

ÖLJYPUOMIOPAS

ÖLJYNTORJUNTARAJOITUSPUOMIEN MÄÄRITTELY SISÄVESI- JA RANNIKKOALUEILLA

Muokkaamaton versio ilman kuvia, skannattu marraskuussa 2006/am
Kuvat omina tiedostoinaan M-levyn hakemistossa OHJEET/Puomiohje
Ulkonäön ja asetusten muokkaus viimeiseksi, kun sisältö on tarkastettu,
samoin kuvien asemointi/am

Lisätty kuvat 21.11.2013 ja korjattu skannauksessa syntyneitä kirjoitusvirheitä. Kalervo Jolma

SISÄLLYS

- 1 JOHDANTO
- 2 PUOMIEN LUOKITTELU
- 3 PUOMIN RAKENNE
- 4 MATERIAALIT
- 5 PUOMIEN TOIMINTA
- 6 PUOMIEN RAKENNE-ERITTELY
 - 6.1 Aitapuomit
 - 6.2 Verhopuomit eli yleispuomit
- 7 ANKKUROINTI
- 8 PUOMIEN TOIMINTAA RAJOITTAVAT TEKIJÄT
- 9 PUOMIEN LIITTIMET
 - 9.1 Liittimien valintaperusteet
 - 9.2 Liittimien perustyytit
 - 9.3 ASTM-standardin mukainen puomiliitin
- 10 RAJOITUSPUOMIEN ERITYISSEVELLUKSET
- 11 PUOMIEN KÄYTTÖ
- 12 PUOMIEN VALINTAPERUSTEITA
 - 12.1 Yleiset vaatimukset
 - 12.2 Käyttötarkoituksen edellyttämät vaatimukset
- 13 SAIMAAN PUOMIRYHMÄN TUTKIMUKSET
 - 13.1 Suoritetut testit
 - 13.2 Testien tulokset ja suositukset

1 JOHDANTO

Vesialueella tapahtuvan öljyvahingon torjuntaa käynnistettäessä on ensimmäiseksi, vuodon rajoittamisen tai tukkimisen ohella pyrittävä estämään öljyn leviäminen tuulen ja veden virtauksen mukana. Erityisesti tulee estää öljyn kulkeutuminen rantaan. Lisäksi puomien avulla voidaan öljy ohjata pysymään riittävän paksuna kerroksena, jolloin kerääminen skimmereillä tai harjakeraajilla on tehokasta. Tarkoitukseen on valmistettu lukuisia erilaisia puomimalleja erilaisia olosuhteita ja tilanteita varten.

Tämä öljypuomiopas on laadittu vesi- ja ympäristöhallituksessa lähinnä öljyvahinkojen torjuntaviranomaisia varten. Oppaassa tarkastellaan öljyvahinkojen torjuntapuomien yleisiä ominaisuuksia ja niille asetettavia vaatimuksia, jotka on tarpeen tuntea ja ottaa huomioon hankittaessa puomeja erilaisiin olosuhteisiin ja käyttötarkoituksiin.

Aiheesta on ulkomaista kirjallisuutta, jota on lueteltu lähdeaineistossa. Opasta tarvittaneen, koska tästä aiheesta ei ole suomenkielistä kirjallisuutta. Opas perustuu kirjallisuustietoihin. Sen laatimista varten on tehty muutamia käytännön vertailukokeita, joiden tuloksia esitetään oppaan lopussa.

2 PUOMIEN LUOKITTELU

Puomit luokitellaan yleisesti käyttöolosuhteiden ja puomin koon perusteella seuraavan taulukon mukaisesti.

Taulukko 1. Puomien luokittelu

Puomin kokonaiskorkeus	Pääasialliset käyttöolosuhteet
< 40 cm	Suojaiset vedet
40 - 100 cm	Rannikko, saaristo ja sisävesistöt
100 - 120 cm	Meri ja sisävesien suuret selät
(> 120 cm)	Avomeri ja suuret selät)*

*) tässä oppaassa ei käsitellä varsinaisia avomeripuomeja

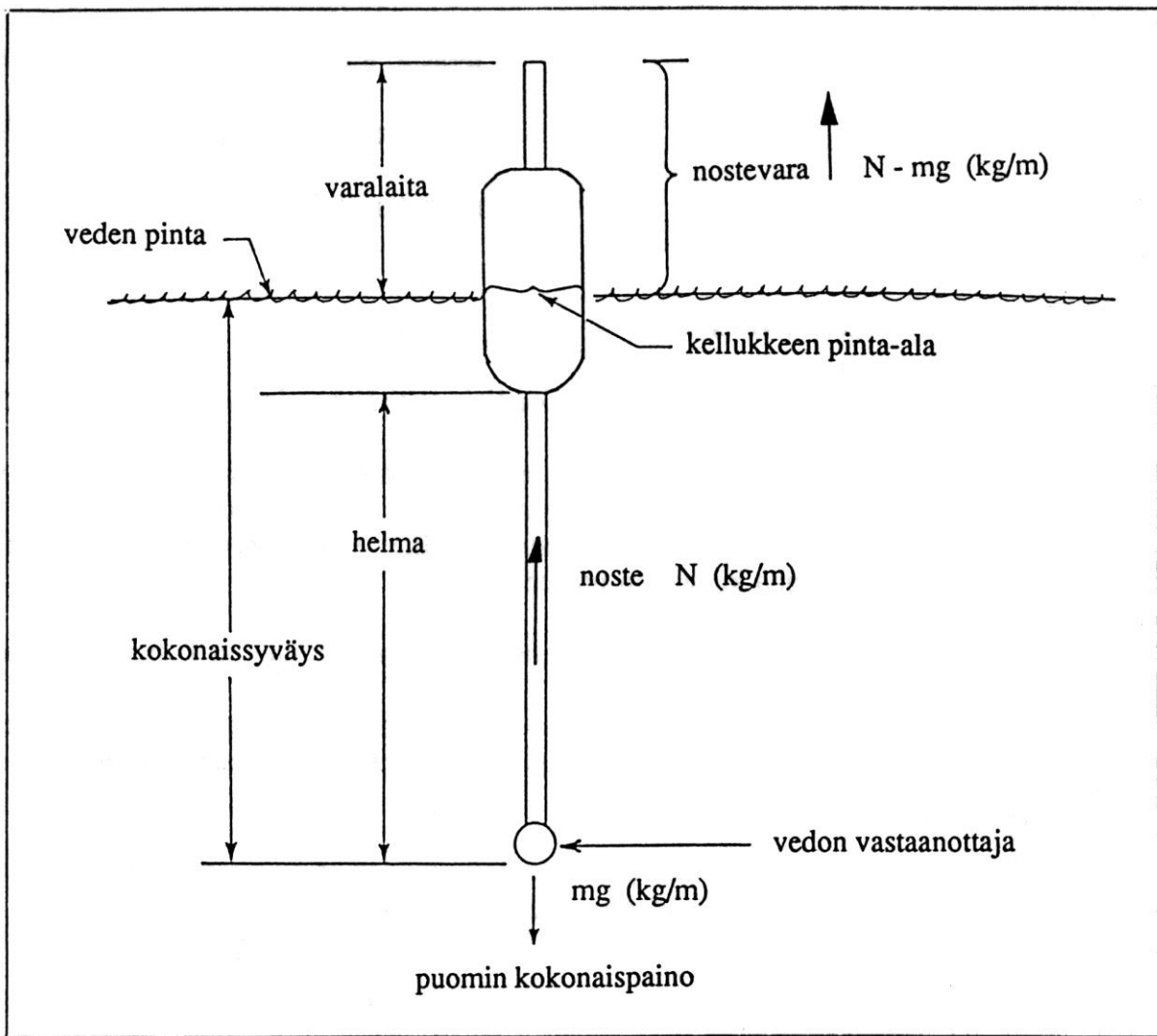
Puomeja luokitellaan myös niiden pääasiallisen käyttötarkoituksen mukaan. Tällöin voidaan puhua yleispuomeista ja erikoispuomeista. Yleispuomeilla tarkoitetaan monikäyttöisiä puomeja, jotka soveltuvat öljyn leviämisen rajoittamiseen tai esimerkiksi öljyn nuottaamiseen. Erikoispuomeja käytetään muun muassa virtausolosuhteissa, öljyn nuottauksessa ja keräysalusten siipipuomeina. Rakenteellisesti puomit jaetaan aita- ja verhopuomeihin.

Aitapuomeiksi kutsutaan sellaisia puomeja, jotka on rakenteellisesti tuettu pystysuorassa suunnassa. Tällaisia puomeja käytetään voimakkaassa virtauksessa ja myös esimerkiksi koottaessa levinyttä öljyä nuottaamalla. Myös monet muut erikoispuomit ovat tyypiltään aitapuomeja. Tällaisia puomeja ovat esimerkiksi siipipuomit, jotka toimivat öljyä keräävän aluksen kylkiin kiinnitettyinä ohjainpuomeina, joiden avulla öljy ohjataan keräilylaitteeseen.

Merkittävä osa Suomessa käytettävistä puomeista on malliltaan verhopuomeja. Verhopuomit eli yleispuomit ovat helmastaan taipuisia ja soveltuvat öljyn rajoittamiseen. Verhopuomeja voidaan käyttää myös öljyn nuottaukseen.

3 PUOMIN RAKENNE

- 1) Kellukkeen tehtävänä on pitää puomin yläosa eli varalaita veden pinnalla. Kelluke kompensoi puomin painon sekä virtauksen ja aaltojen aiheuttamat alaspäin suuntautuvat osavoimat. Kellukkeet ovat rakenteeltaan joko jäykkiä tai taipuisia. Kellukkeen pinnan tulee olla sileä, jotta öljyä tarttuisi siihen mahdollisimman vähän. Sileäpintaisen puomin pesu on helppoa ja puomin puhtaus lisää varastointikestävyyttä. Bakteerit, homeet ja esimerkiksi rotat aiheuttavat likaisille puomeille tuhoja varastoinnin aikana.
- 2) Varalaita on veden pinnan yläpuolella oleva puomin pystysuora osa, joka estää öljyn roiskumista puomin yli. Jos varalaita on korkea, puomi on tuuliherkkä. Helman alaosaan kiinnitettävien lisäpainojen ja ankkurien avulla voidaan tuuliherkkyyttä pienentää, mutta tällöin kelluvuusominaisuudet heikkenevät.
- 3) Helma on kellukkeen alla oleva puomin osa. Käyttötarkoituksesta riippuen helman pituudella on oma optimiarvonsa, sillä veden virtauksen puomiin kohdistama voima on verrannollinen helman pinta-alaan.
- 4) Syväys on puomin veden alla olevan osan korkeus.
- 5) Vedon vastaanottajat tukevat ja vahvistavat puomia kestämään vaakasuoraa voimaa, esimerkiksi virtauksen helmaan kohdistamaa voimaa. Vedon vastaanottajat ovat rakenteeltaan köysiä, ketjuja tai vetoliinoja, jotka sijaitsevat puomin helman alaosassa ja myös eräissä puomimalleissa kellukkeen alla. Puomin helma on tehty tukevasta "kankaasta" (useimmiten PVC:stä) tai muusta jäykästä materiaalista, joka myös itse toimii vedon vastaanottajana.
- 6) Painot ovat puomin helman alaosassa ja niiden tehtävänä on pitää kelluva puomi pystysuorassa asennossa vedessä.
- 7) Ankkurointikohdat sijaitsevat puomin tyypin mukaisesti joko puomin päässä ja puomin helman alaosassa. Öljyn karkaaminen puomin alta voidaan estää helman ankkuroinnin avulla siten, että ankkuroidun puomin helma ei pääse nousemaan. Tällöin helman repeämistodennäköisyys kuitenkin kasvaa.
- 8) Puomit voidaan kytkeä toisiinsa liittimien avulla. Liittimien tulee olla keskenään yhteensopivia. Täydellinen yhteensopivuus on paitsi samanlaisilla myös saman standardin mukaisilla liittimillä. Nykyään eri valmistajien myymissä puomeissa on mitä erilaisimpia liittimiä.
- 9) Puomeja voidaan hinata vedessä vetolaitteen avulla. Vetolaite sijaitsee puomin päässä ja se on kiinnitetty koko korkeudeltaan puomiin. Vetoköydet sijaitsevat vetolaitteen ylä- ja alapäässä sekä usein myös keskellä.
- 10) Kädensijat ovat välttämättömiä puomien käytön ja huollon eri vaiheissa.
- 11) Puomeja voidaan taittaa ja laskostaa saranakohdista, jotka sijaitsevat puomilohkojen välissä. Puomeja voidaan varastoida myös rullattuna paketiksi.
- 12) Puomin nostokohdat sijaitsevat puomin molemmissa päissä ja myös useissa kohdin puomin yläosassa. Nostokohdat on rakennettu nostimiin sopiviksi.
- 13) Jäykisteet ovat lattamaisia puomimateriaalin lisätukia.



Kuva 1. Puomin rakenneosat

4 MATERIAALIT

Puomi on valmistettu erilaisista materiaaleista, joista tavallisimpia ovat esimerkiksi seuraavat:

Helmamateriaaleja:	PVC, polyamidi, neopreeni, tai neopreenilla kyllästetty nailonkangas
Kellukkeet:	kiinteä styrox, rakeinen styrox, pehmitetty PVC ja lisäksi ilmalla täytettävät kellukkeet
Venttiilit:	messinki ja PVC
Vedon vastaanottajat:	teräsvaijereita ja -ketjuja, polyamidi-, Polypropyleeni- tai kevlar- liinoja tai köysiä
Painot:	nailonilla suojatut lyijypainot ja galvanoidut teräskettingit
Köydet:	polypropyleeniä, teryleeniä tai kevlaria
Vahvikkeet:	teryleeniä tai PVC:tä

Liittimet:	terästä, merialumiinia tai polypropyleeniä
Vetolaiteet:	terästä tai merialumiinia
Säilytysrakenteet:	merialumiinia, terästä

5 PUOMIEN TOIMINTA

Puomin toimintaan vaikuttavia fysikaalisia tekijöitä tarkastellaan kuvassa 1.

Vesi kohdistaa puomiin voiman, jonka suuruus on veden alla olevan puomin osan tilavuutta vastaavan vesimäärän paino (tässä kg/m). Voiman vaikutus suuntautuu kohtisuoraan ylöspäin ja vaikutussuora kulkee syrjäytetyn nestemäärän painopisteen kautta. Tätä voimaa kutsutaan nosteeksi, N.

Puomin painon, m, aiheuttama voima mg (kg/m) suuntautuu kohtisuoraan alaspäin.

Nostevara on veden pinnalla olevan kellukkeen osan tilavuutta vastaava kellukemateriaalin paino (kg/m), jonka vaikutus suuntautuu kohtisuoraan ylöspäin, nostevara on $N - mg$ (kg/m).

Nostevaran ohella käytetään puomien kelluvuuden arviointikriteerinä myös suhdelukua, joka kuvaa nostevaran suhdetta puomin painoon, eli $\frac{N - mg}{mg}$

Vaakasuora vakavuus

Puomi voi rajoittaa öljyä vain, jos riittävä varalaita pysyy veden pinnan yläpuolella ja puomin helma ei poikkeudu liikaa. Jos puomi poikkeutuu pystysuorasta asennostaan, pyrkii voimapari N, mg oikaisemaan puomin. Puomin pystysuoraa asentoa poikkeuttavat aallokon, tuulen ja virtauksen aiheuttamat voimat. Öljyä saattaa karata puomin helman alitse, mikäli helma poikkeutuu liikaa oikeasta asennostaan nousemalla kohti pintaa. Poikkeutumista edistää puomin helman alaosan keveys sekä, jos vedon vastaanottaja on liian lähellä veden pintaa. Puomin pystyssä pysyvyyttä mitataan "pyörintävastuksen" avulla. Paikallaan pysyvällä puomilla sanotaan olevan suuri pyörintävastus eli se on "jäykkä". Tätä jäykkyyttä kuvaa poikkeuttamiseen tarvittava vääntömomentti. Puomin jäykkyyttä voidaan lisätä kiinnittämällä painoja helman alaosaan tai siirtämällä kellukkeita puomin pystysuorasta keskilinjasta sivuun. Vaakasuora vakavuus riippuu lisäksi kellukkeen kelluntapinta-alasta, eli leikkauspinta-alasta

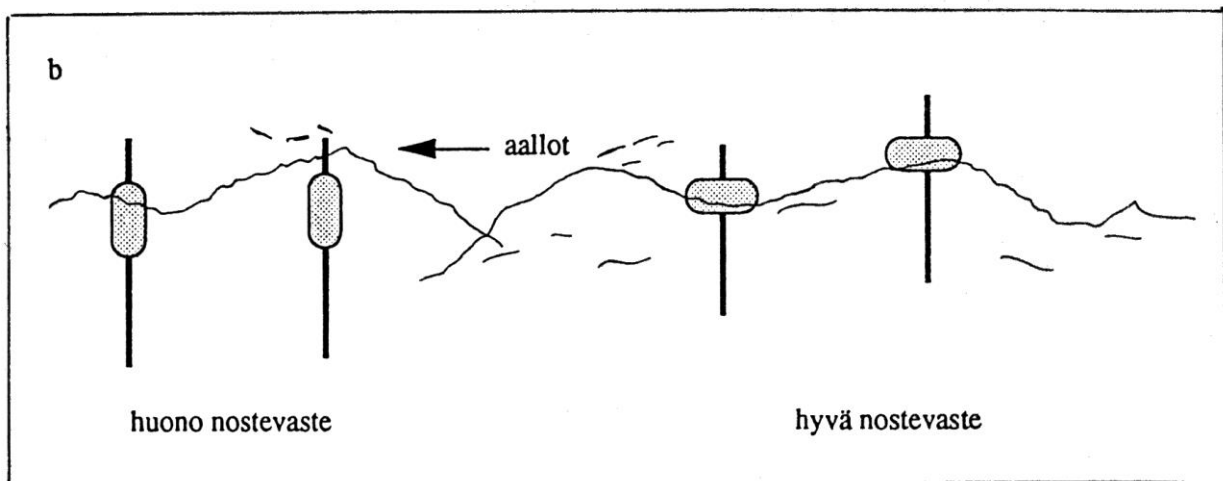
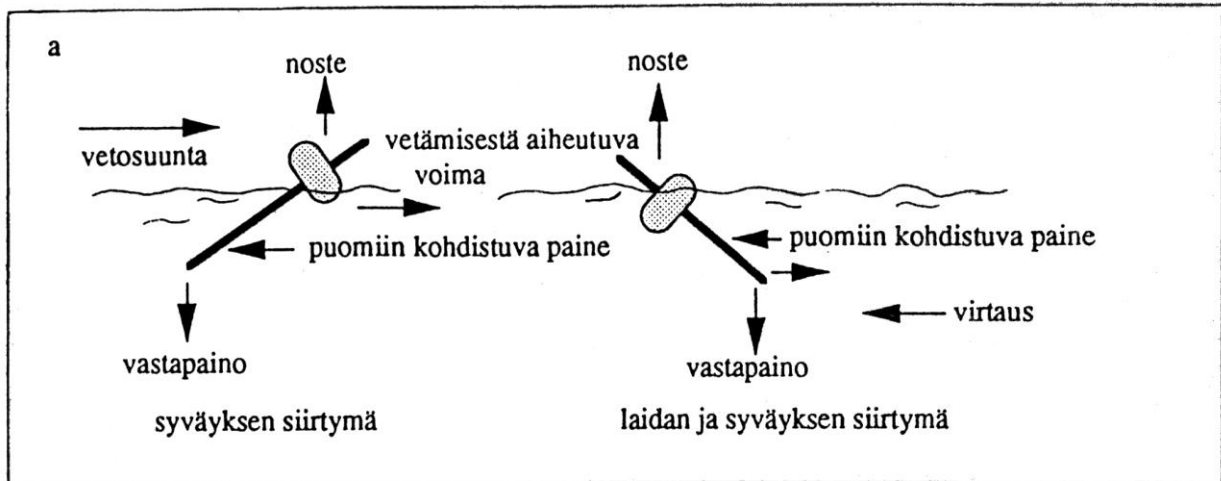
Virtauksen vaikutuksesta puomi pyrkii pyörimään, mikäli puomin kiinnityskohta on virtauksen voiman painopisteen yläpuolella. Jos kiinnityspiste on painopisteen alapuolella varalaita poikkeutuu pystysuorasta asennosta. Lisäpainot helman alaosassa ja kellukkeiden siirtäminen puomin keskilinjasta sivuun parantavat puomin pysymistä kohtisuorassa. Pyörintävastusta voidaan arvioida virtauksen ja tuulen voimakkuuden avulla (kuva 2a).

Pystysuora vakavuus

Puomi, jolla on hyvä nostevaste, kelluu hyvin veden pinnalla aallokossakin. Jos nostevaste on huono, puomi uppoilee aallon ohittaessa. Pahimmassa tapauksessa voi puomin helma jopa kääntäytyä pinnalla. Öljyn levimistä ei voi rajoittaa tehokkaasti jos puomilla on huono nostevaste.

Nostevaste on verrannollinen kellukkeen leikkauspinta-alaan veden pinnan tasossa. Mitä suurempi pinta-ala sitä parempi on nostevaste. Puomin kelluvuutta kuvaava suure saadaan jakamalla puomin kellukkeiden yhteenlaskettu kelluntapinta-ala puomin pituudella

Tätä suuretta käytetään puomin toiminnan arviointikriteerinä. Suuri nostevasteen arvo kuvaa hyvää kelluvuutta.



Kuva 2. Puomin käyttäytyminen aallokossa

Nostevara ja puomin massa vaikuttavat nosteeseen. Suuri nostevara ja puomin keveys antavat puomille hyvän nostevasteen. Puomi, jossa on riittävä varalaita kompensoi jonkin verran huonoa nostevastetta. Puomit toimivat tehokkaasti, jos ne seuraavat aaltoja kellukkeiden myötäillessä veden pintalinjaa.

Painava puomi, jolla on pieni kelluntapinta-ala ja pieni nostevara, myötäilee huonosti veden pinnan korkeuden muutosta aallon kulkiessa ohi. Sitä vastoin suuri kelluntapinta-ala ja puomin keveys ja suuri nostevara antavat puomille hyvän nostevasteen.

Pystysuora vakavuus paranee jos puomi on pituussuunnassa taipuisa. Puomin taipuisuus riippuu kellukkeiden täytemateriaalista. Esimerkiksi vaahtorakeilla puhaltamalla täytetyt kelluntakammiot ovat taipuisia. Huono taipuisuus heikentää puomin nostevastetta (kuva 2b).

6 PUOMIEN RAKENNE-ERITTELY

Öljyntorjunnassa käytettävät rajoituspuomit voidaan rakenteensa perusteella jakaa kahteen perustyyppiin: aitapuomeihin ja verhopuomeihin. Aitapuomin rakenne on pystysuuntaan jäykistetty ja verhopuomin taipuisa, kellukkeesta riippuva. Aita- ja verhopuomit reagoivat eri lailla tuuleen, aaltoihin ja virtauksiin. Käyttötarkoitus ratkaisee, kumpi puomityyppi on käyttökohteeseensa soveltuvampi. Verhopuomit ovat yleensä monikäyttöisempiä yleispuomeja kuin aitapuomit, jotka taas voivat soveltua hyvin joihinkin erityistarkoituksiin.

6.1 Aitapuomit

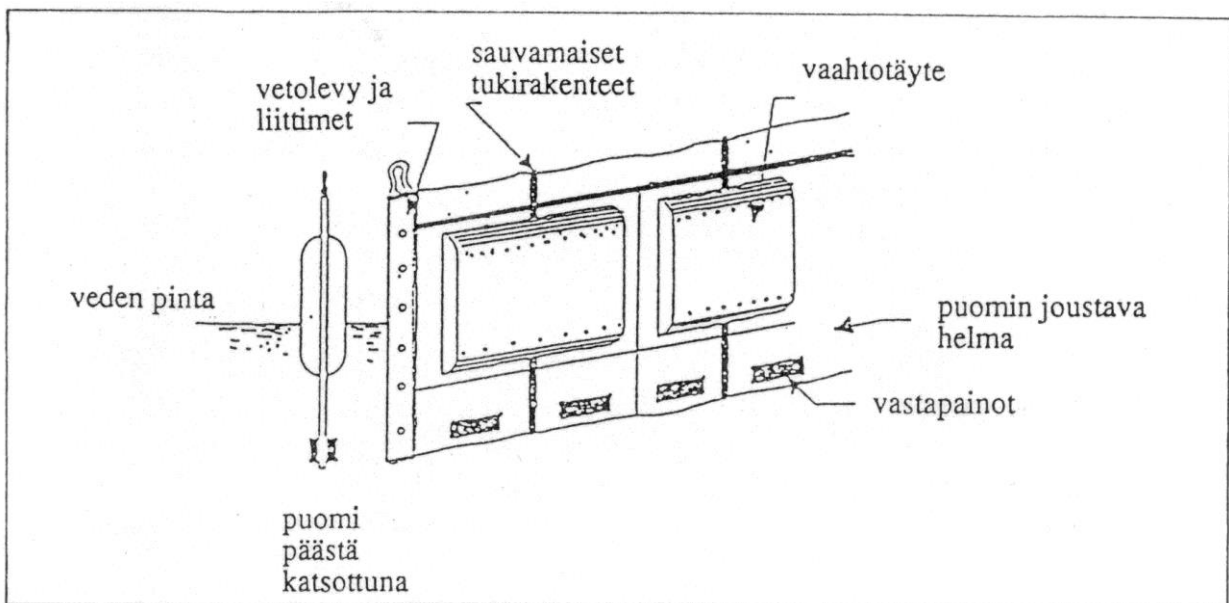
Aitapuomit ovat pystysuorassa suunnassa jäykähköjä tai täysin jäykkiä. Eräät jäykästä kankaasta valmistetut puomit mukautuvat kuitenkin vaakasuorassa suunnassa aaltojen liikkeisiin. Aitapuomien kellukkeet ovat rakenteeltaan joko kiinteitä, rakeilla täytettäviä tai ilmalla täytettäviä. Aitapuomit jaetaan edelleen kolmeen ryhmään kelluketyypin perusteella.

1. Keskilinjaltaan kelluvassa puomissa on pieni kelluntapinta-ala. Kelluke sijaitsee symmetrisesti puomin keskilinjassa. Puomilla on huono vaakasuora- ja myös pystysuora vakavuus. Korkea varalaita ja lisäkellukkeiden sijoittaminen puomin keskilinjan suojapuolelle parantaa nostevastetta, mutta hankaloittaa varastointia, selvitystä ja kokoamista. (Kuva 3)

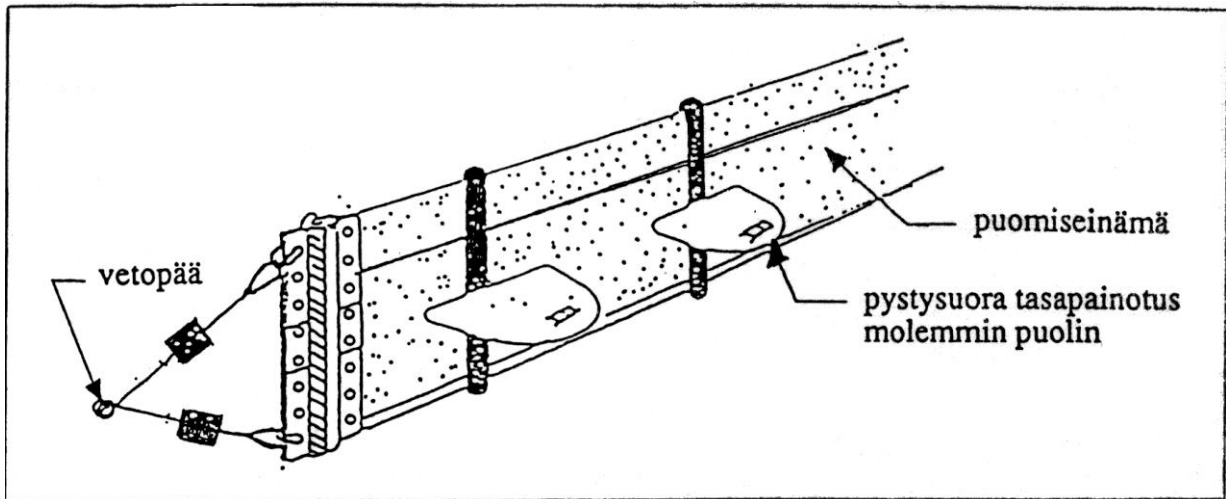
2. Laidaltaan kelluvassa puomissa kelluntapinnan keskipisteen etäisyys puomin keskilinjasta tuo puomille pystysuoraa jäykkyyttä. Suurempi kelluntapinta parantaa vakavuutta. Tällöin ei tarvita painoja puomin alaosassa ja puomi on massaltaan kevyt. Epäkeskeinen kellukerakenne vaikeuttaa kuitenkin puomin keräämistä ja puhdistamista. (Kuva 4)

3. Suojapuoleltaan kelluva puomi toimii hyvin aavalla merellä. Suuri kelluntapinta antaa puomille hyvän pystysuoran vakavuuden, joten puomi seuraa hyvin aaltojen liikkeitä. (Kuva 5)

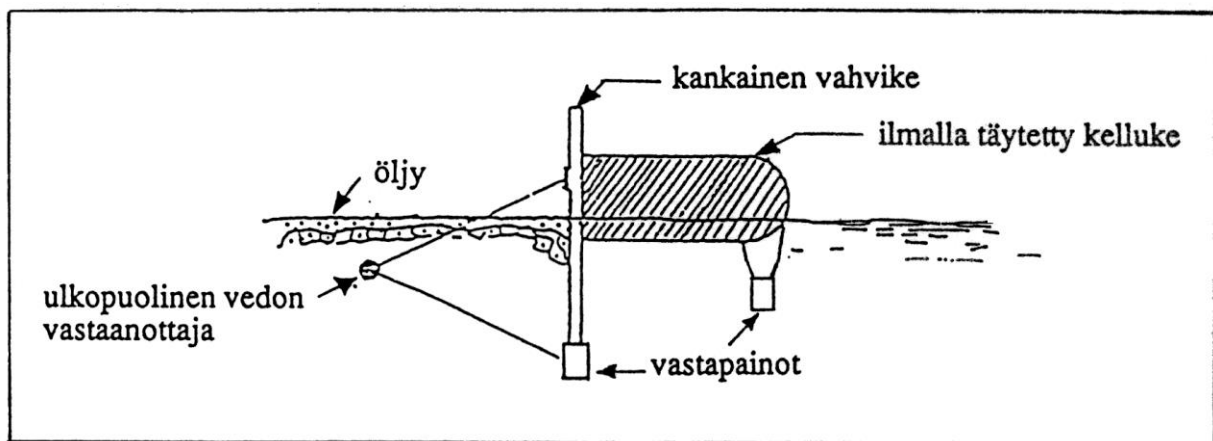
Aitapuomeja on helppo käyttää ja ne ovat rakenteeltaan kestäviä, mutta vievät runsaasti varastointitilaa.



Kuva 3. Keskilinjaltaan kelluva puomi



Kuva 4. Laidaltaan kelluva puomi



Kuva 5. Suojapuoleltaan kelluva puomi

6.2 Verhopuomit

Verhopuomit ovat nimensä mukaisesti pystysuorassa suunnassa ainakin helmastaan taipuisia. Keskilinjaltaan kelluvien verhopuomien kellukkeet ovat ilmalla, inerttikaasulla, kiinteällä vaahdolla, vaahtopalloilla tai vaahtogranulaateilla täytettyjä. Verhopuomien rakenteeseen kuuluvat myös vedon vastaanottajat.

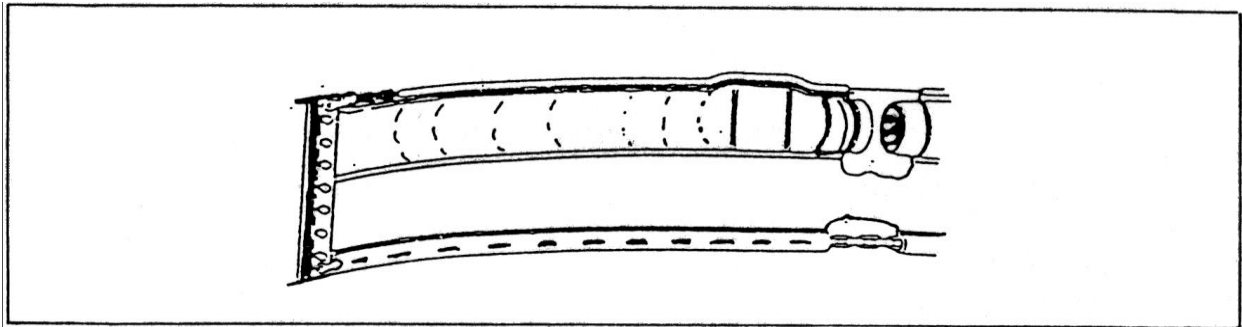
Kiinteällä vaahdolla täytetyt kellukkeet ovat lohkorakenteisia, jotta puomin taipuisuus ja siten pystysuora vakavuus pysyisi hyvänä ja toisaalta varastointi olisi helppoa. Vaahtorakeilla täytetyt kellukkeet ovat taipuisia ja niillä on hyvä vakavuus, mutta rakeiden väliin voi helposti tihkua vettä ja tällöin puomin ominaisuudet saattavat heikentyä. (Kuva 6)

Ilmalla täytetyt puomit:

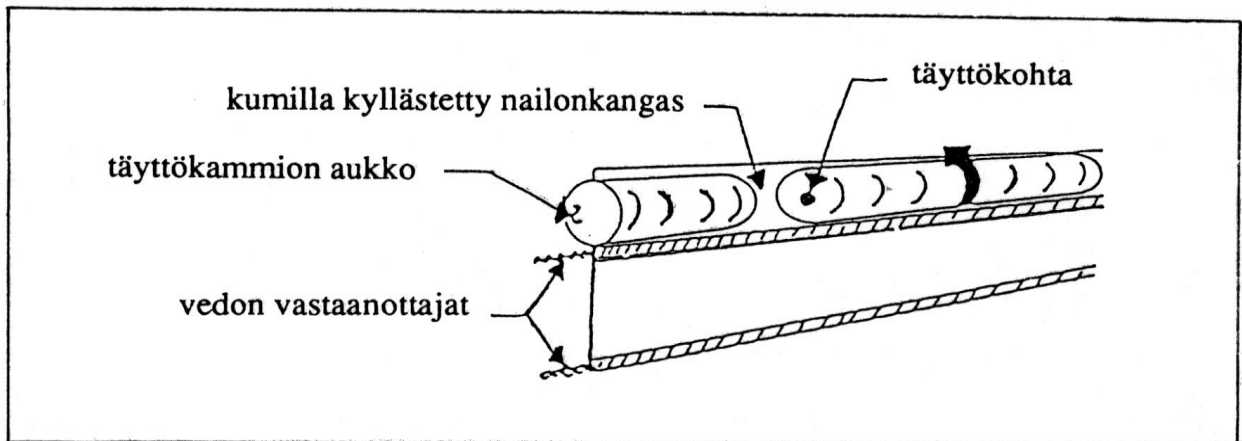
Täytettävällä puomilla on pieni varastointitilavuus, hyvä vaakasuora- ja pystysuora vakavuus. Puhdistaminen on helppoa. Puomi on täytettävä ennen veteen laskemista ja tyhjennettävä varastointia varten. (Kuva 6)

Itsetäyttyvän puomin kellukekammiot täyttyvät venttiilin kautta. Puomin levitys on nopeaa ja varastointitilavuus on pieni. Puomilla on hyvä pystysuora vakavuus. Muihin verhopuomeihin verrattuna itsetäyttyvä puomi voi vahingoittua helpommin ja puhdistaminen on hankalaa. Itsetäyttyvä puomi voi kovassa merenkäynnissä täytyä vedellä, mikäli venttiilit avautuvat. (Kuva 7)

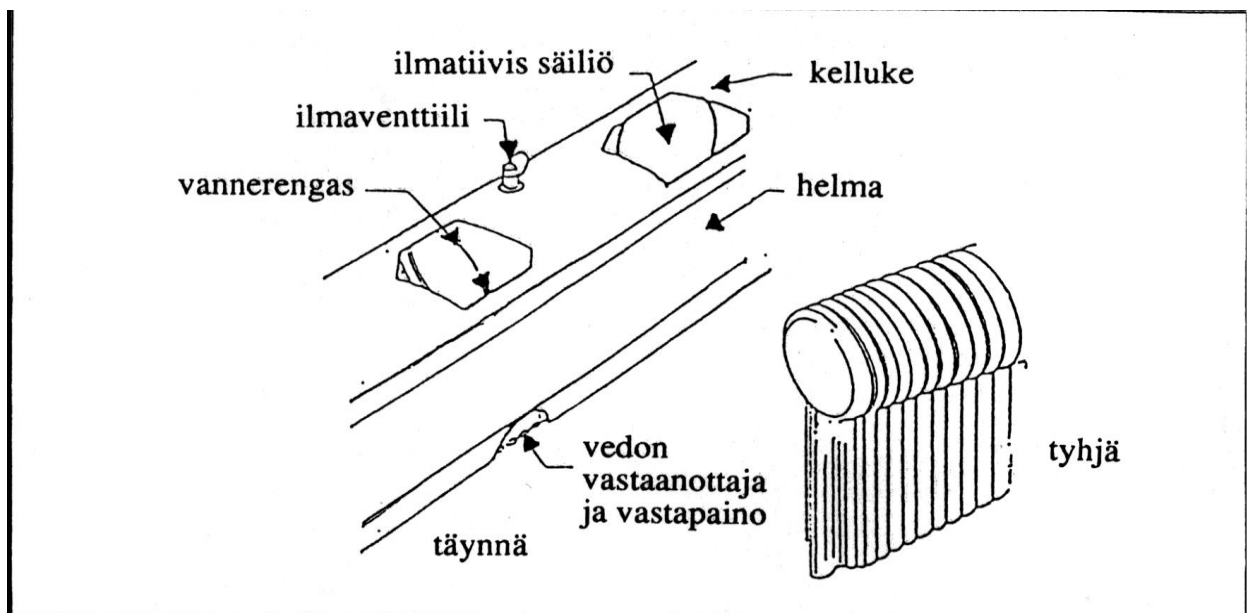
Vaimennuskammiolla varustetun verhopuomin materiaali toimii vedon vastaanottajana. Ylemmässä kammiossa on ilmaa ja alemmassa vettä. Alempi kammiot toimii puomin liikkeiden vaimentajana ja myös helmana. Puomilla on erinomainen vakavuus sekä hyvä varalaita. Varastointilavuus on suhteellisen pieni. Puomi on täytettävä ilmakompressorilla. (Kuva 9)



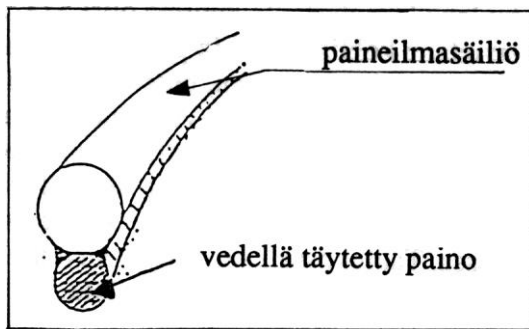
Kuva 6. Verhopuomi, jossa on taipuisa vaahtokelluke. Vedon vastaanottaja toimii vastapainona puomin helman alaosassa.



Kuva 7. Täytettävä puomi



Kuva 8. Itsetäyttyvä puomi



Kuva 9. Vaimennuskammiolla varustettu verhopuomi

Voimakkaassa aallokossa verhopuomit toimivat hyvin vain, jos ne vaimentavat riittävästi aallokkoa ja toisaalta vedon vastaanottajat sijaitsevat helman alalaidassa. Painot lisäävät puomin massaa, joten puomin kelluvuus tulee olla riittävä. Verhopuomeilla oli yleensä hyvä nostevaste eli pystysuoravakavuus, koska joustavat kellukkeet aallokkoa. Pyörintävaste eli vaakasuora vakavuus on heikompi, koska verhopuomeissa ei yleensä ole epäkeskeistä kellukerakennetta. Puomin toimivuutta voidaan parantaa helman alaosassa olevalla vedon vastaanottajalla ja myös ankkuroimilla puomi helmasta.

7 ANKKUROINTI

Puomin kiinnittämiseksi tarvitaan riittävä määrä sopivan kokoisia ankkureita. "Kuokka" –mallinen ankkuri sopii parhaiten hiekka- ja mutapohjiin ja "merimies" –malli kivisiin pohjiin. Ankkureina käytetään myös rengasankkureita, betonipainoja ja kettinkä.

Puomissa tulee olla kellukkeeseen merkityt ankkurointipisteet vähintään 25 m:n välein.

Ankkureiden tarve riippuu puomitukseen kohdistuvan virtauksen ja tuulen aiheuttamasta kuormituksesta. Niiden karkeaan arvioimiseen voidaan kaavoja. Virtauskuorma F_C (kg), joka syntyy puomituksen poikkisuuntaan puomin vedenalaiseen pystypintaan A_S (m^2) kohtisuorasti vaikuttavasta virtauksesta. V_C (solmua) voidaan arvioida seuraavalla kaavalla:

$$F_C \text{ (kg)} = 26 \times A_S \text{ (m)} \times [V_C \text{ (solmua)}]^2$$

Esimerkiksi virtauskuorma, joka aiheutuu 100 metrin pituiseen puomiin, jonka vedenalaisen osan korkeus on 0,6 m, on 0,5 solmun virrassa seuraava:

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

Tuulikuorma F_W (kg), joka syntyy puomituksen poikkisuuntaan puomin veden pinnan yläpuolella olevaan pystypintaan A_f (m^2) kohtisuorasti vaikuttavasta tuulesta V_W (solmua) voidaan arvioida seuraavalla kaavalla:

$$F_W \text{ (kg)} = 26 \times A_f \text{ (m}^2\text{)} \times \left[\frac{V_W \text{ (solmua)}}{40} \right]^2$$

Esimerkiksi 100 metrin pituiseen puomiin, jonka veden päällisen osan korkeus oli 0,5 metriä, aiheutuva tuulikuorma F_W (kg) on poikittaisessa 15 solmun tuulessa seuraava:

$$F_W = 26 \times (0,5 \times 100) \times \left(\frac{15}{40} \right)^2 = 183 \text{ kg}$$

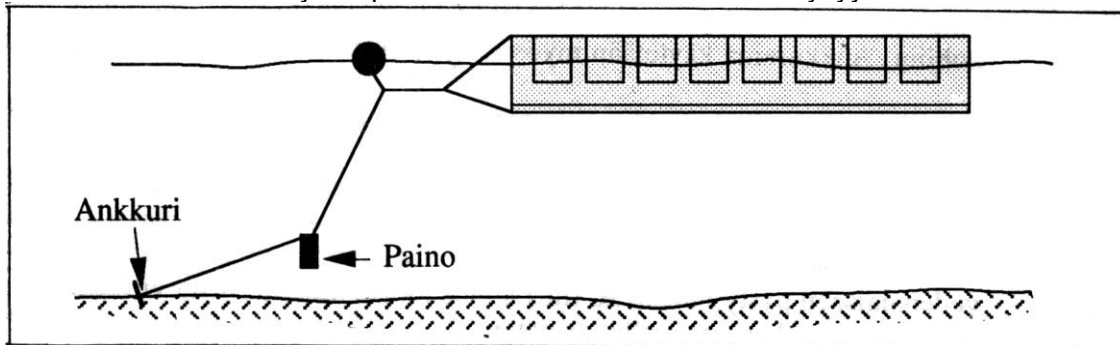
(1 solmu = 0,514 m/s)

Edellä olevassa esimerkissä virran ja tuulen yhteenlaskettu kuorma olisi 573 kg, jos sekä virta että tuuli vaikuttaisivat samaan suuntaan kohtisuorasti ja puomi olisi suora jäykkä seinämä. Tosiasiassa puomi on taipuisa ja muodostaa kaaren, pussin. Lisäksi puomia ei yleensä tule ankkuroida suoraan virtauksen poikki vaan viistoon virtaan nähden. Molemmat seikat vaikuttavat puomin kuormitusta vähentävästi, joten kaavat antavat huomattavasti todellista suuremman kuorman. Kuitenkin kaavat antavat varmuudella riittävän suuruusluokka-arvion puomitukseen vaikuttavasta kuormituksesta, mistä on apua asianmukaista ankkurointia valittaessa. Taulukossa 2 on esitetty kuvan 11 mukaisen kuokka-ankkurin kuormituksen pitoarvoja erilaisissa pohjaolosuhteissa.

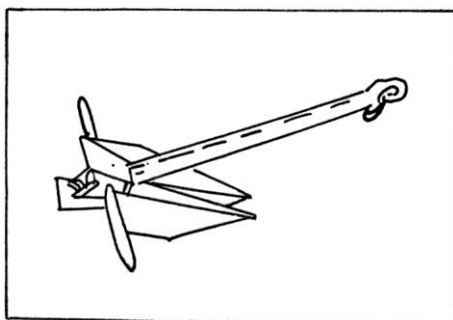
Taulukko 2. Kuokka-ankkurin pitoarvoja

Ankkuripaino (kg)	Kuormituksen pito (kg)		
	Muta	Hiekka	Savi
15	200	250	300
25	350	400	500
35	600	700	700

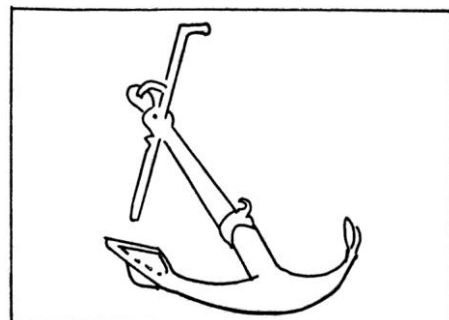
Suosittelava ankkuriköyden pituus on noin 2-3 kertaa veden syvyys.



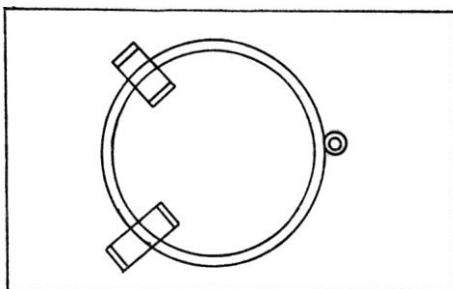
Kuva 10. Puomin ankkurointi



Kuva 11. Kuokka-ankkuri



Kuva 12. Merimiesankkuri



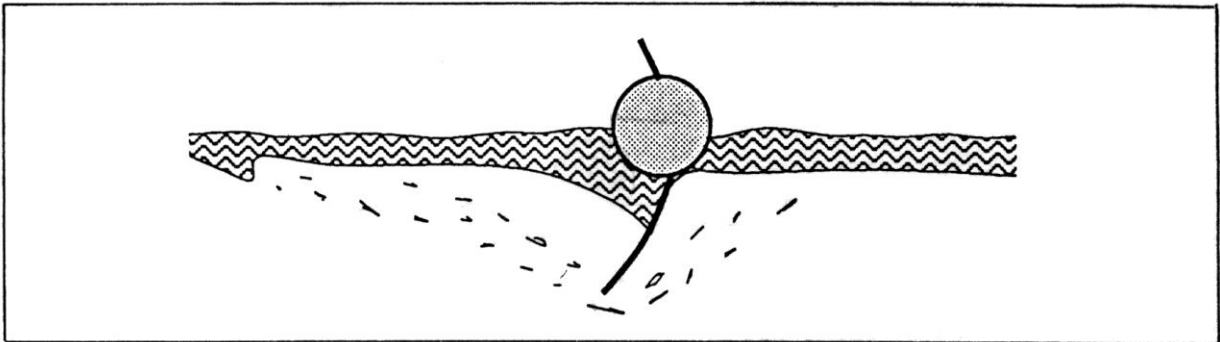
Kuva 13. Rengasankkuri

8. PUOMIEN TOIMINTAA RAJOITTAVAT TEKIJÄT

Rajoituspuomien avulla kootaan öljyä keräämistä varten. Puomien tehokasta toimintaa rajoittavat seuraavat ilmiöt:

1. Öljypisaroiden karkaaminen puomin ali
2. Öljyn tyhjentymisen puomin ali
3. Öljyn roiskuminen puomin varalaidan yli
4. Puomin vajoamisesta johtuva öljyn karkaaminen
5. Puomin helman liukuminen pintaan
6. Rakennevirheet

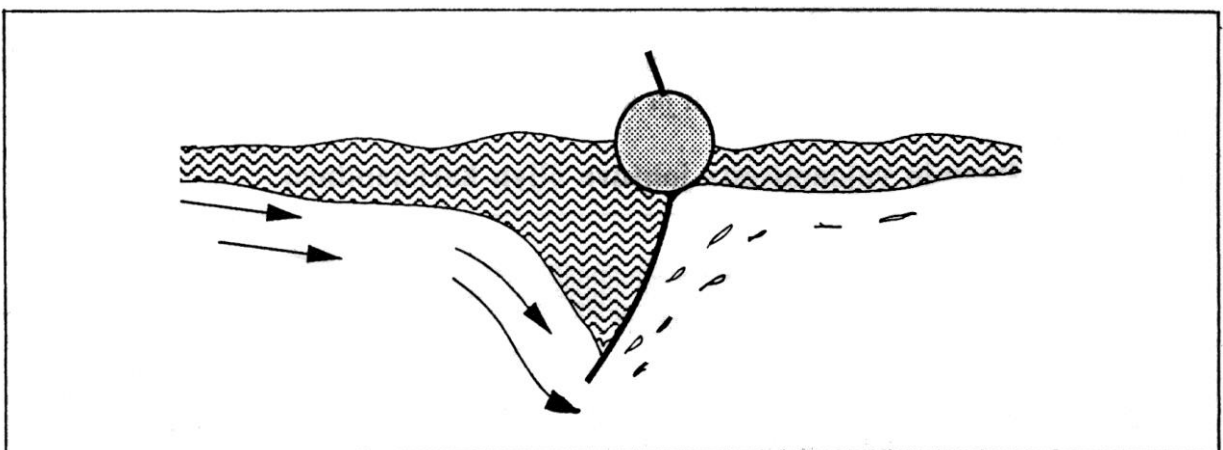
1. Öljypisaroiden karkaaminen puomin ali



Kuva 14. Pisaroiden karkaaminen

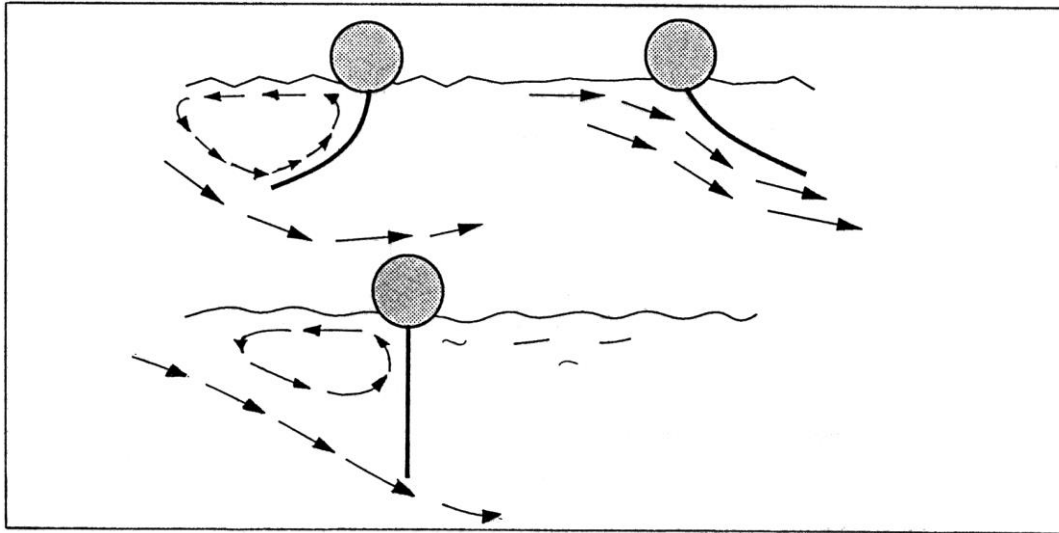
Voimakkaan virtauksen vaikutuksesta aiheutuu ylöspäin nouseva virtaus puomin reunalla ja alaspäin suuntautuva pyörre hajottaa öljyä pisaroiksi, jotka saattavat karata puomin alitse. Karkaavan öljyn määrä riippuu öljykerroksen paksuudesta pyörteen kohdalla. Pyörteen voimakkuuteen vaikuttavat veden virtausnopeus ja öljyn ominaispaine. Kriittisellä nopeudella tarkoitetaan nopeutta, jonka vaikutuksesta pyörre muuttuu epäsäännölliseksi ja pisarat karkaavat puomin ali virtauksen mukana. Esimerkiksi monille raakaöljyille kriittinen virtausnopeus on < 0.5 m/s. Aallokko lisää kriittistä virtausnopeutta. Karkaamisilmiötä voidaan vähentää kääntämällä puomia sopivasti virtaukseen suuntaan nähden pienempään kulmaan. Puomien avulla tapahtuvan öljyn kokoamisen tehokkuus riippuu puomin ja virtauksen suunnan välisestä kulmasta, joka vaikuttaa pisaroiden karkaamisen todennäköisyyteen.

2. Öljyn tyhjentymisen puomin alta



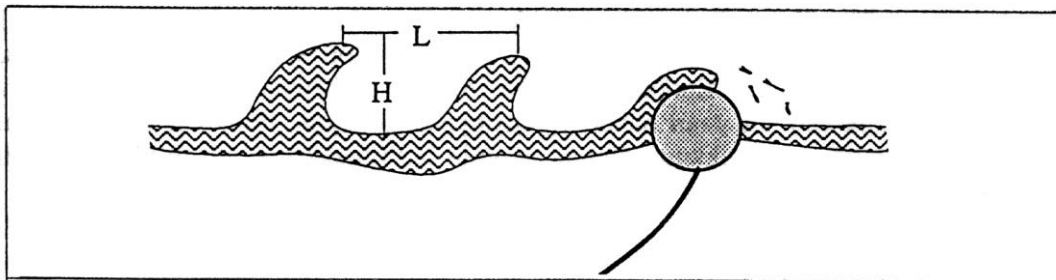
Kuva 15, Öljyn tyhjentymisen puomin ali

Öljyä koottaessa, esimerkiksi puominuotta vetämällä, kertyy puomia vasten alaspäin paksuneva öljykerros, josta virtauksen mukana voi huuhtoutua öljyä puomin helman ali. Kriittinen nopeus, jolla tyhjentyminen tapahtuu, riippuu puomin helman syvyyksestä, öljyn viskositeetista ja ominaispainosta sekä öljykerroksen paksuudesta. Öljyn tyhjentymisen aiheuttava kriittinen nopeus on suurempi kuin pisaroiden karkaamisen aiheuttama kriittinen nopeus. Öljyn tyhjentymisen paksun öljykerroksen vuoksi voidaan estää keräämällä öljyä esimerkiksi skimmerillä "nuotan" pohjalta. Puomin helmaa tulee voida ohjailta vedon vastaanottajien avulla, jotta öljyä ei karkaisi. Seuraavassa kuvasarjassa esitetään puomin asennon poikkeutumisen vaikutus öljyn karkaamiseen puomin alta.



Kuva 16. Öljyn karkaaminen puomin alta

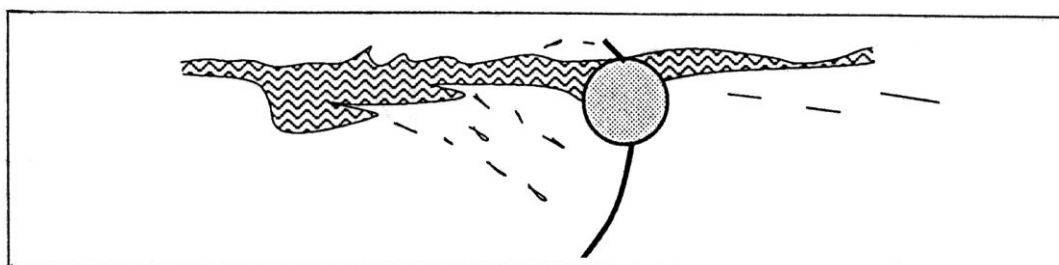
3. Öljyn roiskuminen varalaidan yli



Kuva 17. Öljyn roiskuminen varalaidan yli

Öljyä roiskuu varalaidan yli aallon korkeuden ollessa suurempi kuin puomin varalaidan korkeus ja aallon pituuden ja korkeuden suhteen ollessa on pienempi kuin 10:1.

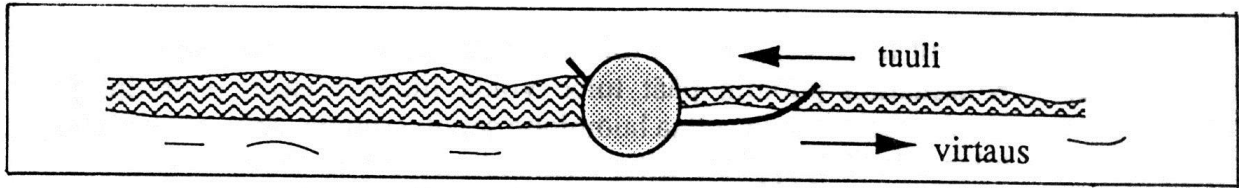
4. Puomin vajoamisesta johtuva öljyn karkaaminen



Kuva 18. Vajoaminen

Puomin vajoamista esiintyy puomia laskettaessa tai puomia ankkuroitaessa voimakkaissa virtauksessa tai vedettäessä suurella nopeudella tyynessä vedessä. Riittävä nostevara (pituusyksikköä kohti) estää puomin vajoamista vetämisen aikana.

5. Ohivirtaus puomin helman noustessa pintaan tuuli



Kuva 19. Ohivirtaus

Vastakkaissuuntaiset voimakas tuuli ja voimakas virtaus voivat nostaa puomin helman veden pinnalle. Helman nouseminen aiheutuu liian pienestä vastapainosta puomin helman alaosassa.

6. Rakenteellinen toimimattomuus

Puomin suunnitteluvirheitä ei yleisimmissä puomimerkeissä esiinny, koska kehitystyön aikana on rakenne testattu ja luokiteltu sopiviin ympäristöolosuhteisiin; tyneen veteen, satamiin ja avomeriolosuhteisiin.

Puomien valmistajat ovat tehneet runsaasti toimivuustestejä optimoidakseen puomin rakenteen tiettyyn käyttötarkoitukseen sopivaksi.

Taulukko 3. Tyyppikriteerit

Puomityyppi	Aallon korkeus cm	Puomiin kohdistuva veto kN	Sopiva vara- laita cm
Suojaisten vesien puomit	30	20	20
Rannikko ja saaristopuomit	90	70	40
Meripuomit	180	90	60

Puomien rakenneselvitysten perusteella voidaan myös tehdä toimintasuunnitelmia, esimerkiksi puomien hinaamiseksi "U" -muodostelmana sekä arvioida paljonko tarvitaan vetovoimaa eri pituisissa muodostelmissa. Puomiin kohdistuvaa rasitusta voidaan pienentää vähentämällä nuottausnopeutta ja pienentämällä nuotan suuaukkoa. Karkeasti arvioiden nuottaavalta veneeltä edellytetään 1 hp:n tehoa kutakin noin 90 N (~10 kg:n) vetoa varten.

9 PUOMIEN LIITTIMET

Jokaisessa puomien liitinmallissa on omat etunsa ja haittansa. Puomien välisten liittimien tulee olla käyttövarmoja, vahvoja ja niiden kautta ei saa päästä öljyä karkuun.

9.1 Liittimien valintaperusteet

Liittimien tulisi olla helppokäyttöisiä. Monet liitinmallit on kiinnitettävä ennen puomin laskua, jolloin täytyy olla riittävästi tilaa liitoksien kytkemiseen. Sääolosuhteet voivat myös hankaloittaa puomien liittämistä toisiinsa. Liittämisen suorittaminen vedessä on yleensä hankalaa, jos virtaus ja tuuli ovat voimakkaat. Kylmässä vedessä erityisesti alumiinin ja ruostumattoman teräksen

lämpökäyttäytyminen vaikeuttavat liittimien avaamista. Irtonaiset liittimien osat tuottavat hankaluuksia nopeissa toimintatilanteissa.

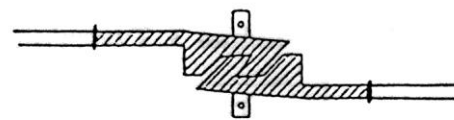
Ihanteellinen puomin liitin täyttäisi seuraavat vaatimukset:

1. Puomit tulee voida liittää toisiinsa vetämällä puomien päät yhteen.
2. Kummatkin puomin päät tulee voida liittää toiseen puomiin, joten naaras- ja uroskappaleita tulee ottaa huomioon selvityssuunta. Jokaisen säilytysjakson päässä tulee olla Z-tyyppinen liitin standard n:ro F 962 (kuva 20).
3. Liitos tulee olla varmennettavissa hakasilla tai sokilla.
4. Pienen työveneen miehistön tulee voida liittää puomit toisiinsa nopeasti huonollakin säällä.
5. Liittimien tulee pysyä toimivina vaikka ne jäätyisivät.
6. Liittimiä tulee voida kytkeä pienestä veneestä kankeilla työrukkasilla.

9.2 Liittimien perustyytit

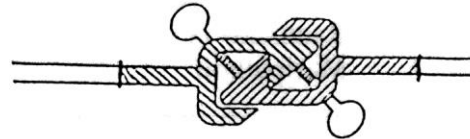
Seuraavassa esitetään joukko erilaisia liitinmallien perustyypppejä. Monet hiukan erilaiset liittimet toimivat samalla tavoin. Liittimiä kuvataan yleensä tyyppinimien ja symbolien avulla.

"Quick"- eli Z-tyyppi on nopeasti kytkettävissä oleva liitos, jossa liitos varmistetaan ruuvilla tai sokilla. Tässä liitoskappaleessa ei ole naaras- ja urospuolta, mutta puomilohkon päät ovat "erikätiset". Riittävän hyvällä säällä liittämisen voi suorittaa yksi henkilö veneestä ilman työkaluja ja irrallisia liitoskappaleita.



Kuva 20.

"Universal Slide-F" -yleisliukuliitos muistuttaa Z-tyyppiä. Liitos suoritetaan ylä- tai alakautta liu'uttamalla ja varmennetaan ruuveilla. Liitos voidaan suorittaa vedessä. Liitettävät puolet ovat "erikätisiä".



Kuva 21.

"Universal Slide-2" -liukuliitoksessa on liuku-uurre ja liitettävät puolet ovat "erikätisiä".



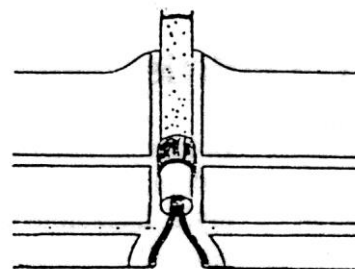
Kuva 22.

Slide" -liukumallissa on toisessa puomin päässä uros- ja toisessa naaraskappale. "Erikätisten" ja "uros-naaras" -kappaleisten puomien suunta tulee järjestää siten, että liitettävät puoliskot sopivat toisiinsa.



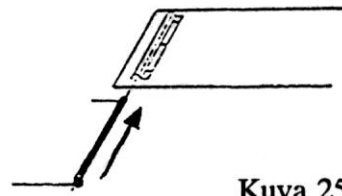
Kuva 23.

"Slotted Tube" -mallissa on muovista valmistetut putkiliittimet, jotka varmennetaan köydellä. Tässä mallissa ei ole naaras- ja uroskappaleita. Vedessä liittäminen on hankalaa, joten liitos on suoritettava ennen puomin laskua. Tämä liitostyyppi on käytössä keveissä puomeissa.



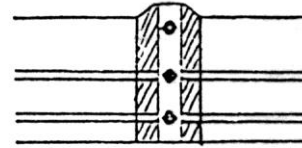
Kuva 24.

"Raised Channel" -nostettava kanavamalli. Puomin toisessa päässä on putki ja toisessa päässä on kangasrulla, joka vedetään seuraavan puomiloHKon päässä olevan putken läpi. Tämä liitosmalli tulee olla kytketty ennen puomin laskua.



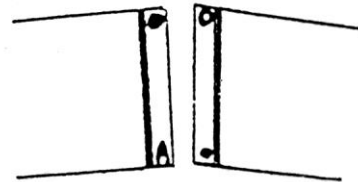
Kuva 25.

"Bolt" -salpamallissa on reiälliset kangas puomiloHKon molemmissa päissä. Liitos varmennetaan siipimuttereiden avulla. Joskus käytetään metallilevyä liitoksen vahvikkeena. Tällainen liitos on vahva.



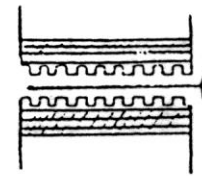
Kuva 26.

"Saranalevy-sokka"-liittimet ovat levyjä, jotka sijaitsevat puomin molemmissa päissä. Urospuolessa on kiinteä sokka yläosassa ja reikä alaosassa. Naaraspuolessa on aukko yläosassa ja reikä alaosassa. Alareunan reikäliitos varmennetaan erillisellä sokalla. Liitosta on hankala suorittaa vedessä. Tällaiset liitokset ovat erittäin vahvoja.



Kuva 27.

"Sarana ja sokka" -liitoksessa on ns. piano-sarana. Tällainen liitos on hankala kiinnittää vedessä. PuomiloHKot on liitettävä toisiinsa ennen puomin laskua. Tällainen liitos on rakenteeltaan vahva.



Kuva 28.

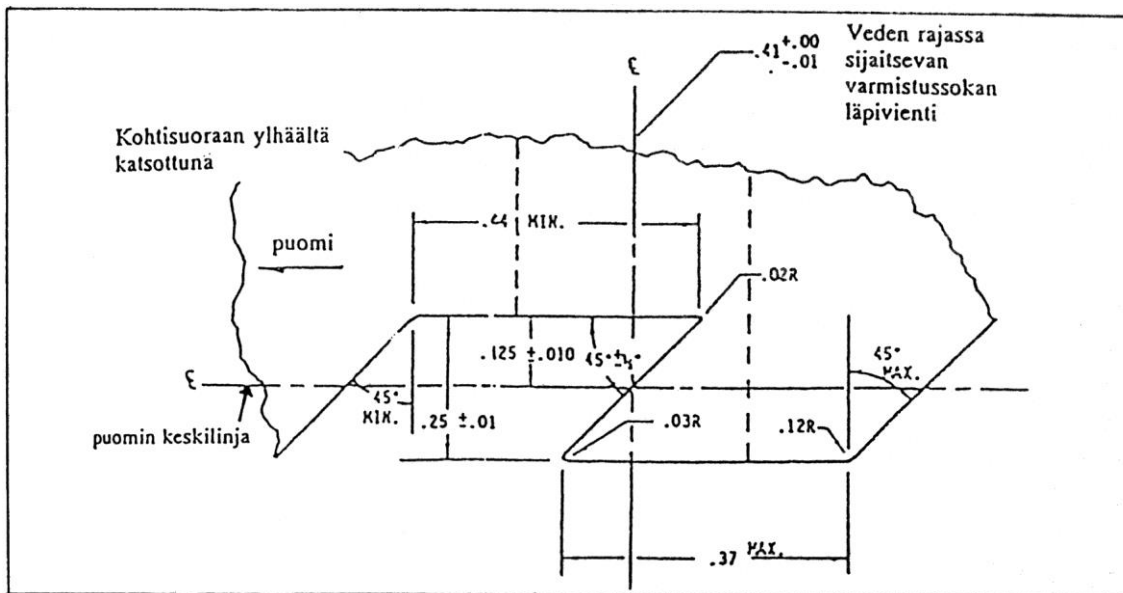
9.3 ASTM-standardin mukainen puomiliitin

ASTM-standardi (American Society for Testing and Materials) on kehitetty alakomiteatyönä (F20.11). Kuvassa 29 esitetty standardirakenteinen liitos on tarkoitettu toimimaan eri kokoisten ja eri merkkisten puomien liitoskappaleena (eri koko, eri vahvuus, eri malli, eri valmistaja). Perustyyppiltään tämä liitos edustaa Z-mallia, joka varmistetaan itselukkiutuvalla sokalla, joka on liitetty puomien molempiin päihin ja on riittävän pitkä ylettymään liitoskoloon. Liitoksen vetolujuus on 54 kg/cm. Liitin täyttää lisäksi seuraavat vaatimukset:

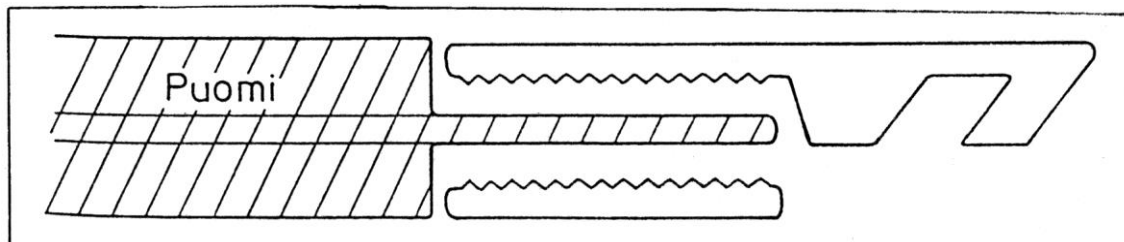
- liitin on mekaanisesti riittävän vahva
- liitoksen kautta tapahtuva öljyn karkaaminen estyy
- ei naaras- ja urospuolisia liitinerakenteita
- puomiloHKojen väli on liitettynä koko puomin korkeudelta
- liitin on kiinnitettävä niin, ettei se haittaa puomin stabiilisuutta
- asennuksessa ei tarvita erityisiä työkaluja
- ei pienennä varalaitaa
- nopea ja helppo liittää
- kevyt
- liitos voidaan tehdä vedessä
- helposti puhdistettavissa hiekasta ja öljyjäänteistä
- käyttöturvallinen
- helppo asentaa ja purkaa
- asennuksessa on otettava huomioon, että liitin tulee asentaa puomin päihin erikätisesti.

Kansallisilla ja pohjoismaisilla tahoilla on viime aikoina esitetty ajatuksia erillisen standardivalmisteisen puomiliittimen tarpeellisuudesta. ASTM-standardin mukaista liitinmallia voitaisi käyttää suunnittelussa lähtökohtana (Liite 1.).

Tällainen liitoscappale sopinee erinomaisesti suojaisten vesien puomeihin sekä myös saaristo-, rannikko- ja järvipuomeihin. Avomeripuomit ovat rakenteeltaan raskaita, joten edellä mainittu liitoscappale saataisi olla avomeriolosuhteissa heikko.



Kuva 29. ASTM-standardin mukainen liitin. (Dimensiot on esitetty tuumissa)



Kuva 30. ASTM-standardin F 962 mukaisen liittimen kiinnittäminen puomiin

10 PUOMIEN ERITYISSEVELLUKSIA

Magneettipuomi

Puomi kiinnitetään toisesta päästä magneettiin, joka kiinnitetään onnettomuusaluksen kylkeen. Erimerkkisiä puomeja käytettäessä tulee myös magneetti varustaa standardiliittimellä, jonka tulee olla kuvassa 30 esitetyn, jokaisen puomijakson päähän liitettävän vasenkätisen liitinpuoliskon vastakappale. Magneettikiinnitystä käytetään usein onnettomuusaluksen vuotokohdan lähellä ohjaamaan vuotavaa öljyä haluttuun suuntaan.

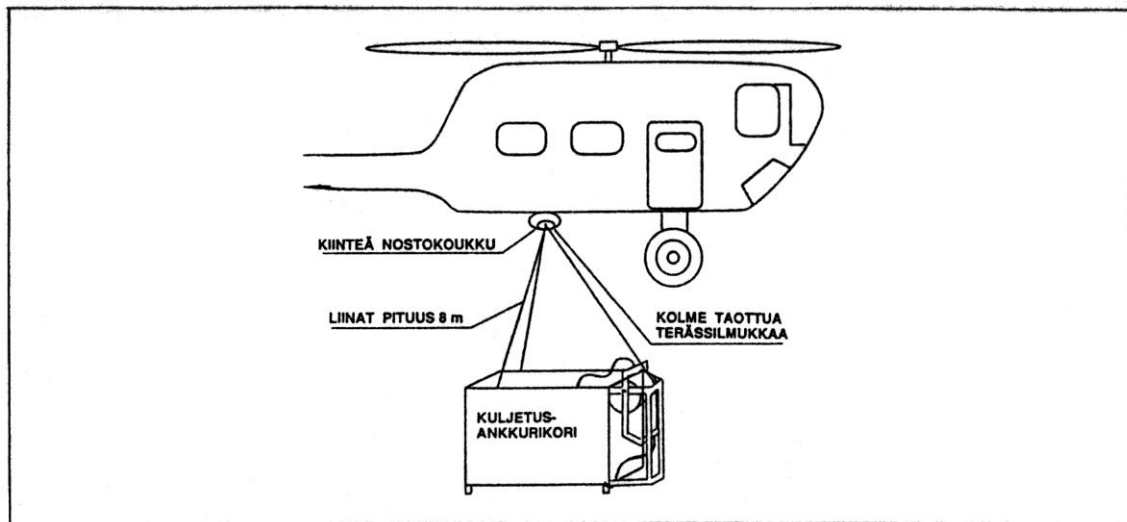
Siipipuomi

Öljyä itsenäisesti keräävän aluksen kylkeen on asennettu ns. viikkipuomi, jonka avulla kerättävä öljy johdetaan keräilylaitteelle (skimmeri, harjakerääjä).

Helikopteripuomi

Helikopterilla kuljetettavat puomit on tarkoitettu ensimmäisen torjuntalinjan tekoon hidastamaan onnettomuusalukselta purkautuvan öljyn leviämistä. Toisaalta helikopteripuomitusta voidaan käyttää aiemmasta puomituksesta karneen öljyn rajoittamisessa uudelleen.

Helikopteripuomituskorissa on 75 m tai enemmän kevyttä meripuomia. Kori toimii ankkurina. Poijuna toimivassa köysikelassa on 200 m köyttä. Köysikela painaa noin 100 kg ja kevyt meripuomi painaa 6 -7 kg/m. Nostoliinujen pituus on 6-8 m ja vetolujuus 2000 kg. Puomin kuljetuskorin optimirakennetta ja "sisältöä" tutkitaan.



Kuva 31. Helikopterista pudotettava puomikori.

(Absorptiopuomit ja polttopuomit eivät toiminnallisesti kuulu rajoituspuomeihin)

11 PUOMIEN KÄYTTÖ

Puomien varastointi

Varastossa säilytettävänä oleva puomi tulee säännöllisin väliajoin, esimerkiksi 2-3 kertaa vuodessa avata säilytyspakkauksesta, tarkastaa ja korjata mahdolliset materiaalivauriot. Puomit sijoitetaan varastoon tai varastoalueelle siten, että ne on helposti ja nopeasti otettavissa esiin. Ulkona varastoitavat puomit on suojattava auringon valolta ja sateelta. Puomeja varastoidaan siten, ettei niitä kerätä suuriksi pinoiksi eikä niiden päälle saa asettaa painavia tavaroita. Varastoitaessa puomia rullattuna se ei saa olla kiertyneenä. Varastotilan tulee olla viileä, kuiva ja hyvin ilmastoitu. Puomi puhdistetaan huolellisesti käytön jälkeen puomin pesua varten rakennetulla paikalla, josta pesuvedet voidaan kerätä talteen. Pestävä puomi ripustetaan kädensijoista eli nostokalivoista, riippuvaan asentoon ja pestään liuottimella painepesurin avulla. Puomi huuhdotaan ja kuivataan huolellisesti sekä korjataan mahdolliset käytön aikana syntyneet vauriot. Tämän jälkeen puomi kelataan rullalle tai kerätään kuljetuspakkaukseen.

Puomien varastointitilavuus on kustannuskysymys. Varastointitilavuus määritellään kuutiometreinä kutakin puomimetriä kohti. Ilmalla täytettävillä puomeilla on pienempi varastointitilavuus kuin kiinteillä kellukkeilla varustetuilla puomeilla.

Puomien kuljetus

Onnettomuustilanteessa varastossa suoritettava puomimallin- ja merkin valinta edellyttää mahdollisimman tarkkaa tietoa onnettomuustilanteesta, onnettomuuspaikalla vallitsevista olosuhteista ja tarvittavasta puomimäärästä. Puomien toimittamiseksi varastosta onnettomuuspaikalle tarvitaan nosto- ja kuljetuskalustoa (nostolaitteita, kuorma-autoja, siirtolavoja, veneitä, öljyntorjunta-aluksia ja/tai jopa helikoptereita) ja puomien käsittelyyn perehtyneitä henkilöitä, jotka tarvitsevat puomien paikoilleen asentamisessa esimerkiksi ylimääräisiä köysiä, pikalukkoja ja ankkureita sekä sopivia työkaluja.

Puomin levitys toimintakuntoon

Onnettomuuspaikalle saavuttaessa tarvitaan lisätietoja vuotavan öljyn määrästä ja laadusta sekä veden virtaussuunnasta ja sääennusteista, jotta puomitus voitaisi rakentaa tilanteen edellyttämällä tavalla tehokkaasti toimivaksi.

Puomi selvitetään yleensä vetämällä se auki moottoriveneen avulla. Puomijakson päässä tulee olla vetoköysin varustettu vetopää. Edellä mainittua ASTM standardin F 962 mukaista puomiliitintä voidaan käyttää myös vetopäänä.

Puomin tulisi olla helposti selvitettävissä pienen henkilömäärän avulla. Puomin selvitysaika on kuitenkin suhteellinen käsite, joka riippuu puomin varastointitavasta, puomia selvittävän aluksen tyypistä, miehistön harjaantuneisuudesta ja erityisesti säätilasta. Puomien selvitysaikasta ja tarvittavasta miehistöstä ei ole edellä mainituista syistä perusteltua esittää lukuarvoja.

Puomin määrätarve

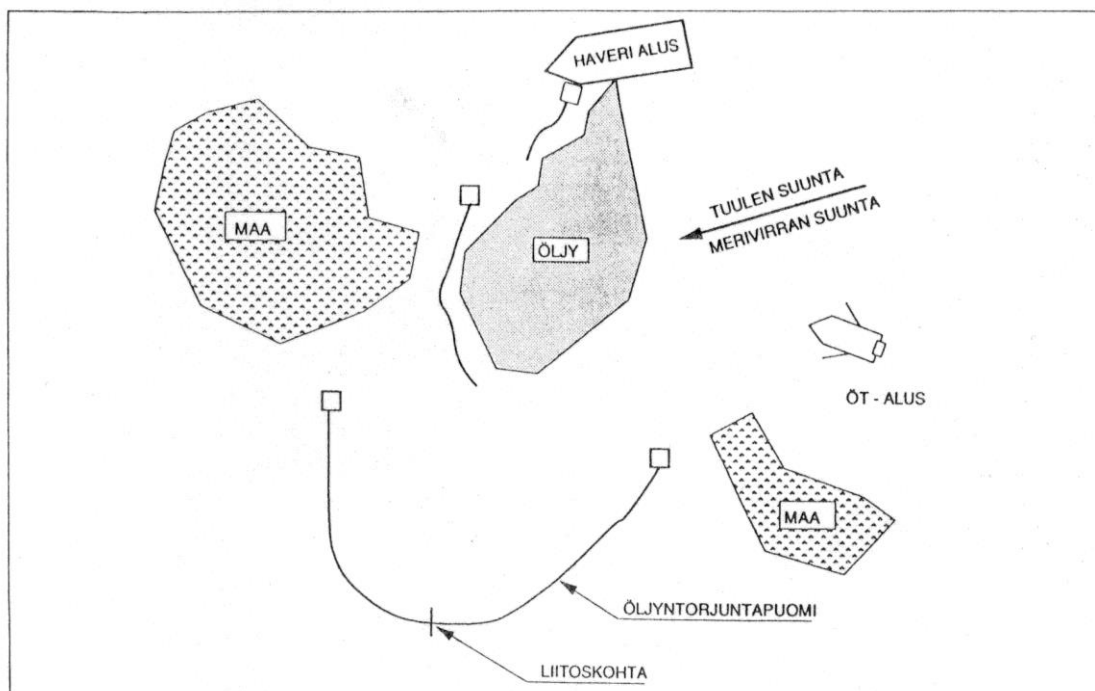
Ihanteellisissa olosuhteissa voidaan laskea, että ympyrän muotoinen, p metriä pitkä puomitus voi pidättää k millimetrin paksuisena öljykerroksena V kuutiometriä öljyä seuraavan kaavan mukaan:

$$V \text{ (m}^3\text{)} = (7,96 \times 10^{-2}) k \text{ [mm]} p^2 \text{ [m}^2\text{]}$$

Esimerkiksi 100 metriä öljypuomia voi pidättää 5 mm kerroksena, joka vastaa tilavuutta $V = 3,98 \text{ m}^3$, ja 500 metriä öljypuomia voi pidättää 5 mm paksuna kerroksena $99,5 \text{ m}^3$ öljyä. Toisaalta jos 500 m puomia on viitenä 100 metrin puomituksena, voidaan pidättää vain $5 \times 4 \text{ m}^3 = 20 \text{ m}^3$, öljykerroksen paksuuden ollessa 5 mm.

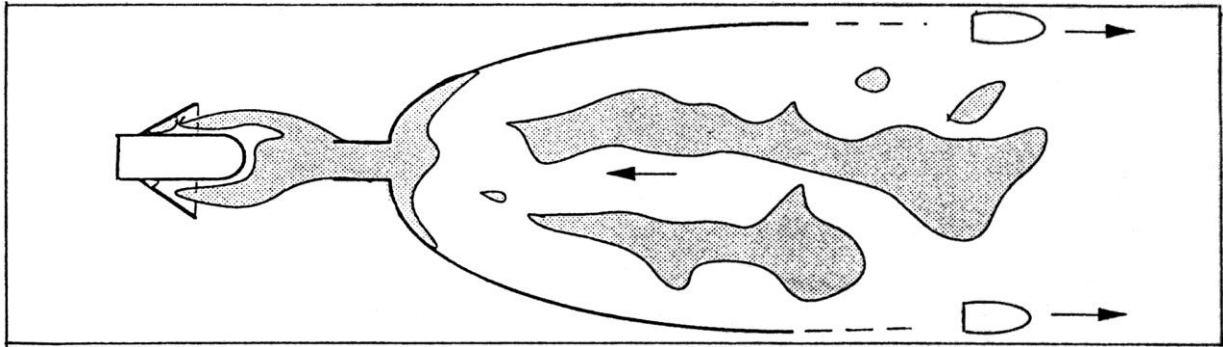
Onnettomuustilanteiden puomituksia

Jokainen onnettomuustilanne on yksilöllinen, joten seuraavassa esitetään vain joitakin tyypillisimpiä puomituskuvioita.



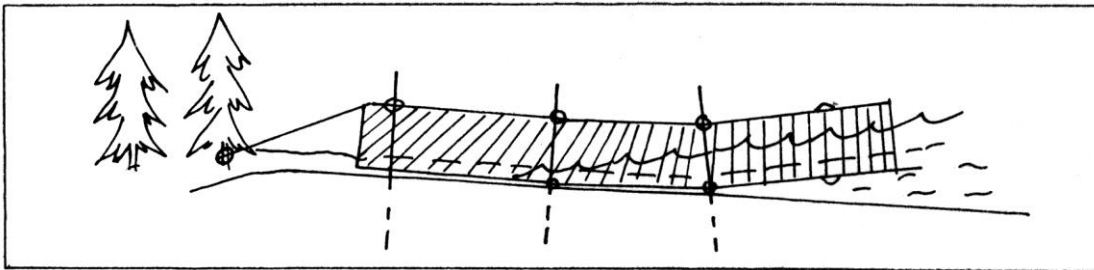
Kuva 32. Öljyvuoto ulkosaaristossa

Läikiksi levinneen öljyn kokoamisessa käytetään puomeja yleensä nuottamaisena muodostelmana, jota vedetään molemmista päistä noin 1-2 solmun (2-4 km/h) nopeudella. Öljyläikkien öljy saadaan nuottaamalla paksummaksi kerrokseksi, jolloin öljyä keräävä alus voi toimia tehokkaasti.



Kuva 33. Öljyläikkien kokoaminen nuottaamalla

Rantaan ajautuneen öljyn rajoittaminen on myös oleellista, sillä aallokko ja tyrskyt laajentavat tehokkaasti rannan likaantumista. Puomi ankkuroidaan rantaan esimerkiksi nostolenkkien kautta, paalujen avulla ja lisäksi hinausköysi kiinnitetään rantakivikkoon tai puuhun.

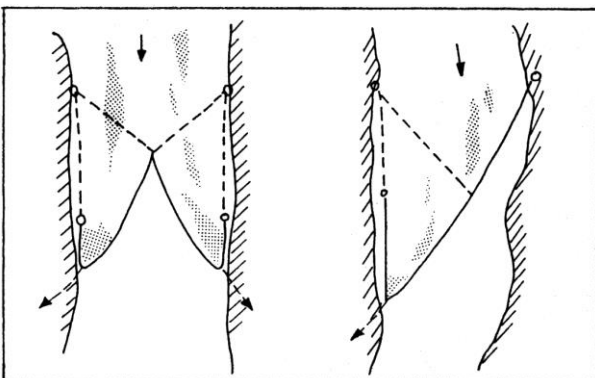


Kuva 34. Rantaan ajautuneen öljyn puomittaminen

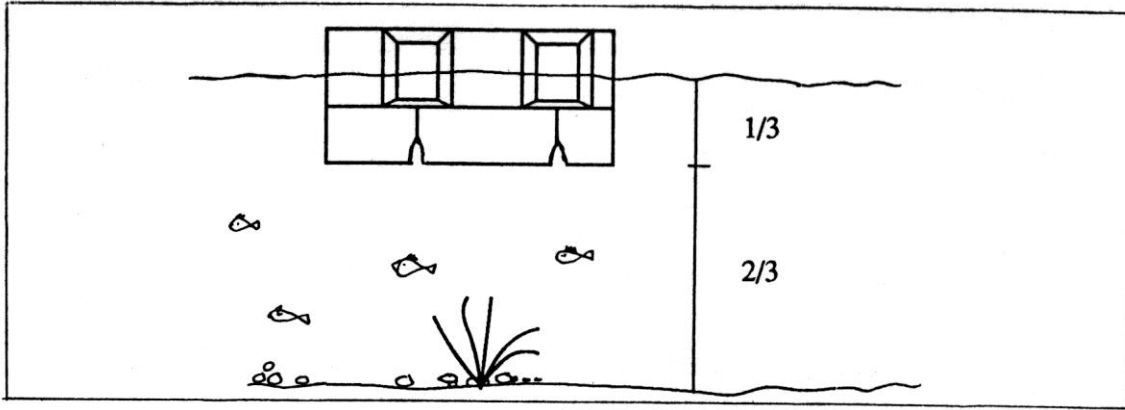
Virtaavassa vedessä on otettava huomioon puomin optimikulma virtauksen suuntaan nähden. Voimakas virtaus saa helposti aikaan öljyn karkaamisen puomin alta. Esimerkiksi joessa sattuneen öljyvahingon torjumiseksi rajoituspuomitus suoritetaan vallitsevan tilanteen mukaan ottaen huomioon joen mutkat ja suvantopaikat. Puomi kiinnitetään rantakivikkoon tai puihin. Ylimääräisiä tukiliinoja ja ankkureita saatetaan myös tarvita.

Tarvittavan puomin pituuden arvioinnissa voidaan käyttää seuraavaa laskukaavaa:

$$\text{Pituus (m)} = \frac{\text{Joen leveys (m)} \times \text{virtauksen nopeus (m/s)}}{0,3} + 15 \text{ (m)}$$



Kuva 35. Vaijerin avulla rantaan kiinnitettyjä puomeja



Kuva 36. Jos jokivarressa ei ole sopivaa suvantopaikkaa öljyn ohjaamista ja keräämistä varten, tulee käyttää sellaista rajoituspuomia, jonka uppoumakorkeus on korkeintaan $1/3$ joen syvyydestä, jotta pyörteet eivät muodostuisi liian voimakkaiksi ja öljy siten karkaisi puomin ali.

12 PUOMIEN VALINTAPERUSTEITA

12.1 Yleiset vaatimukset

Mikään puomimerkki ei toimi ideaalisti kaikissa olosuhteissa. Puomimerkkiä ja -mallia valittaessa tulee arvioida millainen puomi on olosuhteisiin ja käyttötarkoitukseen riittävän sopiva. Puomin hinta on oleellinen valintaperuste. Monet puomin erityisominaisuudet ovat kalliita.

Tuoteluetteloissa puomimallit jaotellaan tavallisesti käyttöolosuhteiden mukaan esim. seuraavasti:

Taulukko 4 Puomimallien jaottelu

Käyttökohde	Aallon korkeus
Suojaisten vesien puomit	< 0,3 m
Saaristo- ja järvipuomit	< 1,0 m
Meripuomit	< 2.0 m

Puomin soveltuvuus tiettyyn käyttötarkoitukseen riippuu vallitsevista sää- ja virtausolosuhteista. Avomeripuomeissa on yleensä pitkä helma, joka on voimakkaassa virtauksessa hankala, joten rannikopuomi voisi olla tässä tapauksessa toimivampi.

Virtauksen vaikutus vaakasuoraan vakavuuteen

Puomi, joka on vakaa vaakasuorassa suunnassa on parhaimmillaan voimakkaassa virtauksessa ja aallokossa. Tällaisella puomilla on helman alareunassa riittävästi painoja. Painojen tulee olla kipinöimätöntä materiaalia tai sitten painona käytettävä kettinki tulee pinnoittaa. Puomin vakavuus paranee, jos kellukkeita siirretään puomin keskilinjasta ns. suojuolelle.

Aallokon vaikutus pystysuoraan vakavuuteen

Puomi, joka on vakaa pystysuorassa suunnassa, estää tehokkaasti öljyn roiskumista varalaidan yli. Nostevaste riippuu nostevarasta, puomin massasta ja puomin kelluntapinta-alasta eli

kellukkeiden poikkileikkauspinta-alasta veden pinnan tasossa. Keveillä puomeilla on yleensä hyvä nostevaste.

Kellukkeiden tulisi olla taipuisia, jotta puomi myötäilisi tehokkaasti aaltoja. Jäykkien vahtokellukkeiden tulisi olla mahdollisimman lyhyitä, jotta tällainen puomi myötäilisi aallokkoa. Rannikolla käytettäväksi tarkoitetuissa puomeissa tulee olla hyvä nostevara suhteessa puomin massaan, vähintään 2:l. Avomeripuomeilla vastaava suhde tulisi olla 3:1 tai 4:l.

Varalaidan korkeus ja helman pituus

Riittävä varalaita tarvitaan estämään öljyn roiskumista puomin yli. Jäykässä aitapuomissa korkea varalaita saa tuulen vaikutuksesta puomin vaakasuoran vakavuuden heikkenemään (puomi pyrkii pyörimään, eli helma pyrkii nousemaan pintaan).

Helman syväyksen tehtävänä on rajoittaa öljyn leviäminen. Voimakkaassa virtauksessa, esimerkiksi joessa, öljyä kuitenkin pääsee helposti karkuun puomin helman alitse. Varalaidan ja syväyksen sopivaa suhdetta ei voida tarkoin määrittää, mikäli puomin halutaan olevan mahdollisimman moniin olosuhteisiin sopiva.

Taulukko 5. Tekniset vaatimukset öljyntorjuntapuomeille

Ominaisuus	Suojaiset vedet	Rannikko, saaristo ja sisävedet	Meri ja suuret selät	Avomeri
Kokonaiskorkeus	< 40 cm	40-100 cm	100-120 cm	> 120 cm
Varalaidan korkeus	10-25 cm	25-50 cm	> 50 cm	> 50 cm
Syväys	20-40 cm	40-60 cm	> 60 cm	> 60 cm
Nostevara/puomin paino	2:1	2:1	3:1	4:1
Puomin kokonaisvetolujuus	20 kN	70-90 kN	> 90 kN	> 90 kN
Helmakankaan vetolujuus	0,9 kN	> 1,36 kN	> 2,30 kN	> 2,30 kN
Helmakankaan repäisylujuus	45 kg	50 kg	60 kg	60 kg
Vedon vastaanottajan lujuus	40 kN	60 kN	140 kN	> 140 kN
Vedon vastaanottajan venymä/ kankaan venymä max. vedolla	< 1	< 1	< 1	< 1

12.2 Käyttötarkoituksen edellyttämät vaatimukset

Vetovastus on vaakasuora voima, joka muodostuu siirrettäessä puomia vetämällä sitä toisesta päästä. Vetopään vetolaitteen ja puomijaksojen välisten liittimien kestävyys rajoittaa puomin vetonopeutta. Riittävä kelluvuus ja helman paino saavat puomin pysymään tasapainossa ja oikeassa asennossaan vedon aikana.

Ketjuvoima on vetojännitys, joka muodostuu vedettäessä puomia "U"- muodostelmana. Puomiin vaikuttavat voimat ovat tällaisessa nuottaustilanteessa huomattavasti suurempia kuin vetovastuksen aiheuttama voima. Öljyn keräämisnopeus "U"- muodostelmalla riippuu suuaukon laajuudesta ja puomien pituudesta.

Puomikangas

Puomikankaan kestävyys on puomin toimivuuden kannalta oleellista. Puomikankaan tulee olla veto- ja repäisylujuudeltaan seuraavassa taulukossa esitettyjen laatuksien mukainen. Erityisesti vedon vastaanottajien vetolujuus tulee olla puomikankaan vetolujuutta huomattavasti suurempi.

Puomin lujuustekijät

Puomityyppi	Vetolujuus	Kankaan vetolujuus 5 cm kaistale	Kankaan repäisylujuus	Vedon vastaanottajan vetolujuus
Suojaisten vesien puomit	50 000 N	900 N	45 kg	40 000 N
Saaristo-, rannikko- ja järviuomit	70 000 - 90 000 N	1 360 N	50 kg	60 000 N
Meripuomit	>90 000 N	2 250 N	60 kg	140 000 N

Puomia valittaessa kankaan värin tulee olla näkyvä, esimerkiksi oranssi. Kankaan on kestävä vaihtelevia olosuhteita; lämpötilan vaihteluja, auringon valoa ja pesuaineita sekä itse öljyä. Kankaalta vaaditaan lisäksi palonkestävyyttä. Kankaan pinta tulee olla sellainen, että mahdollisimman vähän öljyä tarttuu kankaaseen käytön aikana. Varastointikestävyyden kannalta on oleellista, että puomikankaan pintaan ei helposti muodostu home- ja bakteerikasvustoja. Pinnaltaan sileä kangas on myös helposti puhdistettavissa.

PVC (polyvinyylikloridi) on tavallisimpia puomikankaan valmistusmateriaaleja. Puomikankaan pohjakankaan ominaisuudet vaikuttavat fysikaalisiin ominaisuuksiin. Pohjakankaassa, joka on esimerkiksi polyesteriä, loimi- ja kudelankojen määräsuhdetta muuttamalla voidaan valmistaa repäisy- ja vetomurtolujuudeltaan sopivaa kangasta. Neulottu pohjakangas antaa puomikankaalle paremman repäisylujuuden kuin vastaavan loimi/kude-suhteen omaava kudottu pohjakangas. Tartunta kuvaa pohjakankaan ja pinnoitteen (PVC) tarttumislujutta, eli "liitossauman" kestävyttä.

Puomikankaan pinnoitteena on pehmitetty PVC, johon lisätään palonsuoja-aineen ohella UV-suoja-aine sekä erikoiskäyttökohteita varten (esimerkiksi kemikaalien kestävyden parantamiseksi) myös muita lisäaineita (esimerkiksi polyuretaania).

Puomikangasta koetetaan myös erilaisilla öljyillä (esimerkiksi diesel- ja hydrauliöljyillä). Tietyn vaikutusajan (esimerkiksi kaksi viikkoa 50 °C lämmössä) jälkeen tarkastetaan öljylaatujen vaikutus puomikankaaseen ja tehdään näille testikankaille vielä kylmyydenkestokokeet (esimerkiksi -20 °C - -25 °C lämmössä). Testattu kangas kestää ko. olosuhteet, mikäli pinta ei murru.

Käytetty puomikangas on ongelmajätettä. PVC:tä poltettaessa siitä vapautuu kloorivetyhappoa (HCl). Tätä kirjoitettaessa ei PVC-jätteen keräämis- ja hävittämismääräyksiä ole vielä annettu.

Sopiva saaristo-, rannikko- ja järviuomien puomikankaan neliöpaino voisi olla 600 g. Tartunnan tulisi olla noin 100 N / 5 cm ja repäisylujuus sekä loimien että kuteiden suunnassa voisi olla noin 300 N. Vetolujuus voisi olla sekä loimien että kuteiden suunnassa noin 1 600 N / 5 cm. Puomikankaan kestävyden määrittäminen perustuu standarditesteihin.

Puomien käyttö kelluvien kemikaalien leviämisen rajoittamisessa on myös ajankohtaista ottaa materiaalivalintojen yhteydessä huomioon. Sopivilla lisäaineilla seostettu PVC soveltuu melko monien kemikaalien rajoituspuomien materiaaliksi. Käytettäessä öljyntorjuntapuomeja kemikaalionnettomuuksien torjunnassa tulee aina eri tilanteissa ottaa huomioon myös puomien muiden rakenneosien ja -materiaalien kemikaalikestävyys.

13 SAIMAAN PUOMIRYHMÄN TUTKIMUKSET

Mikkelin vesi- ja ympäristöpiiri asetti 31.1.1992 työryhmän selvittämään kuntien puomikalustolle asetettavia yleisiä vaatimuksia. Työryhmä teki kokeita viidellä eri puomimerkillä. Kokeiden pääasiallinen tarkoitus oli tutkia, mitä vaatimuksia hankittaville öljypuomeille tulisi asettaa yleensäkin ja erityisesti Saimaan syväväylän alueella kysymykseen tulevissa käyttö-tarkoituksissa ja olosuhteissa. Erityisesti kokeissa hallittiin arvioida käytännössä niitä tekijöitä, jotka vaikuttavat puomin käyttöön kuten selvitysnopeus, käsittelyn helppous ja toimivuus eri olosuhteissa; virtapaikoissa, aallokossa, nuottauksessa ja hinattaessa.

Kysymyksessä ei ollut kyseisten puomimerkkien välinen valintatestaus, koska kukin hankittava puomierä periaatteessa voidaan tehdä tilaajan toivomusten mukaiseksi. Kokeissa eri puomimerkeissä todetut puutteet voidaan ottaa huomioon siten, että tarjouspyynnössä määritellään mahdollisimman pitkälle, mitä vaatimuksia hankittavan puomin tulee täyttää. Koetulosten perusteella tehtiin ehdotuksia tuotekehitystyötä varten ja määriteltiin suositusarvoja erälle ominaisuuksille sekä laadittiin lista tarjouspyynnöissä esitettävistä vaatimuksista.

13.1 Suoritetut testit

1. Puomin selvitysnopeus

Viiden eri puomin varastointipakkaus selvitettiin vuorollaan sekä rannalta että veneestä. Selvitysaika mitattiin kummassakin osatestissä 2100 metrisen puomipakkauksen avaamisesta alkaen siihen kunnes puomi oli toimintavalmiina hinattavaksi tai ankkuroitavaksi. Puomin selvitys tehtiin seuraavasti.

Kaksi miestä avasi puomipakkauksen ja levitti puomin käyttäen apuna hinaavaa moottorivenettä. Ankkurointia ei laskettu missään osakokeessa mukaan selvitysaikaan. Kokeet tehtiin virtaamattomassa vedessä ilman ollessa täysin tyyni.

Tavoitteeksi asetettiin, että puomin tulisi yleensä olla selvitettävissä kolmessa minuutissa. Mitattuja selvitysaikoja verrattiin tavoiteaikaan ja selvitysnopeus arvosteltiin luvuilla 1 - 5.

2. Vedon vastaanottajien venymisestä

Testi oli tarkoitus tehdä 100 m pitkille puomiyksiköille 700 kg:n ns. kuivavetona. Testiä ei voitu suorittaa, koska kaksi ensimmäistä puomia (1. ja 5.) repesivät. Repeytyminen johtui molemmissa puomeissa vedon vastaanottajana toimivan vetoliinan suuremmasta venymästä puomikankaaseen verrattuna. Esimerkiksi puomin 1. vetoliina venyi kokeessa 88 cm. Vedon päätyttyä venymä palautui osittain, mutta vetoliina jäi 20 cm pidemmäksi alkuperäiseen pituuteen verrattuna.

Vetokokeen perusteella todettiin, että puomi rikkoutuu, jos vedon vastaanottajien venymä on suurempi kuin puomikankaan venymä puomin pituussuunnassa. Vedon vastaanottajien venymä tulee siis olla pienempi tai yhtä suuri kuin puomikankaan venymä puomin pituussuunnassa.

3. Puomien liittäminen toisiinsa

Kokeessa todettiin, että mikään testattavaksi valittu puomi ei ollut liitettävissä erimerkkiseen puomiin. Erimerkkisten puomien liittämiseksi toisiinsa Saimaan puomityöryhmä suosittelee kunkin säilytysjakson molempiin päihin asennettavaksi amerikkalaisen ASTM standardin F 962 mukaiset liittimet. Tätä standardiliitintä voi käyttää myös vetopäänä.

4. Ankkurointipisteiden tarve

Ankkurointitarve 0,5 m/s virtaavassa vedessä mitattiin kullekin puomille. Virtauksen suunta oli 90° puomin pituussuuntaan nähden. Kokeen aikana oli täysin tyyntä.

Kokeissa todettiin, että ko. virtauksessa riittävä ankkurointimahdollisuus on olemassa, mikäli ankkurointipisteet sijaitsevat vähintään 25 m:n välein. Ankkurointikohdat tulee lisäksi merkitä puomiin siten, että ne ovat helposti havaittavissa puomin kelluessa vedessä. Ankkurin tulee myös olla helposti kiinnitettävissä.

5. Puomin vetäminen suoraan eteenpäin

Vetokokeita tehtiin puomiyksiköille, joiden pituudet olivat 100 ja 200 m. Kullekin puomimerkille tehtiin kaksi vetokoetta mainitun pituisia puomiyksikköjä käyttäen. Ajonopeuden ja samalla vetovastuksen kasvaessa kaikissa kokeissa päädyttiin raja-arvoon, jolloin vetopään ja vetoköysien kestävyys petti. Nämä tulokset eivät ole keskenään vertailukelpoisia, mutta karkeat arviot esitettiin vetopään kestävydestä luvuilla 1-5.

6. Puomin käyttäytyminen virrassa ja nuottauksessa

Kokeet tehtiin virtaavassa vedessä. Veden virtausnopeus oli 0,5 m/s ja virtaus suuntautui puomiin kohtisuorasti. Rodamiini -nimistä väriainetta kaadettiin 5 ml metrin etäisyydelle puomista (puomin pituussuuntaisesta keskilinjasta). Kokeessa mitattiin aika, joka tarvittiin väriaineen kulkeutumisiksi puomin suojapuolelle puomin alitse.

Väriaineen kulkeutumiselle saatiin paras, eli hitain arvo, joka oli noin kaksi minuuttia. Puomien todettiin virtaavassa vedessä toimivan hyvin vaihtelevasti ilman ankkurointia. Todettiin myös, että ankkurointitarpeen arviointi on suoritettava kullekin puomille erikseen. Puomien soveltuvuutta virtausolosuhteisiin arvosteltiin luvuilla 1 - 5.

7. Puomin nuottauskoe ja muita arvioita

Suoritetuissa kokeissa hinattiin jokaisen puomin 200 m:n pituista jaksoa vuorotellen tasaisella kahden solmun nopeudella "U"-muodostelmana tyynessä ja virtaamattomassa vedessä kahden veneen vetäessä puomijakson kumpaakin päätä samassa linjassa.

Tässä kokeessa edellytettiin, että puomin eri rakenneosien ja erityisesti liitosten tulee kestää muodostuva vetorasitus. Lisäksi puomin tuli pysyä pystyssä ja muodostaa pussi puomin helmaosaan veden virtaussuuntaa vastaan, eli toimia nuottamaisesti. Saadut tulokset esitetään liitteessä 2.

Lisäksi tutkittiin puomien pystysuoraa vakavuutta eli aallokon seurantaominaisuutta ja puomien liittämistä maalla ja vedessä. Myös puomien materiaalit, tekotapa ja työn laatu sekä puomien huollettavuus, pesu ja varastointitavat arvioitiin ja verrattiin tutkittavia puomeja keskenään. Koetulokset esitetään liitteessä 2.

13.2 Testien tulokset ja suositukset

Puomityöryhmän kokeet olivat suuntaa antavia. Puomiryhmän tekemissä kokeissa tutkittiin vain saaristo-, rannikko- ja järvipuomeiksi soveltuvia tyyppisiä. Saatujen tulosten perusteella puomiryhmä esittää, että tulevaisuudessa vaadittaisiin uusilta hankittavilta puomeilta toimivuus-kriteerejä, joita on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 7. Suosituksia

Ominaisuus	Suositus
Puomin liittämisoepus/liitos	
- maalla	30s
- vedessä	60 s
Säilytyspakkauksen koko	n. 200 m
Puomin selvitysaika säilytyspakkauksesta (jos pituus on muu kuin 200 m, aika on kerrottava suhdeluvulla pituus : 200 m)	3 min
Vedon vastaanottajien max. venymä	< kankaan
Liitospappaleet säilytyspakkauksen molempiin päihin	ASTNI standardi F 962
Ankkurointipisteiden sijoittaminen max. 25 m:n välein. Ankkurointikohta on merkittävä puomiin näkyvästi esim. seuraavasti	enintään 25 ni
Nuottaukseen tarkoitettujen puomin nuottausnopeus	2 solmua
Puomin nostolenkkien sijoittaminen	1,0 - 1,5 m:n välein
(Helman vaakasuora vakavuus Rodamiini koe)	2 minuuttia

Puomien valinta tulee suorittaa todennäköisimmän käyttötarkoituksen mukaan. Esimerkiksi virtaavassa vedessä, kuten salmissa sekä tehtaiden ja öljyvarastojen alapuolisissa vesistön osissa on puomin selvitysnopeudella oleellinen merkitys.

Puomin toimivuus virtaavassa vedessä riippuu puomin helman vakavuudesta.

Seuraavassa taulukossa esitetään liitteestä 2 koottujen arvostelupisteiden mukaan testattujen puomien näennäinen paremmuusjärjestys. Arvo 0 tarkoittaa ominaisuutta, joka ei ollut mitattavissa Saimaan puomiryhmän tekemissä kokeissa.

Taulukko 8. Puomien näennäinen paremmuusjärjestys

Puomi numero	Puomin selvitysaika	Puomin toimivuus ja helman vakavuus virrassa	Nuotattavuus	Yhteensä
I	4		3	8
II	4	2	3	9
III	4	4	5	13
IV	5	4	5	14
V	2	1	0	3

Puomit III ja IV saivat koetulosten perusteella parhaimmat pisteet.

Nuottausta tehtäessä toiminnallinen nuottausnopeus on ennalta oleellista tietää. Puomin toimivuuden kannalta on myös tärkeää, että vedon vastaanottajien venymä on puomikankaan venymää pienempi.

Puomin hankintahinta (mk/m) on oleellinen valintakriteeri. Myös lisävarusteiden hinta vaikuttaa hankintapäätökseen.

Puomikangas on puomin tärkeimpiä osia, joten sen kestävyys ja helppohoitoisuus ovat tärkeitä ominaisuuksia. Puomikangas tulisi olla helposti ja edullisesti korjattavissa.

Ankkurointipisteitä tulee puomissa olla riittävästi, max. 1-5 m:n välein. Helman vaakasuoran vakavuuden vähentyminen eli pyörintä on parannettavissa ankkuroinnin avulla, mutta tällöin puomilla on oltava riittävästi ns. lisäkelluvuutta, jotta varalaita toimisi öljyä rajoittaen.

Puomin kestävyyttä arvioitaessa on työn laatu helposti havaittavissa. Puomin rakenne- materiaalien tulee olla kestäviä ja pintarakenteeltaan sellaisia, että niihin tarttuu mahdollisimman vähän öljyä. Varastoinnin ja käyttöiän kannalta puomin puhdistaminen käytön jälkeen tulee olla mahdollisimman helppoa.

Puomien liittäminen toisiinsa tulee onnistua helposti myös vedessä.

Puomin selvittäminen varastointipakkauksestaan tulee onnistua mahdollisimman nopeasti. Varastointitapa tulee suunnitella sellaiseksi, ettei se hidasta puomin selvitystä.

Toiminnallinen nuottaustapa on myös oleellista tietää ennalta.