velloa” pitempiaikaisen tuulen johdosta. Tämä johtuu pohjukan suljetusta luonteesta.

Aaltoilu aiheuttaa aluksen liikkeisiin monenlaisia häiriöitä. Alus kiertyy edestakaisin sekä pituus- että poikittaisakselinsa ympäri. Edellistä liikettä kutsutaan heilunnaksi ja jälkimmäistä jyskinnäksi. Lisäksi alus nousee ja laskee pystyakselinsa suuntaisesti, mitä kutsutaan kohoiluksi. Lisäksi aaltojen kasvaessa todella suuriksi alus alkaa liikehtiä lineaarisesti aaltojen mukana sekä pitkittäin että sivuttain. Suomalaisissa olosuhteissa aallonkorkeus ei nouse kuitenkaan ainakaan väyläalueella niin suureksi, että aaltoilun

suhteen lineaariset liikkeet alkaisivat vaikuttaa merkittävästi tarvittavan varaveden määrään.

Aaltoilusta aiheutuvien aluksen liikkeiden vaatiman lisävaraveden mitoittaminen on hankalaa. Jotta mitoitus voitaisiin tehdä tarkan numeerisesti, täytyisi olla tiedossa mitoitettavan väyläalueen aaltospektri ja mitoitusaluksen aaltokäyttäytyminen (PIANC 1997). Alusten aaltokäytös vaihtelee huomattavasti; Suomessakin on yritetty tutkia eri tavoin muutaman aluksen aaltokäyttäytymistä yleensä vaihtelevalla menestyksellä.

### **2.2.5 Kõlivara**

Jotta alus säilyttäisi ohjailtavuutensa ja jottei alus saisi pohjakosketusta, on kõlin alla oltava kaikissa tilanteissa tietty määrä vettä. Tätä jäännõsvaraveden määrää sanotaan kõlivaraksi. Useimmilla suomalaisilla meriväylillä on varavetenä pidetty 0,5 metriä. Myõs kansainväliset suositukset esittävät minimikõlivaraksi 0,5 m (PIANC 1980).

Myõs ”hyvä merimiestapa”, termi johon mm. merilaki viittaa, vaatii, että kaikissa tilanteissa on aluksen kõlin alla oltava vettä. Hyvän merimiestavan mukaan (lähteestä riippuen) riittävä kõlivara on 0,3–0,5 m.

### **2.2.6 Haraussyvyyden alapuoleinen vesi**

Käytännõssä aina kun vesialuetta varmistetaan haraamalla, jää haraustason alapuolelle myõs vettä. Tankoharahan ei varmistetulla vesialueella saa koskettaa lainkaan mitään pohjan osaa, joten toleransseja on aina oltava. Samoin erilaisille kaikumittausmenetelmille jätetään varmuusvaraa vesisyvyydestä riippuen. Käytännõssä aivan viimeisiä senttejä vesisyvyydestä ei koskaan varmisteta ainoastaan kaikumittausmenetelmillä, vaan kun vesisyvyys pienenee tarpeeksi pieneksi, varmistetaan vesisyvyys aina mekaanisesti tankoharaamalla.

Edellä mainituista toleransseista kenties merkittävin on mittauksen epätarkkuudesta johtuva vesisyvyyden lisäys. Koska vesialueen mittaaminen kestää yleensä vähintään tunteja, ja olosuhteet muuttuvat mittaamisen kuluessa, on haraa varmuuden vuoksi ylisyvätettävä. Mitä suurempi aallokko tai mitä suuremmat vedenkorkeuden muutokset, sitä enemmän haraa syvätetään yli virallisen haraustason. Kuitenkin kriittiset paikat harataan mahdollisimman tarkasti suunnitellulla syvyydellä.

Useilla Suomen rannikon väylillä, ennen kaikkea Pohjanmaan rannikolla, on ongelmana maan hidas nouseminen menneen jääkauden takia. Tämä aiheuttaa ongelmia pohjan tason muuttumisena veden pintaan verrattuna. Kun maan nousemisenopeus on tiedossa, voidaan se ottaa huomioon haraussyvyyttä mitoittaessa. Vastaavan ongelman aiheuttaa maapohjan liettyminen esimerkiksi läheisen jokisuun takia. Joki tuo mukanaan hienoa maa-ainesta, joka virtausnopeuden hidastuessa painuu pohjaan väyläalueelle ja nostaa pohjan tasoa veden pintaan verrattuna aivan kuten maan nouseminenkin. Lisäksi väylää käyttävien alusten potkurivirrat aiheuttavat liettymistä väylän reuna-alueilla.

Väylällä on rakennusvaiheessa otettava huomioon myõs ruoppauksen epätarkkuus eli työvara. Koska ruoppaaminen on kaivamistyõtä, joka tapahtuu yleensä samentuneen vesipinnan alapuolella, on kaivutyõn suorittaja täysin tyõkoneensa sensoreiden varassa arvioidessaan esimerkiksi kuokkaruoppaimen kuokan z-koordinaattia. Tämä aiheuttaa tyõn epätarkkuutta, joka on otettava huomioon väylän rakennusvaiheessa ruoppauksen työvarana. Käytännõssä työvarat ovat noin puolen metrin luokkaa.

### 2.2.7 Vuorovesi

Suomen rannikolla vuorovesi-ilmiö voidaan käytännössä unohtaa. Suurimmillaankin vuoroveden vaikutus on Suomenlahden itäosissa vain kymmenkunta senttimetriä, kun taas normaalit, muista tekijöistä johtuvat vedenkorkeuden vaihtelut voivat olla useita kymmeniä senttejä kuten kohdassa 2.1.1 on todettu (Forsén 1993).

Muulla maailmassa vuorovesi taas voi olla merkittävin ilmiö väylän vesisyvyyden kannalta. Kun sopivan kapeissa lahdissa voi vuorovesi-ilmiö olla jopa useita metrejä, on väylän vesisyvyyden kannalta ratkaisevan tärkeää, koska väylää käytetään (Forsén 1993). Samaten vuoroveden suuruuden ennustaminen on erittäin tärkeässä asemassa, kun väylän syvyydestä päätetään. Esimerkiksi Zeebruggen sataman sisääntuloväylän mitoitusaluksena on syväykseltään 11,00 m oleva nesteytettyä kaasua kuljettava alus, jonka vuorovesiaikaikkuna on 24 h. Väylää voi käyttää kuitenkin tulvavuoksen aikaan bulkkialus, jonka syväys on 16,00 m. Tosin jälkimmäisessä tapauksessa väylän käyttöaika on ainoastaan 2 h/vrk (Simoen et al. 1980).

### 2.3 Väylän vesisyvyyden mitoittamismenetelmiä

Lähes kaikkien eurooppalaisten maiden väylämitoitussormisto on muodostunut kansainvälisen normiston (PIANC 1980, PIANC 1997) pohjalle ja suuressa osassa maita sitä käytetään sellaisenaan. Varaveden taulukkoarvoina käytetään yleisesti taulukossa 1 (PIANC 1980) esitettyjä arvoja. Samaten lähes kaikki kirjallisuus viittaa kyseiseen (PIANC 1980) tutkimukseen.

**Taulukko 1. Varaveden mitoitusarvoja (PIANC 1980) mukaan**

Alue	Varavesi mitoitusaluksen syvyydestä [%]	Alueen erityispiirteet
Avomeri	20	Tuulelle ja aalloille altis alue
Odotusalue	15	Aaltoaltis alue
Väylä	15	Aaltoaltis alue
Väylä	10	Suojaisempi kuin edellinen
Ankkurointi- ja käsittelyalue	10 – 15	Aaltoaltis alue
Ankkurointi- ja käsittelyalue	7	Suojainen alue

Myös Suomessa on tehty tutkimustyötä väylän vesisyvyyden mitoittamisesta johtuen lähinnä Suomen luonnonolosuhteiden aiheuttamista suurista ruoppauskustannuksista. Suomalainen tutkimus (Huuska 1976) päätyi tulokseen, joka on melko lähellä edellä mainittua (PIANC 1980) tulosta. Tutkimuksen suositukset olivat seuraavat:

1. Alusten nopeuksia pitää rajoittaa.
2. Väylälle sallitut tuulennopeudet ja/tai aallonkorkeudet on valittava tarkasti.
3. Suositeltava vesisyvyys väylällä on vähintään 1,15–1,20 kertaa mitoitusaluksen syväys.
4. Väylän pohjan on oltava mahdollisimman tasainen. Erityisesti nopeita vaihteluja syvyydessä (kynnyksiä) on vältettävä.
5. Kõlivan on oltava aina vähintään 0,3 m.

Toinen hieman uudempi tutkimus on edelleen raportointia vaille kesken. Merenkulkulaitos on omana työnään tutkinut DGPS-laitteilla Nesteen tankkialuksen M/t Naturan painumia ja painumista laskettuja varavesiä Utö-Naantali väylällä. Samassa tutkimuksessa tutkittiin niin squat- kuin aaltokäyttäytymistäkin (Merenkulkulaitos 2001). Tämän tutkimuksen tuloksena

ei olemassa olevia varavesitaulukoita muutettu, vaan varmuus niiden sopivuudesta vahvistui.

### **2.3.1 Kokemusperäiseen tietoon nojautuminen**

Aiemmin väylän vesisyvyyttä mitoitettiin pelkästään kokemusperäisin metodein. Oli todettu, että jollekin alustyyppille riittää tietty varaveden määrä kaikissa olosuhteissa. Tämä mitoitustapa voi olla hyvinkin toimiva, mutta hyvin luultavasti se aiheuttaa tehottomuutta ja vesisyvyyden vajaakäyttöä väylästä. Kokemusperäisen mitoitustavan käyttö voi olla kallista, jos arviot tarvittavasta varavedestä ovat liian konservatiivisia. Nykyaikana kokemukseen perustuva mitoitustapa tuskin sellaisenaan on käytössä, vaikkakin kokemusperäinen tieto on ehdottoman tärkeä säilyttää muun mitoitustekniikan ohella. Vain kokemusperäisen tiedon ja ns. näppituntuman avulla voidaan tutkailla muiden teknisempien mitoitustapojen antamia tuloksia kriittisessä valossa. Jopa edellä mainitun PIANC:n mitoitustaulukon suoraviivaista käyttöä voidaan pitää kokemusperäisenä mitoitustapana.

### **2.3.2 Deterministinen lähestyminen**

Ehkä eniten käytössä oleva lähestymistapa varaveteen on deterministinen metodi. Deterministinen lähestyminen tarkoittaa sitä, että kukin varaveden määrään vaikuttava osa tapahtuu omana ilmiönään, yhtäaikaaisesti. Vaadittava varavesi siis muodostuu edellä mainituista osista, joiden suuruudet voidaan laskea yhteen ja jotka näin ollen yhdessä määräävät kokonaisvaraveden suuruuden. Tämä mitoitustapa antaa sellaisenaan yleensä liian konservatiivisen kuvan tarvittavasta varavedestä, vaikkakin sen avulla saavutetaan hyvä käsitys tarvittavaan vesisyvyyteen vaikuttavista seikoista (PIANC 1985).

### **2.3.3 Tilastollinen lähestyminen**

Tilastollisessa lähestymistavassa kukin varaveden suuruuteen vaikuttava seikka otetaan huomioon erilaisilla painoarvoilla. Kukin painoarvokerroin muodostetaan kuvaamaan jonkinlaista ennalta määriteltä tilannetta ja kullekin seikalle muodostetaan oma kertoimensa. Tilanteet määritellään niin, että koko väylän suunnitellun käyttöajan olosuhteet tulevat koetelluiksi. Raja-arvoina voitaneen kuitenkin pitää olosuhteita, joissa alusliikenne on mahdollista, eli hirmumyrskytaoisia tuulia ei tarvitse ottaa huomioon. Painoarvokertoimilla voidaan laskea kullekin mitoitustilanteelle ominainen varaveden tarve (Briggs et al. 2002). Tilastolliseen lähestymistapaan tarvittavaa aineistoa ei kuitenkaan yleensä ole saatavana, joten mitoitustyössä joudutaan useimmiten käyttämään deterministis-tilastollista lähestymistä.

## **2.4 Vesisyvyyden mitoitustyön kulku**

Kaikille mitoitustapojen on ominaista mitoitustapojen käyttö. Mitoitustapaksi valitaan suurin alus, jolle väylä suunnitellaan. Käytännössä mitoitustapojen kokoon vaikuttavat väylän määräsätaman satama-aitaiden dimensiot ja laivattava lasti, joka määrää alustyyppin.

Kansainvälisessä väylän mitoitustapojen ohjeistossa (PIANC 1997) ei varsinaista vesisyvyyden mitoitustekniikkaa käsitellä juurikaan. Erityisesti kansainvälisissä ohjeistoissa keskitytään nopeuspainumalaskentaan.

### **2.4.1 Suomalainen mitoitustapa**

Suomalaisen vesisyvyyden mitoitustapana on käytetty edellä mainittua PIANC:n ohjeessaan määrittelemää menetelmää. Sitä on muokattu suomalaisiin olosuhteisiin

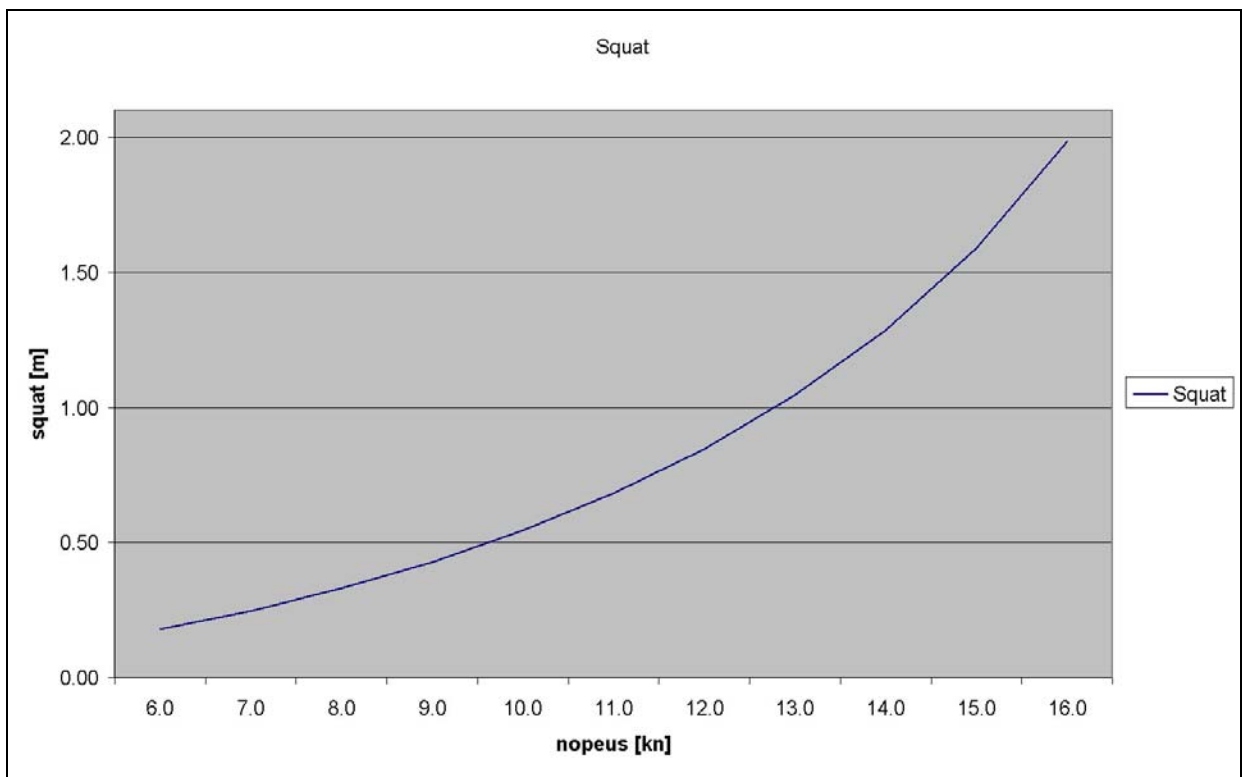
ainoastaan vähän. Väyläsyvyyden mitoitustekniikan voidaan katsoa kuitenkin sisältävän niin kokemusperäistä, determinististä kuin tilastollistakin lähestymistapaa.

Ennen nykyisen väyläsuunnitteluohjeen käyttöönottoa vesisyvyys mitoitettiin pääasiassa pelkällä prosenttiohjeella. Mitoituksessa käytettiin siis puhtaan kokemusperäistä metodologiaa. Tuolloin varaveden ohjearvoina pidettiin 20 % kulkusyvyydestä väylän ulko-osalla ja 15 % sisäosalla. Satama-altaan syvyydeksi mitoitettiin 110 % kulkusyvyydestä.

Nykyisellä väyläsuunnitteluohjeella (Merenkulkulaitos 2001) pyritään tapauskohtaiseen tarkasteluun. Tämä menetelmä kuvataan seuraavassa.

Mitoitusalueen mittojen lisäksi tarvitaan muina mitoitustietoina pohjan taso, aaltoilusta aiheutuva liikevara ja kölivara. Näiden perusteella voidaan laskea aluksen nopeuspainuma halutulla nopeusalueella. Jos nopeuspainuman aiheuttama varaveden pienenemä ei ole haluttu, aloitetaan mitoitus uudelleen valitsemalla uusi pohjan taso tai muuttamalla muita mitoitettavia tekijöitä. Näin haarukoimalla haetaan sellainen pohjan taso, jolla saadaan aikaan järkevä kustannus / turvallisuus / nopeusalue – yhdistelmä.

Nopeuspainuma on suomalaisissa olosuhteissa merkittävin mitoitettava tekijä väylän vesisyvyyttä valittaessa. Koska nykyaikaiset alukset pystyvät huomattavankin suuriin matkanopeuksiin, jopa yli 20 solmun nopeuksia on nähty käytettävän, on nopeuspainumalle annettava suuri arvo mitoitustyön kulussa. Normaali nopeuspainuman muutos on hyvin radikaali, nopeuden kasvattaminen kasvattaa tarvittavaa nopeuspainumavaraa todella paljon. Kuvassa 4 on esitetty aluksen painuma nopeuden funktiona.



**Kuva 4. Squat nopeuden (solmuina) funktiona.**

Taulukossa 2 on esitetty kuvan 4 nopeuspainuman suuruuteen vaikuttavat seikat.

## Taulukko 2. Kuvan 4 squat-laskennassa käytetyt mitat.

Aluspituus	175 m
Leveys	25 m
Syväys	9,0 m
Vesisyvyys	11,0 m

Kuvasta 4 voidaan todeta, että aluksen nopeuden nostaminen 10 solmusta 13 solmuun aiheuttaa squatilmiön aiheuttaman painuman kasvamisen 0,5 m:stä 1,1 metriin. Kuvasta 4 voidaan myös todeta, että mitoitustilanteessa aluksen nopeuden ylittäessä 16 solmua, saa alus pohjakosketuksen.

Käytännössä suomalaisessa meriväyläsuunnittelussa on tullut tavaksi mitoittaa vesisyvyys ja näin ollen myös haraussyvyys käyttäen mitoittavana arvona ainoastaan nopeuspainumaa. Aaltoilusta ja muusta liikehtimisestä johtuvan liikkeen vara on suomalaisessa mitoituskäytännössä sijoitettu kokonaisvaraveteen. Normaalisti voidaan varavedestä osoittaa noin 0,2–0,3 m osuuden olevan tuota liikevaraa. Koska laivan liikkeiden kannalta pahimmat mahdolliset aalto-olosuhteet ovat ääriolosuhteita, joissa aluksen nopeutta on laskettava, ovat squat ja aaltoilun aiheuttaman liikehtimisen varat varavedessä ainakin osittain yhteisiä (Merenkulkulaitos 2001). Empiirisesti voidaan todeta, että Suomessa käytetyt varaveden arvot ovat vähintään riittäviä, koska edes avoimilla väylien suosilla, joilla alusnopeudet ovat suurimmillaan, ei ole sattunut pohjakosketuksia. Taulukossa 3 on listattuna muutamien suomalaisten satamien sisääntuloväylien varavesiarvoja ja kulkusyvyyskäytettyjä avomeren tuntumassa ja väylän sisäosalla.

## Taulukko 3. Tyypillisiä varaveden arvoja Suomen rannikkoväylillä

Väylä	Nimellis-kulkusyvyys	Haraussyvyys avomeren tuntumassa	Varavesi [%]	Haraussyvyys väylän sisäosalla	Varavesi [%]
Kemi Ajos	10 m	12,0 m	20,0	11,5 m	15,0
Raahe	8 m	9,5 m	18,8	9,2 m	15,0
Kokkola	13 m	15,6 m	20,0	15,0 m	15,4
Pietarsaari	9 m	10,5 m	16,7	10,2 m	13,3
Pori Mäntyluoto	10 m	12,0 m	20,0	12,0 m	20,0
Rauma Valkeakari	7,5 m	8,6 m	14,6	8,5 m	13,3
Sköldvik	15,3 m	17,5 m	14,4	17,0 m	11,1

Nopeuspainuman lisäksi muuttujina suomalaisissa olosuhteissa on Pohjanmaan rannikon satamien kohdalla huomioon otettava maannousuvara ja jokisuiden satamien lähestymisrännissä liettymisvara. Edellä mainitut varat ovat kuitenkin suhteellisesti huomattavan pieniä verrattuna nopeuspainumavaraan tai aaltoilusta aiheutuvan liikkeen varaan. Maannousu- ja liettymisvaran reaaliarvot voivat olla kuitenkin luokkaa 1-5 % kulkusyvyyydestä. Suomalaisessa mitoitustilanteessa määritellään erikseen väylälle myös kölivara. Normistossa käytetään kölivarana 0,5 metriä meriväylillä (Merenkulkulaitos 2001).

Laskemalla yhteen nopeuspainumavara, aaltoiluvara ja kölivara saadaan kokonaisvaravesi, jota käytetään väyläsuunnittelussa.

Edellä mainitunlaisella mitoitusmenetelmällä saatu varavesi määritellään väylän minimivaravedeksi. Haraussyvyys muodostuu väylän nimelliskulkusyvyiden ja minimivaraveden summasta. Haraussyvyiden alapuolella väylällä on lisäksi toki vettä, joka toimii lisävarmistuksena pohjakosketuksen estämiseksi, mutta jonka varaan alusturvallisuutta ei kuitenkaan voida laskea. Jo uuden väylän syvyyden tarkastusvaiheessa, vastaanottoharauksessa voidaan ylisyvyyttä haraa hieman niin, että väylätilaan jää vettä haraussyvyiden alapuolelle. Näin eliminoidaan mahdollisen haraustilanteessa tapahtuvan satunnaisen virheen merkitys.

#### **2.4.2 Muiden maiden varaveden mitoituskriteerit**

Varsinkin eurooppalainen mitoituskriteeri nojaa melko vahvasti kansainvälisen yhteistyön tuloksina saatuihin suosituksiin ja kriteereihin (PIANC 1980, 1997). Suurimpana erona suomalaiseen mitoituskriteeriin voidaan todeta, että suomalainen menetelmä ei ota vuorovettä huomioon. Euroopan alueella on useita paikkoja, joissa vuoroveden vaihtelu on useita metrejä, mikä ei voi olla vaikuttamatta laivaliikenteeseen.

Mitointukriteerit ja vesisyvyyden ilmoittamismenettelyjä varten tehtiin sähköposti- ja kirjekysely PIANC:n jäsenille. Kyselyssä 14 PIANC:n jäsenvaltion merenkulkuviranomaiselle lähetettiin kymmenen kysymystä käsittävä lomake. Kyselyyn saatiin viisi kattavaa vastusta. Kysymyslomake on työn liitteenä 3. Saatuja vastauksia käytettiin pohjana tehtäessä analyysiä eurooppalaisista vesisyvyyden mitointu- ja esitystavoista

##### *Norja*

Norjalaisessa mitointumenetelmässä toimii pohjana vastaava PIANC:n menetelmä kuin Suomessaakin. Norjassa käytetään mitointuyhtälönä yhtälöä (5).

$$D = T + d_p + d_s + d_b + d_k, \quad (5)$$

jossa

T = mitointualueen syväys [m]

$d_p$  = tuulen tai ilmanpaineen aiheuttamat veden korkeuden muutokset [m]

$d_s$  = nopeuspainumavara [m]

$d_b$  = muu liikevara, ml. aaltoilusta johtuvat aluksen liikkeet [m]

$d_k$  = köliavara [m]

Norjalaisessa ohjeistossa kokonaisvaraveden minimiarvoiksi on suositettu arvoja, jotka ovat täsmälleen samat joita kansainväliset suositukset (PIANC 1980) esittävät. Arvot on esitetty taulukossa 1.

Norjalainen normisto (Kystverket 1997) ei ota kantaa käytettävään squatlaskenta-menetelmään eikä nopeuspainumalle varattavaan varaveden osan suuruuteen. Normisto esittää aaltoilusta aiheutuvien liikkeiden vaatimaksi varaksi 2/3 aallonkorkeudesta (Kystverket 1997), joka on suurehko verrattuna suomalaiseen normistoon ja kokemukseen.

Veden pinnan vertailukorkeuden muutokset, jotka aiheutuvat ilmanpaineen tai tuulen vaikutuksesta, on norjalaisessa menetelmässä taulukoitu. Veden pinnan lasku on verrannollinen ilmanpaineen kasvuun. Norjalaisen taulukon mukaan 10 % lisäys normaali-ilmanpaineeseen merkitsee 7 cm laskua vertailutasossa ja 20 % ilmanpaineen nousu aiheuttaa vastaavasti 16 cm vedenpinnan laskun.

### ***Hollanti***

Hollantilaisessa kanava- ja sisävesinormistossa (Dijkstra et al. 1996) otetaan yllättävän vähän kantaa tarvittavaan väylän vesisyvyyteen. Tämä johtune siitä, että Hollannissa väylästä käytetään hyvin yleisesti proomuliikenteeseen, jossa syväys ei useinkaan kasva niin merkittävään rooliin kuin suurempimuotoisessa alusliikenteessä. Hollannissa vallitseva maaperä on savea ja silttiä, joten pohjakosketuksen seuraukset eivät ole niin dramaattisia kuin kivisellä väylällä. Huomattavaa on myös, että kanavissa aluskokoa (ja myös syvyyttä) rajoittavat yleensä sulut, ei niinkään väylä. Rannikolla ongelmana on erityisesti liettymisestä aiheutuva vesisyvyyden pieneneminen.

Hollantilainen kanava- ja sisävesinormisto antaa kanavapoikkileikkauksisen väylän vesisyvyydeksi 1,4 kertaa mitoitusaluksen syväyksen. Kapeille ja yksikaistaisille väylille vesisyvyydeksi riittää 1,3 kertaa mitoitusaluksen syväys. Minimivesisyvyyden täytyy hollantilaisen normiston mukaan olla koko väylän mitalla sama, ja siinä tulee ottaa huomioon liettymisen ja mahdollinen ruoppaustarve (Dijkstra et al. 1996). Ghentin sataman sisääntuloväylän, Westerschelde-kanavan vesisyvyys on mitoitettu niin, että maksimisyvyyksenä on käytetty 12,25 m ja varaveden miniminä 10 %. Näin kertoimella 1,1 on päästy 13,50 m:n vesisyvyyteen.

Hollantilainen Euro-Maas-väylä, joka johtaa Rotterdamin satamaan on mitoitettu vesisyvyyden osalta tilastollisella mitoitusmenetelmällä. Menetelmä ottaa huomioon mitoitusaluksen, aalto-olosuhteiden, vuoroveden ja ilmasto-olosuhteiden lisäksi alusnopeuden tilastollisena suurena.

Rotterdamin sisääntuloväylän tapauksessa on välttytty tilastollisen mitoistekniikan aiheuttamilta suurilta virhemarginaaleilta tehokkaan aalto- ja säämonitoroinnin sekä ennustepalveluiden avulla. Suunnittelussa tarvittava aaltospektri ja säähavainnot analysoitiin mallikokeiden avulla. Reunaehtona tilastollisessa metodissa pidettiin yhtä pohjakosketusta 25 vuoden aikana tai keskimääräistä  $4,0 \cdot 10^{-4}$  todennäköisyyttä pohjakosketukselle yksisuuntaisella matkalla väylällä.

Euro-Maas väylällä tutkittiin myös pohjakosketuksen seurauksia. Tutkimuksissa todettiin, että aluksen vahingoittumistodennäköisyys on tuhannesosa pohjakosketuksen todennäköisyydestä. Vakavan onnettomuuden todennäköisyys on vielä pienempi (Luth et al. 1993).

### ***Belgia***

Viimeksi Belgiassa on mitoitettu uutta väylänosaa Zeebruggen sataman sisääntuloväylän suunnittelussa. Belgialaisessa tekniikassa vesisyvyyttä mitoittavina ominaisuuksina ovat (Simoen et al. 1980) mitoitusaluksen syväyksen ja muiden ominaisuuksien lisäksi niin vaadittu kölivara, vallitsevat sääolosuhteet kuin vuoroveden korkeus ja vaihe.

Vallitsevat sääolosuhteet on jaettu kahteen potentiaaliseen tilanteeseen, hyviin ja huonoihin olosuhteisiin. Hyvissä sääolosuhteissa keli ei vaikuta aluksen ohjattavuuteen. Huonot sääolot on taas määritelty sellaisiksi, joissa laivan ohjattavuus heikkenee. Suunnittelukriteerinä oli myös, että huonoissakaan sääoloissa ei pohjakosketuksen todennäköisyys saa kohota liian suureksi.



Belgialaisessa varaveden mitoitusmenetelmässä otetaan laskentavaiheessa huomioon myös mitoitusaluksen vertikaaliliikkeisiin vaikuttavat tekijät, sedimentaatiovara ja kaikumittauksen epävarmuusvara. Näin belgialaisella mitoitusavalla on päädytty Zeebruggeissä väylän sisäosalla 13,6 % varaveden mitoitusaluksen syvyyden ollessa 11,0 m. Väylän harausvyödyksi mitoitettiin 12,50 m vertailutasosta, joka oli valittu 0,65 m nousuvedeksi. Huonoissa sääolosuhteissa tilanne ei muutu muuten kuin referenssitason osalta, vertailutasoksi huonoille sääoloille on valittu +1,05 m nousuvesi (Simoen et al. 1980). Näin vuorovesi-ilmiön avulla voidaan ottaa huomioon esimerkiksi huonojen sääolosuhteiden vaatimaa lisävaravettä.

### ***Kanada***

Kanadassa on useita viranomaistahoja, joilla on tekemistä vesiväylän mitoittamisen ja siihen liittyvän normiston kanssa. Pääosin mitoitusnormistosta vastaa Kanadan rannikkovartiosto. Kanadalainen mitoitus perustuu liikennetutkimukseen mitoitettavalla väyläosuudella. Perusmitoituksena varavedelle on esitetty 15 % mitoitusaluksen syvyydestä. Jos varavedeksi mitoitetaan alle 15 % mitoitusaluksen maksimisyvyydestä, joudutaan tekemään tarkat laskelmat ja tutkimukset vesisyvyyden vaikuttavista seikoista.

Laskelmia ja tutkimuksia vaaditaan vertailutason valinnasta, vuorovesiennusteiden tarkkuudesta ja tuuli- ja vuorovesiolosuhteista. Lisäksi tutkimuksia pitää tehdä niin merenmittauksen ja ruoppaustyön tarkkuudesta kuin väylän liettymisestä. Mitoitusaluksen liikkeistä tuulussa vaaditaan myös erillinen tutkimus squat- ja trimmilaskelmien ohella. Myös ilmasto-olosuhteet ja pohjan materiaali vaikuttavat hyväksyttävän varaveden määrään (Herbich 1991).

### ***Japani***

Japanilaisen väylän vesisyvyyden mitoittamisen perustietona käytetään satama-allasmitoitusta. Satama-altaan vesisyvyyden pitää olla 110 % mitoitusaluksen maksimisyvyydestä valitulla vertailutasolla ja vuorovedellä. Maksimisyvyydessä kuuluu ottaa huomioon tuulen ja muiden luonnonolosuhteiden aiheuttamat syväyslisät.

Väylän vesisyvyys mitoitetaan satama-altaan vesisyvyyden perusteella siten, että satama-altaan vesisyvyyteen lisätään riittävä marginaali. Tämä marginaali sisältää heilunnan ja jyskinnän vaatiman vesisyvyyden lisän. Myös aluksen squat ja trimmi otetaan huomioon tässä marginaalissa (Herbich 1991). Normiston alkeellisuus kertoo Japanin helpoista rannikko-olosuhteista verrattuna esimerkiksi Suomeen.

### ***Iso-Britannia***

Iso-Britanniassa satamat ja väylät mitoitetaan varaveden ja vesisyvyyden osalta yhdellä taulukkomitoituksella. Taulukossa vesialueet jaetaan suojaisiin ja avoimiin, joka jättää jonkin verran tulkinnan varaa suunnittelijalle. Huomattavaa on myös se, että mitoituksessa otetaan huomioon sataman liikenteen alusjakauma. Iso-Britannian mitoitus on esitetty taulukossa 4 (Herbich 1991).

**Taulukko 4. Iso-Britannian varavesimitoitus (Herbich 1991) mukaan.**

Tyyppi	Liikenne	Varavesi
A	Lähes pelkästään suuria rahtialuksia (VLCC)	10 % syvyyksestä suojaisella alueella
B	VLCC, bulkkialuksia, rahtialuksia	0,9 m suojaisella alueella 2,3 m alle 150 tdwt aluksille avoimella alueella + 10 % syvyyksestä 150–250 tdwt aluksille avoimella
C	VLCC, konttialuksia, rahtialuksia, matkustaja-aluksia	1 m suojaisilla alueilla 1,6 m avoimilla alueilla
D	Kuten B	1,2 m melko suojaisilla alueilla
E	Kuten B	Yli 12 m syvyyksellä: 0,9 m vuoksi 1,5 m luode
F	Ro-ro-aluksia, rahtialuksia (syväys alle 4,8m)	0,3 m mutapohja 1,0 m hiekkapohja
G	Kuten F	0,6 – 0,8 m suojaisissa satamissa

Taulukossa 4 käytetty lyhenne VLCC (Very Large Cargo Carrier) tarkoittaa alusta, joka täyttää jonkin seuraavista ehdoista.

1. Bulk-alus, kantavuus yli 200 000 dwt
2. Konttialus, pituus yli 250 m
3. LNG- (nesteytetty kaasu-) alus, kapasiteetti yli 125 000 m<sup>3</sup>

### **2.5 Yhteenveto vesisyvyyden mitoittamistavoista**

Maailmanlaajuisesti on käytössä kirjava joukko vesisyvyyden mitoitus tapoja. Selkeästi tärkein on PIANC:n (PIANC 1980) mukainen mitoitus, johon lähes kaikki kansalliset mitoitus tavat perustuvat.

On huomattava, että useassa maassa mitoitus tapahtuu täysin taulukkoarvojen mukaan. Ainakin osittain tämä johtuu siitä, että ruoppauskustannukset ovat maaperän laadusta johtuen huomattavan matalat tai syvistä rannikoista johtuen olemattomat. Edellä mainitut seikat johtavat siihen, että merkittävät ruoppauskustannukset syntyvät lähinnä satama-alueilta, joilla varaveden osuus vesisyvyydestä on todella pieni.

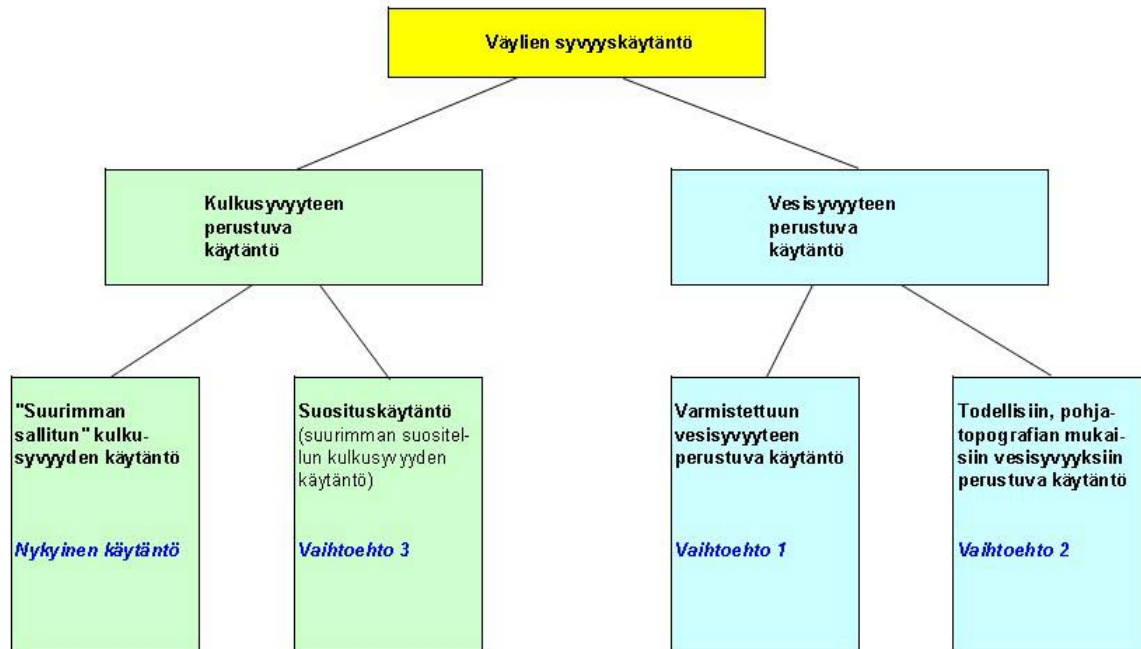
Voidaan sanoa, että suomalainen normisto tarkkoine squatlaskentakaavoineen on hyvä ja toimiva, koska onnettomuuksia ei ole sattunut. Suomen olosuhteissa tärkeä varaveden optimointi tehdään suomalaisen normin mukaan tehokkaasti, eivätkä sillä saavutetut arvot ole ristiriidassa kansainvälisten suositusten kanssa. Toisaalta, voidaan kysyä, onko mitoitus tehty liian turvallisesti ja tuhlaako se väylänpitäjän varoja kuljetustaloudellisesti tehottomana?

### 3 Kulkusyvyyskäytäntö ja vesisyvyyden ilmoittaminen

Suomessa on koko itsenäisyyden ajan esitetty kartalla väylän suurin kulkusyvyys. Sillä tarkoitetaan suurinta syvyyttä, jolla alus luotsataan väylällä. Riippumatta aluksen lasti- ym. tilanteesta, ylisyvässä uivaa alusta ei saa luotsata kuin erikoisluvalla. Kulkusyvyys määräytyy jo väyläsuunnitteluvaiheessa. Yleensä tämä kulkusyvyys on mitoitusaluksen maksimisyväys. Samalla kun väylälle suunnitellaan kulkusyvyys, määritetään myös harausyvyys.

#### 3.1 Väylän vesisyvyyden ilmoittaminen

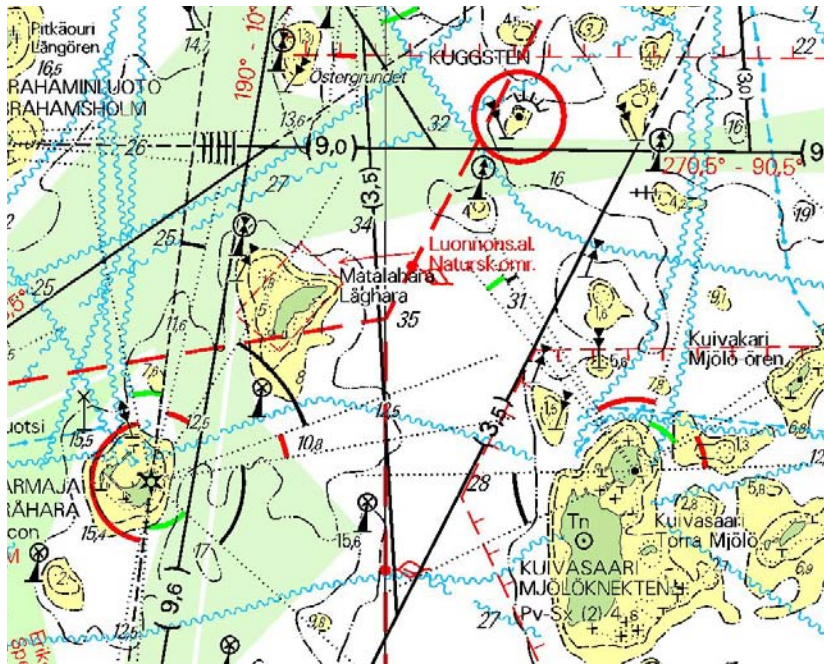
Väylällä vallitsevan vesisyvyyden ilmoittamiseen väylän käyttäjille on 4 vaihtoehtoa. Tärkeintä on, että käyttäjä saa tarvitsemansa informaation helposti ja oikeanlaatuisena, ilman pelkoa tiedon muuttumisesta. Käytännössä vaihtoehtoissa 1-3 voisi viranomaistaho, väylänpitäjä, antaa jonkinlaisen määräyksen minimikölivarasta. Perusvaihtoehdot on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Vesisyvyyden ilmoittamiskäytännön vaihtoehdot.

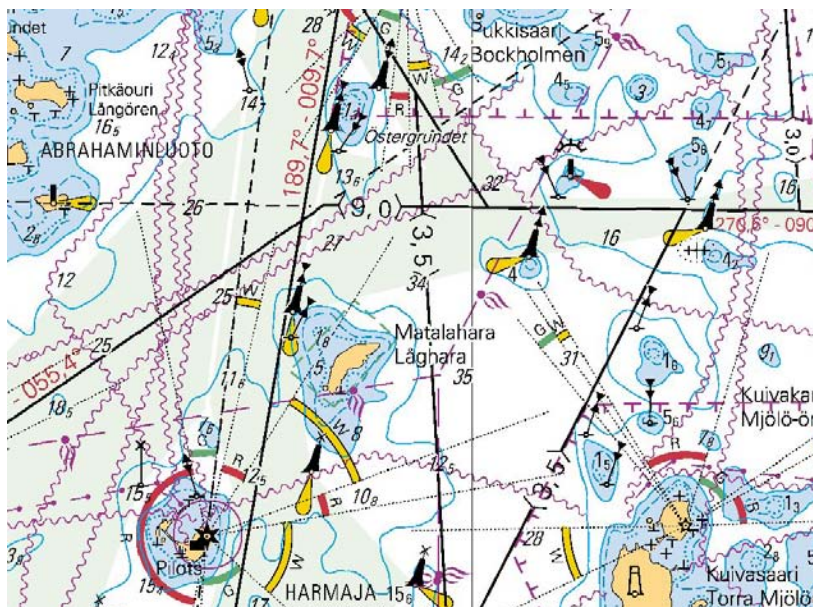
#### 3.1.1 Nykytilanne

Suomessa ilmoitetaan suurin syväys, jolla väylää saa käyttää. Tilanne on siinä mielessä nurinkurinen, että syväyksien seurannassa ollaan alusten omien ilmoitusten varassa, eli tilannetta ei valvota sanktiomielessä lainkaan. Toisaalta myös juridinen peruste maksimisyväyksen ylittämisestä rankaisemiseen tai tilanteeseen puuttumisesta uupuu (VL 4L, VIL). Suuria ylityksiä ei kuitenkaan ole ollut tai ne on tehty niin taiten, ettei havereita ole sattunut. Ainakaan viranomaisten tietoon ei ole tullut yhtään sellaista tapausta, jossa ylisyvä alus olisi saanut pohjakosketuksen tai ollut muuten osallisena meriliikenneonnettomuudessa (Heiskanen 2001).



**Kuva 6. Kansallisen kuvaustavan mukainen ns. vihreä kartta (Merenkulkulaitos 2002c).**

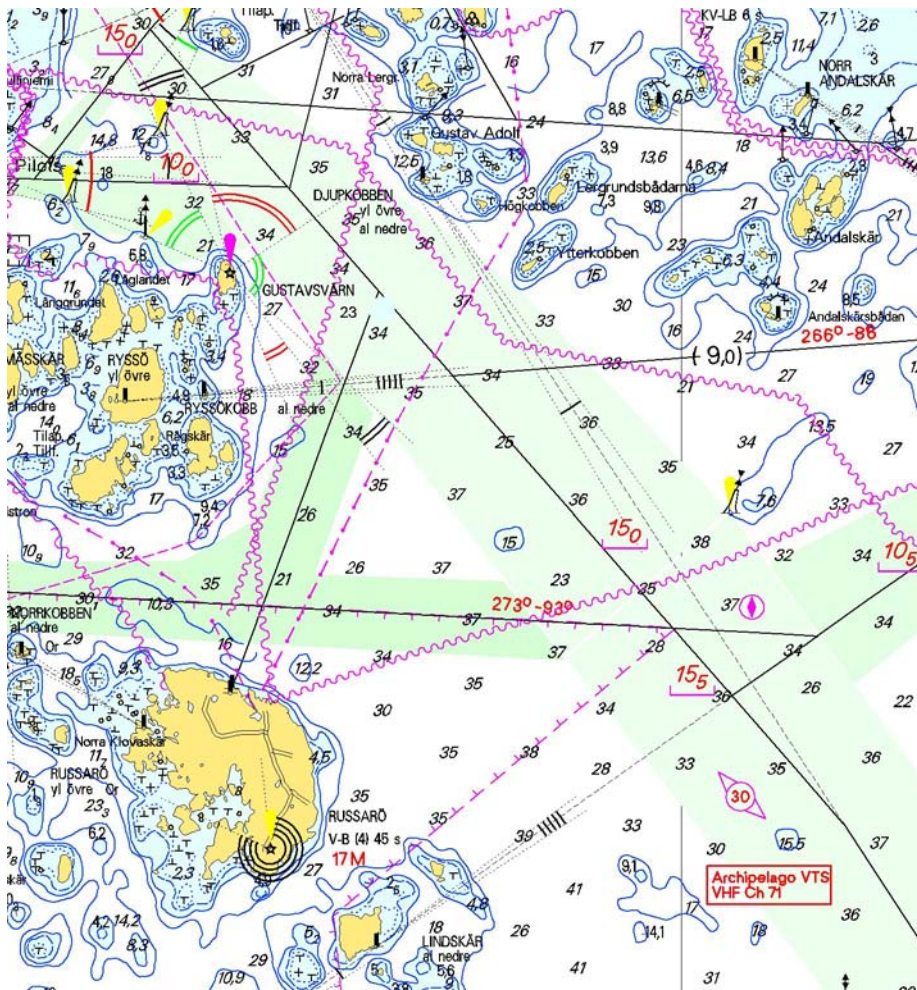
Väyläalueen pohjatopografia esitetään kartoilla kuten muukin merenpohjan topografia. Syvyyslukuja rannikkokartoissa, joiden mittakaava on 1:50 000, on noin puolen kilometrin välein ja tärkeimmät syvyyskäyrät (20, 10, 5 ja 3 m) ovat merkattuna. Merialueella kartassa väri vaihtuu 10 m käyrän kohdalla niin, että kymmentä metriä matalammat alueet ovat keltaisia. Esimerkkejä suomalaisesta kulkusyvyyyden esittämisestä merikartalla on kuvissa 6 ja 7. Kuvassa 6 on vanha, vihreä kartta ja kuvassa 7 on uusi, sininen kartta, jolla käytetään kansainvälistä INT – kuvaustapaa.



**Kuva 7. IHO:n INT -standardin mukainen, ns. sininen kartta (Merenkulkulaitos 2003c).**

### 3.1.2 Vaihtoehto 1: Haraussyvyyden ilmoittaminen

Vaihtoehtona nykytilanteen mukaiseen väylän kulkusyvyyden ilmoittamisen käytäntöön on harkittu myös väylän haraussyvyyden ilmoittamista merikartalla. Harkitun ehdotuksen mukainen ote karttalehddestä on kuvassa 8. Kuvassa 8 olevassa karttaotteesta ei ole käytetty INT – kuvaustapaa täysin tarkasti vaan sovellettuna. Kartta ei vastaa aivan täysin uutta sinistä merikarttaa vaan mm. väriytyks on erilainen. Tämä johtuu siitä, että kartalla kokeiltiin samalla muutoksia väylärasterien väreihin. Sitä ei siis tehty tätä työtä varten. Erityisesti huomattavaa kuvassa 8 on väylän vesisyvyyden esitystapa. Haraussyvyys ilmoitetaan kuten normaali syvyyslukema, mutta tehostevärillä ja tankoharaa kuvaavan kaadetun hakasulkumerkin päällä. Merkintätapa vastaa kuvan 10 INT-karttamerkkiä nro II-24, väri ja koko tosin ovat erilaisia havaittavuuden varmistamiseksi.



**Kuva 8. Kokeilukartta, jossa ilmoitetaan kauppamerenkulun pääväylän väyläalueen haraussyvyys.**

Ongelmana haraussyvyyden ilmoittamisessa merikartalla on koettu olevan karttaan mahtuvan tietosisällön rajoitettu määrä. Kun haraussyvyys voi vaihtua useampaankin kertaan väylällä, tulee karttaan useita merkintöjä, joiden esittäminen selkeästi voi olla hankalaa. Samoin väylien risteysalueilla voi esiintyä ongelmia. Esimerkkikartassa (kuva 8) on eri haraussyvyysisiä väyliä merkattu erisävyyksillä rastereilla. Ratkaisu ei sinällään ole hullumpi, mutta ääritilanteissa, esimerkiksi pimeällä komentosillalla vaikeaselkoinen. Samoin käyttäjällä voi olla vaikeuksia hahmottaa koko kuljettavan reitin matalin syvyys ja jopa pitemmän väylän haraussyvyyden kanssa voi tulla hahmotusongelma, jota ei

nykyisessä esitystavassa ole. Näin ollen myös tulkinnanvaraa saattaa esiintyä, joka kartta-tyyppisessä julkaisussa ei ole suotavaa.

### **3.1.3 Vaihtoehto 2: Pohjatopografian esittäminen**

Vaihtoehtoinen väylän vesisyvyyden ilmaisemistapa on pelkästään pohjatopografian esittäminen merikartalla. Tässä tapauksessa pohjatopografia tarkoittaa syvyyskäyriä ja syvyyslukemia. Näin vesisyvyyden ja sille soveltuvan syvyyksen päättelemisen jätetään kokonaan väylää käyttävän aluksen päällikölle.

Ongelmana kyseessä olevassa käytännössä on karttojen pienimittakaavaisuus. Jos rannikkokartan mittakaava on 1:50 000, ei kahta järkevän kokoista syvyyslukemaa voi esittää alle 250 m:n päässä toisistaan. Tämä etäisyys jättää kartalla noille kahdelle syvyyslukemalle eroa 0,5 cm, joka alkaa lähestyä luettavaa minimiä. Sama ongelma koskee syvyyskäyriä, joiden luettavuus ei ole pienimittakaavaisella merikartalla riittävän hyvä. Ongelma korostuu Suomen pienipiirteisellä rannikolla. Vaikka nykyaikaisella laivan komentosillalla on digitaaliset merikartat varustettuna GPS – yhteyksin, ei voida olettaa kartan tarkkuuden olevan riittävä turvalliseen syvyystiedon saamiseen. Näin ollen menettely aiheuttaa liikaa tulkinnanvaraa, eikä voi olla suositeltava ilman oheismateriaaleja.

Tämä vaihtoehto on kuitenkin maailmalla kaikkein laajimmin käytössä. Yhtenä selityksenä voidaan todeta, että kartoilla esitettävät vesisyvyydet eivät loogisesti ole kattavia syvyyksiä, vaan väyläalueilla esitetään ainoastaan kriittisten kohteiden syvyyksiä numeroin. Käytännössä käytössä on siis harvennettu syvyyspisteaineisto, jonka harvennuskriteerinä on käytetty matalimpien kohtien löytämistä. Muuten merenpohjan syvyysuhteet on esitetty syvyyskäyrin.

### **3.1.4 Vaihtoehto 3: Suositussyvyyskäytäntö**

Yhtenä kulkussyvyyskäytännön vaihtoehtona on pidetty tilannetta, jossa kartoilla esitettäisiin väylän kulkussyvyys kuten ennenkin, mutta kulkussyvyys ei olisi enää niin sitova kuin nyt. Esimerkiksi on esitetty tilannetta, jossa luotsi voisi tehdä päätöksen alukselta vaadittavalta varaveden määrästä. Toisin sanoen nykyinen erikoislupakäytäntö hylättäisiin ja annettaisiin harkintavalta paikalliset olosuhteet hyvin tuntevalle luotsille. Samoin päätösvalta voisi olla vapaasti aluksella niin, että nykyistä kulkussyvyyttä pidettäisiin esimerkiksi ”suunnittelusyvyytenä”.

Edellä mainittu joustavan kulkussyvyyden tekniikka jättäisi päätöksenteon tapauskohtaiseksi ja voisi poistaa pahimpia miinusveden aiheuttamia loukkuja Suomen rannikolla. Huonona puolena joustavassa käytännössä voidaan pitää sitä, että voimassa olisi edelleenkin kansainvälisestä poikkeava kansallinen käytäntö ja näin ollen sekaannukset olisivat edelleen mahdollisia.

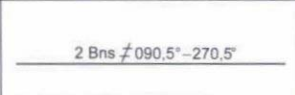
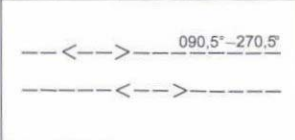

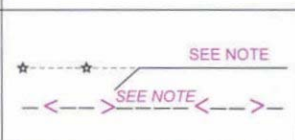
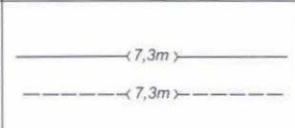
### **3.1.5 Oheisjulkaisut**

Etenkin toisena vaihtoehtona esitelty ratkaisu, jossa kartalla esitettäisiin pelkkä pohjan topografia, vaatii rinnalleen selventäviä julkaisuja. Näissä julkaisussa esitettäisiin tarkempia yksityiskohtia väylästä, kuten esimerkiksi suurempimittakaavaisia karttoja hankalista väylänosista jne. Samoin väylän mitoitus tiedot ja minimimitat voitaisiin esittää kyseisessä julkaisussa.

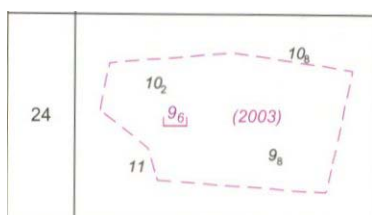
Edellä mainittu julkaisu yhdistettynä karttaan, jossa esitetään väylän pohjan topografia, voisi olla hyvä tapa esittää tarvittava informaatio. Ongelmana tavassa on se, että julkaisujen määrä lisääntyy nykyisestä, sillä kartan lisäksi tarvittaisiin ns. Pilot Book tai vastaava lisäkirjanen. Vaihtoehtona koko kauppamerenkulun pääväylästä kattavalle luotsijulkaisulle olisivat väyläkohtaiset tietolähteet, ns. väyläkortit. Väyläkortteja on tuettu Merenkululaitoksen toimesta yhdeksänkymmentäluvun loppupuolelta ja ne julkaistaan internetissä. Nykyisessä väyläkortissa on väylän karkean karttakuvan lisäksi väylän mitoitustietoja, sataman yhteystietoja ja siihen on listattu väylän navigoitavuuteen liittyviä erityisasioita. Väyläkortin tietosisältö on kuitenkin Pilot Book –tyyppiseen julkaisuun verrattuna laiha. Rauman 10,0 m väylän väyläkortti on työn liitteenä 4.

### 3.2 Väylän vesisyvyyden esittämiskäytännöt Euroopassa

Väyläalueen vesisyvyyden ilmoittamisesta ei ole olemassa kansainvälistä normia. International Hydrographic Organization (IHO) ei karttanormistossaan, niin sanotussa INT –karttakuvaustavassa (Merenkululaitos 2003b) ota yksiselitteistä kantaa väylän vesisyvyyden esittämiseen. Väylä kuvataan standardissa yhtenäisenä tai katkoviivana, ja sille voidaan antaa suurin sallittu syväys sulkeissa viivan päällä. Väylän INT -karttamerkkimallit kuvassa 9. Kansainvälisessä INT-karttakuvaustavassa esitetään haraussyvyys magentalla katkoviivalla rajatuille alueille kuvan 10 osoittamalla tavalla (Merenkululaitos 2003b).

	Kiinteillä merimerkeillä merkitty väylä Farled med fast utmärkning Recommended track based on a system of fixed marks
	Väylä, jota ei ole merkitty kiinteillä merimerkeillä Farled utan fast utmärkning Recommended track not based on a system of fixed marks
	Yksisuuntainen väylä Enkelriktad farled One-way track
	Kaksisuuntainen väylä (rajoitus esitetty huomautuksessa) Dubbelriktad farled (med särskilda bestämmelser) Two-way track (including a regulation described in a note)
	Väylä, suositeltu väylä; suurin sallittu syväys Rekommenderad farled med största leddjupgående angivet Track, recommended track with maximum authorised draught stated

Kuva 9. Väylän karttamerkit (Merenkululaitos 2003b).



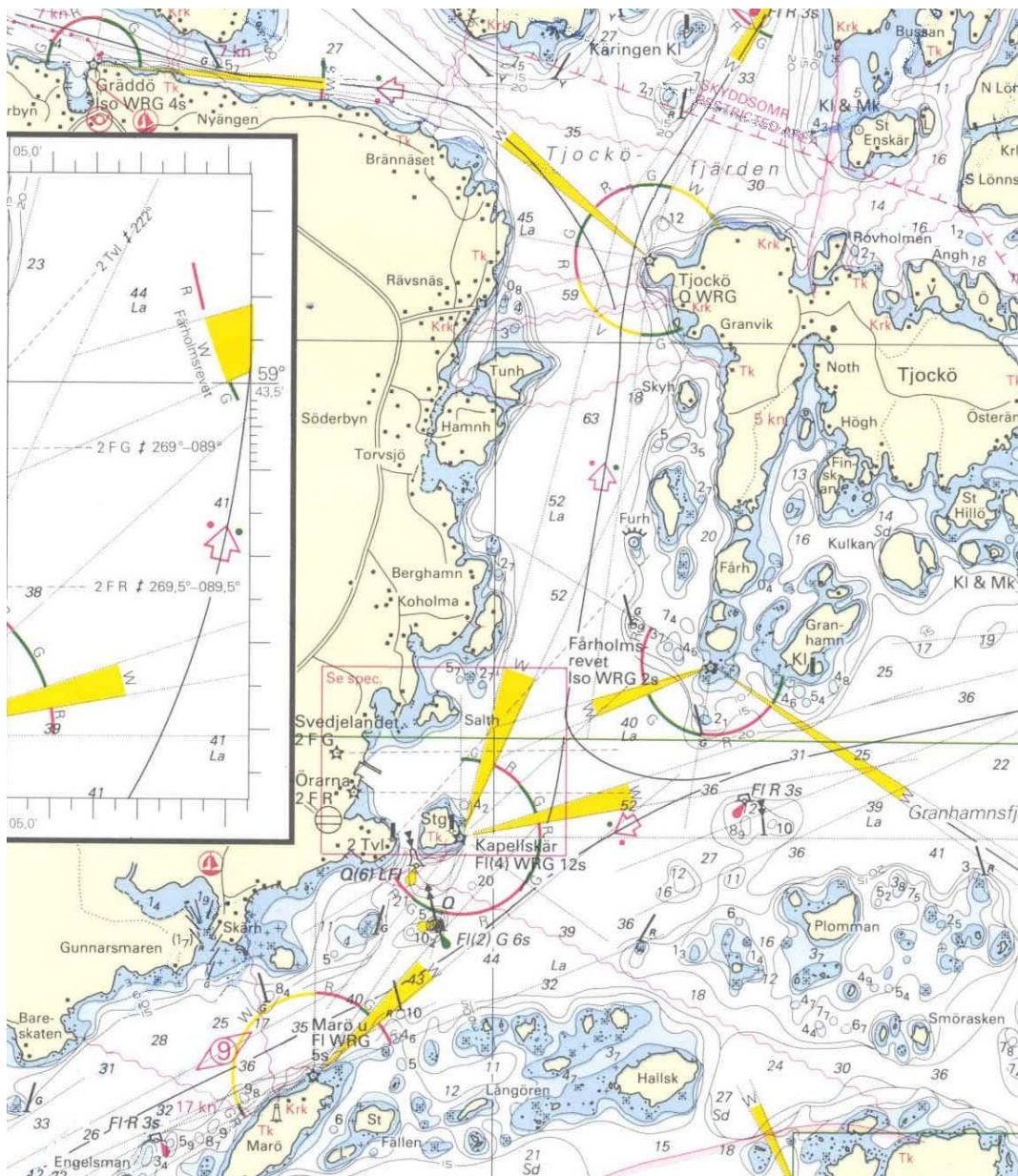
Kuva 10. Varmistetun alueen haraussyvyiden INT -merkintä (Merenkululaitos 2003b).

INT- standardin mukaan varmistetun alueen haraussyvyys voidaan ilmoittaa kuvan 10 esittämällä tavalla. Melko pitkälti kuvaa 10 vastaavaa merkintätapaa on suunniteltu käytettävän vaihtoehto yhden mukaisessa tapauksessa, ainoastaan väri ja alueen raja-  
 us on suunniteltu erityyppiseksi.

### 3.2.1 Ruotsalainen esitystapa

Ruotsissa on käytössä kahdenlaista vesisyvyyden esittämismetodia. Pääasiallisesti käytössä on menetelmä, jossa kartalla esitetään ainoastaan pohjan topografia. Kuvassa 11 on esimerkki ruotsalaisesta rannikkokartasta mittakaavassa 1:50 000 Kapellskärin alueelta. Huomattavaa kuvassa 11 ovat erityisesti väylälinjat, joilta kulkusyvyyssmerkin-  
 tä puuttuu.

Lähinnä huviveneille tarkoitetuilla väylillä ilmoitetaan ruotsalaisessa käytännössä maksimisyväys, jolla väylää saa käyttää. Tällöin syväys esitetään sulkeissa väyläviivan  
 päällä kuten Suomessakin.



Kuva 11. Karttaote Kapellskäristä (Sjöfartsverket 1986).



Ruotsalaisessa menettelyssä väylien ohjesyväykset ilmoitetaan erillisessä luotsikirjassa, jossa on myös karttaotteet (*ledkartor*) väylistä. Kuvassa 12 on ote luotsikirjasta, jossa sama Kapellskärin alue ympäristöineen kuin kuvassa 11. Kuvasta 12 voidaan todeta tietty karkeus, alkuperäinen mittakaava on noin 1:425 000. Kuvan tarkoituksena on esittää vain karkea väylälinjaus ja väylään käyttävän aluksen ohjesyväys sekä väylään liittyvät majakat ja loistot. Samaisessa luotsikirjassa (Sjöfartsverket 1998a) on myös satamakarttoja ja muita satamien tietoja. Lisäksi kirjassa kuvataan kunkin sataman sisääntuloväylän keskeiset maamerkit, loistot ja muut vastaavat kohteet mustavalkopiirroksin tai valokuvin. Satamista on kirjaan painettu myös ilmakuvia ja se on kattavuudeltaan aivan eri luokkaa verrattuna esimerkiksi suomalaisiin väyläkortteihin.

Luotsikirjassa esitetty ohjesyväys (*leddjupgående*) määritellään suurimmaksi syväydeksi, joka aluksella voi luotsiavustuksessa olla, kun vertailutasona on keskivesi. Ohjesyväydellä liikkumista väylällä ei kuitenkaan taata kaikissa olosuhteissa (Sjöfartsverket 1998a).



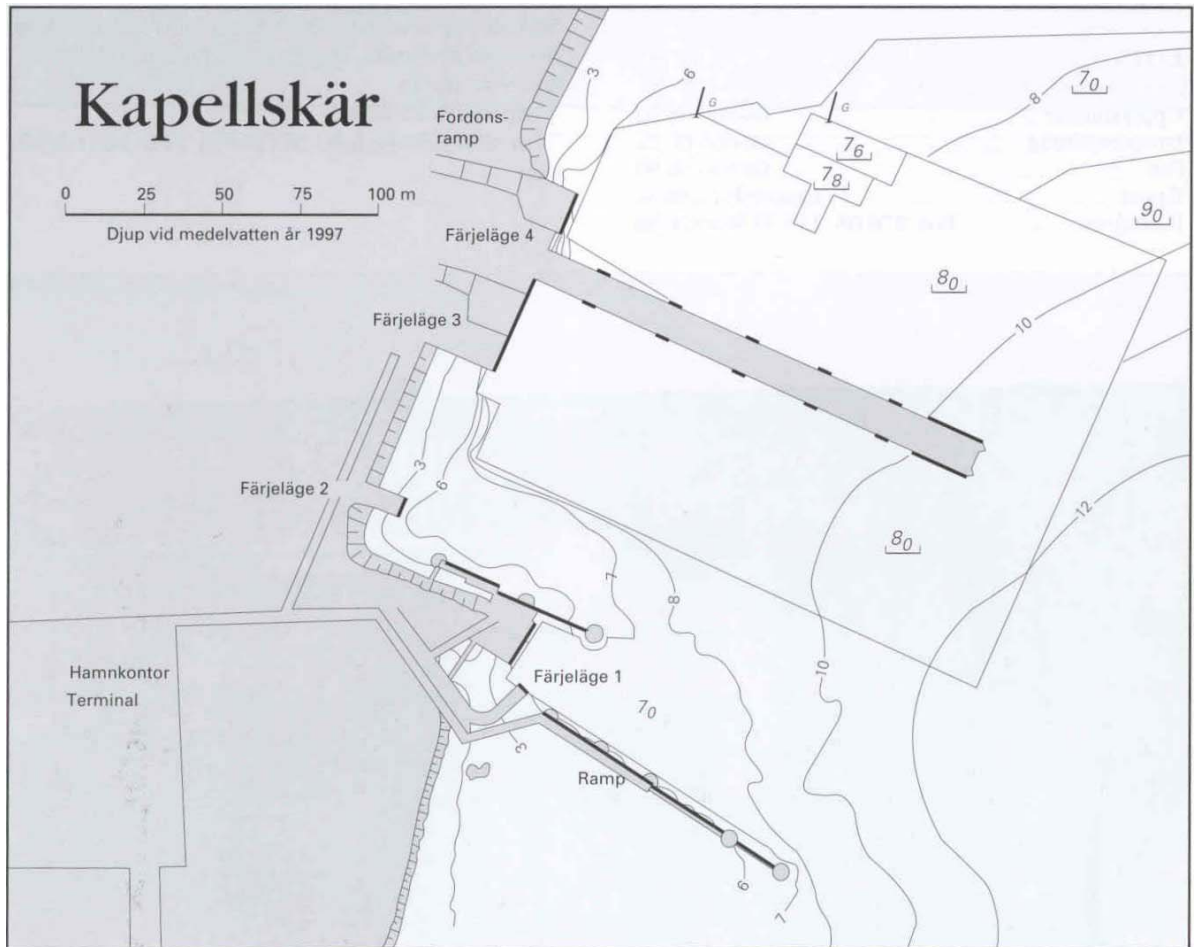
**Kuva 12. Luotsikartta (*ledkarta*) Kapellskärin ympäristöstä (Sjöfartsverket 1998a).**

Luotsikirjan sisällön keskeinen osa siis ovat satamakartat. Satamakartoissa on esitettyinä syvyyskäyriä sataman alueelta laiturien sijoittelun ja tärkeiden rakennusten lisäksi. Samoin erillisessä taulukossa kerrotaan kunkin laiturin ja lauttapaikan strategiset tiedot kuten pituus, rampin leveys, laituripaikan vesisyvyys, mahdollisten rautatiekiskojen olemassaolo ja muita tietoja. Kaikkien syvyystietojen vertailutasona on mittausvuoden keskivesi, tässä tapauksessa MW1997.

Esimerkkinä satamakartasta kuvassa 13 Kapellskärin kartta (Sjöfartsverket 1998a). Alkuperäisen kuvan 13 kartan mittakaava on 1:2000, joten pienetkin yksityiskohdat ovat jo

hyvin esillä verrattuna aiemmin esitettyihin merikarttaan (kuva 11) ja väyläkarttaan (kuva 12). Kuvasta 13 voidaan todeta, että syvyysslukemat sataman alueella ovat haraussyvyiksiä eivätkä todellisia syvyyksiä. Sen sijaan satamakartassa (kuva 13) esitetyt syvyysskäyrät ovat kaikumittauksilla tutkittujen todellisten syvyyksien avulla piirrettyjä.

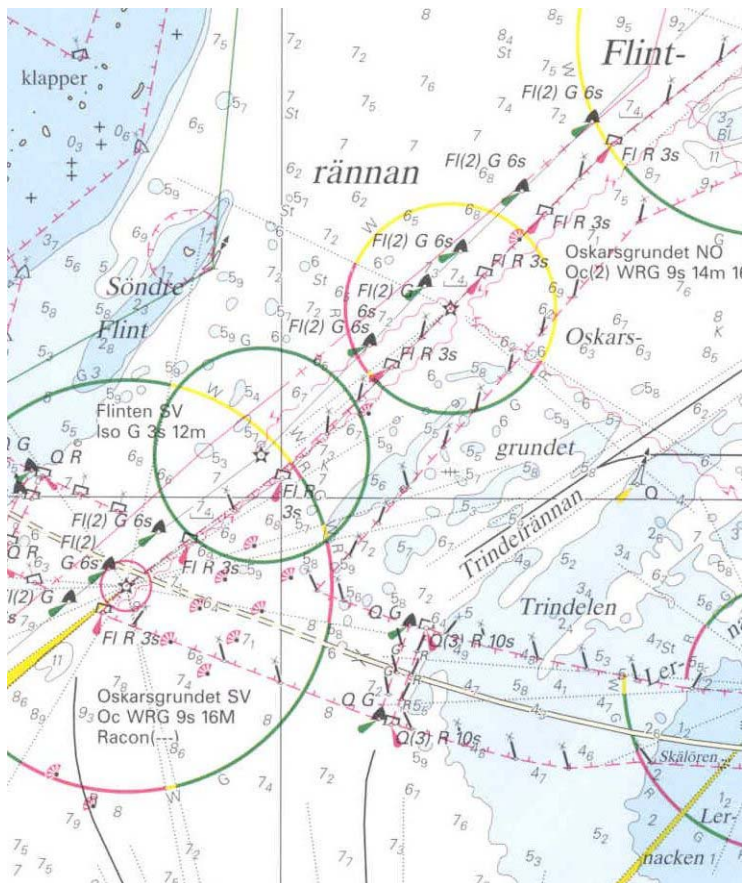
Kun luotsikirjan (Sjöfartsverket 1998a) ja merikartan tietosisältö yhdistetään, saadaan hyvin kattava aineisto satamaan saapuvista väylistä ja satamasta. Ainoastaan väyläalueiden todelliset haraussyvydet jätetään ilmoittamatta väyläinfrastruktuurin loppukäyttäjälle. Tosin tämänkin tieto esitetään satamakartassa, mutta vain satama-altaan alueelle kulkevista väylistä.



**Kuva 13. Kapellskärin satamakartta (Sjöfartsverket 1998a)**

Öresundin ruopatulla kauppamerenkulun väylällä, Ruotsin ja Tanskan välisessä salmessa on käytössä normaalista ruotsalaisesta esitysmetodista poikkeava tapa, jossa ilmoitetaan väyläalueen haraussyvyys. Haraussyvyyden, kuten muidenkin kartan syvyysslukemien vertailutasona on käytetty vuoden 1980 keskivedenkorkeutta. Väylä on tankoharattu koko alueeltaan kartalla ilmoitetulla syvyydellä. Kuvassa 14 ote merikartasta Öresundin salmesta. Huomattavaa kuvassa 14 on erityisesti väylän merkintä. Väylän linjaus kuvataan väyläalueen rajaavilla viivoilla ja turvalaitesymboleilla. Väyläalueella on merkittynä väylän haraussyvyys ikään kuin syvyysslukuna (7,4) kaadetun hakasulkumerkin päälle (Sjöfartsverket 1998b) kuten INT -karttamerkki 24 (kuva 10) esittää.

Tämä esitystapa vastaa melko tarkasti suunnitellun suomalaisen vaihtoehto 1 mukaista tapaa.



Kuva 14. Karttaote Öresundin väylältä (Sjöfartsverket 1998b).

Vaikka karttamerkintä ja väylän vesisyvyyden ilmoitustapa muuttuukin Öresundin ja muun Ruotsin rannikon välillä, on luotsikirja Öresundin osalta identtinen muun rannikon kanssa. Kuvassa 15 Öresundin luotsikartta (Sjöfartsverket 1996).

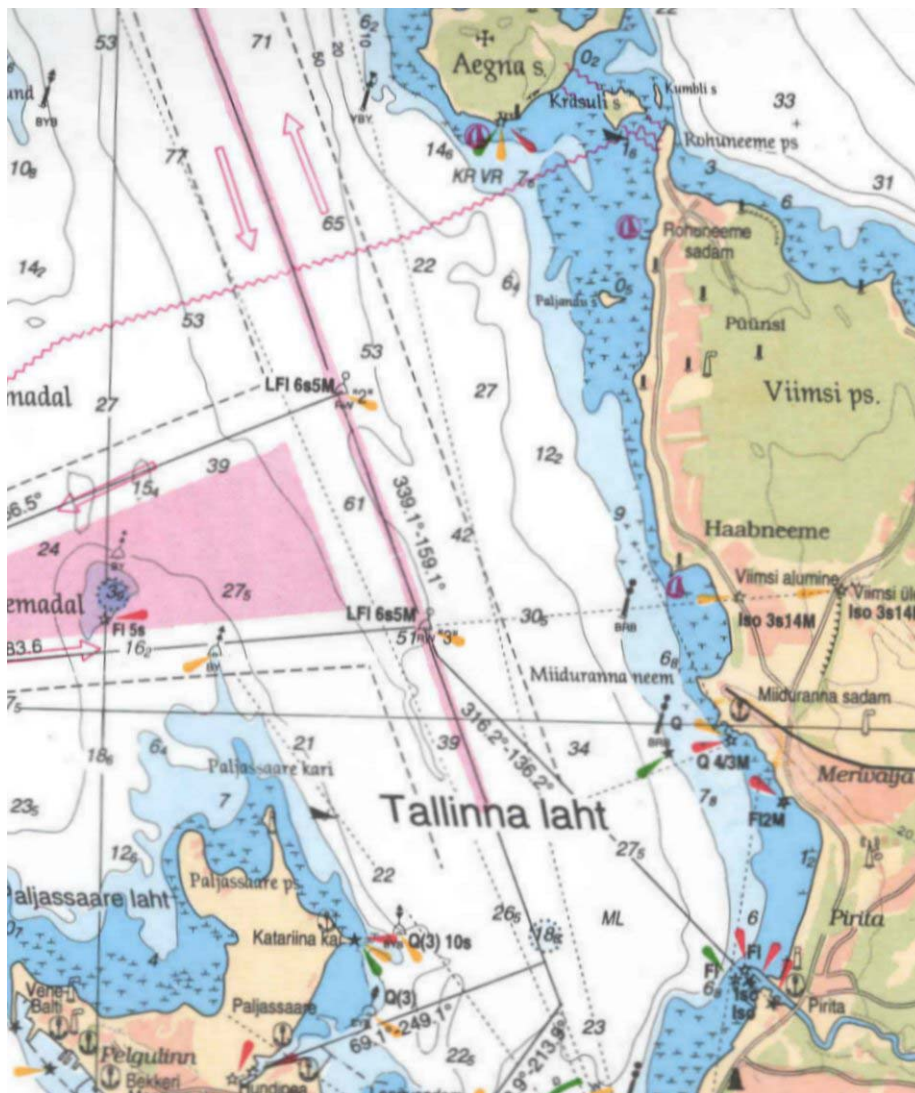


Kuva 15. Luotsikartta Öresundin alueelta, vrt. kuva (14).(Sjöfartsverket 1996)

Huomattavaa on erityisesti se, että Öresundin väylälle, jonka haraussyvyys on kuvan 14 mukaan 7,4 m ilmoitetaan suurimmaksi sallituksi kulkusyvyudeksi 7,0 m. Tämä jättää väylälle kokonaisvaravedeksi vain 0,4 m tai 5,7 % syvyydestä, joka on todella vähän verrattuna kansainvälisiin suosituksiin (PIANC 1980) verrattuna.

### 3.2.2 Virolainen esitystapa

Virossa käytetään INT –kartastoa. Viron merenkulkulaitos seuraa erittäin tiukasti INT-kartankuvaustapaa. Koska kansainvälinen merkistö ei mahdollista erillistä väylän vesisyvyyden ilmoittamista virallisesti, ei sitä virolaisiin merikarttoihin ole merkattu. Myöskään haraussyvyyttä ei erikseen esitetä. Virolainen merikarttakulttuuri perustuu siis puhtaasti väyläalueen pohjatopografian esittämiseen, kuten kuvasta 16 nähdään.



**Kuva 16. Virossa käytetään lievästi sovellettua INT-kuvaustapaa (Eesti Veeteede Amet 1994).**

Virossa tutkitaan parhaillaan vastaavaa ongelmaa kuin Suomessa, kuinka antaa enemmän tietoa väylän käyttäjille kartalla. Käytännössä Viron merenkulkulaitos haluaisi esittää varmistetun vesisyvyyden pohjatopografian ohella INT – karttamerkistön puitteissa (Maide 2002).

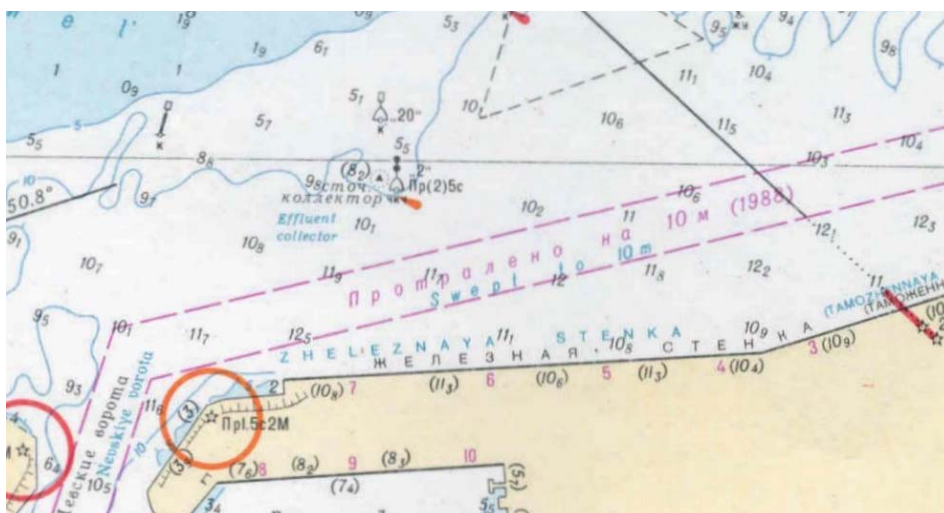
### 3.2.3 Venäläinen esitystapa

Venäjällä on käytössä useita rinnakkaisia käytäntöjä. Yleisesti voidaan todeta, että ainakaan Itämeren alueella ei väylälle ilmoiteta kulkusyvyyttä vaan kartoissa esitetään pohjatopografia ja mitatut syvyytlukemat. Normaalisti myös väyläalueen haraussyvyys jätetään erikseen ilmoittamatta kuten Virossakin.



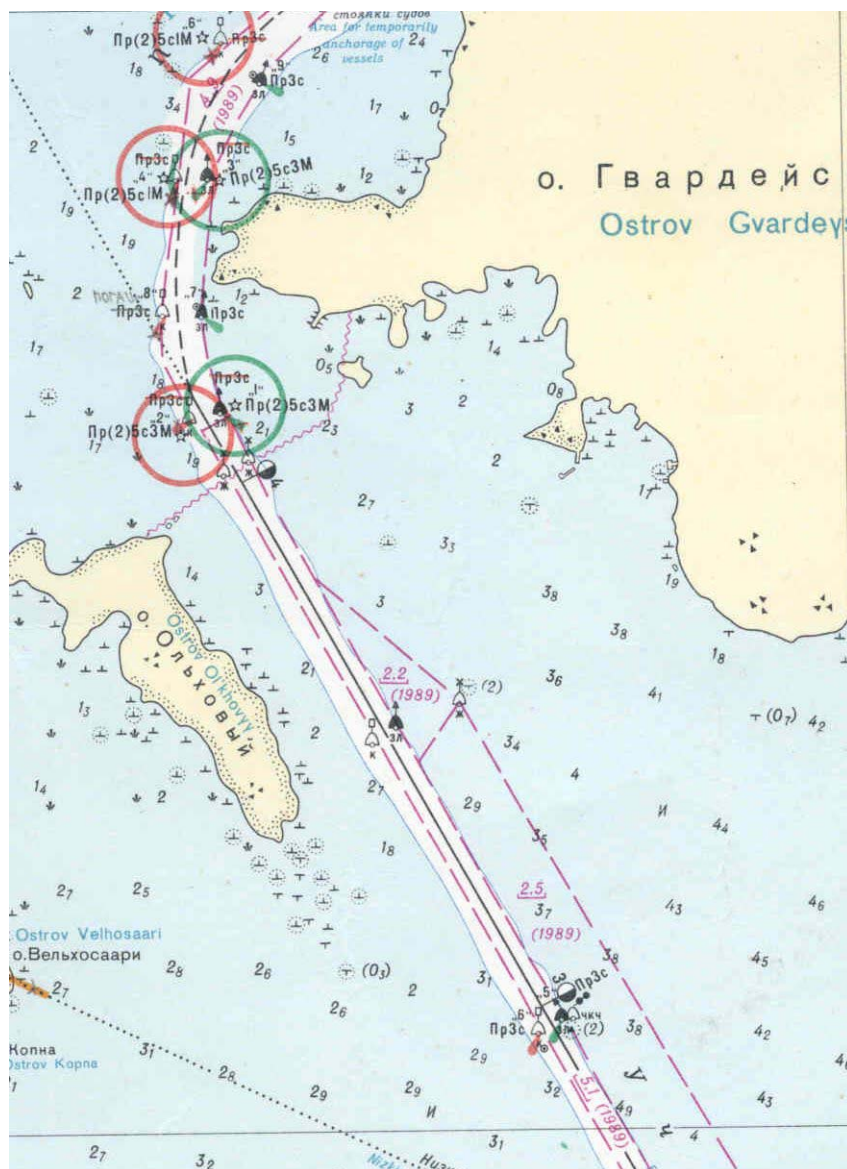
**Kuva 17. Huomautusmerkintä kartassa (Head Department of Navigation and Oceanography Russian Federation Ministry of Defence 1999).**

1:100 000 mittakaavaisella Pietarin lähestymiskartalla on erikoinen väylän vesisyvyyden ilmoittamistekniikka, joka on esitetty kuvassa 17. Normaalista poiketen, väylille ilmoitetaan varmistettu vesisyvyys tekstinä kartan nimiöosassa. (Head Department of Navigation and Oceanography Russian Federation Ministry of Defence 1999). Kyseessä on INT – kuvaustavan mukainen kartta, jossa väyläviivan vieressä kuten kuvasta nähdään, kehoitetaan katsomaan huomautusta 2. Nimiössä sijaitseva huomautus 2 kuuluu: ”According to the results of echo sounding of 1986, the least depth of the Fairway No2 is 11, 4 m, in Sankt- Peterburgskiy Morskoy Kanal – 11, 4 m.”



**Kuva 18. Haraussyvyyden merkintä Pietarin satamassa (Head Department of Navigation and Oceanography Russian Federation Ministry of Defence 1993).**

Venäläisillä suurempimittakaavaisilla merikartoilla on kuitenkin tapana esittää haraussyvyystietoa ainakin satama-alueilta. Kuten kuvasta 18 voidaan havaita, esitetään Neva-joen suistoalueella, Pietarin satamassa, haraussyvyys sekä latinalaisilla että kyrillisillä kirjaimilla tekstin ollessa ”Swept 10 m” ja haratun alueen rajausviivana magenta katkoviiva (Head Department of Navigation and Oceanography Russian Federation Ministry of Defence 1993). Vertailutasona syvyyksille on kyseisessä kartassa käytetty keskivettä 1942.



**Kuva 19. Karttaote Saimaan kanavan tuloväylältä (Head Department of Navigation and Oceanography Russian Federation Ministry of Defence 1994).**

Viipurinlahdella sijaitsevalla Saimaan kanavan tuloväylällä käytetään väylän vesisyvyyden esittämiseen tekniikkaa, joka on hyvin lähellä esitystapavaihtoehtoa 1. Kuvassa 19 on ote alueen merikartasta, josta voidaan todeta, että haratut alueet on rajattu magentalla katkoviivalla ja haraussyvyudet on ilmoitettu kunkin alueen sisäpuolella samaisella magentalla merkityllä syvyysnumerolla, jonka alla on harausmerkki (kaadettu hakasulku). Kyseinen tapa on täsmälleen INT-kuvaustavan mukainen (INT-merkintä 24, vrt. kuva 10.).

### 3.2.4 Belgialainen esitystapa

Belgiassa on käytössä puhtaasti vesisyvyyteen pohjautuva esitystapa. Belgiassa käytetään INT – karttoja, ja väylän syvyys esitetään sekä pohjatopografian että syvyysmerkkintöjen avulla. Kartta vastaa ulkoasultaan ja esitystekniikaltaan virolaista merikarttaa (kuva 16). Maksimisyväystä väylää käyttäville aluksille ei ole määritelty lainkaan.

Belgiassa käytetään syvyystietojen vertailutasona alinta keskialaveden tulvaluodetta (MLLWS = Mean Low Water Spring), joka on vuorovesialueilla keväällä esiintyvien erityisen matalien laskuvesien keskivesi, jolla tasolla vesi on noin 12–13 päivänä vuodessa. Keskialaveden määritelmästä johtuen MLLWS:n alle vesi laskee noin kuutena päivänä vuodessa.

Erityisesti belgialaista esitystekniikkaa arvioitaessa on otettava huomioon paikalliset olosuhteet. Belgian rannikon maaperä on erittäin hienoa ja helposti liettyvää silttiä, jonka takia väylät vaativat jatkuvaa huolenpitoa. Joillakin alueilla tehdään syvyyden tarkistusmittauksia jopa viikoittain ja kunnostusruoppauksiakin useamman kerran vuodessa. Maaperästä johtuen myöskään pohjakosketuksesta aiheutuvat seuraukset eivät ole kovin dramaattisia (van der Voorde 2002). Samoin kunnostusruoppauksen yksikkökustannukset pysyvät hyvin maltillisina Suomeen verrattuna, koska alueilla voidaan käyttää suuria imuruoppaimia.

### 3.2.5 Hollantilainen esitystapa

Kuten Belgiassa, käytetään myös Hollannissa INT –karttoja. Hollannissa on kuitenkin käytössä useammanlaista syvyyskäytäntöä väyläalueilla. Kartoilla ilmaistaan ainoastaan vesisyvyyksiä, mutta esimerkiksi Ghentin sataman sisääntulokanava-alueella maksimisyväys on määritetty vaikka sitä ei ole kartalla esitettykään. Kaikkien merialueiden vesisyvyyksien vertailutasona on Hollannissakin käytetty kevään matalimman luoteen keskivesi, kun taas kanava-alueella on käytössä oma vertailutaso (canal datum, CD). (Mortier 2002).

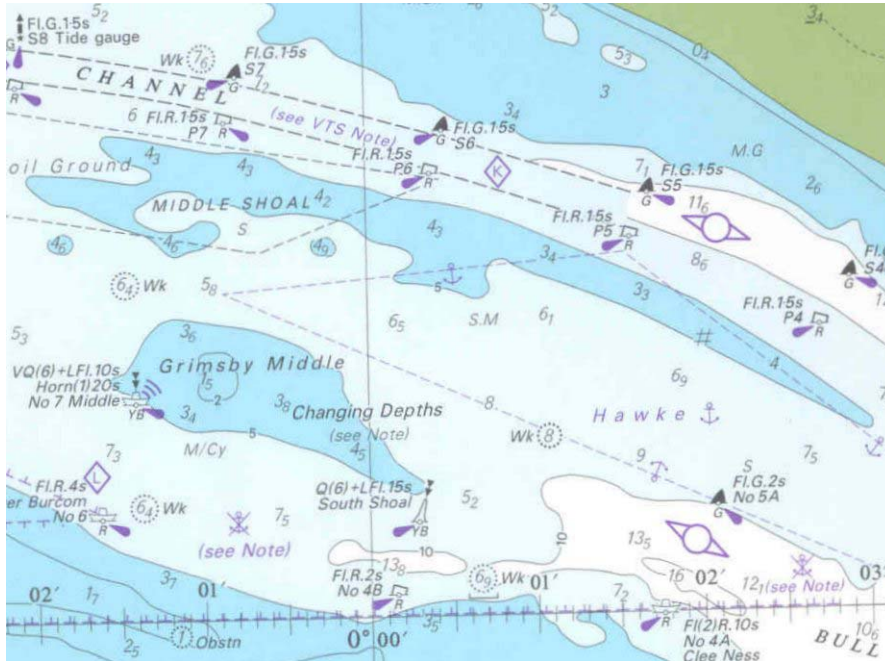
Hollannissa on käytössä ENIGMA –niminen elektroninen satamatiedotusjärjestelmä, jolla jaetaan informaatiota satamiin saapuville aluksille. Järjestelmällä voidaan esimerkiksi tiedottaa muuttuneista syvyyksistä tai uusimpien syvyystutkimusten tuloksista niin, että suurin sallittu syväys on varmasti kaikkien satamaan saapuviksi rekisteröityneiden alusten tiedossa.

Varmistettua vesisyvyyttä ei hollantilaisilla kartoilla tai kirjoissa esitetä lainkaan Pohjanmeren olosuhteista johtuen. Maaperän ollessa silttiä ja hiekkaa voivat särkät liikkua myrskyaallokossa vuorokauden aikana metrikaupalla. Samaten liettyminen muuttaa olosuhteita kuten Belgiassakin, mutta myös pohjakosketukset ovat vaarattomampia kuin Suomen kivikkoisilla vesillä.

### 3.2.6 Brittiläinen esitystapa

Kuten muissakin merenkulun historiallisissa suurmaissa, käytetään Iso-Britanniassa INT - kuvaustavan mukaisia karttoja. Väylille ei aseteta suurinta sallittua kulkusyvyyyttä vaan kartoilla esitetään vesisyvyys. Joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta vesisyvyys ilmoitetaan kuten muissakin INT – kartastoja käyttävissä maissa syvyyslukuina ja pohjatopografiana.

Erityisominaisuutena on otettava huomioon, että Britannian rannikko on pitkän merenkulun historian ansiosta varsinkin suurempien satamakaupunkien ympäristössä täynnä hylkyjä ja muita merenkulun esteitä kuten kuvasta 20 nähdään. Pisteviivoituksella ympäröity syvyysluku karttamerkkinä tarkoittaa kyseisellä syvyydellä olevaa merenkulun estettä, joka selitetään syvyysluvun viereen kirjatulla lyhenteellä (esimerkiksi Wk = hylky). Osa esteistä on varmistettu yliharamalla kyseisessä syvyydessä. Tämä haraus on merkattu erillisellä haraussyvyysmerkillä, jossa syvyyslukema kertoo haraussyvyuden.



**Kuva 20. Sunk Channel, huomaa myös hylyn yliharausmerkintä (The United Kingdom Hydrographic Office 2000).**

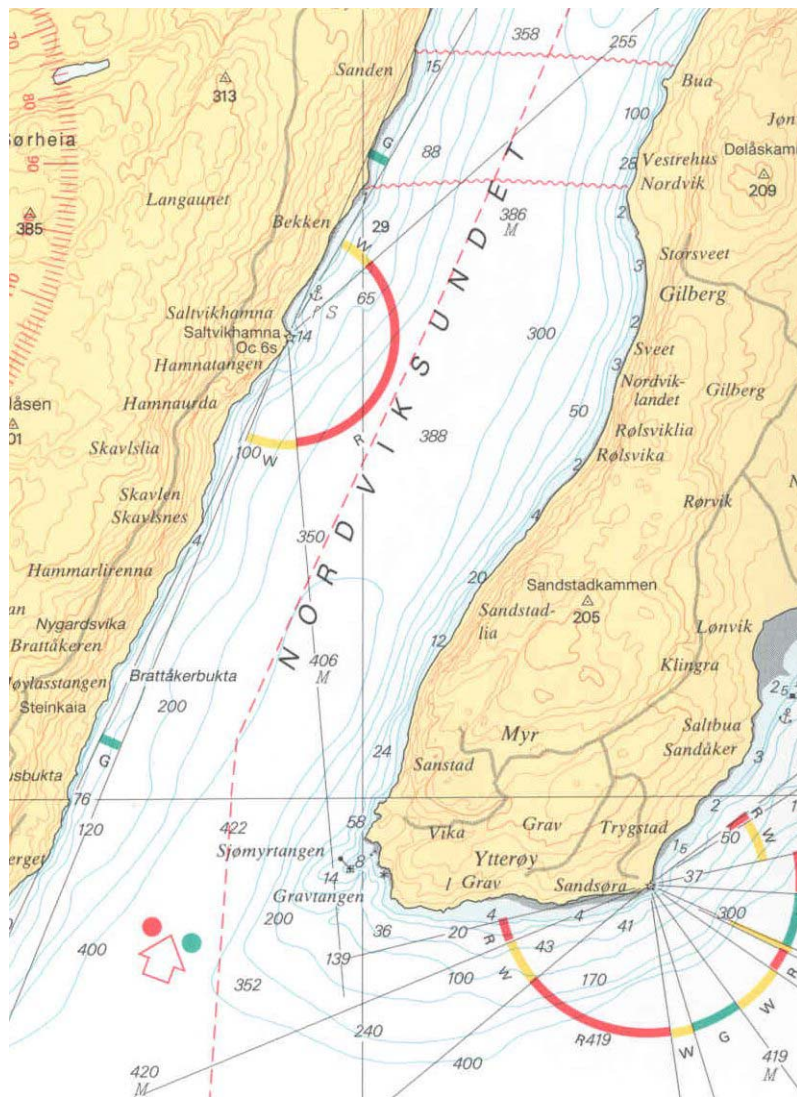
Poikkeuksena kulkusyvyyskäytännön yhteydessä voidaan esimerkiksi ottaa kuvassa 20 esitetyn kartan ”Sunk Channel”, josta on huomautus kartan nimiössä. Huomautuksessa (VTS note) todetaan, että kyseistä väylää ylläpidetään jatkuvalla ruoppauksella ja että väylän viimeisimmän todellisen vesisyvyystiedon saa VTS:n ”jokitiedotteesta” tai ottamalla yhteyden VTS:en (The United Kingdom Hydrographic Office 2000). Jatkuva ruoppaaminen johtuu siitä, että väylä on joen suistossa ja hiekkaisella alueella, niin että virtauksen mukana liikkuvat hiekkasärkät muodostavat pohjakosketusriskin.

Kuten muidenkin Pohjanmeren ja Englannin kanaalin rannikkomaiden kohdalla voidaan todeta olosuhteiden erilaisuus Suomeen verrattuna. Erityisesti vuorovesi vaikuttaa sekä vesisyvyyskiin että liettymiseen. Samoin maapohjan laatu aiheuttaa liettymistä, mutta myös vähentää pohjakosketuksesta syntyvien vaurioiden vakavuutta.

### 3.2.7 Norjalainen esitystapa

Norjalaisissa merikartoissa huomio kiinnittyy ennen kaikkea siihen, että kartoilla ei väylälinjauksia esitetä lainkaan. Kartoilla on esitetty väyliä turvalaitteet kuten normaalisti, mutta väylän paikan päättely on jätetty kokonaan käyttäjän tehtäväksi. Näin ollen myöskään väyliä kulku- tai vesisyvyys ei kartalla ole erikseen ilmoitettu. Ainoastaan vesisyvyyslukemat kartoilta löytyvät kuten muuallakin maailmalla. Muutoin Norjassa käytetään kevyesti sovelletun INT – standardin mukaisia kartoja kuten kuvasta 21 nähdään. (Norges Sjøkartverk 1992)





**Kuva 21. Karttaote Trondheimista, huomaa väylälinjauksen puute (Norges Sjøkartverk 1992).**

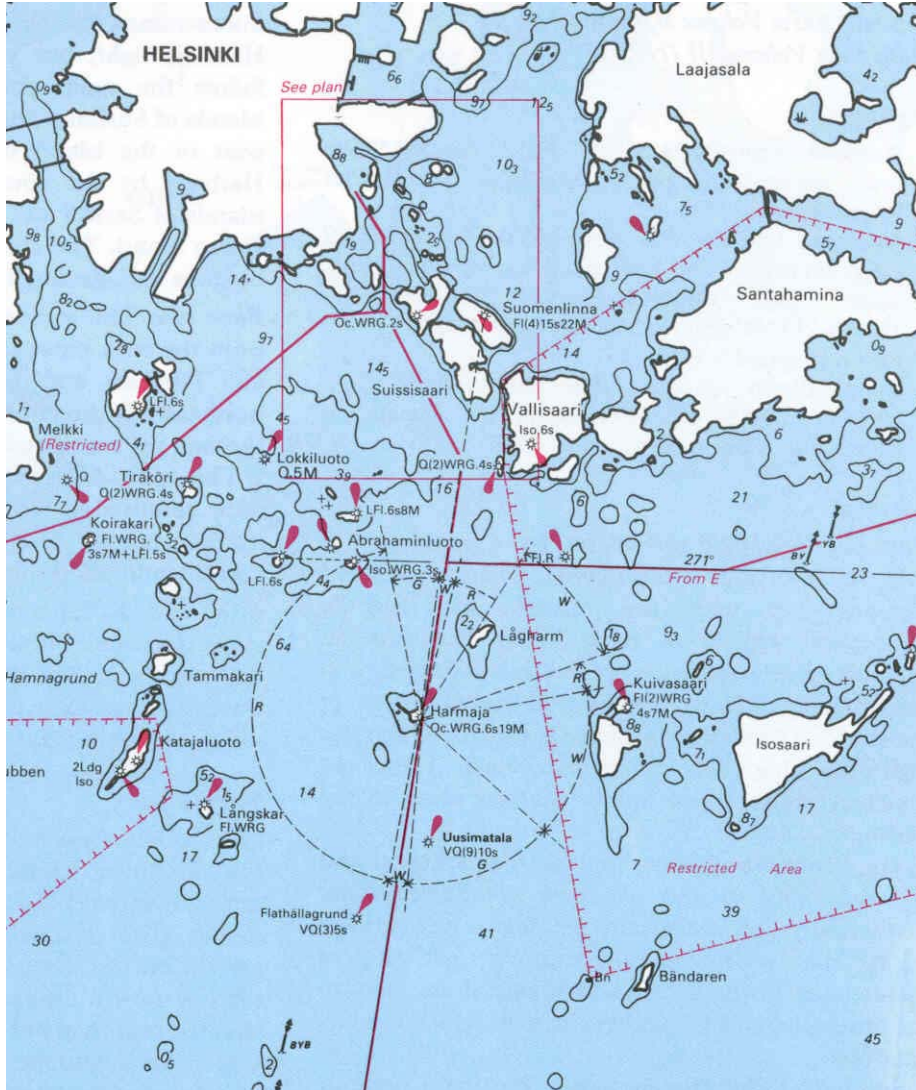
Norja on erityistapaus jyrkkäpiirteisen rannikkonsa vuoksi. Vuonojen maana tunnetussa Norjassa voi tavata suuria korkeuseroja hyvinkin pienellä matkalla. Hyvänä esimerkkinä Trondheimin vuono Pohjois-Norjassa, jossa matkaa vuono pohjalta (-318 m) lähimmälle tunturille (+358 m) on ainoastaan kaksi kilometriä. Tämä aiheuttaa sen, että väylälinjan sijainti maastossa ei ole merkittävää alusliikenteelle koska jyrkkärantaiset vuonot antavat hyvän visuaalisen johdatuksen navigointiin. Ainoastaan sataman lähestymisväylälle, jolta rantojen johdatus puuttuu, on asetettu valaistut linjataulut ja niiden linja on tosisuuntineen ilmoitettu. Itse väylää kuvaavaa viivaa ei ole tässäkään tapauksessa kartalle painettu.

### 3.2.8 Muut julkaisut

Itämeren alueelta julkaistaan myös yksityisen sektorin toimesta luotsijulkaisuja. Tutkitussa julkaisussa (Robinson 1992) esitellään koko Itämeren alue satamiseen ja pääväylälineen. Julkaisu on suunnattu niin huviveneilijöille kuin merenkäynnin ammattilaisillekin.

Julkaisussa on useita karttoja Itämeren alueelta ja kartoilla esitetään kaikkien Itämeren maiden kansallisia väyliä. Siinä ei ole otettu huomioon eri maiden erilaisia väylien vesisyvyyden esittämistapoja, vaan kaikki kartat ovat ulkoasultaan samanlaisia. Väylät on

esitetty pelkällä viivalla ja tosisuuntamerkinillä siellä missä niitä on. Muuten kartoilla on esitetty merenkulun turvalaitteiden paikat. Huomioonotettavaa julkaisun kartoissa on kuitenkin se, että niitä ei ole tarkoitettu varsinaiseen navigointiin, vaan lähinnä reitinsuunnitteluun mm. pienestä mittakaavasta johtuen. Esimerkkikarttana on esitetty kuvassa 22 alue Helsingin edustalta. Alue kattaa myös kuvissa 6 ja 7 olevan Harmajan alueen.



**Kuva 22. Ote luotsikirjan kartasta (Robinson 1992).**

Julkaisussa tärkeimpien satamien kuvausten ja karttojen yhteydessä esitetään sanallisesti myös tuloväylien kulku, mutta väylien vesisyvyyteen ei oteta kantaa. Voidaan siis todeta, että kyseisenlaisesta julkaisusta ei sellaisenaan ole ratkaisemaan vesisyvyyden ilmoittamistapaongelmaa, mutta hyvä lisä se merenkävijälle varsinkin tuntemattomammissa satamissa on.

### **3.3 Yhteenveto eurooppalaisista esitystavoista**

Väylän vesisyvyyden esitystapoja lähes yhtä paljon kuin karttojen julkaisijoitakin. Yhteistä eurooppalaisille kartoille on Norjaa lukuun ottamatta, että väylälinja esitetään niissä joko viivana kartalla tai reunalinjojen rajaamana alueena. Valmista yleispätevää mallia ongelman ratkaisuksi ei ole, koska olosuhteet vaihtelevat maittain. Selkeästi yleisin tapa esittää väylän vesisyvyys on INT – normin mukainen tapa, jossa kartalla esitetään

ainoastaan pohjatopografia, ei kulku- eikä harausvyvyttä. Myös Itämeren piirissä tämä esitystapa on käytössä yleisimmin Suomea lukuun ottamatta.

Kansainvälisiä, koko Euroopan merialueet kattavia karttoja julkaistaan mm. Britanniassa ja Yhdysvalloissa. Näitä kansainvälisiä karttasarjoja käytetään hyvin yleisesti ulkomaisissa aluksissa. Näissä karttasarjoissa on käytössä INT-symboliikan mukainen kartan kuvaustapa. Jos Suomessa käytettäisiin omaa ilmoitustapaa, jossa esitettäisiin harausvyvyys, voisi ongelmia kansainvälisten karttasarjojen osalta ilmetä. Koska kansainväliset karttasarjat perustuvat Merenkulkulaitoksen merikartta-aineistoihin, täytyisi niitä varten tehdä joko erilaiset lähdeaineistot tai ulkomaisten julkaisijoiden täytyisi lisätä karttoihinsa suomalainen varmistettu vesisyvyys.

## 4 Vastuukysymykset

Kuten luvussa 3.1 todettu, ovat nykykäytännön aikana vallitsevat vastuukysymykset huomattavan epäselviä. Oikeuskäytäntöä asiasta ei ole. Tämä johtuu siitä, että yhtään sellaista tapausta ei ole sattunut, jossa väyläalueella olisi tapahtunut pohjakosketus aluksen syväyksen ollessa mitoituksen mukainen tai pienempi. Ainoat pohjakosketukset väylällä ovat johtuneet siitä, että väyläalue ei ole täyttänyt määrittelyä, siis väylällä on ollut matalikko (Heiskanen 2002).

Nykykäytännöstä ei ole lainsäädännön tasolla säädetty kuin aivan ylimalkaisesti. Ainoastaan vesilain 4 luku ”Kulkuväylät ja muut vesiliikennealueet” määrittelee vesiväylän 1 §:ssä seuraavasti:

*”Yleisellä kulkuväylällä tarkoitetaan tässä laissa vesistöissä tai meressä olevaa väylää, joka on tämän luvun säännösten mukaisesti määrätty julkiseksi kulkuväyläksi tai yleiseksi paikallisväyläksi. Muut kulkuväylät ovat yksityisiä.”*

Muulla vesilaissa todetaan ympäristölupaviraston olevan se oikeudellinen elin, joka määrää julkisen kulkuväylän olemassaolosta. Tämä määräys perustuu Merenkululaitoksen hakemukseen. Lisäksi lain 3 §:ssä määrätään, että väylä on merkittävä vesipäätosrekisteriin ja Merenkululaitoksen ylläpitämään merikarttaan. Vesilaissa ei oteta kantaa väylän vesi-, kulku- eikä harausvyvyyteen.

Viranomaisten toimesta julkaistiin tämän työn luvussa 2 lainattu ”Navi-ohje 1.2.1, Väylästäön peruskäsitteiden määrittelyt” vasta vuoden 2003 keväällä. Samainen ohje julkaistaan Merenkululaitoksen tiedotteena (Tiedonantoja merenkulkijoille) vuoden 2003 aikana, jollei tilanne väylien syvyysmäärittelyjen osalta muutu ratkaisevasti.

Navi-ohjeen julkaiseminen selkeytti tilannetta myös vastuukysymysten osalta. Nyt on väylänpitäjän näkökulmasta määritelty esimerkiksi se, mitä kulkusyvyys tarkoittaa. Määrittely on siinä mielessä erittäin tärkeää, että näin voidaan todeta mistä väylänpitäjä on vastuussa.

### 4.1 Nykytilanne

Nykyään kauppamerenkulun aluksen tullessa Suomen aluevesille, täytyy aluksen ottaa luotsi ellei aluksen päällystöön kuuluvalla henkilöllä ole linjaluotsin oikeuksia. Luotsin noustessa alukseen, kerrotaan hänelle aluksen ohjailun kannalta tärkeät seikat, kuten aluksen senhetkinen syväys. Ilman luotsia ei Suomen aluevesillä saa liikkuu.

Luotsilla on aina oikeus kieltäytyä luotsauksesta, eikä luotsi saa luotsata alusta, joka on ylisyvässä verrattuna käytettävän väylän kulkusyvyyteen (Luots. L 7 §). Näin ollen luotsi on se taho, joka valvoo syväyksiä suomalaisilla meriväylillä. Samoin voidaan todeta, ettei linjaluotsattavien alusten käyttämää syväystä valvo mikään viranomaistaho.

Voimassaolevan luotsausohjeen mukaan anotaan alukselle erillinen poikkeuslupa luotsaukseen, jos alus oli ylisyvässä. Tämän poikkeusluvan myöntää kyseessä olevan merenkulupiirin päällikkö. Luvassa Merenkululaitos vetäytyy vastuusta, jos ylisyvässä kulkeva alus saa pohjakosketuksen väylällä.

Ennen vuotta 2000 ja poikkeuslupakäytännön voimaantumista, oli luotsilla harkintansa mukaan oikeus ylittää karttaan merkattu kulkusyvyys enimmillään 30 % aluksen varavedestä (kuivalastialus, mereltä satamaan), aluksen päällikön pyynnöstä. Tämä oikeus oli merkattuna Merenkululaitoksen luotsausohjeessa (Merenkululaitos 1988). Myös tällöin vastuu siirtyi aluksen päällikölle.

#### **4.2 Muutoksen vaikutukset**

Väyliä syvyyskäytännön muuttaminen aiheuttaa muutoksia sekä väylänpitäjän että väylän käyttäjän vastuisiin. Käytännössä kyseessä on vastuun siirtäminen suunnittelijalta käyttäjälle.

Jos kulkusyvyyskäytäntöä muutetaan, tapahtuu muutos vastuukäytäntöjen osalta selvästi selkeämpään suuntaan. Molemmat päävaihtoehdot, sekä vesisyvyyden ilmoittamisvaihtoehto että suositussyvyyskäytäntö muuttavat vastuunjako samaan suuntaan.

Nykytilanteen sekavaksikin koettu termi ”kulkusyvyys” poistuu kauppamerenkulun pääväyliä osalta käytöstä ja väylänpitäjän vastuu rajoittuu helpommin käsitettävään ja määriteltävään harausvyvyyteen (varmistettu vesisyvyys). Näin ollen jää väylänpitäjän vastuuksi helposti mielletävä harausvyvyyden loukkaamattomuuden turvaaminen.

Kulkusyvyyskäytännön muuttaminen aiheuttaisi sen, että aiemmin väylänpitäjän turvaama kulkusyvyys lakkaisi olemasta. Näin ollen vastuu käytettävästä kulkusyvyvyydestä jäisi alukselle, käytännössä aluksen päällikölle, joskin luotsi olisi luultavasti päätöstä tehtäessä merkittävässä erikoisasantuntijan osassa.

Samalla kun aluksella päätettäisiin käytettävä syväys, täytyisi aluksella ottaa huomioon myös muut varaveteen vaikuttavat tekijät. Täten vastuukäytäntö muuttuisi loogisempaan suuntaan, koska väylänpitäjän etukäteen ei tarvitsisi ottaa vastuuta aluksella väylän käyttöhetkellä tehtävistä päätöksistä.

Jos kulkusyvyyskäytäntöä muutettaisiin lähteen (Merenkululaitos 2003f) mukaiseksi, ongelmaksi jäisi useamman käytännön yhtäaikainen voimassaolo. Kauppamerenkulun pääväylillä vastattaisiin vain harausvyvyydestä ja muilla väylillä kulkusyvyvyydestä. Tämä vaatisi ehdottomasti sellaista kauppamerenkulun väyliä määrittelyä, että jokainen merikarttaa tutkiva voi käsittää mitä väyliä mikään syvyyskäytäntö koskee. Nykypäivänä kauppamerenkulun pääväylät merkataan uusiin merikarttoihin rasteroimalla väyläalue. Tämä merkintä on selkeä, mutta osassa merikarttoja vielä tekemättä.

Mahdollinen sekaannus väylää koskevan kulkusyvyyskäytännön osalta olisi kuitenkin turvallisella puolella ainakin jos karttoihin jätettäisiin nykykäytännön mukainen syväysmerkintä. Samoin sekaannuksen mahdollisuutta pohdittaessa täytyy ottaa huomioon se, että käytännössä kauppamerenkulun väylästä käyttävät alukset omaavat joko linjaluotsioikeuksin varustetun miehistön, joka tuntee käytännöt tai aluksella on luotsi, joka varmasti tietää minkä käytännön piirissä liikutaan. Näin ollen sekaannukset käytännöstä olisivat hyvin luultavasti joko vaarattomia tai niitä ei tapahtuisi pätevien miehistöjen tai luotsien ansiosta.

## 5 Riskit alusliikenteessä

Riski -käsitteellä kuvataan tapahtumia, joiden esiintymistiheys ja vahingollisten seuraamusten laajuus tunnetaan tai halutaan selvittää. (Lyytikäinen 1989). Kuten missä muussa inhimillisessä toiminnassa tahansa myös meriliikenteessä on riskinsä. Merellä onnettomuusriski muodostuu yleensä kahdesta seikasta; pohjakosketusriskistä ja törmäysriskistä. Muut meriliikenteen riskit, kuten tulipalo- tai räjähdysriski, eivät suoraan kuulu tämän työn aihepiiriin.

Normaalisti karilleajolla tarkoitetaan tapahtumaa, jossa aluksen pohja koskettaa merenpohjaa. Karilleajo jaetaan lähteen (Jalonen 2003) mukaan kahteen onnettomuustyyppiin: karilleajoon ja pohjakosketukseen. Pohjakosketuksessa aluksen pohjan ja merenpohjan välisen kontaktin jälkeen aluksen liiketila säilyy, siis alus jatkaa matkaansa. Karilleajossa taas osuttuaan merenpohjaan alus pysähtyy ja jää kiinni karille tai merenpohjaan. Tässä työssä kuitenkin pohjakosketusriskillä tarkoitetaan niin pohjakosketusta väylällä, kuin karilleajoa väylän ulkopuolellakin riippumatta aluksen liiketilasta haverin jälkeen. Määrittely johtuu ainoastaan yksinkertaistamisen tarpeesta. Samoin törmäysriski käsittää niin törmäämiseen kiinteään esteeseen, joka ei ole osa merenpohjaa, kuin toiseen alukseenkin. Varsinaisen karilleajomäärittelyn mukaan tapahtuva, liiketilan pysäyttävä osuma väylän pohjaan on oletettavasti erittäin harvinainen työn rajauksen alueella.

Kukin riski on aina tapauskohtainen ja riippuu hyvin suuresti olosuhteista. Samoin kokonaisriski voi olla useiden osariskien summa. Tästä huolimatta riskin suuruutta voidaan käsitellä yleisellä tasolla tilastollisena suureena niin, että valitaan jokin tietty kokonaisriskitaso, jolla esimerkiksi pohjakosketus saa tapahtua. Tämä siksi, ettei meriliikennettä saada koskaan täysin riskittömäksi, vaan jokin todennäköisyys pohjakosketukselle on aina. Kun haluttu kokonaisriskitaso on valittu, voidaan sitä pitää todennäköisyytenä kyseessä olevalle tapahtumalle. Näin riskitasosta voidaan esimerkiksi laskea se, kuinka monta aluskäyntiä tietyllä väylänosalla tapahtuu yhtä oletettua pohjakosketustapahtumaa kohti.

Demokraattisessa yhteiskunnassa on jo taloudellisten seikkojen takia hyväksyttävä jonkinlainen riskitaso kaikessa toiminnassa ja näin tapahtuukin, suurelta osin tosin ihmisten sitä tiedostamatta. Hyväksyttävän riskitason määrittelemine on julkisen sektorin ongelma, joka on ainakin teoriassa ratkaistavissa puhtaalla hyöty – kustannus -analyysillä. Kuitenkin juuri yhteiskunnan demokraattisesta luonteesta johtuen joissakin tilanteissa ollaan valmiita tekemään huomattavia panostuksia riskitason olemattomalta tuntuvaan pienentämiseen (Viitanen 1989). Tämä ongelma on kuitenkin sosiologis-poliittinen ja havaittavissa esimerkiksi energiapoliittisissa ratkaisuisissa, eikä siten kuulu enää tämän työn aihepiiriin.

Kun riskitasot ja riskien syntykanavat on selvitetty, voidaan riskien minimointitapoja ruveta tutkimaan. Näin saadaan selville riskitason laskemisesta koituvat kustannukset ja hyödyt. Kun riskit ja niiden poistamisesta syntyvät suorat ja välilliset kustannukset ovat tiedossa, voidaan riskitasoa madaltaa halutunkokoisella taloudellisella panoksella. Riskien poistamiseksi tarvitaan siis analyysiä niiden tuntemiseksi ja kustannustason selvittämiseksi. Samoin riskien poistaminen on mahdotonta, jos riskien syntytavat ovat selvittämättä.

## 5.1 Riskin määritelmä

Yleisesti voidaan todeta, että käsitteellä riski tarkoitetaan onnettomuutta ja sen seurauksia. Matemaattisesti riski määritellään kaavan (6) mukaan. Riski voi tarkoittaa myös onnettomuustodennäköisyyttä sellaisenaan, ilman seuraamusten vakavuuden analysointia (vrt. esim. törmäysriski).

$$R = p \cdot C \quad (6)$$

jossa

$R$  = riski

$p$  = onnettomuustodennäköisyys

$C$  = onnettomuuden seuraukset

Kaavassa (6) tarkoitetaan onnettomuuden seurauksilla niin taloudellisia, inhimillisiä kuin ympäristöseurauksiakin (Kristiansen 2001). Kaava (6) on yleinen riskin määritelmä, ja se käsittää niin fyysisen onnettomuuden riskin kuin taloudellisen sijoituksen riskinkin.

## 5.2 Riskitason muutos

Kuten jo edellä todettu, ovat pohjakosketus- ja yhteentörmäysriskit meriliikenteessä aina läsnä olevia riskejä ja niillä on jokin perustaso. Nyt kysymys kuuluukin, kuinka tuo riskin suuruus muuttuu, jos väylien kulkusyvyyskäytäntöä muutetaan jotenkin. Onko kulkusyvyyskäytännön muuttamisella tosiasiallista vaikutusta todelliseen onnettomuusriskitasoon ja miten tuo mahdollinen riskitason muutos suhteutuu kasvaneeseen liikennetaloudelliseen etuun?

Jos kulkusyvyyskäytäntöä päätetään muuttaa sellaiseksi, jossa ilmoitetaan ainoastaan vesitai haraussyvyys, eikä oteta kantaa aluksen syväykseen, kasvaa ainakin pohjakosketusriski jonkin verran. Tämä on seurausta siitä, että viranomaispäätös sopivasta syväydestä poistuu käytöstä. Tämä aiheuttaa sen, että väylää voidaan käyttää ainakin jonkin verran suuremmilla syväyksillä tai vastaavasti pienemmillä varavesillä veden ollessa miinuksella ja aluksen maksimisyväyksessä kuin nykyään. Käytännössä siis väylää käyttävien alusten syväyksien jakaumakäyrä siirtyy hieman syvempään suuntaan. Edellinen toki riippuu suunnattomasti satamasta – ja näin ollen väylästä – koska kaikissa satamissa ei käytetä aluskalustoa joka voisi hyödyntää maksimisyväyksen poistumista tai sataman laituripaikkojen haraussyvyys muuttuu rajoittavaksi tekijäksi.

Myös olosuhteiden muuttuminen voi aiheuttaa riskitason kasvua. Tämä riski on olemassa ilman muutosta kulkusyvyyskäytännössä, mutta luultavasti olosuhteiden muuttumisesta aiheutuva riski korostuu, jos muutos käytännössä tapahtuu. Olosuhteiden muuttumisella tässä yhteydessä tarkoitetaan lähinnä vedenkorkeuden dramaattista laskua. Jos jo liikkeelle lähtiessä on varavesi jätetty mahdollisimman pieneksi ja satamasta ulos vievä väylä on pitkä ja siinä on useita rajoittavia matalikkoja, voi nopea vedenkorkeuden lasku aiheuttaa tilanteen, jossa alus jää ”mottiin” kahden matalikon väliin. Olosuhteiden muutoksista aiheutuva riskitason nousu ei kuitenkaan ole uusi riski vaan se ainoastaan korostuu, jos alukset käyttävät väylän vesisyvyyden mahdollisimman tehokkaasti.

### 5.2.1 Varaveden pienenemisen merkitys

Jos kulkusyvyyskäytäntöä muutetaan, merkinnee se käytännössä sitä, että osa liikenteestä käyttää nykyisiä väyliämme suuremmalla syväyksellä kuin mille ne alun perin on suunniteltu. Tämä tarkoittaa siis pienempää varavettä. Varaveden pieneneminen aiheuttaa käytännön muutoksia aluksen käsittelyssä periaatteellisesti kahdella tavalla:

1. Aluksen nopeuspainuma korostuu. Squat -ominaisuus on riippuvainen aluksen pohjan ja merenpohjan välisen vesipatjan paksuudesta. Kun vesipatja ohenee, suurenee nopeuspainuma.
2. Aluksen ohjailuominaisuudet heikkenevät. Kun varaveden määrä pienenee alle strategisen rajan, peräsimen mahdollisuus vaikuttaa aluksen liikesuuntaan heikkenee huomattavasti. Pahiten ominaisuus on havaittavissa hyvissäkin olosuhteissa vaikeasti ohjailtavissa aluksissa, niissä huonot ominaisuudet korostuvat erityisesti. Pahimmillaan varaveden pieneneminen äärimmilleen johtaa aluksen täyteen ohjailukyvyttömyyteen.

Lisäksi varaveden vähyys aiheuttaa haittaa väylärakenteille. Kun aluksen pohjan alla on liian vähän vettä, potkurivirtojen vaikutus tehostuu merenpohjan läheisyydessä. Tämä aiheuttaa kasvavaa eroosioriskiä ja kuluttaa väyliä enenevässä määrin. Lisäksi voimakkaat potkurivirrat voivat siirtää kiviä väylän reuna-alueilta väyläalueelle ja lisätä liettymistä väyläalueella.

### **5.3 Onnettomuuksien seuraukset**

Yleensä alusonnettomuus päättyy julkisuuteen ainoastaan seuraustensa ansiosta. Tämä ei koske suuria matkustaja-aluksia, joiden pienetkin haverit uutisoidaan tarkasti. Kuitenkin, kun riskitasoja tutkitaan ja niiden merkittävytydestä päätetään, on tutkittava myös onnettomuuden seurauksia kuten kaavasta (6) voidaan todeta. Yleensä onnettomuuden seuraukset on arvioitava johonkin selkeään mittariin, jota voidaan verrata riskin ottamisesta aiheutuviin hyötyihin. Yleensä täksi mittariksi muodostuu luonnollisesti raha koska muita helposti määriteltäviä mittareita ei löydy.

Toteutuneen riskin seurauksista puhuttaessa ne voidaan käytännössä jakaa kolmeen selkeään ryhmään.

1. Henkilövahingot
2. Ympäristövahingot
3. Materiaalivahingot

Henkilövahingot ovat onneksi erittäin harvinaisia alusliikenteestä puhuttaessa. Henkilövahingot ovat riskianalyysin kannalta erittäin hankalia arvioitavia, koska tällöin joudutaan ottamaan kantaa ihmiselämän rahalliseen arvoon. Alusliikenteessä henkilövahingot aiheutuvat yleensä koko aluksen menetykseen johtavista havereista. Tällaisen suuren onnettomuuden sattuminen sellaisilla vesillä, joilla pohjakosketus väylällä on mahdollinen, on onneksi erittäin epätodennäköistä. Tämä siksi, ettei vettä kerta kaikkiaan ole tarpeeksi, jotta alus ”mahtuisi” uppoamaan kokonaan. Käytännössä tällaisilla alueilla ainoastaan aluksen täysi kaatuminen voi aiheuttaa kyseisentyypisen onnettomuuden.

Ympäristövahingolla tarkoitetaan ympäristön pilaantumista onnettomuuden seurauksena. Ympäristöön joutuu siis haitallista ainetta ja siitä aiheutuu haittaa ihmisen terveydelle, ympäristölle tai omaisuudelle. Myös pitkään jatkuva vähäinen pilaantuminen voi olla ympäristövahinko. (Jalonen 2003). Ympäristövahingolla tarkoitetaan siis tämän työn rajauksen sisällä lähinnä karilleajon seurauksena tapahtuneesta tankin repeämisestä johtuvasta (joko raaka- tai poltto)öljyvahingosta. Myös kemikaalilastissa oleva alus voi pohjakosketuksen seurauksena aiheuttaa ympäristövahingon. Ympäristövahingon arvottaminen tapahtuu lähinnä ympäristöviranomaisen avustuksella.



Materiaalivahingolla tarkoitetaan aluksen osittaista vaurioitumista tai täydellistä tuhoutumista onnettomuuden seurauksena. Aluksen menettäminen lienee pahin mahdollinen materiaalivahinko, mutta aluksen täydelliseen menettämiseen liittyy yleensä jo vakavampiakin seurauksia kuten henkilövahinkoja. Materiaalivahingot on kuitenkin helppoa arvottaa riski-kustannus -analyysiä varten koska niille löytyy suoraan hinta, joko vakuutusyhtiöltä tai korjaustelakalta.

Kun pohditaan onnettomuuksien seurauksia kulkusyvyyskäytännön muuttamisen kannalta, voidaan todeta muutoksen olevan lähes olematon. Jos kulkusyvyyskäytäntöä muutetaan (Merenkulkulaitos 2003f) mukaan, väyliä käyttävien alusten syväysten jakauma siirtynee hieman syvempään suuntaan. Tämä aiheuttaa sen, että pohjakosketus tai karilleajo tapahtuu hieman aiemmin kuin ennen, mutta haverin seuraus tuskin radikaalisti muuttuu nykyisestä.

#### **5.4 Sattuneet onnettomuudet**

Merenkulkulaitos pitää yllä DAMA -tietokantaa, johon tallennetaan Merenkulkulaitokselle ilmoitettavat haveritapaukset tarkempine (mm. aika-, paikka- ja olosuhde-) tietoineen. Tietokannan sisältöä analysoidaan yleensä kymmenen vuoden välein, jotta saadaan ajantasainen kuva Suomen väylien turvallisuudesta ja onnettomuuksien määrän ja laadun kehityksestä.

Edellinen onnettomuusanalyysi on tehty vuonna 2001 ja koskee vuosien 1990–2000 välistä aikaa (Heiskanen 2001). Kyseisenä aikana Merenkulkulaitokselle ilmoitettiin 254 onnettomuutta, jotka täyttivät analyysiperusteet. Analyysissä ei tutkittu tapauksia, jotka ovat:

1. tapahtuneet väyläalueen ulkopuolella, jos siellä on liikuttu tarkoituksella (käytännössä kyseessä ovat siis nippu-uittoon liittyvät hinaajille sattuneet turmat)
2. tapahtuneet laiturimanöveerausessa.
3. avomerellä jäänmurtaja-avustuksessa tapahtuneet törmäykset.
4. tapahtuneet ankkurista karkaamisen johdosta.
5. tapahtuneet hinausköyden katkeamisesta.
6. johtuneet ilkeivallasta.
7. koskeneet vain huviveneitä (poislukien törmäykset kauppa-alusten kanssa).

Analysoidut onnettomuudet jakautuvat alueittain ja onnettomuustyypeittäin taulukossa 5 esitetyllä tavalla.

**Taulukko 5. Analysoidut alusonnettomuudet 1990–2000 (Heiskanen 2001)**

	Merialue	Saimaa
Yhteentörmäys	39	3
Karilleajo	175	37
Yhteensä	214	40

Kuten taulukosta viisi voidaan todeta, ei todellinen onnettomuusmäärä Suomen vesillä ole kovinkaan suuri. Keskimäärin analysoituna aikana on tapahtunut 19,3 karilleajoa vuodessa. Tässä työssä karilleajoja voidaan pitää synonyyminä pohjakosketukselle. Kun otetaan huomioon työn rajaus koskien merialueita, ei pohjakosketuksia ole vuotta kohti enää kuin 15,9 kpl.

Analyysi on tehty Merenkululaitoksen omiin tarpeisiin ja siinä on keskitytty nimenomaan väylästä johtuviin onnettomuuksiin. Analyysin mukaan pohjakosketuksista 11 % johtui ainakin osittain väylästä. Kuitenkin pohjakosketuksista sattui suoranaisesti väyläalueella 4 kpl, joista merialueella vain kaksi. Tämän työn kannalta merkittävää tilastollista vertailuaineistoa ei juuri ole saatavilla. Muut väylästä johtuvat onnettomuudet olivat joko puutteita tai vikoja turvalaitteissa tai niiden sijaintipaikoissa.

Yhteentörmäyksissä väylä on merkattu osasyöksi ainoastaan talvella, jolloin jääkentät muuttavat tilannetta ratkaisevasti, eikä varaveden puute liity sattuneisiin onnettomuuksiin. Näin ollen analyysistä ei ole apua työn rajauksen sisällä yhteentörmäysten osalta.

Maailmanlaajuisen onnettomuustilastoinnin perusteella (IMO 2002) voidaan todeta, että aluskohtainen, vuosittainen karilleajotodennäköisyys on 0,0010. Tämä todennäköisyys voidaan tulkita niin, että maailman merenkulussa yksi alus tuhannesta ajaa karille vuosittain siten, että tapahtuma raportoidaan eteenpäin aluksen lippuvaltiolle tai paikallisille merenkulkuviranomaisille. Hyvin luultavaa on, että lievemmat tapahtumat jäävät raportoimatta ja todellinen pohjakosketus tapahtuu useammin kuin tilastoista voi päätellä.

### **5.5 Pohjakosketusriski**

Kuten edellä todettu, tässä työssä pohjakosketuksella tarkoitetaan sekä karilleajoa että aluksen pohjan kosketusta väylän pohjaan. Karilleajolla tarkoitetaan tilannetta, jossa alus törmää pohjallaan kiinteään esteeseen väyläalueen ulkopuolella. Pääasiallisesti työssä pohjakosketusriskinä käsitellään kuitenkin tilannetta, jossa aluksen pohja koskettaa väylän pohjaan, toisin sanoen alus ylittää syväyksellään varaveden määrän ja aluksen köli tai muu pohjan osa osuu väylän pohjaan.

Pohjakosketustilanteen vakavuus vaihtelee suuresti niin alustyyppin, lastin kuin väylän pohjan materiaalinkin mukaan kuten aina haveritapauksissa. Samoin pohjakosketuksen seuraukset riippuvat suuresti alustyyppistä, lastista, käytetystä nopeudesta ja useista muista tapauskohtaisista muuttujista. Joka tapauksessa pohjakosketus on aina epätoivottu ja vähintään hyvän merimiestavan vastainen tilanne.

Pohjakosketukseen johtaa useiden eri tekijöiden yhtäaikainen tapahtuminen. Kuten kuvasta 1 voidaan todeta, voidaan varavesi jakaa useisiin eri osiin. Kutakin osaa vastaa joku tekijä, joka voi vallitsevista olosuhteista riippuen (tuuli, aallokko tms.) ottaa käyttöönsä sille varatun varaveden osan. Mainittujen varaveden osatekijöiden lisäksi muuttujina riskifunktiossa ovat aluksen paikkakoordinaatit ja matemaattisesti vaikeasti ennustettavat inhimilliset tekijät kuten ohjaus- tai paikannusvirhe tai vastaava.

Koska edellä mainittuja osatekijöitä ja niiden virheitä on aivan liikaa täysin deterministisen tilayhtälön muodostamiseen, on joidenkin muuttujien osalta tyydyttävä jonkinlaiseen tiheysfunktioon. Esimerkiksi aluksen paikkaa väylällä kuvataan jonkinlaisella todennäköisyydellä, joka on riippuvainen aluksen nopeudesta. Aluksen vertikaalista asemaa väylällä kuvaavan tilayhtälön avulla voidaan muodostaa pohjakosketusriski esimerkiksi kölivaran funktiona.

Erityisesti on todettava, että yleistä pohjakosketusriskiä ei voida edellä mainitulla tekniikalla selvittää mitenkään johtuen paikkasidonaisuudesta. Näin ollen täytyy jokaiselle tutkittavalle väylälle tehdä oma riskitarkastelunsa, jos käytetään edellä mainitun kaltaista menetelmää riskitason kartoittamiseksi.

Analysoituja pohjakosketusonnettomuuksia, jotka ovat tapahtuneet meriväylällä vuosien 1990–2000 välillä, oli siis kaksi kappaletta. Tapauksista kumpikaan ei suoranaisesti johtunut tämän työn rajaukseen kuuluvista seikoista. Toinen tapaus johtui rikkoutuneesta imuruoppausmassojen kuljetusputkesta väylälle joutuneesta maa-aineksesta ja toinen matalikosta väylällä (Heiskanen 2001). Jälkimmäinen tapaus oli siis väylänpitäjän virhe joka paljastui täyssyvässä kulkevan aluksen osuessa matalikolle, ei liian suurella syvyyksellä saatu pohjakosketus.

### 5.5.1 Pohjakosketusriskimalli

Laskentamallissa pohjakosketusriski määritellään kölivaran suhteen. Siis pohjakosketus tapahtuu, kun kölivara menee nolnaan. Kaikki muut kuvassa 1 olevat varaveden komponentit käytetään ennen kölivaran käyttöä ja muissa komponenteissa oleva ylimääräinen osa lasketaan kölivaran lisäosaksi.

Käytetään merkintöjä:

$d(m)$  = syväys lastin  $m$  funktiona [m]

$s(v, I)$  = squatin huippuarvo alustyyppille  $I$  nopeuden  $v$  funktiona,  $v \in [v_{min}, v_{max}]$  [m]

$h$  = aaltoilun vara [m]

$x$  = kölivara [m]

Voidaan todeta, että  $d, h, x(d, h, s)$  siten, että  $d, h$  ovat riippumattomasti jakautuneita. Aaltoilun tapauksessa on todettava, että oletus riippumattomuudesta on ylivarovainen, tuskin aaltoilun maksimitilanteessa käytetään suurinta mahdollista syväästä tai nopeutta. Tämä tuo lievää ylivarovaisuutta malliin, mutta voidaan hyväksyä simuloinneissa. Edellä mainituista jakaumista  $p_D(d), p_H(h)$  on määriteltävä, jakauma  $p_X(x)$  taas on estimoitava simuloimalla (Rosqvist 2003). Simuloinnin tarve selittyy  $p_X(x)$ :n riippuvuudella useammasta jakaumasta ja siitä, ettei siitä ole havaintoja. Jotta saadaan muodostettua jakauma  $p_X(x)$ , täytyy muodostaa arvojoukko, joka sen määrittelee. Tästä simuloidusta arvojoukosta saadaan muodostettua jakauma, jota ei pystytä luomaan havainnoista tai laskemaan suoraan lähtötiedoista.

Määritellään alustyyppikohtainen ( $I$ ) pohjakosketusriski nopeusparametrilla  $v$  ja lastilla  $m$ :

$$R(v, m, I) = \Pr \{ X \leq 0; v, m, I \} = \int_{-\infty}^0 p_X(x; v, m, I) dx \quad (7)$$

Tämä edellyttää että on määritelty  $p_D(d), p_H(h), v, m$  ja  $I$  (Rosqvist 2003, Hänninen et al. 2003).

Kun pohjakosketusriski on määritelty, voidaan laskea määritelty riskikriteeri  $R$  ja verrata sitä hyväksyttävään riskitasoon ( $R^C$ ). Tämän jälkeen voidaan hakea alustyyppikohtaisesti ( $I$ ) riskikriteerin täyttävä lukuparien  $(v, m)$  joukko  $\Omega \subset V \times M$ , josta haetaan paras nopeuslastikombinaatio jonkin tavoitefunktion  $g(\cdot)$  suhteen:  $\max_{\Omega} g(\cdot) \rightarrow (v^*, m^*)$ . Tavoitefunktion  $g$  määrittää ilmeisesti kuljetuksesta vastaava yritys (Rosqvist 2003). Tavoitefunktio ilmaisee kuljetuksen tuoton.

Kutakin alustyyppiä (*I*) kohti pitää siis määritellä oma riskifunktionsa.

Alustyyppiiriippuvuus johtuu siitä, että aluksen squat- ja aaltokäytös ovat hyvin riippuvaisia aluksen päämitoista. Tämä vaikuttaa hankalalta, mutta kun ottaa huomioon nykypäivänä täyttä syväystä käyttävien alusten määrän ja tyypit, voidaan todeta, ettei yhtälöitä tarvita kuin pieni määrä. Käytännössä kutakin väylää kohti 1-2 yhtälöä riittänee, satamasta riippuen: yksi yhtälö tankkerille, yksi kuivabulk -alukselle.

## **5.6 Yhteentörmäysriski**

Kuten kohdassa 5.4 todetaan, tapahtuu Suomessa alusten yhteentörmäyksiä huomattavan vähän. Analysoiduista tapauksista suurin osa oli tapahtunut talvella, joko jäännin ohjaavan vaikutuksen takia tai törmäys oli jäänmurtajan ja avustettavan aluksen välinen (Heiskanen 2001). Nämä yhteentörmäykset jäävät tämän työn rajauksen ulkopuolelle, sillä vesisyvyyden ilmoittamisella tai varaveden määrällä ei ole tekemistä niiden kanssa.

Yhteentörmäysriskin muutos vesisyvyyden ilmoittamiskäytännön muuttuessa perustuu lähinnä kohdassa 5.2.1 toisena mainittuun ohjattavuuden heikkenemiseen varaveden pienentyessä. Sopivasti matalikon kohdalla kohtaavat alukset saattaisivat törmätä toisiinsa, jos edes toisen aluksen ohjailuominaisuudet olisivat huomattavasti heikenneet. Myös reunaimut ja muut kapeasta, matalasta väylästä johtuvat ohjailuominaisuuksiin vaikuttavat tekijät korostuisivat kyseisessä kohtaustilanteessa, joka kasvattaisi riskitasoa.

Nykytilanteessakin alukset välttävät kohtaamisia kapeikoissa. On erittäin uskottavaa, että alus, joka ui ylisyvässä väylän suunniteltuun kulkusyvyteen nähden, käyttäytyy erityisen varovasti. Varovaisuus korostunee, jos aluksen ohjailuominaisuudet ovat muutenkin huonot. Näin ollen voidaan pitää todennäköisenä, että yhteentörmäysriski ei kasva merkittävästi ainakaan väyläalueella, laiturij- ja satamamanöövveeraus on tutkittava omana tapauksenaan. Yhteentörmäysriski voitaneen siis jättää riskilaskelmissa pienemmälle huomiolle, koska nykytilanteestakin voidaan päätellä yhteentörmäysriskin olevan huomattavasti pienempi komponentti kuin pohjakosketusriskin kun tutkitaan kokonaisriskin muodostumista.

## **5.7 Riskin synty**

Missä vaiheessa aluksen syväys määräytyy? Kysymys on oleellinen syväksestä riippuvan pohjakosketusriskin kannalta.

Vastaus edellä esitettyyn kysymykseen on mitä luultavimmin: silloin kun tehdään päätös käyttää väylää tietyllä syväyksellä. Milloin tämä päätös sitten tehdään? Tämän kysymyksen vastaus voi kuulua: silloin kun rahtaussopimus allekirjoitetaan. Eli kun tehdään päätös kuljettaa lasti paikasta toiseen tietyllä kalustolla. Tuolloinhan lastitonien ja aluksen mittojen perusteella määräytyy myös aluksen käyttämä syväys.

Tässä vaiheessa kuljetusketjua otetaan taloudellinen riski siinä mielessä, että lasti luvataan toimittaa tiettyyn aikaan ja paikkaan. Tilanteeseen vaikuttaa esimerkiksi se, mikä on määräsataman vedenkorkeus sinä hetkenä kun alus saapuu sataman sisääntuloväylän matalimmalle kohdalle. Jos vesi on reilusti plussalla, voidaan tulla sisään vastaavasti suuremmalla lastilla kuin veden ollessa miinuksella. Veden ollessa miinuksella saatetaan joutua odottamaan pitkänkin aikaa ulkona ankkurissa vedenkorkeuden muuttumista, jos taloudellinen riski rahtaussopimuksessa on otettu liian suurena. Edellä mainitussa tilanteessa rahtaussopimuksen aikatauluheitoja ei saada toteutettua ja rahtaaajalle aiheutuu taloudellisia menetyksiä.

Tilanne, jossa väylällä käytettävä syväys todellisuudessa määräytyy, on aluksen lastaus tai purkutilanne, eli tilanne jossa alus on lähdössä satamasta (tai tulossa sataman sisääntuloväylälle). Tuolloin on aluksen päällikön tehtävä päätös väylän käytöstä aluksen syvyyksen, sää-, vedenkorkeus- ja karttatietojen avulla. Alus voi jäädä väylän ulko-osalle ankkuriin tai satamaan odottamaan vedenkorkeuden nousua tai sääolosuhteiden paranemista. Toinen mahdollisuus on satamassa jättää lastia ottamatta tai purkaa osa lastista ulkona ennen väylälle saapumista (joskin jälkimmäinen vaihtoehto on kallis ja epäkäytännöllinen ja sitä voidaan käyttää yleensä vain nestebulk -kuljetuksissa) ja näin pienentää syväystä ja mahdollistaa väylän käyttö.

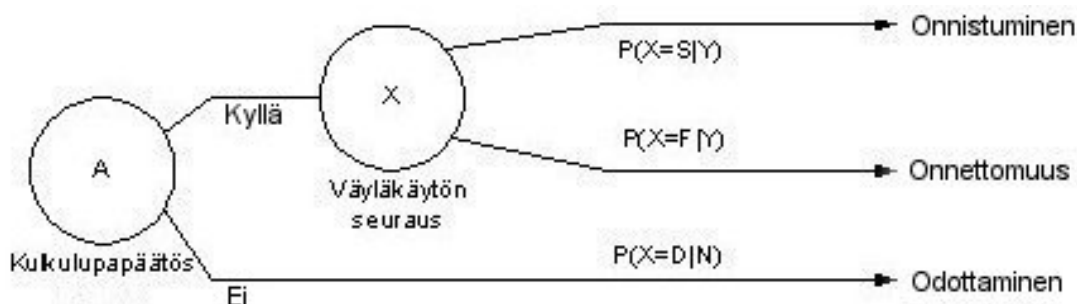
Aina on kuitenkin muistettava, että loppujen lopuksi aluksen päällikkö vastaa aluksestaan ja tekee päätökset käytettävästä syväyksestä, reitistä jne. Siis aluksen päällikkö joutuu kohtaamaan riskin, joka on otettu rahtaus sopimusta solmittaessa jopa viikkoja aiemmin. Päälliköllä on päätöksentekotilanteessa yleensä apunaan luotsi, joka tuntee väylän erittäin hyvin. Luotsin asiantuntija-avulla ja päällikön ammattitaidolla alus voitaneen tuoda turvallisesti satamaan pienelläkin varavedellä, esimerkiksi aluksen nopeutta matalikkojen kohdalla hidastamalla.

### 5.8 Inhimillinen riski

Aina kun kyseessä on sellainen toiminta, johon joko ohjaajana tai toimijana sisältyy ihminen, liittyy toimintaan inhimillinen riski (engl. ”human risk”). Ihmisen toiminta ei koskaan ole täysin ennustettavissa eikä välttämättä noudata logiikkaa. Päätöksenteon lopputulos voi olla täysin ennalta arvaamaton.

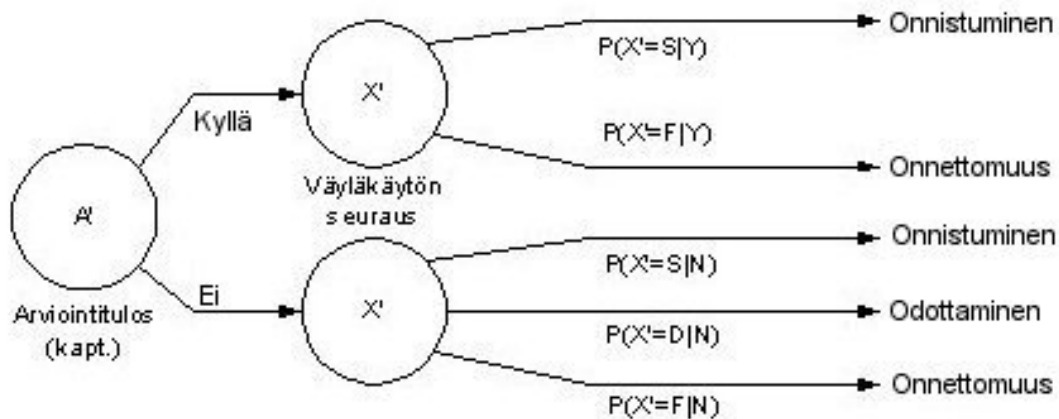
Riskin määräytymishetkestä ei voida kaikissa tilanteissa olla aivan varmoja. Riski kuitenkin realisoituu inhimillisen päätöksen tuloksena. Aina kun väylälle lähdetään, on lähtöpäätös tehtävä jossain. Näin ollen hyvin merkitsevä tekijänä riskiä arvioitaessa on inhimillinen riskitekijä. Jos väylää päätetään käyttää, johtaa se joko onnistumiseen tai onnettomuuteen. Jos väylän käyttöpäätös taas on negatiivinen, joutuu alus odottamaan suotuisampia olosuhteita.

Päätöstilanne väylän käytöstä tapahtuu siten, että jo suunnitteluvaiheessa päätetään syväys jolla väylää saa käyttää aalto- ja tuuliolosuhteista riippumatta, veden korkeus huomioon ottaen. Tätä suunnittelussa tapahtuvaa, taloudellisten tekijöiden ohjaamaa päätöstä voidaan tarpeen mukaan muuttaa erikoislupalla, jonka merenkulkupiirin päällikkö voi antaa. Jos lupaa ei piiripäälliköltä saada, seuraa alukselle odotusaikaa. Vaikutuskaavio on esitetty kuvassa 23.



Kuva 23. Vaikutuskaavio väylän käytön päätöksistä nykykäytännön vallitessa

Jos kulkusyvyyskäytäntöä muutetaan, tapahtuu arviointi aluksella, aluksen päällikön toimesta. Päällikkö voi arvioida, että väylän käyttö kyseisessä tilanteessa on vaarallista. Päätös on kuitenkin päällikön käsissä ja hän saa lähteä väylälle niin halutessaan eli tehdä uhkarohkean päätöksen ja lähteä väylälle. Tämä aiheuttaa toisen päätöksenteon, joka vanhasta, erikoislupakäytännöstä puuttuu. Tilanne johtuu nykyisen erikoislupapäätöksen ehdottomuudesta ja aluksen päällikköön kohdistuvista aikataulu- ym. paineista. Vaikutuskaavio muuttuneessa käytännössä on esitetty kuvassa 24. Tämä mahdollisuus uhkarohkeaan väylän käyttöön tuo lisää mahdollisia polkuja ensimmäisessä kappaleessa mainittuihin kolmeen lopputulokseen. Tässä uhkarohkean käytön päätöstilanteessa painaa vaakakupissa erityisesti kappaleessa 4.7 esiin nouseva kysymys siitä, kuka todellisuudessa määrää aluksen syvyyksen.



**Kuva 24. Vaikutuskaavio väylän käytön päätöksistä, jos kulkusyvyyskäytäntöä muutetaan.**

Se kuinka usein aluksen päällikkö tekisi päätöksen käyttää väylää, vaikka olosuhteet olisivatkin heikot, on arvioitava sekä merenkulun että käyttäytymistieteen asiantuntijoiden avustuksella.

### 5.8.1 Inhimillisen riskin aiheuttama pohjakosketusriskin kasvu

Kun päätösprosessi on määritelty kuten kuvissa 23 ja 24, voidaan laskea todennäköisyydet tapahtumille onnistuminen, onnettomuus ja odottaminen. Näistä kiinnostavin on onnettomuus. Pohjakosketusten frekvenssi voidaan laskea kaavassa 8 esitetyllä tavalla.

$$f_v(F) = \alpha * f(A) * P(X = F | Y) \tag{8}$$

$$f_u(F) = \alpha' * f(A') * P(X' = F | Y) + (1 - \alpha')\beta * f(A')P(X' = F | N)$$

Tapauksessa  $f_v$  tarkoittaa  $\alpha$  myönteisten kulkulupapäätösten osuutta kaikista anomuksista kuvassa 23.  $f(A)$  on taas kaikkien niiden tilanteiden määrä, jossa erikoislupaa piiripäälliköltä anotaan. Kun  $P(X=F|Y)$  on todennäköisyys sille, että myönteisen kulkulupapäätöksen jälkeen saadaan pohjakosketus väylällä, saadaan kaavan (8) tuloksena  $f(F)$ , joka on pohjakosketustapausten kokonaismäärä.

Kuten kuvasta 24 ja kaavasta (8) nähdään, kohdassa  $f_u$  tarkoittaa  $\alpha'$  niitä arvioita, jotka johtavat väylän käyttöön, näin ollen  $(1-\alpha')$  tarkoittaa niitä arvioiteja, jotka johtavat uuteen pohdintaan: ”Lähteäkö uhkarohkeasti väylälle vai ei?”.  $\beta$  tarkoittaa uhkarohkeiden

päätösten osuutta uuden pohdinnan tuloksista.  $P(X'=F|Y)$  ja  $P(X=F|N)$  ovat ehdolliset todennäköisyydet sille, että pohjakosketus tapahtuu, ensimmäinen siinä tapauksessa, että päätös väylälle lähdöstä on ollut ”normaali”, toinen siinä tapauksessa, että on tehty uhkarohkea päätös.

Yhtälöiden tuloksena saadaan epäonnistuneiden väyläkäyttöjen määrä aikayksikössä kahdella eri kulkusyvyyskäytäntötapauksessa. Näin voidaan verrata inhimillisen riskin aiheuttamaa muutosta onnettomuuksien määrässä, jos käytäntöä muutetaan.

Kaavan (8) avulla laskettujen pohjakosketusten frekvenssien käyttö on lähinnä yleisen riskin kasvun arvioinnissa kulkusyvyyskäytännön muuttuessa (Merenkulkulaitos 2003f) mukaan. Kaava (8) on paikkariippumaton ja käytettävät suureet ovat tilastollisia.

Kun riskitason muutosta kulkusyvyyskäytännön muuttuessa arvioidaan, on otettava huomioon, ettei nykytilanteessa ole sattunut yhtään sellaista tapausta, jossa piiripäällikön myönteisen kulkulupapäätöksen jälkeen olisi saatu pohjakosketus. Jos oletetaan joitakin uhkarohkeita päätöksiä vuosittain uudessa tilanteessa, voidaan ainakin pitkällä aikavälillä olettaa, että jossain vaiheessa kölivara loppuu kesken. Siis riskitaso nykytilanteeseen verrattuna kasvaa. Lähteet (Hänninen et al. 2003) ovat arvioineet kasvuksi 13–25 %, joka onnettomuustasolla tarkoittaisi nousua viidestä pohjakosketuksesta kymmenessä vuodessa kuuteen pohjakosketustapaukseen. Tämä siis olettaen, että nykykäytäntöä jatkamalla sattuisi viisi pohjakosketusta kymmenessä vuodessa.

## **5.9 Asiantuntija-arviot riskeistä**

Merenkulkulaitoksella järjestettiin 13.6.2003 asiantuntijaistunto, jonka aiheena oli ”Uuden väylien syvyyskäytännön mukanaan tuomat riskit”. Istunto järjestettiin Group Systemsin hiljaiseen aivoriiheen kehittämän tietoverkkoon perustuvan järjestelmän avulla, jossa jokainen istuntoon osallistuva pääsi anonyymisti visioimaan ja kommentoimaan riskejä. Näistä riskiskenaarioista äänestettiin istunnon lopuksi merkittävimmiksi koetut.

Aivoriiheen osallistui 15 asiantuntijaa merenkulun eri aloilta. Edustajansa istunnossa oli niin Merenkulkulaitokselta, Merentutkimuslaitokselta, satamista, rahtaajilta, luotseilta, VTT:ltä kuin kaupparamerenkulun alusten päällystöistäkin.

### **5.9.1 Istunnon kulku**

Aivoriihessä alusliikenne oli jaettu kuuteen kategoriaan joihin kaikki erilaiset riihen ensimmäisessä vaiheessa riskit jaettiin. Kategoriat olivat seuraavat:

1. Tekninen
2. Olosuhteet
3. Päätöksenteko ja yhteistoiminta
4. Ammattitaito
5. Informaatio
6. Muu

Kuhunkin kategoriaan sai jokainen asiantuntija esittää mielestään tärkeitä riskitekijöitä. Erityisesti painotettiin niitä riskejä, jotka voivat muuttua, jos kulkusyvyyskäytäntöä muutetaan. Asiantuntijaryhmä sai aikaan 23 erillistä riskiskenaariota, jotka saatiin jaettua viiteen ensimmäiseen kategoriaan niin, että määrittelemätön ”muu” – kategoria jäi tyhjäksi.

Kun skenaariot oli määritelty, kutakin skenaariota kommentoitiin tietoverkon välityksellä niin, etteivät muut osanottajat tienneet, kuka minkä kommentin kirjoitti. Kommentoinnin

jälkeen kaikista riskiskenaarioista äänestettiin merkittävimmät niin, että kullakin asiantuntijalla oli kutakin skenaariota kohti yksi ääni asteikolla 1-10 (1 ei merkittävä – 10 erittäin merkittävä). Jokainen riskiskenaario sai siis vertailuluvun väliltä 15 – 150, josta laskettiin kunkin skenaarion keskiarvo.

Äänestys analysoitiin niin, että jos eri äänten välillä oli eroa keskiarvon kanssa yli 2 yksikköä, keskusteltiin asiasta tarkemmin. Näin saatiin varmuus siitä, että kaikki istunnon osanottajat käsittivät kyseisen skenaarion samalla tavalla, eikä kyseessä ollut virhe äänestysprosessissa. Jos kyseessä oli käsitysvirhe, äänestyksen tulos korjattiin. Jos taas kyseessä oli tilanne, jota eri alojen asiantuntijat pitivät aivan eritasoisena riskiskenaariona, äänestyksen tulos jätettiin ennalleen ja skenaarion kommentteihin tehtiin tarvittavat lisäykset.

### **5.9.2 Merkittävimmät riskit**

Asiantuntijaistunto antoi siis äänestyksen tuloksena seitsemän merkittävintä riskiskenaariota ja jonkin verran niiden inspiroimia kommentteja.

1. Aluksen lisääntynyt syväys ja vähentynyt varavesi heikentävät aluksen ohjailuominaisuuksia.
2. Miinusvedestä johtuva pohjakosketus väylällä.
3. Päätöksenteko siirtyy ”konttoriin”, eli rahtaaja tekee aluksen syväystä koskevia päätöksiä.
4. Luotsin vastuu kasvaa liialliseksi, päätöksenteko komentosillalla muuttuu ongelmalliseksi.
5. Liian suuren nopeuden aiheuttama squat johtaa pohjakosketukseen väylällä.
6. Lähtötiedoissa olevat epätarkkuudet ja virheet korostuvat.
7. Merenkulkijoilta puuttuu tietoa, jota tarvitaan turvalliseen navigointiin muuttuneessa tilanteessa.

Eniten kommentointia merkittäviksi koetuista riskiskenaarioista aiheuttivat skenaariot kaksi ja kolme.

#### ***Asiantuntijoiden ratkaisumalleja ja kommentteja***

Ensimmäistä riskiskenaariota, aluksen ohjailuominaisuuksien heikkenemistä pienenevän varaveden takia pidettiin asiantuntijoiden joukossa itsestäänselvyytenä. Erityisesti luotsien keskuudessa ongelmana pidettiin vanhanaikaisia ja muutenkin ohjailuominaisuuksiltaan vajavaisia aluksia. Edellä mainitunlaisissa aluksissa huonot ominaisuudet korostuvat entisestään ja syvästä vedestä matalalle saapuminen saattaa aiheuttaa jopa ohjattavuuden menettämisen. Tämä aiheuttaa sekä linjalta putoamisen riskin (alus ajautuu väyläalueen ulkopuolelle) että yhteentörmäysriskin, jos kyseessä on kohtaustilanne mutkassa.

Toisena riskiskenaariona mainittu miinusvedestä johtuva pohjakosketus aiheutti kommenttitulvan asiantuntijoiden keskuudessa. Lähinnä asiantuntijoiden mieliä kuohutti se, että Suomen rannikon virallinen mareografiverkko on harvahko. Kuitenkin Merentutkimuslaitoksen mukaan 12 mareografian tulostieto on merenkulun tarpeisiin riittävä, ja mihin pisteeseen tahansa Suomen rannikolla pystytään laskemaan vedenkorkeus 10 cm tarkkuudella.

Myös vedenkorkeusennusteiden puuttuminen koettiin ongelmaksi, varsinkin pitkän ajan ennusteet puuttuvat joko täysin tai niiden tarkkuus on arvauksen luokkaa. Myös paikalliset vedenkorkeuden vaihtelut koettiin hankaliksi. Ongelmana pidettiin myös lastauksen aikana



tapahtuvaa vedenkorkeuden muuttumista. Lastin määrän päättämisen ja aluksen lähdön välisenä aikana tapahtuva vedenkorkeuden muuttuminen on huomattavan hankala ennakoita, jollei mareografi anna tietoa vedenkorkeuden gradientista. Erityisenä ongelmana todettiin olevan vedenkorkeustiedon siirtyminen mareografilta alukselle. Tiedottamista täytyisi asiantuntijoiden mukaan parantaa esim. VTS:n tai AIS:n avulla. Lisäksi esiin nousi ehdotus, että luotsilla olisi ainakin lähes reaaliaikainen tieto vedenkorkeudesta ja sen muutossuunnasta.

Asiantuntijat pitivät kolmatta riskiskenaariota erittäin vakavana, äänestyksissä tämä skenaario nousi merkittävimmäksi riskiksi. Varsinkin tilanteessa, jossa aluksessa on nuori, kokematon päällikkö, voi rahtaaajan päätös lastin suuruudesta (ja näin ollen aluksen syvyyksestä) muuttua vastustamattomaksi. Siis jos aluksen päällikkö on altis painostukselle, saatetaan väylälle lähteä liian suurella syvyyksellä. Asiantuntijoiden mielestä tämä riski saadaan vältettyä helpoiten antamalla viranomaistason ohje alusten minimivaraveden suuruudesta. Näin saadaan sekä luotsin vastuuta (skenaario 4) pienennettyä että aluksen päällikölle mahdollisuus vastustaa rahtaaajan ahneutta.

Luotsin vastuu pitäisi saada selvitettyä yksiselitteisesti myös uuden kulkusyvyyskäytännön vallitessa. Tähän auttaisi selkeä viranomaispäätös riittävästä varavedestä. Luotsille toimitettava materiaali koskien luotsattavaa väylää pitäisi saada tarkemmaksi, erillisiä luotsikarttoja ehdotettiin. Näissä kartoissa voitaisiin esittää tarkemmin pohjan syvyysuhteita ja väylän kriittisiä pisteitä. Myös erillisen luotsaustarkoituksiin tehdyn väyläkirjan painamista ehdotettiin. Samoin vaadittiin, että lakiin lisätään kohta, joka selventää luotsin vastuuta mahdollisissa ongelmatilanteissa. Lähinnä lakimuutoksella tarkoitettiin tilannetta, jossa aluksen päällikkö on valmis tulemaan sisään väylälle suuremmalla syvyyksellä kuin millä luotsi on valmis luotsaamaan alusta.

Liian suuren nopeuden aiheuttaman pohjakosketuksen voisi asiantuntijoiden mielestä poistaa paremmalla tiedottamisella ja tutkimuksella. Kun käyttäjien tietoon annettaisiin selkeästi väylän kriittisten pisteiden todellinen syvyystieto, voisivat he ottaa sen huomioon vauhtia säädellessään. Lisätutkimuksella tarkoitettiin squat-käyrästöjen laskemista niin, että jokaisella aluksella on tieto siitä kuinka suurella nopeudella kunkin syvyisessä väyläkohdassa voi ajaa. Tämä siksi, että aluskohtaiset erot nopeuspainumailmiön kohdalla ovat asiantuntijaraadin mielestä niin suuria, ettei yleinen squat-laskenta anna tarpeeksi luotettavia tuloksia.

Lähtötiedoissa olevat epätarkkuudet ja virheet olivat asiantuntijoiden mukaan myös merkittävä ongelma. Epätarkkuudella tarkoitettiin jo edellä mainittujen vedenkorkeus- ja squat-tietojen epävarmuuksia. Parannusehdotuksina raati esitti, että luotsi antaisi alukseen noustessaan todellisen vedenkorkeustiedon, joka syötettäisiin aluksella olevaan ”squat-laskimeen” ja näin saataisiin oikeat nopeusarvot turvalliseen väylänavigointiin ( $v_{max}$ ). Laskin voisi olla yksinkertainen kannettavaan tietokoneeseen tai vastaavaan asennettu ohjelma, joka saisi tiedon aluksen syvyyksestä suoraan lastausohjelmalta. Samainen ohjelma voisi ottaa huomioon myös tuulesta johtuvan sorron ja aluksen ohjailuun tarvittavan nopeuden ( $v_{min}$ ). Näin saatuja nopeuksia vertaamalla voitaisiin tutkia väylälle sisään-tulon mahdollisuudet kussakin tilanteessa ( $v_{min} < v_{max}$ ).

Merenkävijöiden tietotasoa Suomen väylästä ehdotettiin parannettavaksi teoksella, joka kattaisi koko Suomen rannikon väylästä ja sisältäisi tietoa esimerkiksi väyliä kriittisistä matalista jne. Mallina voisi käyttää kohdassa 3.2.1 esiteltyä *Svensk Lots* – teossarjaa.

Samoin väyläsuunnitteluohjeiden julkaisemista pidettiin kannatettavana ajatuksena. Suunnitteluohjeistuksen julkaiseminen parantaisi merenkävijöiden tietotaso väyläsuunnittelijoiden ajatuksista ja tarkoitusperistä. Samoin vaadittiin selkeää viranomaisohjeistusta vaadittavan varaveden minimiarvosta.

### ***Asiantuntijoiden muita huomioita riskeistä***

Edellä esiteltyjen ”top seven” riskiskenaarioiden lisäksi käsittelyssä oli 16 muuta skenaariota, jotka äänestettiin vähemmän tärkeiksi. Näitä skenaariota kommentoitiin aivan vastaavalla tavalla kuin tärkeimpiäkin.

Nopeakulkuiset alukset saattavat aiheuttaa korkean peräaallon, joka voi aiheuttaa äkillisiä, ei-toivottuja muutoksia aluksen vertikaaliasemassa. Nämä heilahtelut voivat olla fataaleja täydessä syväyksessä matalikon kohdalla olevalle alukselle. Tosin yleensä vesisyvyyden ollessa pienin on aallokkokin matalin.

Myös tilanne, jossa satamaan tulee kaksi eri syvyistä väylää, oli asiantuntijoiden mielestä potentiaalinen riskipaikka. Nykytilanteessa riskiä ei ole, mutta uuden syvyyskäytännön aikana voisi aluksella tulla houkutus käyttää lyhyempää väylää, joka yleensä on matalampi kuin pitempi reittivaihtoehto. Esimerkkinä tilanteesta voidaan pitää Haminaa, jonka satamaan tulee tällä hetkellä suora 8,6 m:n väylä ja pidempää reittiä kiertävä 10,0 m:n väylä.

Ongelmaksi asiantuntijat kokivat sen, että uutta kulkusyvyyskäytäntöä tultaisiin soveltamaan ainoastaan kauppamerenkulun pääväylillä. Näin Suomen alueella olisi käytössä yhtä aikaa kaksi erilaista kulkusyvyyskäytäntöä, joka voisi aiheuttaa sekaannuksia ja jopa vaaratilanteita. Riskiksi koettiin myös se, että Saimaan syväväylästä alueella säilytetään nykyinen käytäntö. Vaikka Saimaan alue onkin helposti rajattavissa, niin alueelle ja sieltä pois liikuttaessa (Saimaan kanavan kautta) kuljettaisiin paikan ohi, jossa käytäntö muuttuu. Käytännössä tämä tarkoittaisi, että Suomenlahden itäosassa sijaitseva Saimaan kanavan tuloväylä olisi vanhan käytännön piirissä, kun taas Suomenlahdella vallitsisi uusi käytäntö.

Edellä mainittujen lisäksi asiantuntijat mainitsivat ongelmiksi ja mahdollisiksi riskiskenaarioiksi useita yksittäisiä tapauksia, jotka eivät saaneet puoltoääniä merkittävänä riskeinä, eivätkä kirjoittaneet kommentteja muulta raadilta.

### **5.9.3 Yhteenveto asiantuntijaistunnosta**

Asiantuntijoiden ”top seven” – riskiskenaarioista kolme merkittävintä liittyivät suoraan varaveden vähenemiseen. Näin ollen riskianalyysi voidaan suunnata nimenomaan varaveden vähenemisen tarkasteluun.

Asiantuntijat pitivät erittäin merkittävänä ongelmana ja kaikkein pahimpana riskiskenaariona sitä, että päätökset aluksen syväyksestä tehdään jossain muualla kuin aluksella. Skenaarion torjumiseen tarvitaan selkeät vastuusuhteet niin, että aluksen päällikkö tekee myös päätökset lastin määrästä ilman painostusta.

Muut riskiskenaariot saadaan asiantuntijamielipiteiden mukaan joko poistettua tai niiden merkittävyys saadaan huomattavasti pienemmäksi parantamalla koulutusta ja tiedotusta. Parantamalla merenkävijöiden tietotaso nopeuspainumasta, väylien kriittisistä matalista ja vedenkorkeudesta voidaan saavuttaa tila, jossa ei asiantuntijoiden mukaan riskitaso

juurikaan nouse nykytilanteeseen verrattuna. Tämän ehdotuksen toteutuminen vaatii viranomaisjulkaisua Suomen väylistä, informaation kulun kehittämistä ja viranomaispäätöstä minimivaravedestä.

Istunnon osanottajat pitivät kulkusyvyyskäytännön muuttamista yleisesti positiivisena seikkana, joskaan luotsien edustajat eivät seisonet täysin muutoksen takana. Jos edellä mainitut uudistustoimenpiteet tehdään, seuraa muutoksesta asiantuntijoiden mukaan huomattavasti positiivista kehitystä. Erityisesti tärkeänä pidettiin, että kansainvälinen käytäntö saadaan voimaan Suomessakin.

Muutoksesta pitää tiedottaa hyvin erityisesti siksi, että eri alueiden kartoilla muutos tulee näkymään erilaisella viipeellä. Tiedotus on muutenkin tarpeen, koska samaan aikaan vanha käytäntö jää voimaan muille rannikon väylille ja Saimaalle.

## 6 Riskianalyysi case: Rauman Rihtniemen 10,0 m:n väylä

Merenkulkulaitoksen tilaamana projektina tehtiin kesällä 2003 VTT Tuotteet ja tuotanto – tutkimusyksikössä riskianalyysi kulkusyvyysskäytännön muuttamisesta. Merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskuksen tutkimuksen (Merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskus 2003) tuloksena voitiin todeta, että Rauman satama kärsii nykypäivänä väylän kulkusyvyyden pienuudesta ja miinusvesi aiheuttaa siellä erityisen paljon ongelmia.

Satama piti kulkusyvyysskäytännön muuttamista erittäin tarpeellisena. Nykyinen kulkusyvyysskäytäntö oli aiheuttanut tutkimuksen mukaan paljon ongelmia Raumalla. Rauman satama joutuu nykykäytännön aikana turvautumaan poikkeuslupakäytäntöön usein ja vedenkorkeuden vaihtelujen vuoksi osa lastista jää lastaamatta useita kertoja vuodessa. Samoin sataman vastausten mukaan satamaan liikennöivä aluskanta suurenisi ja lastimäärä alusta kohti kasvaisi nykytilanteesta, jos kulkusyvyysskäytäntöä muutettaisiin. Myös MKK:n tutkimusryhmä oli sitä mieltä, että Rauma olisi hyvä paikka jatkotarkastelulle (Merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskus 2003).

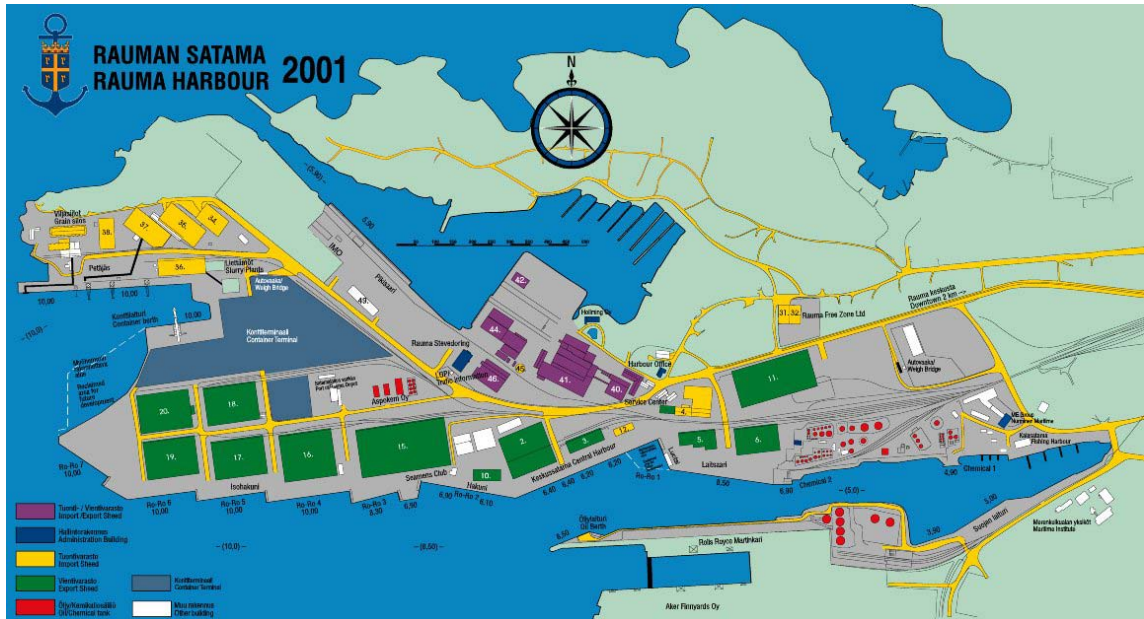


**Kuva 25. Rauman 10,0 m väylän sisäosa (Merenkulkulaitos 2002d).**

Onnettomuusanalyysi Suomen aluevesiltä (Heiskanen 2001) antaa hyvän syyn Rauman valintaan esimerkkitapaukseksi. Rauman edusta on analyysin mukaan onnettomuusherkin paikka Suomen rannikolla. Rihtniemen Kovankivien kapeikossa on tapahtunut 10 vuoden tarkastelujaksolla eniten karilleajoja yksittäisistä paikoista. Kartta Rauman väylästä kuvassa 25.

### 6.1 Rauman satama ja liikenne

Rauman satama on Suomen viidenneksi vilkkain satama tavaraliikenteen tonneilla mitattuna. Myös alusmäärät ovat Raumalla suuria. Vuoden 2002 aikana Rauman satamassa oli 1274 aluskäyntiä (Rauman satama 2003). Sataman erikoisuutena voidaan pitää säännöllistä linjaliikennettä Yhdysvaltoihin. Tämän linjaliikenteen alusten syväys maksimilastissa on 10,8 m, joka ylittää Rauman syvemmän sisääntuloväylän syvyyksen 0,8 metrillä. Samoin Rauman satamaa käyttävät kuivabulk -tyyppiset viljalaivat joutuvat lähtemään vajaina liikkeelle.



**Kuva 26. Rauman sataman kartta (Rauman satama 2003).**

Rauman satamassa on useita roro-aluksille tarkoitettuja peräporttilaitureita, öljy- ja kemikaalisatama sekä kontti- ja viljasatama. Kartta Rauman satamasta kuvassa 26.

Rauman sataman ulkomaanliikenne vuonna 2002 oli yhteensä 5,6 miljoonaa tonnia, joka jakautui tuontiin (1,5 milj. t) ja vientiin (4,1 milj. t). Tärkein vientiartikkeli oli sellu, jota vietiin vuoden 2002 aikana yli 3,1 milj. t. Tuonnin suurimmat yksittäiset tuoteryhmät taas valtasivat raakamineraalit (lähinnä paperiteollisuuden käyttöön tuleva kaoliini) 620 000 t ja raakapuu noin 400 000 tonnilla (Merenkulkulaitos 2003d).

## **6.2 Rauman sataman sisääntuloväylät**

Rauman satamaan tulee kaksi väylää. Syvämpi väylä on Rihtniemen väylä, jonka nimelliskulkusyvyys on 10,0 m ja matalampi on Valkeakaran 7,5 m:n väylä, joka kiertää satamaan pohjoista linjausta pitkin. Tässä riskianalyyysitapauksessa käytetään esimerkkipöytäväylänä Rihtniemen 10,0 m:n väylää.

### ***Rihtniemen väylä***

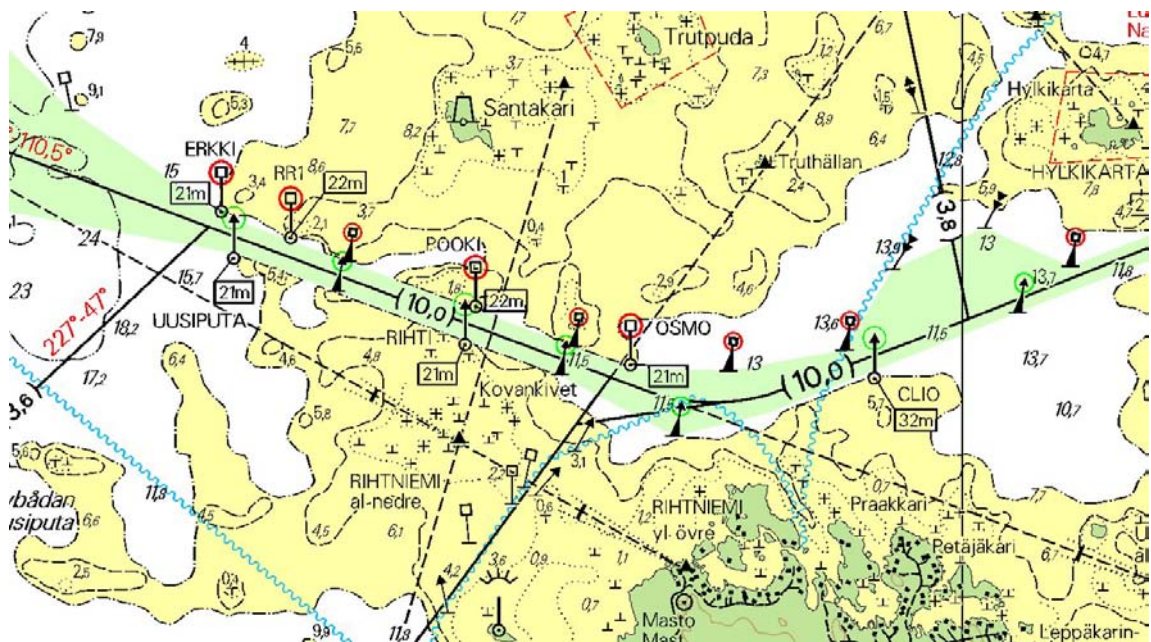
Rihtniemen 10,0 m:n väylä on syvämpi Rauman kahdesta sisääntuloväylästä. Väylä kulkee eteläistä linjausta Rauman edustan matalikon läpi. Väylä on kokonaispituudeltaan 26 km ja se on osittain ruopattua ränniä. Väylälinjaus on lateraalimerkitty ja se muodostuu neljästä linjasta. Väylän kriittinen piste on Kovankivien kohdalla oleva ruopattu kapeikko, joka on leveydeltään 160 m. Väylän poikkileikkaus on Kovankivien kohdalla toispuoleinen, väylälinjauksen toiselle puolelle nousee matalikko vain 2 m:n syvyyteen. Rihtniemen väylän väyläkortti on liitteenä 4 (Merenkulkulaitos 2001b).

Rihtniemen väylän mitoituksena on käytetty roro-alusta, jonka päämitat on esitetty taulukossa 6. Samassa taulukossa on esitetty myös Rihtniemen väylän päämitat.

### Taulukko 6. Rauman väylän mitoitus- ja päämitat

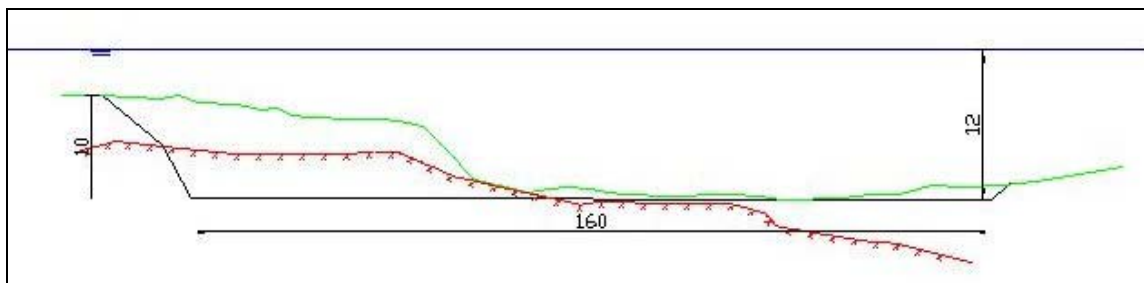
Mitoitusluksen pituus (l)	210 m
Mitoitusluksen leveys (b)	30 m
Mitoitusluksen syväys (t)	10,0 m
Kulkusyvyys	10,0 m
Haraussyvyys (hs)	-12,0 m / -11,5 m MW 95
Minimikaarresäde (r)	1000 m

Kuten taulukosta kuusi voi havaita, käytetään Rihtniemen väylällä, kuten lähes kaikilla satamien sisääntuloväylillä, kahta eri haraussyvyttä. Haraussyvyuden vaihtumiskohta on Kovankivien kapeikko, joka on esitettyä kuvassa 27.



**Kuva 27. Kovankivien kapeikko, Rauman 10,0 m väylän kriittinen piste (Merenkululaitos 2002d).**

Kovankivien kapeikon poikkileikkaus on esitetty kuvassa 28. Kuvassa on poikkileikkaus paalulta 6480 ja se edustaa väyläajon kannalta hankalinta kohtaa koko väylällä.



**Kuva 28. Väylän poikkileikkaus Kovankivien kohdalla, mitat metrejä.**

Huomattavaa kuvassa 28 on erityisesti väylän toispuoleisuus. Väylän vasemmalla reunalla on hyvin korkea leikkausluiska kun oikea puoli on taas lähes vapaata vettä. Tämä aiheuttaa vahvan reunaimun, joka pyrkii kampeamaan aluksen perää vasemmalle. Tämä reunaimuefetti yhdistettynä siihen, että koko Kovankivien kapeikko on kallioon louhittua

ränniä, aiheuttaa vaarallisen yhdistelmän. Väylän poikkileikkauksen luiskakaltevuutena on käytetty kalliossa 1:1,5 sekä kitka- ja savimaissa 1:3.

### **Valkeakaran väylä**

Valkeakaran väylä kiertää Rauman satamaan pohjoista reittiä edustan matalikon läpi ja on täten vaihtoehtoinen väylä Rihtniemen väylälle. Väylän nimelliskulkusyvyys on 7,5 m. Se jätettiin riskianalyysin ulkopuolelle. Poisjättäminen perusteltiin yksinkertaisesti sillä, että jos Valkeakaran väylälle tullaan ylisyväällä ( $d > 7,5$  m) aluksella, voidaan aina käyttää Rihtniemen väylää. Näin ollen Valkeakaran väylän käyttö ei tulisi muuttumaan vaikka kulkusyvyyskäytäntö muuttuisikin.

Rauman sataman liikenteestä suuri osa käyttää Valkeakaran väylää. Tämä johtuu sen helpommasta navigoitavuudesta verrattuna Rihtniemen väylään. Erityisesti Valkeakaran väylän käyttöä suosivat Rauma Pilotin luotsit. Käytännössä, jos alus mahtuu Valkeakaran väylälle, se ajatetaan aina luotsien toimesta sitä kautta. Valkeakaran väylän linjaus kulkee Natura-suojelun alueen läpi.

### **6.3 Käytettävä alustyyppi**

Riskianalyysissä ei tehty Rihtniemen väylän mitoitusaluksella, koska kyseessä ei ole todellinen, Rauman satamassa nykyään liikennöivä alustyyppi. Rauman satamaan liikennöivät roro-alukset ovat pienempiä, noin 170 m pitkiä tai syväykseltään matalampia, noin 8 m aluksia.

Riskianalyysin alustyyppiksi valittiin teoreettinen kuivabulkkialus jonka mitat ovat taulukossa 7. Tämä alustyyppi vastaa melko hyvin sellaista alusta, joka voisi hyötyä kulkusyvyyskäytännön muuttamisesta johtuvasta sallitun syväyksen kasvamisesta. Samaan aikaan alustyyppi vastaa Rauman satamaan liikennöivää alusta.

#### **Taulukko 7. Riskianalyysialuksen päämitat**

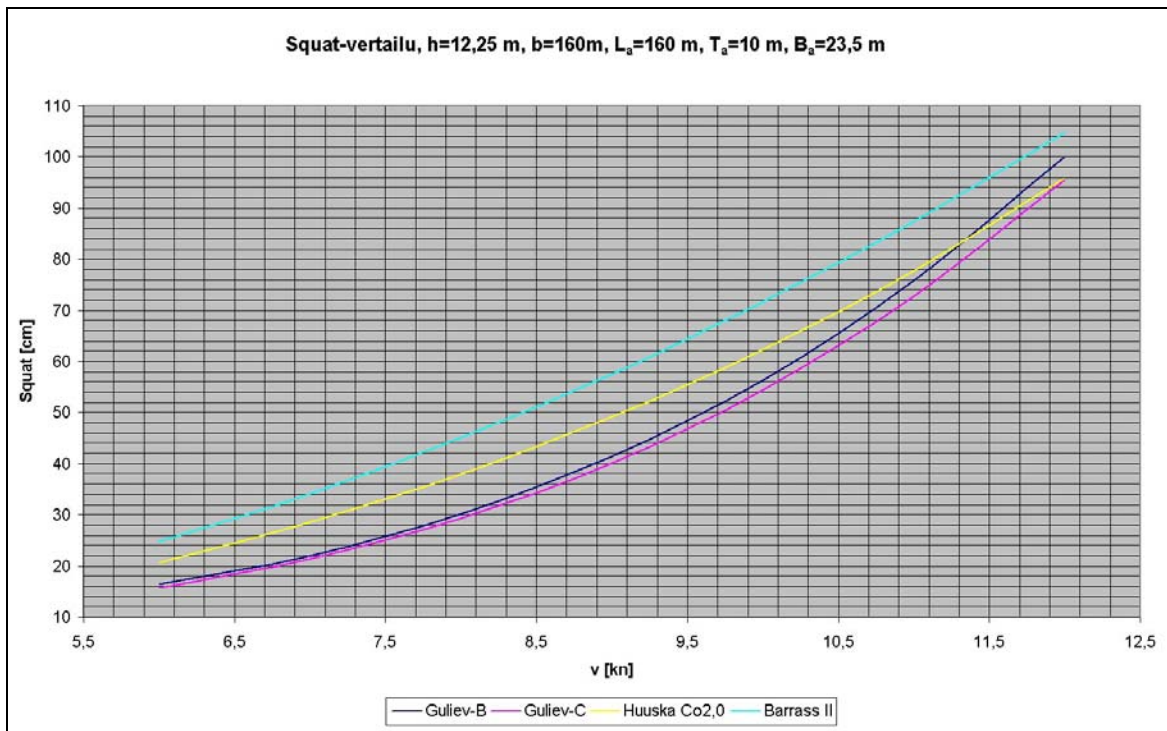
Pituus (l)	160 m
Leveys (b)	25,5 m
Syväys (t)	10,0 – 11,0 m
Uppouman täyteläisyysaste ( $C_B$ )	0,85

Keskusteluissa paikallisen luotsivanhimman kanssa kävi ilmi, että kyseisen kaltaista maksimisyväyksistä alusta ajetaan väylän kriittisessä pisteessä, Kovankivillä, melko tarkkaan 10 solmun nopeudella. Pienemmällä nopeudella aluksen ohjailtavuus heikkenee liikaa ja suuremmalla alkaa väylän pohjan läheisyys täriseyttää koko alusta epämiellyttävästi (Santala 2003). Ohjailuominaisuuksien säilymisen tärkeys on helppo havaita myös kuvasta 27. Kovankivien kapeikon jälkeen, satamaa kohti tultaessa on ruopatulla alueella mutka, jossa suoraan ajaminen tai liian jyrkkä käänös aiheuttaa haverin uhkan.

#### **6.3.1 Analyysialuksen vertikaaliset liikkeet**

Riskianalyysissä käytettävän aluksen squat- ja aalto-ominaisuuksia mallinnettiin eri tavoilla. Squat-laskennan väyläkohtana käytettiin Rihtniemen väylän kriittisen matalan, Kovankivien, väylämittoja. Tosin väylän toispuoleisen luonteen takia jouduttiin väylä mallintamaan symmetrisenä niin, että laskennassa väylän molemmille puolille oletettiin 5 m korkeat luiskat. Tällä mitoituksella laskettua nopeuspainumaa käytettiin hyväksi riskianalyysitilanteessa.

Kun edellä mainituilla dimensioilla lasketaan nopeuspainuma, voidaan todeta, että Guliev`in menetelmällä poikkileikkaukselle B (ruopattu leikkaus) määrittämässä käyrästössä mennään käyrälle  $n \geq 26$ . Samaa käyrää käytetään nopeuspainuman arviointiin vapaassa vesipoikkileikkauksessa. Tämä tarkoittaa, että luiskien aiheuttama nopeuspainuman kasvu on niin pientä, ettei se enää näy. Kun käytetään käyrästön arviointia tarkempaa, interpoloivaa laskentamenetelmää, voidaan todeta, ettei Guliev` ruopattun uoman poikkileikkauksen ja Guliev` vapaan veden poikkileikkauksen välinen ero ole kiinnostavalla nopeusalueella ole maksimissaan kuin 4 cm.



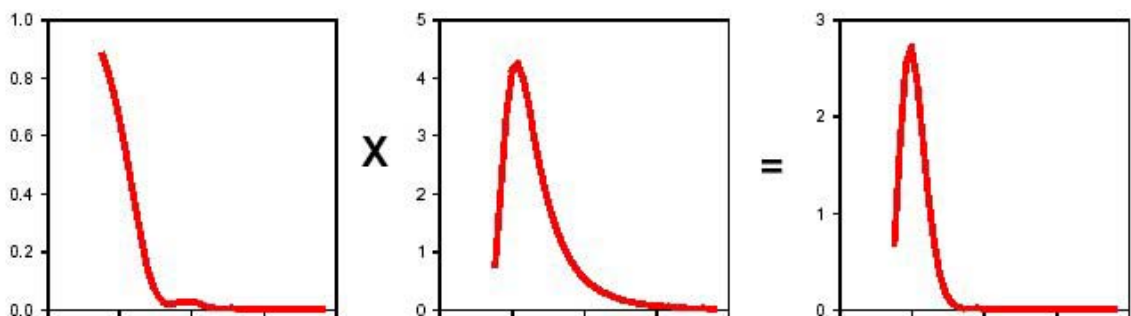
**Kuva 29. Squat-laskentakaavojen vertailu Kovankivien kohdalla**

Koska Guliev` poikkileikkaus C on laskentatapa, jolla tutkitaan nopeuspainumaa rajaamattomassa poikkileikkauksessa, tutkittiin myös mahdollisuutta käyttää Huuska-ICORELS – menetelmää painuman arviointiin. Tämän menetelmän etuna voidaan on sen puhtaan deterministinen luonne. Simulaatioissa kaavaan voitiin sijoittaa erilaisia jakaumia, kun hankalaa interpolointia käyrästöillä ei tarvittu. Samalla tutkittiin myös Barrass`n II kaavan käytön mahdollisuutta. Kuvassa 29 on esitetty aluksen nopeuspainumakäyttäytymistä Kovankivien kapeikon kohdalla potentiaalisilla nopeuksilla eri laskentamenetelmien mukaan.

Kuvasta 29 voidaan nähdä, ovat eri laskentamenetelmien väliset erot pieniä nopeusalueella, joka on käytössä Kovankivien kapeikon kohdalla. Guliev`in kaavan erot on tässä kuvassa laskettu interpoloimalla molemmissa käyrästöissä ns. tarkka arvo annetuilla dimensioilla. Kuten nähdään, jää ero todella pieneksi väylän syvyyteen nähden ja on suurimmillaankin ainoastaan 0,33 %. Kuvasta voidaan myös todeta, että Huuska-ICORELS -menetelmällä saatujen tulosten ero edellä mainittuihin Guliev`in menetelmän antamiin tuloksiin on koko ajan ns. turvallisella puolella, eli Huuskan menetelmä ennustaa suurempaa painumaa kuin Guliev niin kauan kuin nopeus pysyy alle 11 solmun. Näin ollen voidaan riskianalyyseissä tarvittaessa käyttää nopeuspainuman arviointiin Huuska-ICORELS -menetelmää.



Toinen aluksen vertikaalisiin liikkeisiin merkittävästi vaikuttava tekijä on aaltoilun aiheuttama aluksen liikehdintä. VTT tutki analyysialuksen vertikaalista liikehdintää, joka johtuu satunnaisaaltoilusta (Hänninen et al. 2003). Aluksen pystysuuntaista liikehdintää satunnaisaallokossa tutkittiin lineaariseen teoriaan perustuvilla menetelmillä, jossa aluksen kaikkien kuuden vapausasteen liikehdintä summataan pystyliikkeeksi aluksen eri kohdissa. Ensinnä määrätettiin aluksen liikkeet säännöllisessä aallokossa eri aallonpituuksilla ja kohtauskulmilla. Laskettujen liikkeiden ja aluksen dimensioiden perusteella voitiin määrittää pystysuuntaisen liikkeen suuruus eri osissa laivaa. Liikkeet mallinnettiin raditaatio-difraktio menetelmään perustuvalla merikelpoisuusohjelmalla (Garrison 1980), jossa aluksen runkogeometria jaetaan paneeleihin. Näiden paneelien voimien ja momenttien avulla mallinnetaan koko laivan rungon liikkeitä eri aallon kohtauskulmille. Nämä liikkeet muodostavat pystyliikkeen siirtofunktion.



**Kuva 30. Superpositioperiaate käytännössä. Käyrät vasemmalta oikealle: siirtofunktio, aaltospektri ja aluksen vastespektri (Hänninen et al. 2003).**

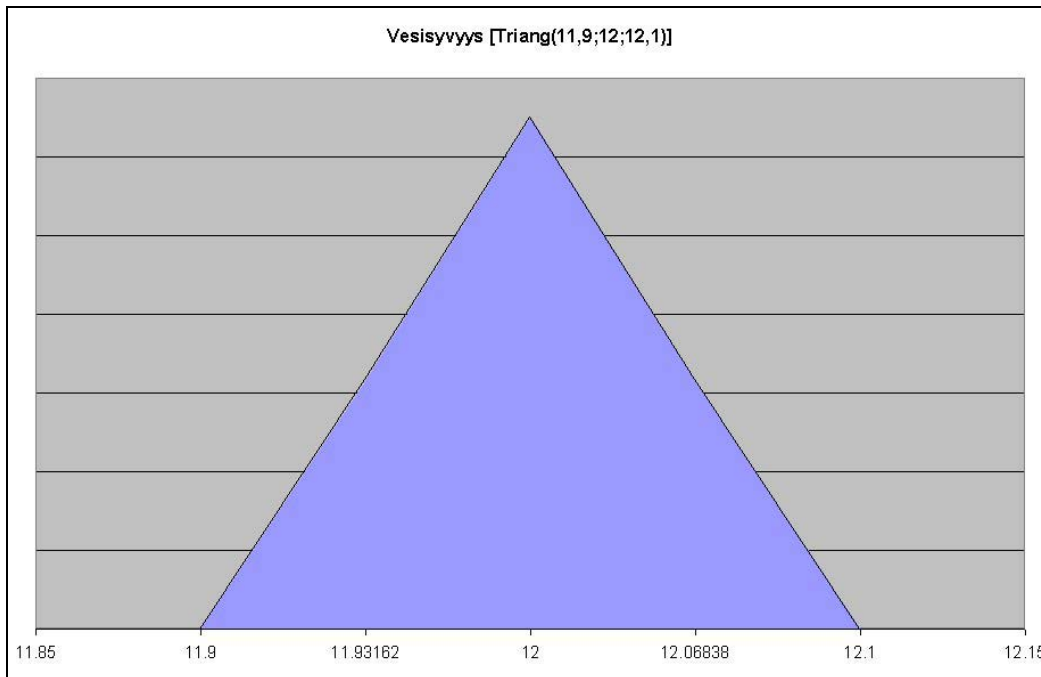
Säännöllisen aallokon aiheuttamista liikkeistä päästään satunnaisaaltoilun aiheuttamaan vertikaaliliikkeeseen aaltospektrin avulla. Aaltospektrillä kerrotaan superpositioperiaatteen nojalla säännöllisen aallokon siirtofunktiota. Tuloksena saadaan aluksen vastespektri satunnaisaaltoilulle, joka kuvaa aluksen käytöstä tietyn tuulensuunnan aiheuttamalle aaltoilulle. Esimerkinomainen kuva siirtofunktion ja aaltospektrin käytöstä vastespektrin määrittämisessä on esitetty kuvassa 30.

Laskennan tuloksena voidaan todeta, että analyysialuksen liikkeet satunnaisaallokossa on pahimmillaan 45° myötätuulella. Tällainen tapaus sattuu Rauman väylällä pohjoistuulella sisään tullessa. Näin ollen simuloinnissa käytettiin aaltorintamia, jotka syntyvät tuulilla, joiden suunta vaihtelee välillä 349°–11° (Hänninen et al. 2003).

Analyysissä käytettiin satunnaisaaltoilun aaltospektrinä Sandbäckin alueen aaltospektriä. Tuolla alueella tyypillisimmät tuulet ovat etelän suunnalta ja aalloista 90 % on alle 2 m korkeita, periodiltaan alle 4 s.

### 6.3.2 Muut virhelähteet

Rauman väylän riskianalyysissä muina varaveden suuruuteen vaikuttavina virhelähteinä käytettiin vedenkorkeustiedon virhettä ja aluksen syväystiedon virhettä. Molempia virhelähteitä mallinnettiin kolmiojakaumalla, maksimipoikkeamana vedenkorkeustiedolle oli 10 cm ja syväystiedolle 5 cm. Vedenkorkeustiedon epätarkkuus sisällytettiin suoraan vesisyvyystietoon. Kuvassa 31 on esitetty vedenkorkeuden kolmiojakauma, x-akselilla merkattuna myös vedenkorkeuden 90 % luottamusväli (11,93 m < h < 12,07 m) mitatun vedenkorkeuden ollessa 12 m.



**Kuva 31. Vedenkorkeuden jakauma**

#### **6.4 Riskianalyysi**

Käytännössä pohjakosketusriskiä mallinnettiin MonteCarlo – simuloinnilla (Averill ja Kelton 2000), jossa käytettiin edellä mainittuja muuttujia (squat, aaltoilun aiheuttamat liikkeet, vesisyvyys ja aluksen syväys). MonteCarlo -simuloinnissa kunkin jakautuneen muuttujan (aaltoilun aiheuttama liike, vesisyvyys ja aluksen syväys) jakaumasta poimitaan satunnainen arvo ja näillä jakaumista saaduilla arvoilla lasketaan kölivarat. Satunnaisia arvoja lasketaan niin paljon, että kölivaralle saadaan edustava määrä havaintoja, jotka muodostavat kölivaran jakauman. Näin suureiden tilastollinen luonne otetaan huomioon riskilaskennassa.

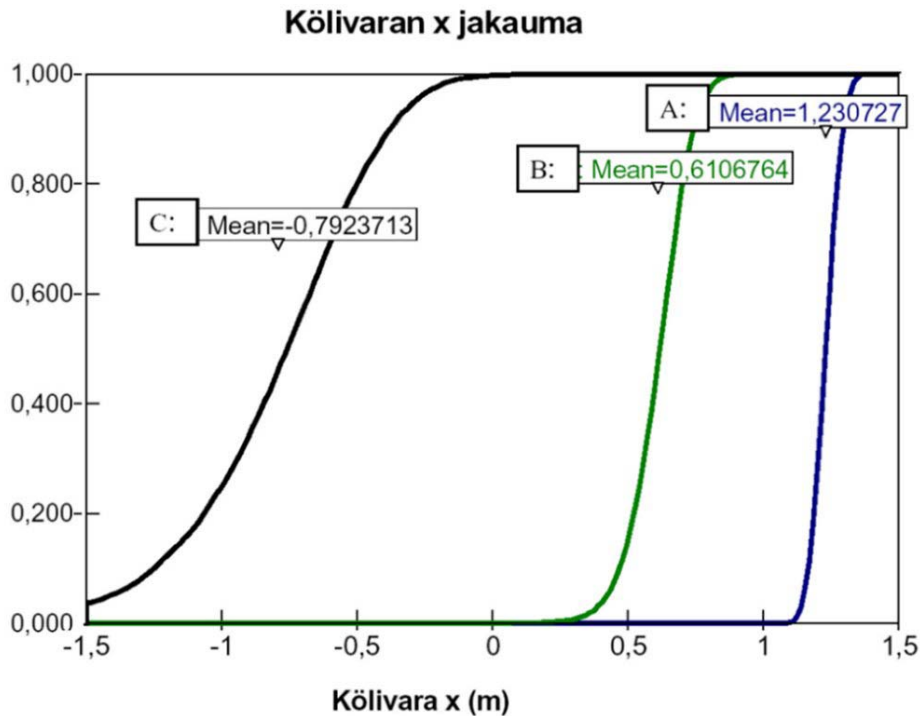
Laskentatilanteet kolmella olosuhdeskenaariolla (ainoastaan aaltoilu muuttuu) on esitetty taulukossa 8.

**Taulukko 8. Skenaariot eri aalto-olosuhteissa (Hänninen et al. 2003)**

Skenaario	A	B	C
<i>olosuhteet:</i>			
tuulensuunta	-11°...+11°	-11°...+11°	-11°...+11°
aallon korkeus, $H_s$	1,0 m	1,75 m	2,5 m
aallon periodi, $T_p$	5 s	6 s	7 s
vesisyvyys	12 m	12 m	12 m
<i>alus:</i>			
nopeus, $v$	10 kn (5,1 m/s)	10 kn (5,1 m/s)	10 kn (5,1 m/s)
syväys, $D$	10 m	10 m	10 m
kohtaamiskulma, $\alpha$	45°	45°	45°
<i>laskennalliset suureet:</i>			
pystyliike, $\sigma_z/H_s$	0,045	0,115	0,190
pystyliike, $m_0$	0,00203	0,013	0,0361
aaltokohtaukset	39 kpl	33 kpl	28 kpl
squat	0,76 m	0,76 m	0,76 m
<i>muut parametrit:</i>			
vesisyvyyden epätark.	0,1 m	0,1 m	0,1 m
syvyyden epätarkkuus	0,05 m	0,05 m	0,05 m

Taulukossa 8 on esitetty skenaariolaskennassa käytetyt suureet. Kohdassa *laskennalliset suureet* esitettävät pystyliikkeen laskentaparametrit on saatu luvussa 6.3.1 esitetyllä aaltovasteen laskentatavalla ja ne ovat vastespektrin parametreja kyseessä olevalla kohtauskulmalla. Muut taulukon suureet ovat joko olosuhteista (tuuli, vesisyvyys), aluksesta (dimensiot, nopeus, suunta) tai virhelähteistä aiheutuvia.

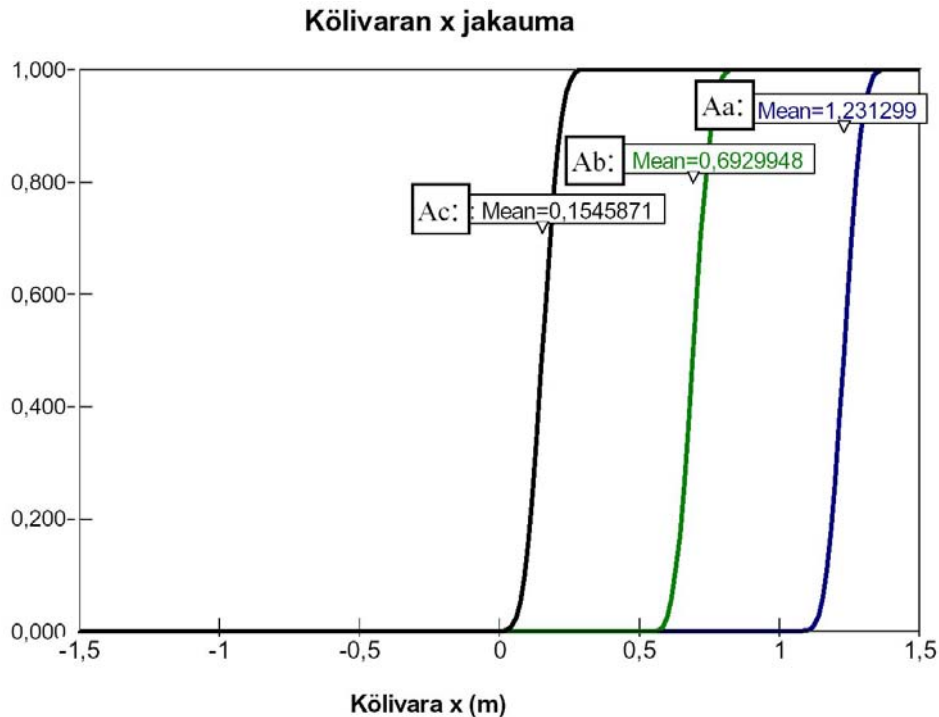
Eri aalto-olosuhteiden vaikutus näkyi analyysin tuloksessa selkeästi. Skenaario C antoi tuloksena tilanteen, jossa kölivaran odotusarvo oli -0,79 m. Tämä tarkoittaa, että noissa olosuhteissa alus saisi reilun pohjakosketuksen. Skenaario B:n kölivaran odotusarvo oli 0,61 m, joka on jo selkeästi turvallisella puolella. Skenaario C antoi kölivaralle odotusarvoksi 1,23 m, joka on todella reilusti turvallisella puolella. Arvoa 1,23 m voidaan verrata suunnitteluohjeissa (Merenkulkulaitos 2001) esitettyyn 0,5 m, jolla Rihtniemenkin väylä on lieene mitoitettu. Simuloinnilla saadut kölivaran jakaumakäyrät on esitetty kuvassa 32.



**Kuva 32. Kölvivaran jakauma ensimmäisessä simuloinnissa (Hänninen et al. 2003).**

Kuvasta 32 nähdään, että koko skenaarioiden A ja B kölvivarajakauma on nollan yläpuolella, eli simulaatioajossa ei havaittu yhtään negatiivista kölvivaran arvoa. Kaikista simuloituista tilanteista vain skenaario C oli sellainen, että kölvivara sai negatiivisia arvoja. Toisaalta skenaario C ei sisältänyt positiivisia arvoja lainakaan, eli mallilaskelmien mukaan, kyseisessä myrskyssä (asiantuntija-arvio aallonkorkeutta vastaavalle tuulen nopeudelle  $> 22$  m/s) ei voi liikkua Kovankivillä ilman pohjakosketusta.

Lisäksi analyysi tehtiin pysyvillä keliolosuhteilla, käyttäen analyysialuksen syvyyttä muuttujana. Tällä laskennalla testattiin siis aluksen syvyyden kasvattamisen aiheuttamaa riskin kasvua. Olosuhteina toisessa laskennassa pidettiin skenaario A:n olosuhteita ( $H_s = 1,0$  m,  $T_p = 5$  s), mutta aluksen syväyksiä laskettiin skenaariot Aa ( $D = 10$  m), Ab ( $D = 10,5$  m) ja Ac ( $D = 11,0$  m). Vastaavat kölvivaran odotusarvot analyysistä olivat Aa 1,23 m, Ab 0,69 m ja Ac 0,15 m. Näistä kaksi ensimmäistä ovat hyvinkin hyväksyttäviä kölvivaran arvoja. Skenaario Ac:n kölvivara, alle 20 cm, pitää koko toisen laskennan riskitason nollassa, mutta on ehdottomasti liian pieni kölvivaraksi. Kölvivarajakaumat toisesta simulaatioajosta on esitettyä kuvassa 33.



**Kuva 33. Kölivarajakaumat, kun vain aluksen syvyyttä muutetaan (Hänninen et al. 2003).**

#### 6.4.1 Merkitsevyysanalyysi

VTT teki riskianalyysin osana myös riskitekijöiden merkitsevyysanalyysin molemmille laskennoille. Merkitsevyysanalyysillä tutkittiin sitä, mikä muuttuja aiheuttaa suurimman vasteen simuloinnissa. Tästä merkitsevyysanalyysistä voidaan todeta, että laskentatilanteessa 1, skenaario A:n merkittävä riskitekijä oli vesisyvyyden epävarmuus, kun taas skenaarioissa B ja C merkittävänä oli satunnaisaaltoilun aiheuttama pystysuuntainen liike. (Hänninen et al. 2003) Merkitsevyysanalyysissä tutkittiin siis sitä osaa simuloinnin havainnoista, jotka muodostavat epäedullisimman 10 % osuuden havaintopopulaatiosta.

Toisessa simulaatiossa merkitsevyysanalyysi tuotti tuloksen, jonka mukaan riskiin vaikuttaa merkittävimmin vesisyvyyteen liittyvä epävarmuus. Toiseksi merkittävimpanä tekijänä oli syvyyteen liittyvä epävarmuus. Käytännössä merkittävimmin pohjakosketusriskiin ei siis vaikuttanut aluksen liiketila vaan lähtötietojen staattiset epävarmuudet. Tämä on havaittavissa kuvassa 31 esitetyissä jakaumakäyrissä, erityisesti käyrien jyrkkyys ja samanmuotoisuus kielii pelkästään lähtötietojen vaikuttavan kölivaran suuruuteen.

## 7 Hyödyt ja haitat

Kuten edellä mainituista seikoista voidaan todeta, on väylien kulkusyvyyskäytännöllä ja sen muuttamisella useita puolia ja se vaikuttaa monella tavalla alusliikenteeseen.

Suomalaisissa satamissa tehtiin 37000 aluskäyntiä vuoden 2002 aikana (Merenkulkulaitos 2002d). Kun edellä mainittua lukua verrataan Suomessa tilastoituun 19,3 karilleajoon vuodessa (Heiskanen 2001), voidaan todeta, että karilleajotodennäköisyys on luokkaa 0,00052, joka on noin 50 % kansainvälisestä todennäköisyydestä. Tällä taustalla voidaan suomalaista väyläinfrastruktuuria pitää erittäin turvallisena saariston aiheuttamasta vaikeasta navigoitavuudesta huolimatta. Tämän voitaneen katsoa johtuvan korkeasta teknologia- ja turvalaitetasosta. Myöskään suomalaisen luotsauskulttuurin ansioita onnettomuusmäärän pienenä pitämiseen ei voi vähätellä.

### 7.1 Kulkusyvyyskäytännön muuttamisesta koituvat hyödyt

Kulkusyvyyskäytännön muuttaminen tuottaa etuja pääasiassa kahdelle taholle, rahtaajille kasvavien lastimäärien muodossa ja väylänpitäjälle vastuukäytäntöjen selkiytymisen muodossa.

#### 7.1.1 Kuljetustaloudelliset hyödyt

Kulkusyvyyskäytännön muuttamisesta koituisi kuljetustaloudellista hyötyä lähinnä rahdinantajille. Alukset saisivat tarpeen tullen käyttää suurempaa syväystä kuin nykyään. Samoin aluksille miinusvedestä koituvat odotusajat lyhenisivät tai parhaassa tapauksessa odotusajat poistuisivat kokonaan.

Merenkulkulaitoksessa on syksyn 2003 aikana tehty selvitys kulkusyvyyskäytännön muuttamisen kuljetustaloudellisista hyödyistä. Kuljetustaloudellinen hyötyanalyysi perustuu vuoden 2002 liikennemääriin satamille suunnatun kyselytutkimuksen perusteella selvitykseen valittuihin satamiin.

Analyysissa on tutkittu satamien ulkomaanliikenteessä kulkevien alustyyppien syväyksiä ja verrattu niitä satamien sisääntuloväylien syväyksiin. Alustyypit on jaettu kahteen potentiaalikategoriaan:

1. Ne alukset, jotka ovat käyttäneet väylän koko kulkusyvyiden hyväkseen
2. Ne alukset, joiden maksimisyväys on ollut joko alle metrin väylän maksimisyväystä pienempi tai suurempi kuin väylän syväys, mutta jotka ovat käyttäneet pienempää syväyttä kuin väylän kulkusyvyys.

Näin saadaan selville se osuus liikenteestä, joka suoraan voisi kuljettaa suurempaa lastia, jos kulkusyvyyskäytäntöä muutetaan (potentiaali 1). Samoin se osuus liikenteestä, joka kärsii miinusvedestä ja voisi kasvattaa syväyttään (potentiaali 2) otetaan huomioon (Merenkulkulaitos 2003g).

Tutkimuksessa otettiin huomioon myös alusten reittivalinta niin, että ulkomaanliikenne jaettiin viiteen segmenttiin, joiden kunkin liikenne laskettiin erikseen. Näin voitiin ottaa huomioon kuljetustaloudellisen hyödyn riippuvuus kuljetusmatkasta. Kotimaan sisäiset kuljetukset jätettiin huomioimatta tutkimuksessa niiden lyhyiden kuljetusmatkojen ja pienen potentiaalilin (vähän bulk-kuljetuksia) takia. Tutkimuksen tulokset on esitetty taulukossa 9. Hyötytutkimukseen otettiin mukaan ne 13 satamaa (Hamina, Loviisa, Naantali, Rauma, Uusikaupunki, Kristiinankaupunki, Vaasa, Pietarsaari, Raahe, Oulu,

Tornio, Förby ja Rahja), jotka olivat vastanneet MKK:n kyselyyn hyötyvänsä mahdollisen kulkusyvyysskäytännön muuttamisesta.

**Taulukko 9. Kulkusyvyysskäytännön muuttamisen kuljetustaloudelliset hyödyt vuositasolla reiteittäin jaoteltuna (Merenkulkulaitos 2003g)**

Reitti	säästö [€/t]	Potentiaali 1 [t / milj.euroa]		Potentiaali 1+2 [t / milj.euroa]	
		kuljetusmäärä	säästö	kuljetusmäärä	säästö
Itämeri	0,08	1 471 000	0,12	3 856 000	0,31
Pohjanmeri	0,54	401 000	0,22	675 000	0,36
Välimeri	3,40	101 000	0,35	467 000	1,59
Pohjois-Amerikka	1,86	567 000	1,05	1 268 000	2,36
Muut kaukomaat	3,67	470 000	1,73	722 000	2,65
<b>Yhteensä</b>		<b>3 010 000</b>	<b>3,46</b>	<b>6 988 000</b>	<b>7,27</b>

Taulukosta 9 voidaan todeta, että välittömästi saatavien hyötyjen suuruusluokka kuljetuskustannusten säästönä on noin 3,5 miljoonaa euroa. Nykyisellä aluskalustolla saatava hyöty rajoittuu tutkittujen satamien liikenteen osalta kuitenkin 7,3 miljoonaan euroon. Kyseinen säästö, on laskettu vuoden 2002 liikenteen perusteella.

Samaten kuljetustaloudellista etua pohdittaessa on otettava huomioon, ettei etua varten tarvita lainkaan investointeja. Koko 3,5-7 milj. euron hyöty on saavutettavissa nykyisillä väylärakenteilla ja aluksilla ainoastaan käytäntöä muuttamalla. Hyödyn lunastaminen edellyttää ymmärrettävästi kuitenkin aluksille sopivien lastien saamista. Jotta vastaavaan syvyyden kasvattamiseen liikenteessä päästäisiin nykykäytännön aikana, täytyisi kaikkia 13 sataman sisääntuloväyliä syventää 35 cm. Tämä olisi arvioilta noin 100 milj. euron investointi.

Investointikustannuksiin kannattaa verrata pitkän aikavälin investointikriteerien mukaista säästöjen nykyarvoa, joka (30 vuotta, korkokanta 5 %) liikkuu välillä 53–112 miljoonaa euroa (Merenkulkulaitos 2003g).

### 7.1.2 Vastuun selkiytyminen

Kulkusyvyysskäytännön muuttamisesta koituisi selkeää etua myös väylänpitäjälle. Väylänpitäjän vastuu väylästä ja sen vesisyvyydestä selkeytyisi huomattavasti. Väylänpitäjä ei vastaisi enää aluksella tehtävistä päätöksistä vaan siitä kuinka paljon väylällä on vettä ja onko haraustaso rikkomaton.

Muutoinkin vastuukysymykset selkenisivät:

1. Aluksella vastattaisiin aluksen kulusta ja siihen vaikuttavista ominaisuuksista (nopeus ym.) huomioon ottaen vallitsevat olosuhteet (tuuli, aallot ym.)
2. Väylänpitäjä vastaisi väylästä ja siihen liittyvistä rakenteista.

Edellä mainittu vastuun jako on siinä mielessä erinomainen, että se vastaa kansainvälistä käytäntöä.

## **7.2 Kulkusyvyyskäytännön muuttamisesta koituvat haitat**

Kulkusyvyyskäytännön muuttaminen aiheuttaa painetta lähinnä aluksille, vastuu siirtyy yhä enemmän aluksen komentosillalle. Näin ollen aluksen päällikön vastuu kasvaa. Tämä voidaan ainakin jossain tilanteessa kokea haittana.

Toisaalta muualla maailmassa tuo samainen vastuu on kuulunut komentosillalle ja aluksen päällikölle aina.

Samoin voidaan haittana pitää sitä, että luotsin vastuu kasvaa entisestään. Luotsien ammattikunnalta odotettavaa arviointikykyä tarvitaan entistä enemmän, samoin luotsien täytyy pystyä tarpeen tullen kieltäytymään liian riskialttiista kuljetuksista. Luotsien ammattitaito on hyvä, mutta muuttuneessa tilanteessa he saattaisivat joutua painostuksen kohteeksi. Luotseilta vaadittaisiin luotsausta ylisyvässä uivalla aluksella, korkeammalla riskitasolla. Luotsin oikeus ja velvollisuus kieltäytyä luotsaamasta harkintansa mukaan korostuu entisestään.

Samoin mahdollinen aluksen syvyykseen vaikuttavien päätösten tekeminen rahtaaajan tai rahtausagentin toimesta on huono seikka. Jos kulkusyvyyskäytäntö päätetään muuttaa, on saatava varmuus siitä, että aluksen syväys päätetään todellisuudessa päällikön toimesta, ei rahtaus sopimusta allekirjoitettaessa. Toisin sanoen alusten päällikköjen vastuu kasvaa tässäkin asiassa, he eivät saa missään tapauksessa antaa rahtaaajan kävellä oman päätösvaltansa yli. Tämä seikka muodostaa suurimman uhkakuvan koko syvyyskäytännön muuttamisen suhteen.

Yleisenä haittana kulkusyvyyskäytännön mahdollisen muuttamisen suhteen voitaneen pitää vanhan, koetellun käytännön muuttumista. Luultavasti alkuun väylän käyttäjien suunnalla, ainakin luotsikunnassa, esiintyy jonkin verran vastustusta asiaa kohtaan. Hyvin luultavaa on myös se, että lyhyen siirtymäkauden jälkeen myös muutoksen vastustajat taipuvat uuden käytännön kannalle, kuten lähes aina muutoksen ollessa kyseessä.

## **7.3 Kulkusyvyyskäytännön muuttamisesta koituvat riskit**

Kuten edellä tehty riskianalyysi osoittaa, nousee riskitaso hieman, jos kulkusyvyyskäytäntöä muutetaan. Riskitason muutosta nykykäytännön aikaiseen tilanteeseen voidaan kuitenkin pitää lähes olemattomana. Riski on pääosin inhimillistä riskiä, ei niinkään teknistä laatua.

Pohjakosketusriski kasvaa hieman, jos päätös käytettävästä syvyyksestä tehdään aluksella. Kuitenkin on otettava huomioon, että nykykäytäntöön verrattuna reilusti ylisyvässä (>50 cm) kulkevien alusten frekvenssi suomalaisissa satamissa tulee olemaan todella matala. Käytännössä suurin osa kulkusyvyyskäytännön muuttumista hyödyntävistä aluksista liikkuisi lähinnä nykyisen miinusveden aikaan täyssyvinä, eli ylisyväytykset tulisivat olemaan pääosin luokkaa 0-30 cm.

Kun tulkitaan riskianalyysin tuloksia, on todettava, että tärkeintä on olosuhteiden huomioonottaminen. Tätä seikkaa ei voi kylliksi korostaa. Kun pysytään maltillisissa aallonkorkeuksissa, ei riski pohjakosketukselle muutu nykytilanteesta vaikka alusten syväys kasvaisi suurehkolta tuntuvan 50 cm. Analyysin mukaan vielä 1,0 m kulkusyvyiden ylityskin jätti kohtuullisessa kelissä mahdollisuuden selvittää ilman pohjakosketusta. Käytettyjen suureiden tilastollisesta luonteesta johtuen analyysin tulosta ei saa ottaa



varmana vaan aina on olemassa mahdollisuus sille, että kaikki epäsuotuisat asiat sattuvat yhtä aikaa ja pohjakosketus tapahtuu normaalilla syvyydelläkin.

## 8 Yhteenveto ja suositukset

Tässä työssä on selvitetty erilaisia meriväylän syvyyden mitoittamistapoja. Työssä on tutkittu myös käytännön vaihtoehtoja meriväylän syvyyden ilmoittamiseksi väylän käyttäjille. Molemmat edellä mainitut selvitykset on tehty erityisesti suomalaisen meriväyliä kulkusyvyyskäytännön muuttamisen näkökulmasta.

Tutkittuja nykykäytännöstä poikkeavia syvyyskäytännön muuttamisvaihtoehtoja oli kolme. Nykykäytännön lisäksi työssä käsitellyt vaihtoehdot ovat:

1. Varmistettuun vesisyvyyteen perustuva käytäntö
2. Todellisiin vesisyvyksiin perustuva käytäntö
3. Suositussyvyyskäytäntö

Tutkimuksessa on erityisesti painotettu riskien muuttumista väylien syvyyskäytännön vaihtuessa. Alusliikenteen riskejä on käsitelty erityisesti aluksen pystysuuntaisten liikkeiden kannalta niin asiantuntijalausunnoin, teoreettiselta lähestymiskannalta kuin case-tyyppisen esimerkin valossakin. Lisäksi työssä on tutkittu kulkusyvyyskäytännöstä seuraavaa vastuunjakoa ja sen muuttumista valittavan käytännön mukaan. Työssä tutkittiin myös väylien syvyyskäytännön muuttamisesta seuraavia haittoja ja hyötyjä.

Suomen kauppamerenkulun pääväylien syvyyskäytäntö tulee muuttua. Muuttaminen olisi syytä toteuttaa pääosin vaihtoehdon 3, suosituskäytännön, mukaan. Käytännössä järkevin tapa muuttaa kulkusyvyyskäytäntöä olisi se, että väylien nykyinen kulkusyvyys muutettaisiin suunnittelusyväykseksi. Samaan aikaan kyseisillä väylillä otettaisiin käyttöön käytäntö, jossa aluksen päällikkö saisi luotsin opastuksella vapaasti päättää millä syvyydellä väylää käytetään.

Samaan aikaan olisi suositeltavaa, että väylä syvyyden ilmoittamiskäytäntö jätettäisiin entiselleen. Tämä tarkoittaisi sitä, että väylälinjalle annettaisiin edelleen syvyytlukuna ”suunnittelusyvyys” ja väyläkorteissa esitettäisiin väylän haraussyvyys.

### 8.1 Muutoksen vaatimukset

Ehdottoman tärkeää sille, että muutos toimisi turvallisesti olisi se, että luotsit saisivat ohjeistuksen, jota voisi käyttää kaikissa tapauksissa. Tämä edellyttää vuodenvaihteessa 2003–2004 perustetulta Luotsausliikelaitokselta työohjeen tekemistä.

Merenkululaitoksen julkaisemien väyläkorttien tietosisältö tulee ennen muutoksen voimaantumista saattaa ajanmukaiselle tasalle. Kaikista niistä väylistä, joita muutos koskee, tulee olla tarjolla sellainen väyläkortti, jossa haraussyvyudet ja niiden muuttumiskohdat ovat selkeästi esillä. Väyläkortin paikkansapitävyysvaatimus koskee myös satama-altaita ja niiden syvyyksiä. Kaikki kortit on syytä julkaista suomen lisäksi myös ruotsin- ja englanninkielisinä. Samoin väyläkorttien tunnettavuutta olisi syytä parantaa. Varsinkaan satunnainen väylänkäyttäjä ei välttämättä saa tietoa Merenkululaitoksen internetsivuillaan julkaisemista korteista. Yhtenä mahdollisuutena olisi painaa kyseinen internet-osoite merikartan nimiöosaan, heti kartan numeron alle.

Lisäsyväystä käytettäessä riskitaso voidaan minimoida, kun ympäristön olosuhteet otetaan huomioon tarpeeksi painavasti. Riskianalyysistä voidaan nähdä, että kun aallon periodi ja merkitsevä korkeus kasvavat, alkaa riski pohjakosketukselle kasvaa hyvin jyrkästi. Käytännössä luotsien koulutuksessa täytyy korostaa erityisesti keliolosuhteiden

huomioinnottamista. Näin saadaan tarvittava tieto perille kaikkien luotsattavien alusten komentosilloille.

Viranomaisten antamat väylätilan määrittelyt, joita tämän työn osissa 2.1.1 ja 2.1.2 on lainattu, on saatettava muutoksen jälkeen ajan tasalle.

## **8.2 Muutoksen edut muihin vaihtoehtoihin nähden**

Suurimpana etuna suositussyvyysvaihtoehdon käyttöönotolle on se, ettei karttojen esitystapaa tarvitse muuttaa. Näin vältetään tilanteelta, jossa kartoilla on sekä vanhan että uuden kulkusyvyyskäytännön piirissä olevia väyliä, jotka on esitetty erilaisilla tavoilla. Samanaikaisen karttauudistuksen kanssa tämä voisi aiheuttaa suuriakin sekaannuksia ja tulkintavaikeuksia.

Toinen suuri etu on se, ettei karttatietoa, jossa on esitettyä suunnittelusyväys, voi tulkita väärin epäedulliseen suuntaan, sillä suunnittelusyvyyden ja kulkusyvyyden sekoittaminen keskenään ei vaikuttaisi lainkaan. Karttojen ulkonäkö säilyisi samanlaisena kuin nykyäänkin. Samaan aikaan kartalla esitettävä informaatio olisi kattavampaa kuin keskimäärin muualla maailmassa. Yhdellä silmäyksellä olisi mahdollista nähdä se syväys, jolla suunnittelija on väylän suunnitellut. Tätä voi väylän käyttäjä siten pitää ns. varmasti turvallisena syväytenä, jolla väylää voi käyttää, jos olosuhteet sallivat. Kaikki informaatio olisi käytössä yhdellä vilkaisulla, ilman väylän kriittisten pisteiden ja niiden syvyyslukemien etsimistä.

Myös kartan luettavuus ja väylän seurattavuus kartalla säilyisi nykyisellä, erinomaisella, tasolla. Jos varmistetun vesisyvyyden esittämiseen (vaihtoehto kaksi) mentäisiin, olisi selkeästi hankalampaa seurata yhtä väylää, jonka syvyys olisi merkattuna harausyvyysymboleilla. Nykyään seuraaminen on helppoa väyliä risteyskohdastakin, kun on nähtävissä yhdellä silmäyksellä se, mihin minkäkin syvyinen väylä jatkuu. Tilanne ei siis tältä osin muuttuisi nykyisestä.

Kun muutoksen jälkeen käytettävissä olisi kartan lisäksi väyläkortti, väylän käyttäjällä olisi saatavilla niin väylän suunnittelusyväys, todellinen vesisyvyys syvyyspistetietona kartalla, kuin väylän harausyvyyskin. Tällä kattavalla syvyystietomateriaalilla voisi aluksen päällikkö tehdä päätökset käytettävästä syväydestä ottaen vallitsevat ympäristöolosuhteet ja aluksen ominaisuudet huomioon.

Tällä muutoksella mahdollistettaisiin spekulatiivisen kuljetustaloudellisen edun täysimääräinen hyödyntäminen. Samoin joustavuus vedenkorkeuden muutostilanteissa olisi samalla tasolla kuin muissakin vaihtoehtoissa.

Myös kansainvälisyysaspekti tulisi muutoksessa otettua huomioon. Muutoksen jälkeen vastuukysymykset toimitusväylän käyttäjien ja väylänpitäjän välillä kuten muuallakin maailmassa.

Samaten linjaluotsattavien alusten olematon valvonta ei olisi enää moraalinen ongelma. Muuttuva käytäntö sallisi jo nykypäivänä mahdollisen ylisyvässä liikkumisen.

## LÄHDELUETTELO

- Averill M.L., Kelton W.D. 2000, *Simulation Modelling and Analysis (3<sup>rd</sup> edition)*. McGraw-Hill, Singapore, 2000
- Briggs, Michael J., Leon E. Borgman, Eivind Bratteland 2002, *Probability assessment for deep-draft navigation channel design*, Coastal Engineering 48 (2003) ss. 29-50
- Dijkstra R.J., E. van Hijum, J.A. Smit 1996, *Waterway Guidelines*, Waterway Managers Commission (CVB). Rotterdam 1996.
- Eesti Veeteede Amet 1994, *Merikartta 507, Tallinnast Helsingini, 1:100000*, Tallinna, Viro 1994
- Forsén, Martin 1993, *Merenkulku 3: Vuorovesioppi Magneettioppi*, Painatuskeskus 1993, Helsinki.
- Garrison C.J. 1980 *Wave loads on large displacement structures with superstructures based on diffraction theory*. C.J. Garrison & Associates, Report No. 76–105.
- Head Department of Navigation and Oceanography, Russian Federation Ministry of Defence 1993, *Merikartta INT – 1263 Gulf of Finland Nevaskaya Guba Morskoy Port-Sankt-Petersburg 1:10000*, Pietari 1993
- Head Department of Navigation and Oceanography, Russian Federation Ministry of Defence 1994, *Merikartta INT – 1259 Baltic Sea – Podkhodnyy Farvater of Saymenskiy Kanal Dubovyy Light-Beacon to Ostrov Lavola 1:12 500*, Pietari 1994
- Head Department of Navigation and Oceanography, Russian Federation Ministry of Defence 1999, *Merikartta INT – 23000 Baltic Sea - Gulf of Finland, Sankt-Petersburg to Shepelevskiy lighthouse 1:100000*, Pietari 1999
- Heiskanen Maria 2001, *Onnettomuusanalyysi 1990-2000: Karilleajot ja yhteentörmäykset (Merenkululaitoksen julkaisuja 7/2001)*, Helsinki, Merenkululaitos 2001. 66s.
- Herbich, John B. 1991, *Handbook of coastal and ocean engineering Volume 2 : Offshore structures, marine foundations, sediment processes, and modeling*. College Station 1991, Houston Texas ss. 94-106
- Huuska Olavi 1976, *On the evaluation of underkeel clearances in Finnish waterways*, Teknillinen korkeakoulu 1976, Espoo 128s.
- Hänninen S, Kukkanen T, Rosqvist T, Rytönen J, *Suomen meriväylästä koskeva riskianalyysi*, Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus, Espoo 2003
- IMO 2002. *Casualty Statistics and investigations*. International Maritime Organization IMO, FSI.3/Circular 3 18.3.2002

Jalonen Risto 2003. *Riskianalyysi ROPAX-aluksen karilleajotapahtumassa*.  
Lisensiaatintutkimus. Espoo, Teknillinen korkeakoulu, Konetekniikan osasto, 2003. 144s.

Kristiansen Sven 2001, *Risk Analysis and Safety Management of Maritime Transport*,  
Trondheim, Department of Marine Systems Design Faculty of Marine Technology,  
Norwegian University of Science and Technology 2001. 331s.

Kystverket 1997, *Farleder system och normer*, Kystverket, kystdirektoratet 1997 Oslo.

Luth R., H.J. Wijhe 1993, *Raahe and Naantali channels – Accessibility*. Delft Hydraulics  
1993, Delft, Alankomaat. ss.3-10

Lyytikäinen Antti 1989, *Riskianalyysin kvalitatiivisista menetelmistä*. Raimo P.  
Hämäläinen, Urho Pulkkinen, Risto Karjalainen (toim.) *Riskianalyysi*. Espoo, Teknillinen  
korkeakoulu, 1989 1. luku.

Maide, Andrus 2002, *Sähköpostikeskustelu Andurs Maide – Keijo Kostainen 16.10.2002*

Merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskus, *Väylien syvyyskäytännön muuttaminen*,  
*Satamille tehdyn kyselytutkimuksen tulokset* 6.8.2003

Merenkulkulaitos 1988, *Luotsausohjeita, vahvistettu merenkulkuhallituksessa*, , Helsinki  
Merenkulkulaitos, 1s.

Merenkulkulaitos 2001, *Laivaväylien suunnitteluohjeet*, Merenkulkulaitoksen sisäisiä  
julkaisuja 1/2001, Helsinki Merenkulkulaitos, 42s.

Merenkulkulaitos 2001b, *Rauman 10,0 m väylän väyläkortti*, Merenkulkulaitos, Helsinki  
2s.

Merenkulkulaitos 2002b, *Navi ohje, 2.3.2. Varmistetun alueen muodostamisen normi*,  
Helsinki, Merenkulkulaitos.

Merenkulkulaitos 2002c, *Merikartta 18, Helsingin edusta, 1:50000*, Helsinki 2002

Merenkulkulaitos 2002d, *Merikartta 41, Rauma, Raumo, 1:50000*. Helsinki 2002

Merenkulkulaitos 2003a, *Suomen rannikon loistot*, Helsinki, Merenkulkulaitos ISBN:

Merenkulkulaitos 2003b, *Kartta 1, Merikarttamerkit, Suomalaiset ja kansainväliset  
merikartat*, Helsinki, Merenkulkulaitos ISBN: 951-49-0868-6

Merenkulkulaitos 2003c, *Merikartta 18, Helsingin edusta, 1:50000*, Helsinki 2003

Merenkulkulaitos 2003d, *Meriliikanne Suomen ja ulkomaiden välillä, Sjöfart mellan  
Finland och utlandet 2002*, Helsinki, Merenkulkulaitoksen tilastoja 4/2003. 109s.

Merenkulkulaitos 2003e, *Merenkulkulaitoksen Johtokunnan kokouspöytäkirja 1/2003*,  
Helsinki 16.1.2003, Merenkulkulaitos

Merenkulkulaitos 2003f, *Väyliä syvyyskäytännön muuttaminen, toimenpide- ja päätösesitys*, Helsinki 8.1.2003, Merenkulkulaitos.

Merenkulkulaitos 2003g, *Kulkusyvyyskäytännön muuttamisen kuljetustaloudelliset hyödyt*, Merenkulkulaitoksen sisäinen julkaisu, Helsinki 28.11.2003

Mortier, Peter 2002, *Sähköpostikeskustelu Peter Mortier – Keijo Kostainen 14.10.2002*

Norges Sjøkartverk 1992, *Merikartta 131, Den Norske Kyst, Trondheimsfjorden Levanger – Steinkjer*, 1:50000, Stavanger Norja 1992

PIANC 1980, *Report of a working group IV: Optimal lay-out and dimensions for the adjustment to large ships of maritime fairways in shallows seas, seastraits and maritime waterways, considering: i) the influence of winds, currents, waves and bottom changes; ii) the means offered by modern technology for the execution and maintenance of works; iii) the navigational aids; iv) the control of navigation*, Supplement to Bulletin No 35 of PIANC, Bryssel 1980.

PIANC, 1985. *Underkeel clearance for large ships in maritime fairways with hard bottom, Report of a working group of the Permanent Technical Committee II*, Supplement to Bulletin No 51

PIANC 1997. *Approach Channels A Guide for Design*, Final report of the joint PIANC-IAPH working group II-30 in cooperation with IMPA and IALA. Bryssel, PIANC. 1997 ISBN: 2-87223-087-4

Rauman satama 2003, *Rauman sataman www-sivut*, viitattu on-line 28.9.2003, saatavilla <http://www.portofrauma.com>

Robinson, Oz (toim.) 1992, *The Baltic Sea, Germany, Poland, the Baltic States, Russia, Finland, Sweden and Denmark*. Cambridgeshire UK. RCC Pilotage Foundation 1992, 196s. ISBN: 0 85288 175 4

Rosqvist 2003, *Keskustelut Esa Sirkiä – Tony Rosqvist 14.8.2003*, Merenkulkulaitoksen pääkonttori, Ruoholahti, Helsinki.

Santala Pekka 2003, *puhelinkeskustelu Esa Sirkiä-luotsinvanhin Pekka Santala, Rauma Pilot 29.8.2003*

Simoen, R., C.F.W. Rietveld, H. de Vlieger & B. de Putter 1980, *Extension of the port of Zeebrugge – Study pattern for the design & realization of an access channel in open sea for reception of large vessels in the extended port*. PIANC Bulletin 37 54<sup>th</sup> year, volume III/1980, ss. 31-46

Sjöfartsverket 1986, *Merikartta 611, Arholma – Furusund 1:50000*, Norrköping 1986

Sjöfartsverket 1996, *Svensk lots del I, Svenska Kusten, Skagerrak, Kattegatt, Öresund och Södra Östersjön samt Trollhätte kanal och Väneren*. Sjöfartsverket Norrköping 1996 348s. ISSN: 0282-809X

Sjöfartsverket 1998a, *Svensk lots del II, Svenska Kusten, Torhamnsudde – gränsen mot Finland, Gotland samt Mälaren*. Sjöfartsverket Norrköping 1998 292s. ISSN: 0282-809X

Sjöfartsverket 1998b, *Merikartta 921, Öresund södra delen, 1:60000*, Norrköping 1998

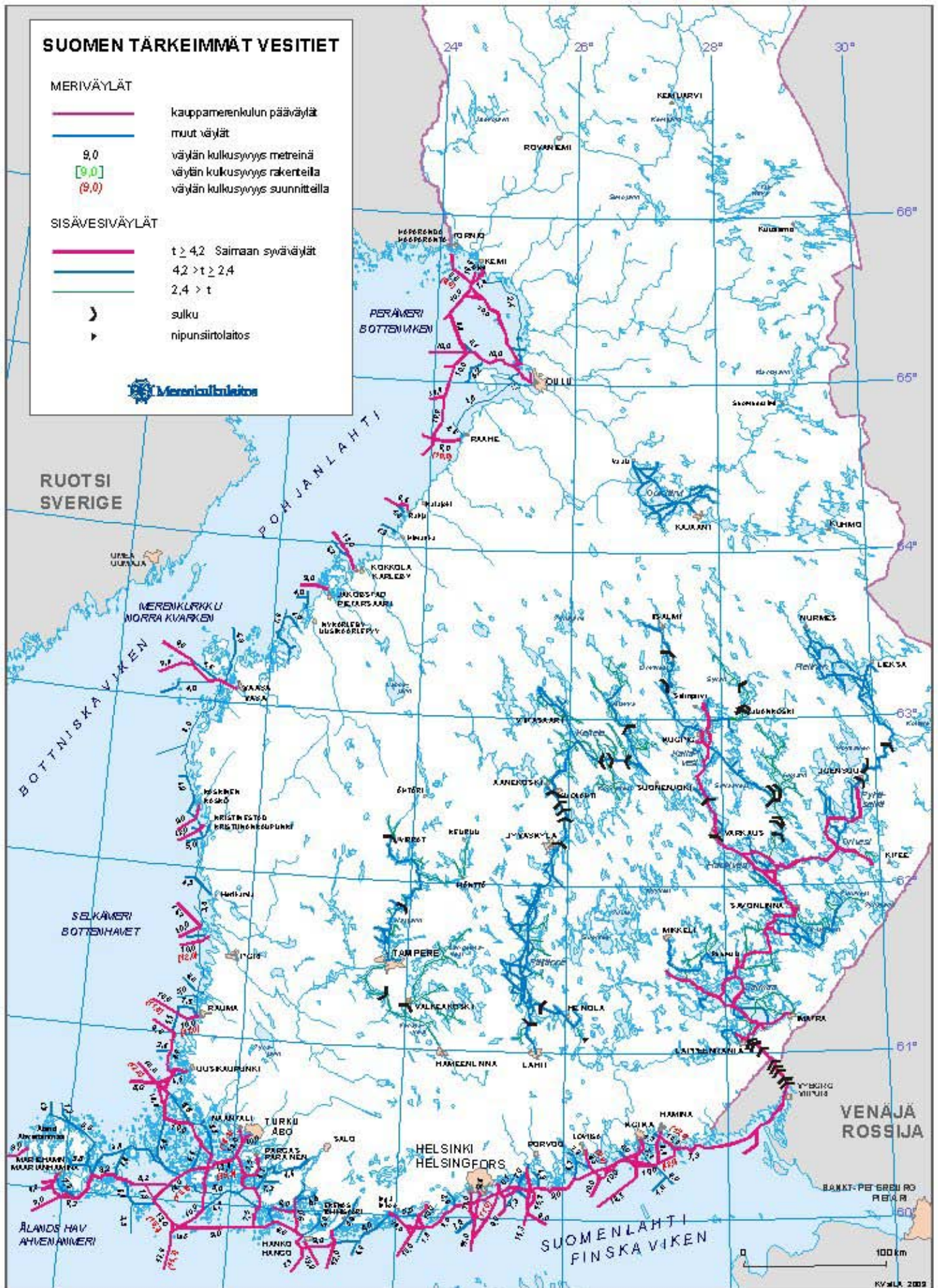
Stocks, David T., Larry L. Dagget, Yvan Page 2002 *Maximization of Ship Draft in the St. Lawrence Seaway: Volume 1, Squat Study* The St. Lawrence Seaway Management Corporation, Ontario 2002

The United Kingdom Hydrographic Office 2000, *Merikartta INT-1555, England - East Coast, River Humber and the rivers Ouse and Trent, 1:50000*, Taunton UK 2000.

Viitanen Pekka, *Yhteiskunnan rooli riskienhallinnassa*. Raimo P. Hämäläinen, Urho Pulkkinen, Risto Karjalainen (toim.) *Riskianalyysi*. Espoo, Teknillinen korkeakoulu, 1989 2. luku. 1989

van der Voorde, Carine 2002, *Sähköpostikeskustelu Carine van der Voorde – Keijo Kostainen 1.11.2002*

Liite 1, Suomen tärkeimmät vesitiet





Liite 2:

## **VÄYLIEN SYVYYSKÄYTÄNNÖN MUUTTAMINEN/ TOIMENPIDE- JA PÄÄTÖSESITYS**

Väylien kulkusyvyyskäytännön muuttamista koskevaa asiaa on käsitelty Merenkululaitoksen johtoryhmässä 4.11.2002.

Asiassa on sen jälkeen pidetty seminaaritilaisuus 13.11., johon osallistui laajasti eri intressiryhmien, mm satamien, varustamojen ja luotsikunnan edustajia.

Seuraavan kerran asia oli esillä laitoksen johtoryhmässä 18.12., jolloin päädyttiin seuraavanlaiseen toimenpide- ja päätösehdotukseen.

### **Toimenpide- ja päätösehdotus**

**Väylien syvyyskäytännön muuttamista koskevassa asiassa edetään siihen tähdäten, että uusi vesisyvyyden ilmoittamiseen perustuva menettely voidaan ottaa käyttöön vuoden 2004 aikana.**

Asian valmistelemiseksi tehdään alla mainittuja lisä- ja jatkoselvityksiä. Valmistelutyötä viedään eteenpäin siten, että käyttöönotettava malli saadaan yksityiskohdiltaan täsmennetyksi vuoden 2003 aikana.

Jatkoselvitysten antamien tulosten perusteella tehdään lopullinen päätös asiasta. Mikäli erityisiä syitä ilmenee, voidaan vesisyvyyden hyödyntäminen tarvittaessa toteuttaa myös vaihtoehdoisella ratkaisumallilla, jossa väylälle vahvistettua ja ilmoitettua kulkusyvyyttä tulkitaan suositluontoisesti.

**Uutta käytäntöä sovelletaan vain merialueilla.**

**Käytäntö koskee kauppamerenkulun väyliä, joiden väyläalue on rasteroitu merikartalla** (tarkoittaa käytännössä lähinnä väyläluokan 1 mukaisia väyliä eli kauppamerenkulun pääväyliä).

**Lisä- ja jatkoselvityksiä tehdään seuraavilla osa-alueilla:**

- **Vaikutusselvitykset:**  
Selvitetään hankkeen taloudelliset vaikutukset ja hyödyt kuljetustalouteen. Selvitys tehdään väyläkohtaiseen tarkasteluun perustuen.
- **Riskianalyysi**  
Arvioidaan riskianalyysimenetelmiä hyödyntäen syvyyskäytännön vaikutusta onnettomusriskeihin ja niiden vaikutuksiin.  
Yhdessä vaikutusselvityksen kanssa tulokseksi saadaan arvio kokonaisvaikutuksista.
- **Luotsausohjeen tarkistaminen**

Tarkennetaan luotsausohjetta vastaamaan uutta syvyyskäytäntöä. Pyritään saamaan myös linjaluotsaus saman ohjeistuksen ja käytännön piiriin.

- Juridisen perustan selvittäminen  
Varmistetaan menettelyn juridinen perusta siten, että toiminta ei ole ristiriidassa voimassa olevien säännösten kanssa. Tehdään mahdollisesti tarvittavat muutosesitykset säännöstöihin. Täsmennetään tarvittaessa vastuumäärittelyjä.
- Julkaisujen kehittäminen
  - Kehitetään väyläsyvyyden merikarttamerkintöjä INT-symboliikan puitteissa mahdollisimman havainnolliseksi ja selkeäksi.
  - Kehitetään väyläkortti- ym. apujulkaisuja sekä muuta tarvittavaa lisäinformaatiota.
- Vedenkorkeustietojen hyödynnettävyyden kehittäminen  
Kehitetään toimintamalleja vedenkorkeustietojen ja ennusteiden saatavuuden ja hyödyntämisen parantamiseksi.
- Varavesiohjeiston tarkentaminen  
Tarkennetaan varavesiohjeistusta ja parannetaan sen sovellettavuutta käytännön tilanteisiin. Asetetaan minimiarvot. Myös muu asiaan liittyvä ohjeisto päivitetään vastaamaan sovitavaa käytäntöä.
- Selvitetään yksityiskohtaisemmin nykyiset käytännöt Itämeren alueella (mm. käytettävät vedenkorkeuden vertailutasot)
- Tiedotus- ja koulutusohjelman laatiminen ja toteutus

Työ käynnistetään välittömästi. Työhön tarvitaan väylänpidon ja merikartoituksen sekä luotsauksen ja liikenteenhoidon asiantuntemusta, samoin yleistä hallinnon ja juridiikan asiantuntemusta. Vetovastuu hankkeessa on väylätoiminnalla. Tehtävään liittyvissä erityisselvityksissä, kuten mm. vaikutusselvityksissä ja riskianalyyseissä käytetään laitoksen ulkopuolisia asiantuntijakonsultteja.

Liite 3, kysely PIANC:n jäsenille

## **The practice of expressing the channel/fairway depth**

In Finland it is established practice to confirm a maximum authorised draught for every channel. The maximum authorised draught is presented on sea charts as a figure on the fairway track.

The water depth of a channel is guaranteed to a certain depth by hydrographic surveying (so called sweeping depth or guaranteed water depth), the value of which is the sum of the maximum draught of the channel and the nominal underkeel clearance, which is defined separately for each part of the channel. As a rule, the guaranteed water depth is not presented on charts. Instead the water depths are presented according to the bottom topography.

The Finnish Maritime Administration is now planning to change its practice of presenting the channel depth in the following way: instead of confirming the maximum authorised draught we plan to confirm the guaranteed water depth.

In this situation we have decided to explore the practices of other countries. Therefore I would very much appreciate if you could answer the questions listed below by 31 October 2002. Comments on all questions are not necessary, but I hope you could find the time to answer at least those questions you find clear and easy to answer. Any other comments are naturally welcome.

I also refer to the discussions with some of you at the PIANC congress in Sydney a few weeks ago.

These are our questions:

1. Which is the established practice in your country to express channel depths? Is it primarily based on water depths or maximum draughts?
2. How is the channel depth presented on sea charts? Is it presented as a maximum draught / guaranteed water depth / water depths of the channel (bottom topography)?
3. If the maximum draught of a channel is not presented on a sea chart, is it presented in some other publications (Pilot Book etc.)?
4. If the maximum draught is defined, how binding and mandatory is it? What are the rules and what is the practice with regard to deviation from the maximum draught?
5. How are responsibilities and power of decision determined in this connection?
6. Is there a certain defined minimum underkeel clearance, which one is not permitted to undercut in any circumstances?
7. Is the practice in the harbour area the same as in the outer part of the channel/fairway? If there are differences, of what kind are they?

8. What is the reference water level used on charts and in defining the channel depth?
9. Do you find your practice good? Do you have any plans to change it and if so, in which way?
10. Would you find it useful to harmonize the practice of expressing the fairway depth and of presenting fairway depths on charts internationally or regionally (concerning a certain sea area, for instance)?

6.10.2002 KVs/JHa

**RAUMAN 10,0 M VÄYLÄ**

## VÄYLÄTIEDOT

**Linjaus ja merkintä:** Väylä alkaa Rauman majakan länsipuolelta jatkuen 10,0 m väylänä Rauman satamaan. Linjoja 4 kpl. Pituus n. 26 km/14 mpk. Lateraalimerkintä. Valaistu.

**Väylän mitoitustiedot:** Mitoitusalus: roro-alus,  $l = 210$  m,  $b = 30$  m,  $t = 10,0$  m. Kulkusyvyyys 10,0 m, harausyvyydet (MW95) ulko-osalla -12,0 m, sisäosalla -11,5 m. Minimileveys 120 m, minimikaarresäde 1000 m.

**Ankkurointi- ym. erityisalueet:** Väylän ulko-osalla voi ankkuroida Rauman majakan länsipuolella; varottava majakan eteläpuolella olevaa kaapelia. Sisäosalla voi ankkuroida ja ohittaa joko Rihtniemen pohjoispuolella olevalla levennyksellä tai Ison Järviluodon lounaispuolella n. 1,5 km ennen satamaa.

## VÄYLÄN NAVIGOITAVUUS

**Navigointiolosuhteet:** Väylän ulko-osa Rihtniemeen asti on avomerta ja suojaton S-W-N tuulille. Rihtniemestä väylä jatkuu karien, saarien ja mantereiden suojaamana kapeana ja tiheästi reunamerkittynä väylänä Rauman satamaan. Urmluodon linjalla saattaa esiintyä suurten alusten ohjailua vaikeuttavia poikittaisvirtauksia. Voimakkaat sivutuulet lisäävät myös alusten sortoa.

**Jääolosuhteet:** Talvella jääkentät liikkuvat väylän ulko-osalla Hylkikartaan asti. Jäiden liikkussa poijut voivat olla jään alla ja valopojujen valolaitteet voivat olla vahingoittuneet.

## KÄYTTÖSUOSITUKSET (väylä ja satama)

**Tuulisuositukset:** Päivällä sortavan tuulen maksimi nopeus puuskissa 18 m/s ja yöllä 15 m/s. Roro- ja painolastialuksille em. arvot ovat alhaisempia. Painolastissa olevalle mitoitusalueelta suuremmalle alukselle maksimi tuulennopeus puuskissa 11 m/s. Sortava tuuli on tuuli, joka poikkeaa Urmluodon linjasta yli 30 astetta. Luotsausta ei suoriteta tuulennopeuden ollessa yli 20 m/s.

**Näkyvyysuositukset:** Urmluodon linjojen tulee olla yöllä näkyvissä.

**Aluskohtaiset suositukset:** Mitoitusalueelta suuremmat sekä vaikeasti ohjattavat alukset luotsataan vain valoisana aikana.

## LIIKENNEPALVELUT

**Luotsaus:** Rauman luotsiasema, VHF 16 ja 13. Luotsipaikka  $61^{\circ}07,5'$ ,  $21^{\circ}10,4'$ . Luotsausmatka 10 mpk.

## SATAMA

**Laiturit:** *Petäjäs:* pituus 445m, harausyvyyys -11,0 m; *Iso-Hakuni:* 6 sivu/peräporttipaikkaa, harausyvyyys -11,0 m; *Öljysatama:* harausyvyyys -9,15 m; *Keskussatama:* pituus 665 m, peräporttipaikka, harausyvyydet -6,70..-7,30 m; *Laitsaari:* pituus 246m, harausyvyyys -9,05 m; *Sisäsatama:* 2 kemikaalilaituria, harausyvyydet -5,10..-7,05 m.

**Lastinkäsittely:** *Petäjäs:* nosturit 40 t, 45 t ja 16 t, lisäksi pneumaattinen viljaimuri; *Iso-Hakuni:* nosto- ja siirtokalustoa; *Öljysatama:* putkisto 1000 t pumppausteho; *Keskussatama:* nosturi 6 t. Lisäksi autonosturit (50 ja 100 t) käyttöalueena koko satama.

## YHTEYSTIEDOT

**Luotsiasema:** Rauman luotsiasema, Rauma p. 0204 48 6630 faksi 0204 48 6631

**Satama:** Rauman satama, Rauma p. 02-83 44 710 faksi 02-822 63 69  
satamajohtaja Hannu Asumalahti

