



# Kelluvien asuntojen teknistaloudellinen selvitys



Sörnäistenrannan-Hermanninrannan osayleiskaavaehdotus,  
vaikutusten arvioinnit

Kelluvien asuntojen teknistaloudellinen selvitys 11



## **Johdanto**

Helsinkiin Kalasataman kaupunginosaan on alustavasti suunniteltu perinteisten asuntojen lisäksi alueen merellisyyttä korostavia kelluvia pientaloja. Tässä työssä on selvitetty tekniset ja taloudelliset vaatimukset kelluvien asuntojen rakentamiseksi Kalasataman rantaan.

Työtä ovat ohjanneet arkkitehti projektipäällikkö Mikael Sundman, Pekka Pakkala ja Tuomas Hakala Helsingin kaupunkisuunnitteluvirastosta. Konsulttityöstä ovat vastanneet Henry Westlin, Kerkko Vanhanen ja Jarmo Salo WSP LT-Konsultit Oy:stä sekä Valteri Vauramo, Ville Frost ja Ilkka Seppälä Marinetek Finland Oy:stä.

Helsingissä 11.9.2006



## Sisällys

<b>JOHDANTO</b> .....	<b>2</b>
<b>1 TYÖN TAVOITTEET JA RAJAUKSET</b> .....	<b>4</b>
<b>2 ULKOMAISIA ESIMERKKEJÄ</b> .....	<b>5</b>
2.1 HOLLANTI.....	5
2.2 TANSKA.....	10
2.3 ISO-BRITANNIA.....	12
2.4 ITÄVALTA.....	13
2.5 SUOMI.....	15
<b>3 KELLUVAN KORTTELIN LIITTÄMINEN KUNNALLISTEKNIikkaAN ...</b>	<b>17</b>
3.1 YLEISTÄ.....	17
3.2 VESIHUOLTO.....	17
3.3 LÄMMITYS.....	19
3.4 SÄHKÖ.....	20
3.5 KAASU.....	20
3.6 PUHELIN- JA TIETOLIIKENNE.....	20
3.7 KUSTANNUKSET.....	20
<b>4 KELLUVIEN KORTTELEIDEN ERITYISVAATIMUKSIA</b> .....	<b>21</b>
4.1 KULKEMINEN KELLUVASSA KORTTELISSA.....	21
4.2 PYSÄKÖINTIRATKAISU.....	23
4.3 PELASTUSTOIMINTA.....	24
4.4 JÄTEHUOLTO.....	25
<b>5 PONTTONIEN MITOITUS, VALMISTUS JA ASENNUS</b> .....	<b>27</b>
5.1 ASUNTOPONTTONIEN MITOITUS JA TEKNISET TIEDOT.....	28
5.2 LIIKENNEPONTTONIN MITOITUS JA TEKNISET TIEDOT.....	28
5.3 VALMISTUSMENETELMÄT JA UITTO.....	28
5.4 JÄÄ- JA TUULIKUORMAN VAIKUTUKSET.....	30
5.5 PONTTONIEN ASENNUS.....	31
5.6 ANKKUROINTI.....	32
5.7 SUOSITELTAVAT TOLERANSSIT KEINUMISELLE JA VAKAUDELLE.....	33
5.8 KUSTANNUKSET.....	33
<b>6 PÄÄTELMÄT</b> .....	<b>34</b>



## 1 Työn tavoitteet ja rajaukset

Helsinkiin Kalasataman kaupunginosaan on alustavasti suunniteltu perinteisten asuntojen lisäksi alueen merellisyyttä korostavia kelluvia pientaloja. Teknisten ja taloudellisten vaatimusten selvittämiseksi työlle asetettiin neljä selkeää tavoitetta:

- Kunnallistekniikan liittäminen asuntoponttoneihin ja asuntoihin
- Ponttonien ankkurointitavan ja stabiloinnin selvittäminen
- Kelluvien asuntojen ja niiden edellyttämien kunnallisteknisten investointien kustannusten alustava selvittäminen
- Toleranssien määrittely (esimerkiksi paljonko ponttonit saavat liikkua ja kallistua)

Työssä tehdyt arviot ja suositukset on tehty asemakaavatasolla.

Tilaaaja asetti työtä rajaavaksi tavoitteeksi pyrkimyksen pysyviin ratkaisuihin. Asuntoja ei ole myöhemmin tarkoitus siirtää paikasta toiseen. Ensisijainen tavoite rakentamisen kannalta on, että sekä asunnot että ponttonit voidaan valmistaa muualla ja kuljettaa valmiina loppulliseen sijoituspaikkaansa. Lisäksi mahdollisuus kuljettaa elementit maateitse on suositeltavaa.

Käytettävien rakennusmateriaalien on oletettu olevan pääosin peltiä, lasia ja puuta. Keskeinen vaatimus on rakenteiden keveys ja soveltuvuus meriolosuhteisiin.

## 2 Ulkomaisia esimerkkejä

Tähän kappaleeseen on kerätty joitakin esimerkkejä ulkomailla toteutetuista kelluvista, tai veden ylle rakennetuista rakennuksista.

### 2.1 Hollanti

Alankomaissa on kerätty melko paljon kokemusta veden äärelle rakennettavista asunnoista ja niiden suunnittelusta. Varsinaisesti tämä rakennusteollisuuden ala on lähtenyt nousuun 1990-luvun puolivälin jälkeen. Valtaosa kelluvista tai veden ylle rakennetuista rakennuksista on Hollannissa pystytetty kiinteille tukirakenteille. Silti myös kelluvia ponttoneita käytetään.

Oheisissa kuvissa on muutama esimerkki arkkitehti Art Zaaijerin piirtämistä kelluvista taloista. Ponttonirakenteen tekninen perusidea on kehitetty Kanadassa. Ponttoni rakentuu polystyreenilaattojen muodostamasta kokonaisuudesta, jonka ympärille on asennettu ohut betonivaippa. Puurakenteiset rakennukset ovat kaksikerroksisia ja julkisivu on päällystetty ohuella alumiinilla. Näin julkisivut ovat mahdollisimman huoltovapaita ja pitkäikäisiä. Alla esitellyt rakennukset voidaan haluttaessa uittaa uuteen paikkaan.



**Kuva 1** Kelluvia paikasta toiseen uitettavia asuntoja.

<http://www.findaproperty.com/storv.aspx?storvid=6166>

Alla olevassa kuvaparissa esitetyt rakennukset on perustettu maavaraiselle anturalle. Ne sijaitsevat tulvivan joen varrella. Tästä syystä rakennukset on lisäksi kytketty teleskooppimaisesti kahden 5 metrin mittaisen teräspilarin varaan. Veden pinnan merkittävästi noustessa rakennukset nousevat veden mukana välttämällä näin tulvavahingot. Teleskooppiankkurien avulla ne pysyvät paikoillaan. Vedenpinnan laskiessa rakennukset laskevat takaisin omalle paikalleen ja lepäävät maanpäällisten perustusanturoidensa päällä.



**Kuva 2** Tulva-aikana kelluvia asuntoja, jotka pysyvät paikoillaan pystypaalujen avulla.

<http://www.findaproperty.com/storv.aspx?storvid=6166>

Seuraavat kolmen kuvan kollaasissa esitetyt asunnot ovat Hollannin Almeressa sijaitsevia kelluvia asuntoja, jotka on rakennettu osana rakennusmessuja teemalla ”villia ja haluttua asumista”. Kyseessä on nk. satama-asunto, ”pier house”, joka kelluu betonivaippaisella

pontonilla. Rakennukset ovat melko vapaasti sovitettavissa vastaamaan ostajan tarpeita ja mieltymyksiä. Asunnot myydään minimimukavuuksilla (pieni keittonurkkaus, kylpyhuone ja tarvittavat tekniset liitännät), jotka on asennettu valmiiseen mantereeseen puoleiseen osaan asuntoa. Talon omistaja voi asua tässä pienikokoisessa osassa tulevaa taloaan samalla, kun muuta osaa vasta rakennetaan.



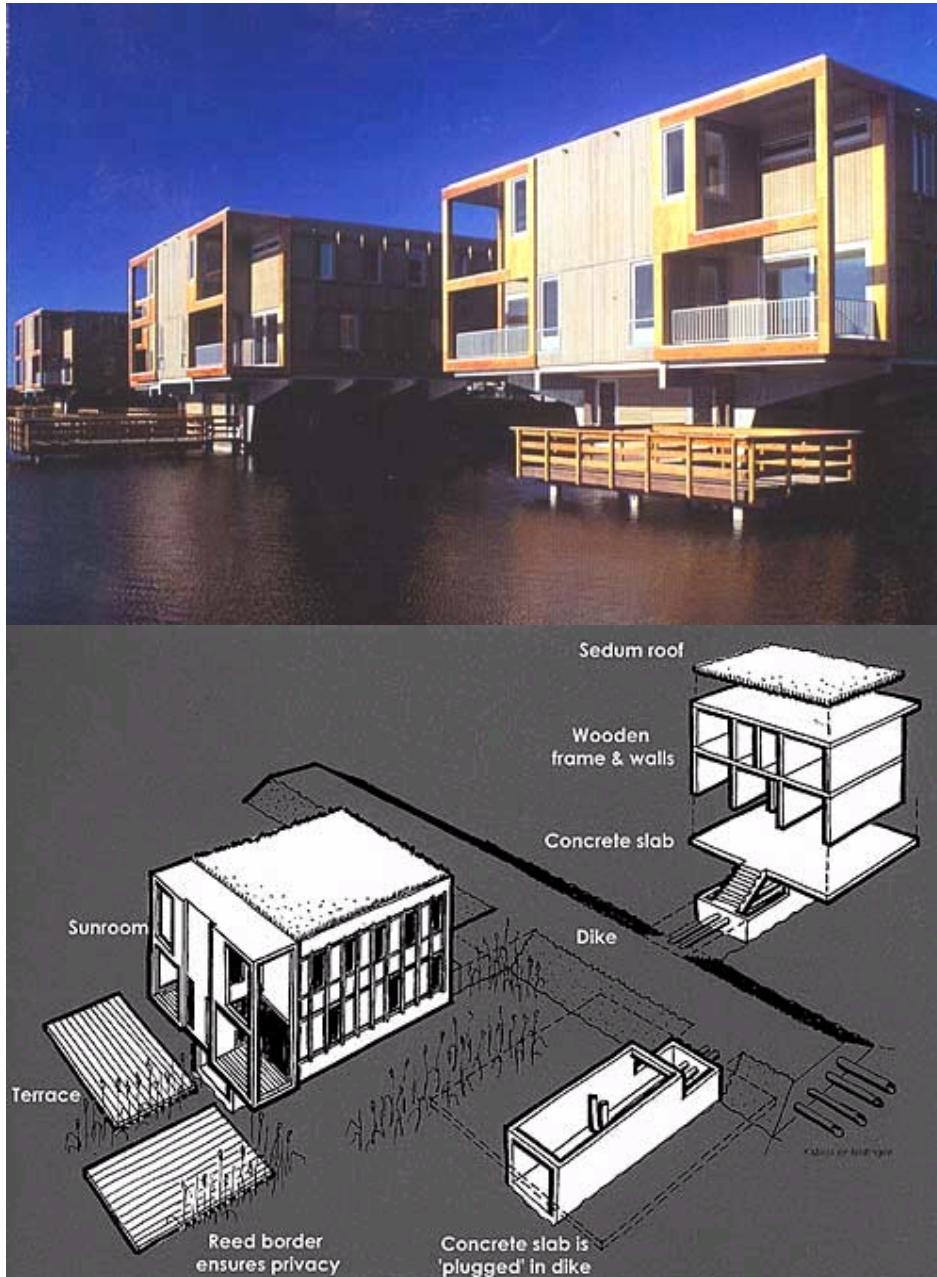
**Kuva 3** Veden ylle rakennettuja kelluvia asuntoja. Talojen mantereen puoleinen puoli on kaikissa hyvin samanlainen, mutta veden puoleinen osa on yksilöllinen ja selvästi suurempi.

[http://www.h2olland.nl/project\\_02.04.06.xml.html](http://www.h2olland.nl/project_02.04.06.xml.html)

<b>Projektin nimi:</b>	<b>All Hands on Deck</b> , 47 huoneistoa
Kaupunki:	Almere
Vuosi:	2001
Arkkitehdit:	Fons Verheijen, Angie Abbink, Sjoerd Betten
Arkkitehtitoimisto:	Verheijen Verkoren Knappers de Haan
Internet:	<a href="http://www.vvkh.nl">www.vvkh.nl</a>
Sähköposti:	<a href="mailto:info@vvkh.nl">info@vvkh.nl</a>
Asiakas:	Proper Stok b.v. Rotterdam
Rakentaja:	Ingenieursburo Zonneveld b.v. Rotterdam
Rakennuskustannukset:	

Seuraavassa on muutamia esimerkkejä Alankomaissa toteutetuista asuinrakennusprojekteista, joissa lisämaata on hankittu rakentamalla rakennukset veden ylle. Suuri osa internet-tarkastelussa löydetyistä nk. water dwellingeistä ei ole kelluvia (floating) asuntoja, vaan

niiden perustukset on rakennettu täyttömaalle tai mereen rakennettujen kiinteiden perustus-  
rakenteiden päälle. Tämä on ollut yksi keino laajentaa niukkoja tonttivarantoja.



**Kuva 4** Veden ylle rakennettuja ei-kelluvia asuntoja.

[http://www.h2olland.nl/detail\\_02.04.01.html](http://www.h2olland.nl/detail_02.04.01.html)

<b>Projektin nimi:</b>	<b>Water dwellings, Schillingdijk</b>
Kaupunki:	Amsterdam-Osdorp
Vuosi:	1999
Arkkitehdit:	Bart Mispelblom Beyer, Charlotte ten Dijke
Arkkitehtitoimisto:	TANGRAM Architekten
Internet:	<a href="http://www.tangramarchitekten.nl">www.tangramarchitekten.nl</a>
Sähköposti:	<a href="mailto:tangram@tangramarch.demon.nl">tangram@tangramarch.demon.nl</a>
Asiakas:	SBDN
Konsultit:	Ingenieursgroep Van Rossum





Rakentaja: SBDN



**Kuva 5 Veden ylle rakennettuja ei-kelluvia asuntoja.**  
[http://www.h2olland.nl/detail\\_02.04.16.html](http://www.h2olland.nl/detail_02.04.16.html)

<b>Projektin nimi:</b>	<b>Plan Tij</b> , 80 huoneistoa
Kaupunki:	Dordrecht
Vuosi:	2004
Arkkitehdit:	Rien de Ruiter, Sjoerd Berghuis
Arkkitehtitoimisto:	Klunder Architecten Rotterdam
Internet:	<a href="http://www.klunderarchitecten.nl">www.klunderarchitecten.nl</a>
Sähköposti:	<a href="mailto:arch.klunder@wxs.nl">arch.klunder@wxs.nl</a>
Asiakas:	Stam & de Koning Vastgoed and Volker Wessels Vastgoed
Konsultit:	Aveco Infrastructure Konsultit, Motivaction, Stijlgroep
Rakentaja:	



**Kuva 6 Veden ylle rakennettuja ei-kelluvia asuntoja. Theo Verburg Architecten ([www.theoverburg.nl](http://www.theoverburg.nl))**

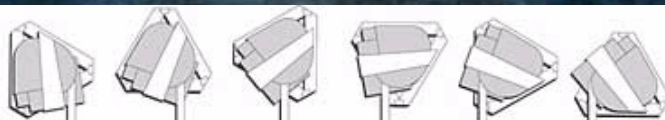
**Projektin nimi:** Noorderplassen, 53 huoneistoa  
**Kaupunki:** Almere  
**Vuosi:** 2002-2004  
**Arkkitehdit:** Theo Verburg, Nourdin Alou  
**Arkkitehtitoimisto:** Theo Verburg Architecten  
**Internet:** [www.theoverburg.nl](http://www.theoverburg.nl)  
**Sähköposti:** [info@theoverburg.nl](mailto:info@theoverburg.nl)  
**Asiakas:** Bemog projectontwikkeling Almere  
**Konsultit:** Goudstikker en de Vries  
**Rakentaja:** Moes Bouwbedrijf  
**Kerrosala:** 9634 m2



**Kuva 7 Korkea ei-kelluva toimistorakennus veden ylle rakennettuna. [http://www.h2olland.nl/project\\_02.04.07.xml.html](http://www.h2olland.nl/project_02.04.07.xml.html)**

**Projektin nimi:** Silodam  
**Kaupunki:** Amsterdam  
**Vuosi:** 1995-2002  
**Arkkitehdit:** Winy Maas, Jacob van Rijs, Nathalie de Vries  
**Arkkitehtitoimisto:** MVRDV  
**Internet:** [www.mvrdv.nl](http://www.mvrdv.nl)  
**Sähköposti:** [office@mvrdv.nl](mailto:office@mvrdv.nl)  
**Asiakas:** Rabo Vastgoed, De Principaal b.v.  
**Konsultit:** Pieters Bouwtechniek, Cauberg Huygen  
**Rakentaja:** Bouwcombinatie Graansilos v.o.f. [Bouwbedrijf M.J. de Nijs en Zonen b.v. and Kondor Wessels Noord]

Perinteisiä asuntoveneitä tai -laivoja on moitittu liian venemäisiksi. Ne eivät kaikilta osin esimerkiksi tarjoa riittävän korkeaa asumismukavuutta. Oheinen hollantilaisiesimerkki esittää futuristista siirrettävää asuntolaivaa, jossa on pyritty korostamaan asumismukavuutta.



**Kuva 8 Fururistinen asuntovene** [http://www.h2olland.nl/detail\\_02.04.05.html](http://www.h2olland.nl/detail_02.04.05.html)

<b>Projektin nimi:</b>	<b>Water Dwelling</b>
Kaupunki:	Middelburg
Vuosi:	2002
Arkkitehdit:	Herman Hertzberger, Patrick Fransen , Folkert Stropsma, Jeroen Baijens
Arkkitehtitoimisto:	Architectuurstudio Herman Hertzberger
Sähköposti:	hrtzbrgr@euronet.nl
Asiakas:	Woongoed Middelburg and Walcherse Bouw Unie b.v.
Konsultit:	ABT, Sweegers en de Bruin b.v.
Rakentaja:	Walcherse Bouw Unie b.v., Meijers Staalbouw b.v.
Kerrosala:	160 m2

## 2.2 Tanska

Tanskassa on toteutettu kelluvia asuntoja. Tässä esitellään Kööpenhaminan Sydhavnissa sijaitsevan Sluseholmen-nimisen suurehkon kelluvan klubirakennuksen ratkaisuja. Rakennus sijaitsee Kalasataman kaltaisella entisellä teollisuusalueella Kööpenhaminan laitamilla. Viime aikoina aluetta on muutettu moderniksi ja melko kalliiden asuntojen alueeksi.

Rakennus on pystytetty kelluvalle ponttonilautalle, joka rakentuu seitsemästä tehdasvalmisteisesta ponttonimodulista. Jotta ponttonikokonaisuus olisi mahdollisimman vakaa ja jotta rakennuksen ympäristö olisi mahdollisimman viihtyisä ja väljä, on ponttonilautta mitoitettu hieman varsinaisen rakennuksen pohjapinta-alaa suuremmaksi. Näin on mahdollistettu kävely rakennuksen ympäri ja samalla rakennuksen painopiste asettuu mahdollisimman keskellä ponttonilauttaa.



**Kuva 9 Tanskassa Kööpenhamin Sydhamniin Sluseholmeniin toteutettu kolmesta rakennusmoduulista rakentuva klubirakennus. (Marinetek Finland Oy)**



**Kuva 10 Rakennusta kiertää pieni perustuksista ulos vedetty laituri. (Marinetek Finland Oy)**



Sluseholmenin rakennus vastaa sikäli Kalasataman alueelle suunniteltuja kelluvia asuntoja, että se sijaitsee teollisuuskäytöstä vapautuneella uudisrakennusalueella. Rakennus vastaa myös kooltaan Kalasataman alueelle suunniteltuja asuntoja.

### 2.3 Iso-Britannia

Lontooseen on hiljattain valmistunut kelluva siirrettävä asunto, jonka ponttonit on valmistettu Suomessa ja varsinainen talo Ruotsissa. Kuljetus hoidettiin yhteensä viidellä trailerilla. Tämä osoittaa, että kelluvien asuntojen tekniset ratkaisut ja tuotanto voidaan ostaa sieltä, mistä tilaaja kokee saavansa parhaiten toiveet täyttävät tuotteet.



**Kuva 11** Lontooseen toimitettu kelluva asunto, joka voidaan uittaa tarvittaessa toiseen paikkaan. (Marinetek Finland Oy)



**Kuva 12** Rakennuksessa käytetyt materiaalit ja yksityiskohdat ovat korkeatasoisia. (Marinetek Finland Oy)

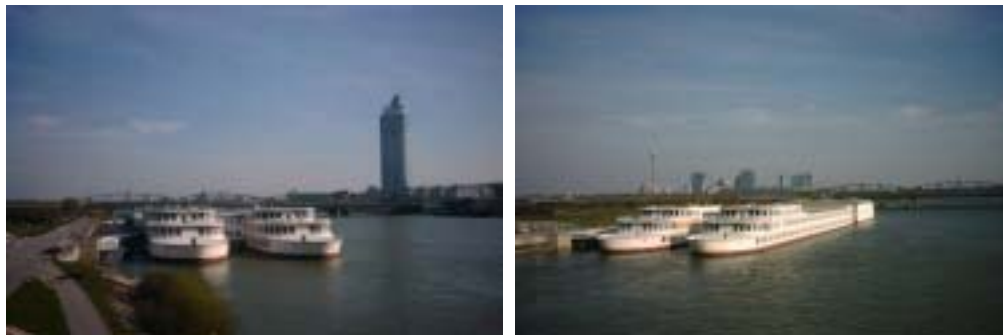


**Kuva 13** Avaruutta ja valoa. (Marinetek Finland Oy)

## **2.4 Itävalta**

Wienin kaupungin halkaisee Tonava, jolla kulkevat jokilaivat ovat tuttu näky monissa keskieuropalaisissa kaupungeissa. Tonavan toiseen pääuomaan on jokiuomien välissä sijaitsevan pitkän ja kapean saaren rantaan ankkuroitu kaksi erittäin suurta jokilaivaa – tai tältä ensisilmäyksellä vaikuttaa. Todellisuudessa kyseiset laivat ovat Wienin liikuntatieteellisen yliopiston opetus- ja urheilutiloja, jotka kelluvat rantaan pysyvästi asennettujen ponttonien päällä. Rakennukset ja niiden perustana olevat ponttonit eivät siis koskaan ole olleet todellisia jokilaivoja, vaan ne on ainoastaan naamioitu jokilaivojen näköisiksi. Laivojen peräosassa on erillinen hinattava proomu, joka todellisuudessa on suuri urheiluhalli, jonne mahtuu mm. kolme koripallokenttää.

Oheisista kuvista ilmenee paremmin Wienin kelluvien opetus- ja urheilutilojen idea ja ulkonäkö.



**Kuva 14** Kaksi jokilaivaa – vai sittenkin jotakin aivan muuta... Kaksi opetuskäytössä olevaa jokilaivaa ankkuroituna Donau Inselin rantaan



**Kuva 15** Urheiluhalliin käydään veden pinnan liikkeitä myötäilevää siltaa pitkin.



**Kuva 16** Urheiluhalli ja opetustilat on kytketty toisiinsa pienen sillan avulla.



**Kuva 17** Urheiluhallissa mahtuu hyvin pelaamaan kaikkia sisäpalloilulajeja.

## 2.5 Suomi

Espoon Keilaniemeen on rakennettu kelluva koetalo, jolla testataan rakenteiden soveltuvuutta pohjoisiin olosuhteisiin. Toistaiseksi saadut kokemukset ovat olleet hyviä. Rakennus on yksikerroksinen ja melko pieni, mutta vastaa perusidealtaan Kalasataman suunniteltuja kelluvia asuntoja.



**Kuva 18** Kelluvien asuntojen prototyypitalo Keilaniemessä New Port venesataman yhteydessä Espoossa (Marinetek Finland Oy).





**Kuva 19** Kelluvissa asunnoissa voidaan käyttää korkealaatuisia merihenkisiä materiaaleja. (Marinetek Finland Oy)

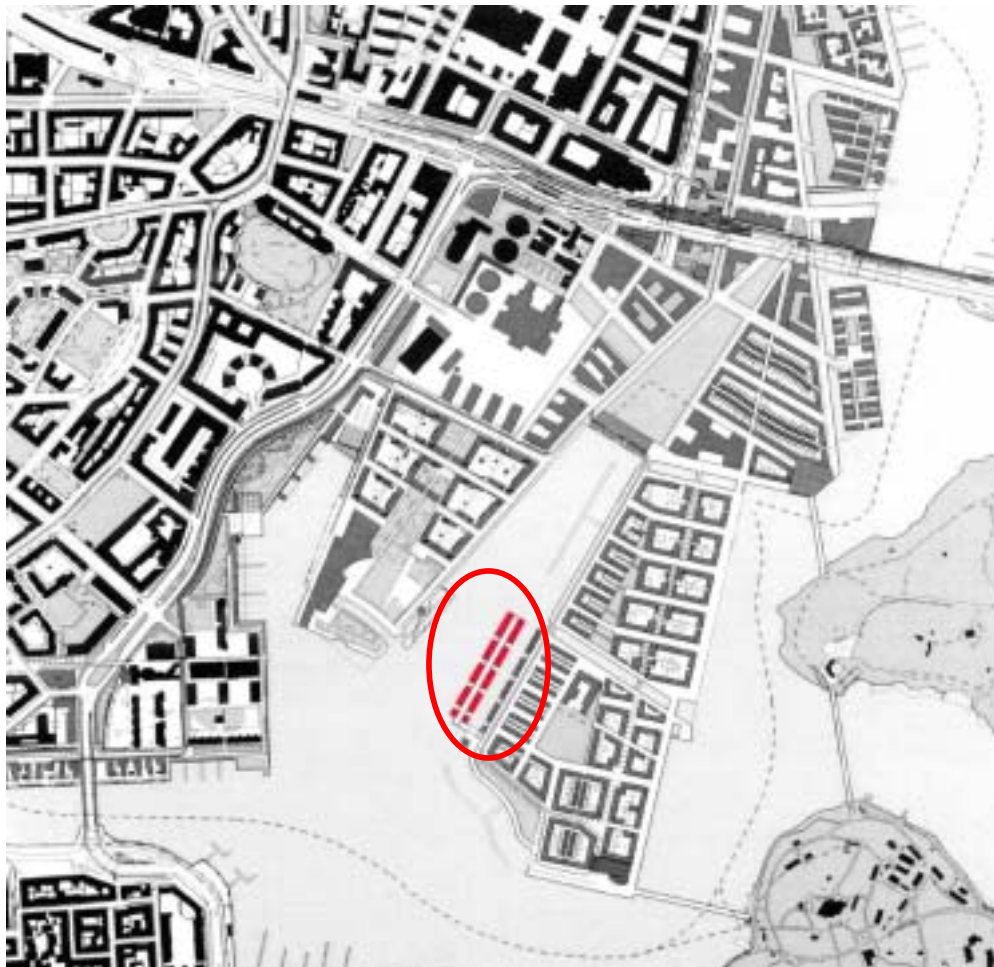


**Kuva 20** Havainnekuva asuinrakennuksesta, johon on integroitu oma sisään vedetty vene-  
paikka. (Marinetek Finland Oy)

## 3 Kelluvan korttelin liittäminen kunnallistekniikkaan

### 3.1 Yleistä

Kunnallistekniikan osalta vesi- ja viemärointi olisi järkevintä tuoda asutoponttoneille keskitetysti toisen käyntisillan yhteydessä alueen kaakkoisnurkasta.



Kuva 21 Kaavailtu kelluvien asuntojen sijoitusalue Kalasataman kaupunginosassa.

### 3.2 Vesihuolto

#### 3.2.1 Yleistä

Vesihuollon kannalta olosuhteet ovat varsin haasteelliset. Merenpinnan korkeuden vaihtelu ja jatkuva liike vaativat verkostolta riittävää joustoa. Myös putkistojen jäätyminen estäminen voi osoittautua hankalaksi huollettavuuden lisäksi varsinkin mahdollisen sähkökatkon yhteydessä.

Periaatteessa vesi- ja viemäriputkistot voidaan tuoda asutoponttoneille merenpohjassa. Veden syvyys rakennuspaikalla on n. 8 metriä ja meriveden alin lämpötila on +6 C, joten merenpohjassa runkoputkistot eivät missään vaiheessa altistu pakkaselle, mutta verkostojen huollettavuus hankaloituu. Kahden metrin korkeusvaihtelu edellyttäisi kuitenkin pitkää

vaakasuuntaista joustavaa osuutta merenalaisessa putkistossa, jota varten täytyi kehittää täysin uusi (ja mahdollisesti kallis) kytkentäratkaisu.

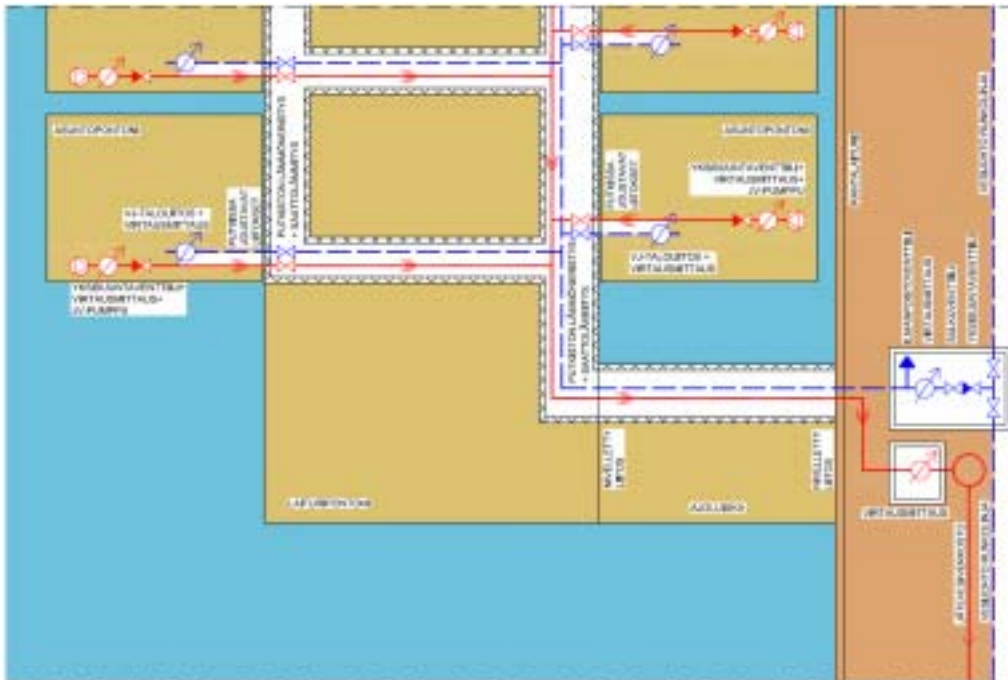
Jos kunnallistekniikka tuodaan ponttoneille keskitetysti yhdestä pisteestä täytyisi ponttoneilla sijaitsevat putket lämpöeristää. Lämpöeristeenä voidaan mahdollisesti hyödyntää ponttonin EPS-rakennetta. Vastaavasti, jos vesihuolto toteutettaisiin asuntokohtaisesti merestä, täytyisi joustavia (ja siten vaurioherkkiä) liitoksia olla monikertainen määrä. Meriveden lämmöneristysyhyty suhteessa tarvittaviin monimutkaisiin liitoksiin on kyseenalainen.

Teknicaloudellisesti järkevin tapa liittää kelluva kortteli kunnalliseen vesihuoltoon on liittää se keskitetysti putkistolla, joka asennetaan toisen käyntisillan yhteyteen. Liitokseen tarvitaan halkaisijaltaan n. 500 mm suojaputki sekä taipuva palje (25 asteen taipuma sallittu), jolloin vedenpinnan vaihtelusta ei aiheudu haittaa. Sivuttaissuuntainen liikkumavara toteutettaisiin rakentamalla mantereen puolelle erillinen kaivo, jonka yhteydessä yhdysputki voi liikkua tarvittavat noin 10 senttimetriä.

Huollettavuuden kannalta vesihuoltoputkistot olisi sijoitettava ponttonien yhteyteen lämpöeristettynä ja saattolämmityksellä varustettuna. Haasteellisiksi kohdiksi muodostuvat eri rakenteiden liitoskohdat, joissa on varmistettava putkistojen riittävä jousto. Suurin merivedenpinnan vaihtelu kohdistuu ponttonirakenteen ja rannan väliin (-0,5m – 1,5m).

Vesi- ja viemärintikysymykset on otettava huomioon jo ponttoniratkaisua tehtäessä.

Ponttoninen yhteyteen rakennettavan verkoston rakennuskustannukset olisivat arviolta 50 % suuremmat normaaliin kunnallistekniseen rakentamiseen verrattuna, sillä verkostoon on asennettava lämpöeristeet ja saattolämpö sekä asuntokohtaiset pumppaamot (jätevesi). Tässä yhteydessä kunnallisteknisiin kustannuksiin ei ole arvioitu ponttoneihin mahdollisesti rakennettavien koteloiden rakentamiskustannuksia. Toisaalta maankaivukustannuksia ei tässä ratkaisussa synny.



**Kuva 22** Periaatepiirros vesihuollon ratkaisusta siten, että pääyhteys on toteutettu ajosillan yhteyteen ja ponttonien sisään on rakennettu vesihuoltoverkosto.



### 3.2.2 Vesijohto

Vesijohtojen osalta kelluvat asunnot eivät eroa merkittävästi tavallisten venesatamien vedenjakelusta. Ainoana erona on talvikäyttö, eli jäätyminen estämisestä huolehtiminen. Vesijohtot on kuljetettava merenpohjaa pitkin tai huolehdittava putkiston riittävästä eristämisestä ja lämmityksestä. Koska vesijohdon liitoksia joudutaan rakentamaan kohtiin, joissa ne voivat joutua epähygieenisen meriveden kanssa kosketuksiin, on rannalle tehtävään runkolinjaan asennettava yksisuuntaventtiili. Näin rajataan mahdollisessa alipainetilanteessa desinfioitavan verkosto-osan laajuus. Rannalle sijoittuvalle johto-osuudelle on asennettava ilmanpoistiventtiili. Mahdollisten vuotojen havaitsemiseksi asuntoalueelle syöttävään runkolinjaan asennetaan virtausmittari asuntokohtaisten mittarien lisäksi.

Asennettaessa putkistot ponttonien yhteyteen voidaan jokaisen asuntoponttonin kohdalle asentaa asuntokohtainen talosulku heti runkolinjan viereen, jolloin asuntojen liittäminen ja irrottaminen verkostosta on helppoa eivätkä yksittäiset huoltotoimenpiteet vaikuta muiden asuntojen vedenjakeluun. Runkolinjan liitos rannalla olevaan vesijohtoon sijoitettaisiin ajosillan yhteyteen.

Mikäli vesijohto sijoitetaan meren pohjaan, ei asuntokohtaista talosulkua voida asentaa runkolinjan yhteyteen. Mikäli talohaarassa ilmenee ongelmia, on koko kelluvan asuntoalueen vedenjakelu keskeytettävä. Myös noin kahden metrin korkeusvaihtelun salliminen suoraan merenpohjasta nousevissa talohaaroissa saattaa johtaa ilmataskujen syntymiseen (vrt. putkistojen ja mm. lämpöpattereiden ilmausventtiilit).

Molemmissa asennustavoissa on verkoston rakennemateriaaleissa otettava huomioon meriveden aiheuttamat korroosioriskit.

### 3.2.3 Jätevesi

Jätevedet pumpataan asuntokohtaisesta, repijäpumpulla ja takaiskuventtiilillä varustetusta pumppaamosta suoraan yhteisen paineputken kautta rannalla sijaitsevaan jätevesiverkostoon. Paineputki voidaan sijoittaa vesijohdon tapaan joko meren pohjaan tai ponttonirakenteisiin. Ponttoniin asennettuna voidaan runkolinjaan asentaa vesijohdontapaan sulkuventtiilillä varustetut talohaarat, jolloin yksittäiset huoltotoimenpiteet ja kiinteistöjen liittymiset hoitaa häiritsemättä muiden kiinteistöjen vesihuoltoa. Mahdollisten vuotojen havaitsemiseksi asuntokohtaisten pumppaamoiden yhteyteen sekä rannalla sijaitsevaan jätevesiverkoston liitokseen asennetaan virtausmittarit.

Rakenteellisesti paineputkella on samat tekniset vaatimukset kuin vesijohdollakin.

### 3.2.4 Sadevesi

Katoilta valuvat sadevedet sekä ponttoneille kertyvät hulevedet johdetaan suoraan mereen.

## 3.3 Lämmitys

### 3.3.1 Kaukolämpö

Kalasadaman rantaan sijoittuviin kelluviin asuntoihin voidaan soveltaa useita erilaisia uudentyyppisiä lämmitysratkaisuja. Tulevaisuudessa alueelle rakennetaan kaukolämpö (ja kaukokylmä), mikä tukisi kaukolämpöpohjaista lämmitysratkaisua. Rakennusten liittäminen jääkkiin kaukolämpö- ja kylmäputkiin ei kuitenkaan ole kovin yksinkertaista mm. merenpinnan korkeusvaihtelun takia. Ratkaisu edellyttää asuntoihin tehtäviä pitkiä, jopa 150 metrin mittaisia asennusvetoja sekä raskaita putkistoja. Kaukolämpöratkaisu edellyttää lämpöpääkeskuksen rakentamista mantereelle.



### 3.3.2 Lämpöpumppu ja suorasähkö

Lämpöpumpun ja suoran sähkölämmityksen yhdistelmä olisi kelluvien asuntojen osalta suositeltavin ratkaisu. Lämpöpumpun tarvitsema vesikiertoputkisto asennettaisiin talokohdaisesti merenpohjaan. Kesäisin järjestelmää voitaisiin käyttää asuntojen viilentämiseen ja talvisin lämmittämiseen, jolloin riittävän lämmityskapasiteetin takaamiseksi tukena käytettäisiin suoraa sähkölämmitystä.

### 3.4 Sähkö

Rakennukset liitetään kaupungin sähköverkkoon maakaapelilla. Kaapeliveto tehdään keskitetysti alueen itälaidasta rinnakkain muiden kunnallisteknisten liitöntöjen kanssa.

### 3.5 Kaasu

Merenpinnan vaihtelu aiheuttaa erityisen suuren toimivuus- ja turvallisuusriskin jäykille kaasuputkille. Metalliset kaasuputket altistuvat korroosiota kiihdyttävälle merivedelle. Tarvittaessa kaasuliitokset voitaisiin tehdä myös joustavilla kumiletkuilla. Kelluvien asuntojen kytkeminen yleiseen kaasuverkkoon ei kuitenkaan edellä mainituista epävakaisuustekijöistä johtuen ole erityisen suositeltavaa.

Jos asunnoissa halutaan käyttää kaasua, voitaisiin niissä kiinteiden kaasuasennusten sijasta käyttää vaihdettavia kaasupulloja, tai jotakin suurempaa täytettävää säiliötä.

Kaasuliitoksen teknistä ratkaisua ei ole selvitetty tässä työssä. Lopullisen kannan kaasuteknisiin liitoksiin ottaa Helsingin Energia.

### 3.6 Puhelin- ja tietoliikenne

Puhelin ja tietoliikenneyhteydet vedetään samassa yhteisputkessa sähkövetojen kanssa.

### 3.7 Kustannukset

<b>Kustannustarkastelu</b> (vertailukohtana tavanomainen rakennushanke)	
Vesihuolto	Vesihuollossa tarvitaan asuntokohtaiset pumppaamot. Pontonilla olevat putkistot on lämpöeristettävä. Käyttökustannukset ovat perinteiseen maaputkistoon nähden hieman korkeammat. Kunnossapito on tavanomaista helpompaa ja nopeampaa.
Lämmitys	Ei merkittäviä lisäkustannuksia. Mereen varastoituneen lämpöenergian hyödyntäminen suositeltava ratkaisu. Vältetään kalliit kaukolämpötekniset liitokset ja raskaat vedot.
Sähkö	Ei merkittäviä haittoja tavanomaiseen asuntorakentamiseen verrattuna. Kunnossapito on helpompaa ja nopeampaa.
Kaasu	Riskialtis. Vaikutukset selvitettävä Helsingin Energialta.

## 4 Kelluvien kortteleiden erityisvaatimuksia

### 4.1 Kulkeminen kelluvassa korttelissa

Lähtökohtana on, että kelluvan korttelin asukkaat pääsevät omilla autoillaan mahdollisimman lähelle asuntoaan. Tästä aiheutuu rakenteille kantavuusvaatimuksia, jotka on otettava huomioon myös pelastus- ja mahdollisesti myös jätehuoltotoiminnan vaatimusten näkökulmasta.

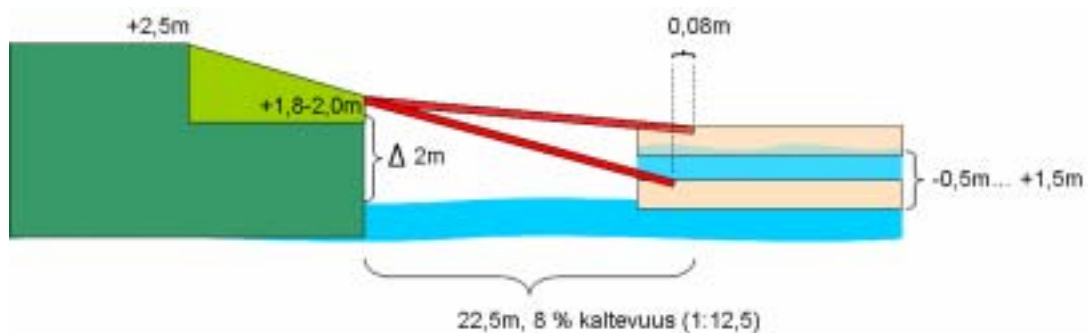
Autoliikenteen järjestäminen ponttoneille lisää merkittävästi rakenteen kustannuksia lisäntyneiden kantavuus- ja pistekuormavaatimusten vuoksi. Lisäksi normaalikatu ympäristöön verrattuna myös turvallisuusriski kasvaa hieman (mm. mahdollinen suistuminen veteen kaikenlaisissa olosuhteissa on estettävä).

Helsingissä rantarakentamisen alin sallittu korkeustaso on +2,5m. Tämän lisäksi merenpinnan korkeus saattaa vaihdella jopa kaksi metriä välillä -0,5m +1,5m.

Jos merenpinta on esimerkiksi kaksi metriä mantereen tasoa alempana, on jyrkkäkin silta (kaltevuus 10 %) peräti 18 metriä pitkä (ponttoni ui 0,5m meren pinnan yläpuolella). Käytännössä hyväksyttävä maksimikaltevuus on ehkä tätäkin pienempi, tässä yhteydessä mahdollisesti n. 8 %. Lopullinen kaltevuuden arvo on määritettävä loppukäyttötarkoituksen mukaisesti. Huomionarvoista on, että käyntisillan pidentäminen nostaa rakenteen kustannuksia sekä sillan että ponttonirakenteen osalta.

Jotta sillan pituus voitaisiin minimoida, voitaisiin rantalaiturille rakentaa ajoluiska noin tasoon +1,8m. Tämä korkeustaso on Merentutkimuslaitoksen tutkimusprofessori Kimmo Kahman mukaan minimi siten, ettei ajoyhteys ole poikki käytännössä kovimpienkaan syysmyrskyjen aikana, elleivät sitten aallot lyö käyntisillan yli poikkeuksellisen voimakkaasti.

Rakennettaessa kiinteä ajoluiska edellä mainittuun tasoon turvataan rakenteen kestävyys myös tilanteessa, jossa jäistä aiheutuva ylimääräinen noste kuormittaa rakenteita. Lisäksi vältetään käyntisillan nivelien kääntyminen ”yli” niille suunnitellun liikkumavaran (kulman muuttuminen positiivisesta negatiiviseksi kulmaksi).



**Kuva 23** Esimerkkikuva veden pinnan korkeuden vaihtelun vaikutuksista kulkusillan (kuvasa punaisella) lepokohtaan. Veden ollessa maksimikorkeudessaan (~+1,5m) on kulkusilta katuunkin vaakatasossa, sillan ponttonin korkeus veden pinnasta on n. 0,5m.

Talvikaudella liukkauden esto ym. aiheuttavat omat haasteensa käyntisillalle sekä ponttonirakenteelle. Riittävän käytettävyyden vuoksi kaikkien liikeneponttonien ja ainakin ajoneuvoille tarkoitettujen käyntisilltojen olisi syytä olla lämmitettäviä. Lisäksi käyntisillasta aiheutuva mahdollinen meluhaitta ajoneuvon ylittäessä siltaa edellyttää tarkempaa suunnittelua ja mahdollisesti erikoisratkaisuja kevyempiin käyntisilltoihin verrattuna.

Käyntisillan on oltava toisesta päästään kiinteästi nivelöity ja toisen pään pitää saada vapaasti liikkua vedenpinnan vaihtelujen mukaan, jotta vältetään merenpinnan korkeuden muutosten aiheuttamien voimien kohdistuminen käyntisillan nivelöintiin.



**Kuva 24** Veden pinnan korkeuden vaihtelu asettaa merkittäviä vaatimuksia mm. käyntisillan pituudelle ja kaltevuudelle, rakenteelliselle lujuudelle ja kunnossapidettävyydelle – etenkin jos siltaa pitkin kuljetaan myös autoilla. Raskas käyntisilta edellyttää myös raskastekoista rannimmaista ponttonia, joka pystyy kantamaan käyntisillan painon. (Marinetek Finland Oy)

Kelluvaan kortteliin on rakennettava kaksi ajoneuvoille soveltuvaa käyntisiltaa, joista ainakin toisen on täytettävä edellä mainitut jyrkkyysvaatimukset sekä pysyttävä esteettömänä kaikissa tilanteissa vedenpinnan normaalivaihtelusta riippumatta. Käyntisiltaa pitkin sallittaisiin kevyiden pelastus- ja huoltoajoneuvojen (lähinnä ambulanssit ja esim. kevyet muutokuormat) kulku. Käyntisilta ja ensimmäinen ponttoni on siksi mitoitettava esim. raskaita pakettiautoja kestäväksi. Keskeinen mitoitettava tekijä on korkein sallittu akselikuorma ja tästä aiheutuva pistekuorma. Kuormat on tarkastettava tapauskohtaisesti kun suurimpien sallittujen ajoneuvojen rajaukset on tehty.

Yhteen kelluvaan kortteliin johtaa yksi raskastekoinen ajosilta. Teknis-taloudellisesti järkevin ratkaisu on rakentaa väyläponttoni mahdollisimman monesta osasta kapeaksi ja yksisuuntaiseksi. Koska kaikille asunnoille olisi hyvä tarjota mahdollisuus asunnon yhteyteen rakennettavalle venepaikalle, ei käyntisiltoja voi olla montaa kappaletta. Tästä syystä kelluvan korttelin päähän on rakennettava kääntöpaikka sekä muutama kohtaan leveämpi kohtaamispaikka. Jos ponttoneille rakennettaisiin lisäksi kevyitä jalankululle tarkoitettuja käyntisiltoja, olisi alueen evakuointi ja jätehuolto helpommin toteutettavissa.

Kaikkien veteen rajoittuvien kulkuväylien (myös rakennusten ympärillä olevien kävelyväylien) on oltava kaidesuojattuja. Venepysäköinnin kohdalla voidaan rakentaa liukukaiteita, joiden sulkeminen on asukkaan omalla vastuulla.

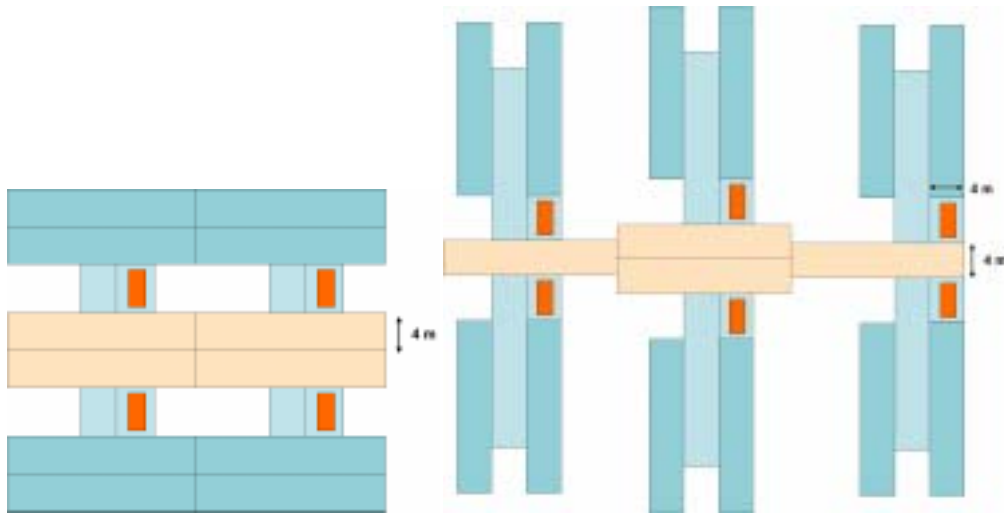
## 4.2 Pysäköintiratkaisu

### Ajoneuvot

Asukaspysäköinti järjestetään talokohtaisesti asuntoponttoneille. Talojen yhteyteen on rakennettava lämmitettävät autotallit (4 m \* 6 m), joilla suojataan pysäköidyt ajoneuvot korroosiota edistävältä merivedeltä. Autotallien yhteydessä on estettävä öljyn pääseminen mereen. Meriveden ajoneuvoille aiheuttamat haitat olisivat selvästi pienempiä mantereelle rantaan rakennetussa erillisessä pysäköintilaitoksessa.

Vieraspysäköinti järjestetään mantereelle.

Oheisissa kuvissa on hahmoteltu miten pysäköinnin edellyttämä tila voitaisiin sijoittaa asuntoponttonien yhteyteen. Kuvassa yksi ponttonielementti (mustalla rajattu suorakaiteen muotoinen alue) on kooltaan 4 m \* 25 m.



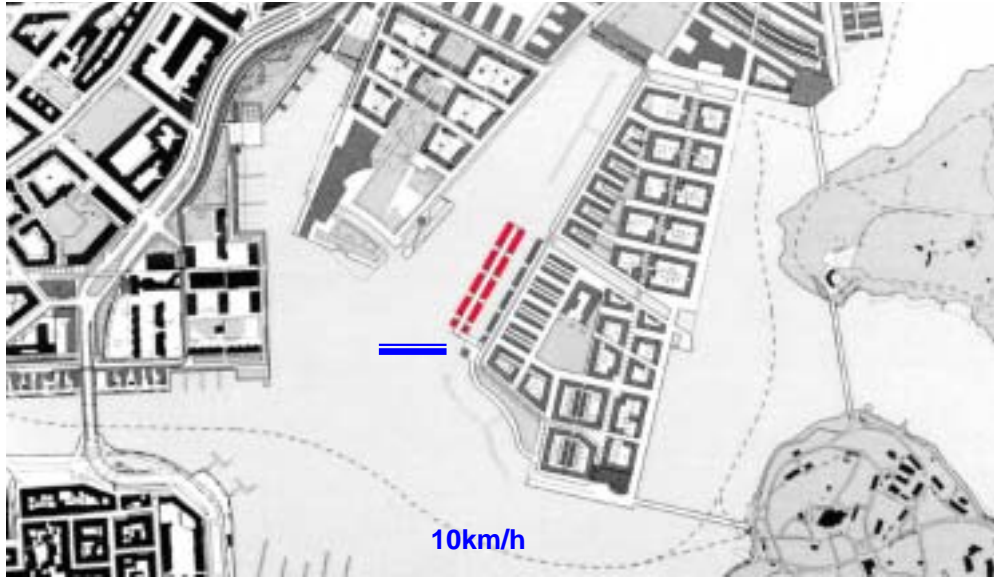
**Kuva 25** Esimerkkikuva väyläponttonin ja asuntoponttonin järjestelystä siten, että oheen saadaan yksi autopaikka / asunto (yksi autopaikka kuvassa 2x5 m, tarvittava talli n. 4x6 m). Keskeällä olevan ajoväylän leveys on 4-8 metriä (koostuu kahdesta 4 m leveästä ponttonista). Jos väyläponttoni rakennetaan yksisuuntaiseksi, riittää sen leveydeksi neljä metriä edellyttäen, että rakennukset sijaitsevat vähintään kahden metrin päässä väyläponttonista.

Jos päädytään kaksisuuntaiseen väyläponttoniin, voitaisiin väylän toinen reuna mahdollisesti jättää tilapäiselle pysäköinnille. Kelluvan rakennelman stabiliteetti on varmistettava myös epätasaisessa kuormituksessa (autot ovat paikalla / pois / osittain).

### Veneet

Vieraspysäköintitilaa on syytä varata sekä veneille, että autoille. Veneiden vieraspysäköinti voitaisiin toteuttaa kokonaisuuden kannalta parhaalla mahdollisella tavalla rakentamalla ristiaallokkoa vaimentava kelluva ponttonilaituri aallonmurtajaksi asuntoponttonirivistön eteläreunaan (oheisessa kuvassa sinisellä). Asuntoponttonien vakauden varmistamiseksi kannattaisi alueella liikenneöiville veneille asettaa 10 km/h nopeusrajoitus, jotta ohiajavan liikenteen peräaaltojen vaikutusta voidaan minimioida.





**Kuva 26** Vierasvenepysäköinti voidaan toteuttaa erilliseen kelluvaan aallonvaimenninlaituriin, joka samalla toimii ristiaallokon murtajana ja vakavoittaa kelluvien asuntojen vesialuetta haitallisilta ohiajavieneiden aalloilta.

### 4.3 Pelastustoiminta

Tässä kappaleessa esitettävät pelastustoimen vaatimukset koskien kelluvia kortteleita ja niille rakennettavia asuntoja ovat alustavia ja suuntaa antavia. Vaatimukset ja kommentit perustuvat Helsingin pelastustoimen riskienhallintayksikön päällikön Seppo Sihvosen kanssa käytyyn keskusteluun. Varsinaiset määräykset ja lopulliset tulkinnat voidaan tehdä vasta hankkeen edetessä pidemmälle.

Kelluviin asuntoihin sovelletaan normaalirakentamisen säädöksiä E1. Mahdollisista poikkeuksista on keskusteltava ensisijaisesti kaupungin rakennusvalvonnan kanssa, joka tarvittaessa voi pyytää myös lausunnon ympäristöministeriöstä. Voimassa olevat paloturvallisuusvaatimusten määräykset ja ohjeet on julkaistu vuonna 2002 (ympäristöministeriö). Tällä hetkellä asuntoihin ei vaadita asuntokohtaista sprinklerijärjestelmää.

Raskaan sammutus- ja tikaskaluston ajattaminen aivan asuntojen viereen kelluvaan kortteliin olisi rakennusteknisesti erittäin kallista, eikä se pelastustoimen kannalta ole tarpeellista. Pelastustoimen kannalta riittää, että kelluvaan kortteliin voidaan ajaa kevyellä pelastuskalustolla, kuten mm. ambulansseilla. Näin ollen käyntisillan ja kulkuponttonin mitoitusvaatimukset vastaavat tavallisia hieman raskaampia pakettiautoja.

Pelastuslaitos sammuttaa kohteet käyttämällä mantereelle pysäköityä raskasta kalustoa ja siitä vedettäviä sammutusletkuja. Ihanteellinen ratkaisu on, jos kelluvan korttelin ponttonit voidaan varustaa kuivaputkistolla (halkaisija 75 mm), jonne pelastuslaitos voi syöttää paineellisen sammutusveden. Huoneisto-/ rakennuskohtaiset ulosottoihin riittäisi halkaisijaltaan 32 mm putki. Jos joko ajoneuvoliikenteelle tai ainoastaan kevyelle liikenteelle tarkoitettu käyntisilta ja sen yhteydessä oleva vedensyöttöpiste sijaitsevat korkeintaan 150 metrin välein, on tarvittavan kuivasyötön pituus hyväksyttävät 75 m.

Viime vuosina vedenpinnan maksimikorkeusarvot on saavutettu tai niitä lähellä ollaan oltu useaan otteeseen. Alueen lainekorkeus ei sijainnista johtuen kuitenkaan nouse kovin merkittäväksi.

### Huomioon otettavia seikkoja:

Kelluvaan kortteliin ei liene mahdollista eikä tarkoituksenmukaista rakentaa vaatimusten mukaista väestösuojaa. Tästä syystä Kalasataman kaupunginosaa ja sen väestösuojia suunniteltaessa on otettava huomioon myös kelluvan korttelin asukkaiden väestösuojatilantarve. Väestösuojakysymyksissä ei voida myöntää mitään poikkeuslupia, sillä kyseessä on pysyvä rakennuskompleksi.

Alueelle mantereen puolelle on rakennettava riittävän tiheä palopisteverkosto, jota voidaan hyödyntää myös kelluvassa korttelissa suoritettavan sammutustehtävän yhteydessä.

Asuntojen välinen minimietäisyys on kahdeksan metriä. Jos etäisyyttä tästä pienennetään välille 4 – 8 m, on vastakkaisten seinien rakenteen kestävä 30 minuutin palokuorma. Samoin, jos autotallirakennus halutaan rakentaa kiinni neljä metriä leveään väyläpontonin, on väyläpontonin puoleinen seinä ja tallin ovi mitoitettava kestämään 30 minuutin palokuorma.

Rakennuksia käsitellään paloturvallisuuden kannalta ryhminä (pientalot samalla tontilla). Yhden ryhmän koko on yhteen tasoon rakennettuna korkeintaan 2 400 k-m<sup>2</sup> tai useaan tasoon rakennettuna 1 600 k-m<sup>2</sup>. Näin ollen kelluvaan kortteliin tulisi neljä ryhmää, joiden välin on oltava joko vähintään kahdeksan metriä, tai rakennusten ryhmien välisten seinien on kestävä vähintään 60 minuutin palokuorma. Tällaisia palonkestäviä rakenteita on myös kevytvalmisteina.

Asuntojen viereen pysyvästi pysäköitäviä purjeveneitä ja muita suuria veneitä käsitellään kuten rakennuksia. Tästä syystä asunnon A yhteyteen pysäköidyn (purje)veneen ja asunnon B tain sen yhteyteen pysäköidyn (purje)veneen välisen etäisyyden on oltava vähintään edellä mainitut kahdeksan metriä.

Pelastustoimi edellyttää, että rakennusten ympäri pääsee kulkemaan jalan. Käyntileveyden minimivaatimus on n. 90 cm. Kaikki veteen rajoittuvat kulkuväylät on varustettava kaiteilla.

Veneillä tehtävää evakuointia ei voida hyödyntää kuin äärimmäisissä tapauksissa, eikä varsinaista pelastustoimintaa voi jättää sen varaan.

## 4.4 Jätehuolto

Kelluvan korttelin pituus on n. 300 metriä, jolloin monille asukkaille jätteiden kuljetusmatka muodostuu varsin pitkäksi. Jätteenkeräys on syytä toteuttaa joko keskitetysti tai hajautevasti mantereelle riippuen valittavasta ponttoniratkaisusta ja niiden sijoittelusta. Joka tapauksessa ei ole järkevää tuoda jätehuolto ponttonille, sillä tämä ratkaisu edellyttäisi rakenteiden selvästi järeämpää ja kalliimpaa mitoitusta raskaille jäteautoille.

Jätehuoltoon erikoistuneen Lassila&Tikanojan ympäristöhuollon asiantuntija Johanna Krabbe antoi puhelinhaastattelussa seuraavia ohjeellisia arvoja jätehuollon totutukselle. Laskelmissa on oletuksena, että alueelle tulee n. 40 asuntoa ja 100 asukasta. Asuntoja käsitellään tässä yhteydessä pientaloina, joita koskevat lievemmat määräykset esimerkiksi jätteenlajittelun suhteen.

Tarvittava jätteenkeräysastiasto:

- 7 x 600 litran sekajätesäiliö, tyhjennys kerran viikossa
  - o jos tyhjennys kaksi kertaa viikossa, riittää neljä säiliötä
  - o jos kartonki vaaditaan erotettavaksi sekajätteestä, riittää pienempi määrä säiliötä
- 2 x 240 litran biojäteastia, tyhjennys kerran viikossa
- 2 x 600 litran keräyspaperiastia, tyhjennys kerran viikossa.

Tehokas jätteenlajittelu nostaisi alueen profiilia, mutta toisaalta lisää jätteenkeräysautojen liikennettä.

Alueen jätteenkeräys voidaan tehdä nk. ahtaisiin tiloihin suunnitellulla kevyemmällä keräyskalustolla, jonka kokonaismassa täytenä on kuitenkin toistakymmentä tonnia.

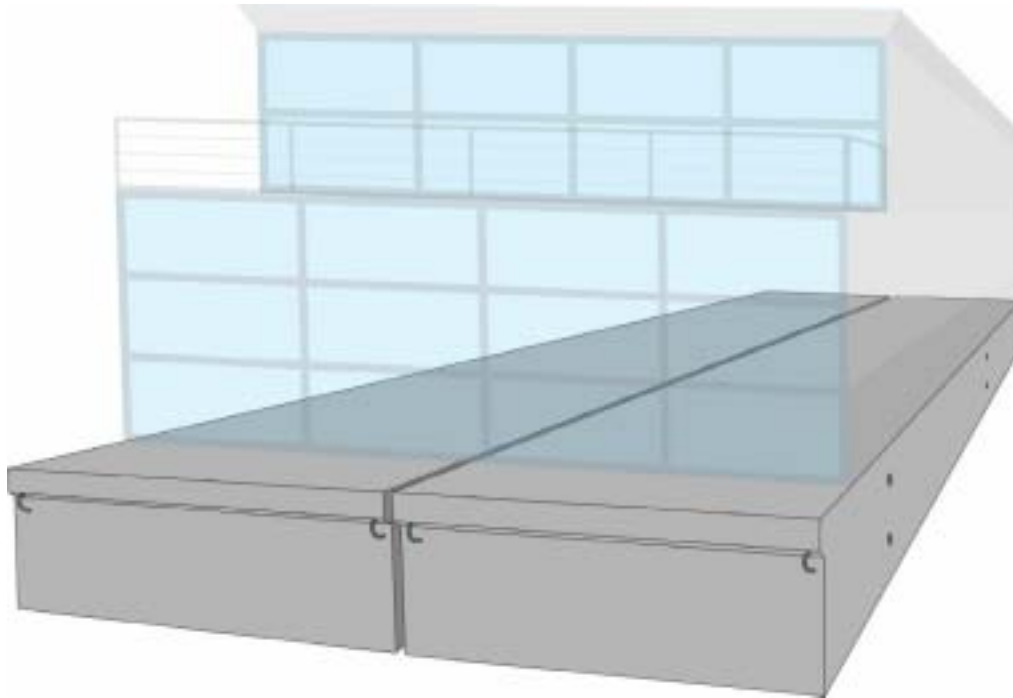
Jos jätteenkeräystä ei haluta kelluvaan kortteliin, voidaan kevyiden käyntisiltojen ja manteelelle sijoitettujen jätekatosten sijasta harkita alipaineella toimivia ilmakehänavia, joissa jätteet siirtyvät asuntokohtaisesti keskitettyyn pisteeseen mantereelle. Tekniikkaa on käytössä lähinnä suurissa kauppakeskuksissa (esim. Kampinkeskus). Tekniikan toimivuudesta kelluvan korttelin olosuhteissa ei varmuutta, eikä sitä tässä yhteydessä ensisijaisesti suositella.

Paloturvallisuusmääräyksistä johtuen jäteastiat on sijoitettava lukittavaan tilaan, mikäli keräyspiste sijaitsee asutuksen välittömässä läheisyydessä.

Jätehuollon kulujen kattamiseksi alueen asunto-osakeyhtiöiden kannattaisi perustaa yhteinen jätehuollon hoitokunta, jolloin mm. laskutusasiat hoituisivat kätevimmin ja käytössä oleva jätteenkeräyskalusto olisi parhaalla mahdollisella tavalla käytössä.

<b>Kustannus- ja toiminnallisuustarkastelu</b>	
Kulkeminen	Jos autoliikenne tuodaan ponttoneille, on ajosillan kestävä sekä teknisesti että toimivuuden kannalta merenpinnan merkittävä korkeusvaihtelu. Väylärakentaminen on kalliimpaa kuin tavanomaisesti.
Pysäköinti	Ratkaisu edellyttää autotalleja, autokatokset eivät tule kyseeseen. Myös vieraspysäköinti on rakennettava erikoisratkaisuin. Ajoneuvot altistuvat korroosiolle. Öljyvuodot ja muut vastaavat päästöt ehkäistävä luotettavasti.
Pelastustoimi	Ponttoneille on rakennettava kuivaputkisto, jonne syötetään paineellista sammutusvettä. Rakennusten tietyt sivut on mahdollisesti rakennettava kalliilla palokuormaa kestävillä materiaaleilla.
Jätehuolto	Jätehuolto jouduttaisiin toteuttamaan keskitettynä ratkaisuna. Jätehuollon palveluntarjoajien kannalta ratkaisu vähentäisi kustannuksia, koska jätelogistiikka olisi yksinkertaisempaa kuin tavallisella pientaloalueella. Toisaalta asukkaiden kannalta keskitetty ratkaisu on heikko, sillä jäteastialle saattaa kertyä matkaa jopa satoja metrejä.

## 5 Ponttonien mitoitus, valmistus ja asennus



**Kuva 27** Kelluvat asunnot rakennetaan ponttonialustalle, joka koostuu useasta pienemmästä ponttonimoduulista. Ponttonielementtejä voidaan kytkeä toisiinsa pitkittäis- ja kylkiliitoksilla niin monta kuin rakennelmat edellyttävät. (Marinetek Finland Oy)

Ponttonin mitoitukseen vaikuttavat sille asetetut koko- ja kantavuusvaatimukset. Lopullinen ponttonityypin valinta voidaan tehdä vasta kun talon lopulliset rakenneratkaisut ovat selvillä. Prosessi edellyttää läheistä yhteistyötä talo- ja ponttonivalmistajan välillä koko projektin ajan.

Kelluvien asuntojen vakavuudesta ei ole tällä hetkellä olemassa suomalaisia säädöksiä. Parhaiten suomalaisia olosuhteita vastaavat säädökset on laadittu 2000-luvun alussa Tanskassa. Tanskalaista normistoa suositellaan käytettäväksi siihen asti kun suomalaiset viranomaiset saavat vastaavat säännökset valmiiksi.

Talo- ja ponttoniyhdistelmän kelluntakorkeudelle on asetettu reunaehtoja (min. +0,5m ilman hyötykuormaa). Tämän lisäksi käytännössä kannattaa varata toleranssia mm. valmistusmenetelmien ja tasapainotuspainojen lisämassalle.

Myös rakennelmien stabiiliteetille on määritetty minimiarvot. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että rakennelma saa kallistua tietyn kulman eräiden voimien yhteisrasitustilanteessa (tuuli, epäkeskeinen kuorma, aallot).

Rakenteen leveys ja sijoitus ponttonialustalle vaikuttavat stabiiliteetin, merkittävimpänä kokonaisrakennelman painopisteen sijainti ja massa. Ankkurointi, mikäli se tehdään esijännitetyillä kumikaapeleilla, vakauttaa taloa, sillä joka nurkasta on aina vetoa alaspäin.



**Kuva 28** Kelluvia ponttonimoduuleja kytkettynä Lontoossa. (Marinetek Finland Oy)

## **5.1 Asuntoponttonien mitoitus ja tekniset tiedot**

Käytännöllisyyden ja ponttonien vakauden kannalta on suositeltavaa, että rakennusten ympäri pääsisi kiertämään jalkaisin. Näin saadaan helposti myös luotua viranomaisten edellyttämät pelastustiet. Kun rakennuksen reunat eivät sijaitse aivan ponttonin reunoilla, asettuu myös rakennelman painopiste luonnostaan keskeemmällä ponttonilauttaa.

Taloponttoni on valittava siten, että normiston edellyttämät minimiarvot täyttyvät kaikissa käyttötilanteissa.

## **5.2 Liikenneponttonin mitoitus ja tekniset tiedot**

Liikenneponttonit voivat olla rakenteeltaan ja kantavuudeltaan kevyempiä kuin itse taloponttonit. Kelluntakorkeuden olisi hyvä olla sama kuin valmiiden talojen riittävän esteettömyyden takaamiseksi. Liikenneponttonityypin valintaan vaikuttaa pitkälti se, että sallitaanko autoliikenne niille vai ei. Talo- ja liikenneponttonien liitoksien osalta tulee varmistaa kestävä ja äänetön ratkaisu.

Liikenneponttonit rakennetaan lämmitettäväksi. Lämmityksen rakentaminen ponttoniin on mahdollista, mutta nostaa luonnollisesti ponttonin valmistuskustannuksia. Lämmitysratkaisuksi suositellaan normaalisti jalkakäytävien lämmityksessä käytettävää ratkaisua joka on riittävän huoltovapaa ja soveltuu ko. ympäristön rasituksiin.

## **5.3 Valmistusmenetelmät ja uitto**

Tässä raportissa esitetään kaksi vaihtoehtoa ponttoniratkaisuksi:

1) Teollisesti valmistettavat pienet, tarvittaessa maanteitse kohteeseen kuljetettavat ponttonimodulit, joita liitetään toisiinsa tarvittava määrä ja jotka ovat rakenteeltaan umpinaisia.

2) (Väliaikaisella) telakalla valmistettava paikalle uitettavat suurponttonit, joka on rakenteeltaan ontto.

Jos ponttoniratkaisuksi päätetään valita massiivinen yhden ponttonin järjestelmä (vaihtoehto 2), täytyy ponttoni valmistaa jollakin telakalla tai esim. kanavan sulussa. Vaihtoehtoiset telakat sijaitsevat kaukana ja lisäksi telakan vuokrauksesta aiheutuisi merkittäviä kustannuksia. Periaatteessa jonkin käytöstä poistetun kanavan sulkuun voitaisiin perustaa väliaikainen ponttonitehdas, jossa tarvittavat betonivalut ja muut kantavat rakenteen valmistettaisiin. Myös tämä ratkaisu toisi merkittäviä suuria kustannuksia, eikä laadun osalta välttämättä saavutettaisi tehdastasoista jälkeä. Lisäksi on kyseenalaista, löytyykö Suomesta halukkaita yrittäjiä

Yksi massiivinen ponttoni ei ole suositeltava ratkaisu myöskään siksi, että sen korjaaminen ja huoltaminen on vaativampaa. Lisäksi järeäksi mitoitettuna ponttonista tulee kuin mikä tahansa täyttömaalle rakennetun satama-alueen reuna, jossa kellumista ei varsinaisesti voi aistia.

Valmistusteknisesti edullisin rakennustapa on valita usean toisiinsa kytketyn ponttonin järjestelmä, jolloin ponttonit on helppo kuljettaa paikalle ja toisaalta vaurioitunut osa voidaan tarvittaessa helpommin vaihtaa uuteen ehjään. Samalla voidaan minimoida paikan päällä tehtävät työvaiheet.

<b>Kustannustarkastelu</b>	
Ponttonit ovat kalliita tavallisten perustusten tekemiseen verrattuna, mutta toisaalta välttämään pohjanvahvistus- tai louhintatöitä.	
<b>Vaihtoehtoisten ponttoniratkaisujen vertailu</b>	
Pienet ponttonimodulit	<p>Pienet ponttonimodulit voidaan kuljettaa kohteeseen tarvittaessa myös maateitse. Ponttonien koko on räätälöitävissä tarpeen mukaan. Pienten ponttonien rakentamisesta on paljon kokemusta.</p> <p>Vaurioitunut osa voidaan mahdollisesti (tilanteesta riippuen) korvata uudella ja alustan muoto on vapaasti valittavissa.</p> <p>Mahdollisiin muutoksiin kantavuusvaatimuksissa voidaan vaikuttaa helpommin kuin raskaassa suurponttonissa.</p> <p>Aluetta voidaan helposti laajentaa.</p>
Tilapäisellä telakalla rakennettava suurponttoni	<p>Suunnittelukustannukset ovat pienponttonia korkeammat, sillä ponttoni pitäisi suunnitella alusta loppuun juuri tiettyyn kohteeseen. Kokonaiskustannuksia nostaa lisäksi tuotantolinjan perustaminen. Suurponttonin materiaalikustannukset ovat mahdollisesti pienponttoniratkaisua korkeammat, joskin tämän merkitys lienee vähäinen.</p> <p>Suurponttonin kuljettaminen on selvästi modulierakenteista hankalampaa ja oletettavasti myös kalliimpaa.</p> <p>Koska ponttoni pitäisi rakentaa räätälöidysti juuri tiettyyn kohteeseen, olisivat myös sen testauskustannukset katettava kyseisen kohteen tuotoilla.</p> <p>Vastaavista hankkeista ei ole Suomessa kokemusta.</p> <p>Koska kyseessä on pysyvä rakenne, on vaurioitunut osa kor-</p>

	<p>jattava paikan päällä. Yhden osan vaurio vaikuttaa koko rakenteeseen. Edellä mainituista syistä johtuen myös huoltokustannukset lienevät modulirakenteista ponttonia korkeammat.</p> <p>Laajennettavuus kankeampaa.</p>
--	--

#### 5.4 Jää- ja tuulikuorman vaikutukset



**Kuva 29** Kelluvat asunnot ja niiden ponttonit soveltuvat myös talvisiin olosuhteisiin. Kuvan kelluva talo on talvehtinut vuodesta 2002 Espoon Keilaniemessä. (Marinetek Finland Oy)

Tuulikuorman vaikutus talon käyttäytymiseen riippuu pitkälti talon julkisivun muodosta ja sijoituksesta merkitsevän tuulensuunnan suhteen. Tuulikuorma tulee huomioida kelluvan talon stabiiliteettilaskelmissa.

Jääkuorman vaikuttavat sijoituspaikalla vallitsevat olosuhteet, etenkin jäiden liike ja jääkentän paksuus. On tärkeää, että rakennetta ei sijoiteta paikkaan, jossa se on alttiina esim. ahtojäille. Kelluvia rakenteita voidaan tarvittaessa vahvistaa, mikäli jääkuormat ovat erityisen suuret. Vakiorakenteiset ponttonit on suunniteltu kestävänsä  $H_s=0,5\text{m}$  korkuiset aallokset ja tätä vastaava jääkentän paine.

Ponttoni- ja talorakenteet on valittava siten, että ne kestävät kaikkien kuormien yhteisvaikutukset ja täyttävät vaaditut normit.

## 5.5 Ponttonien asennus



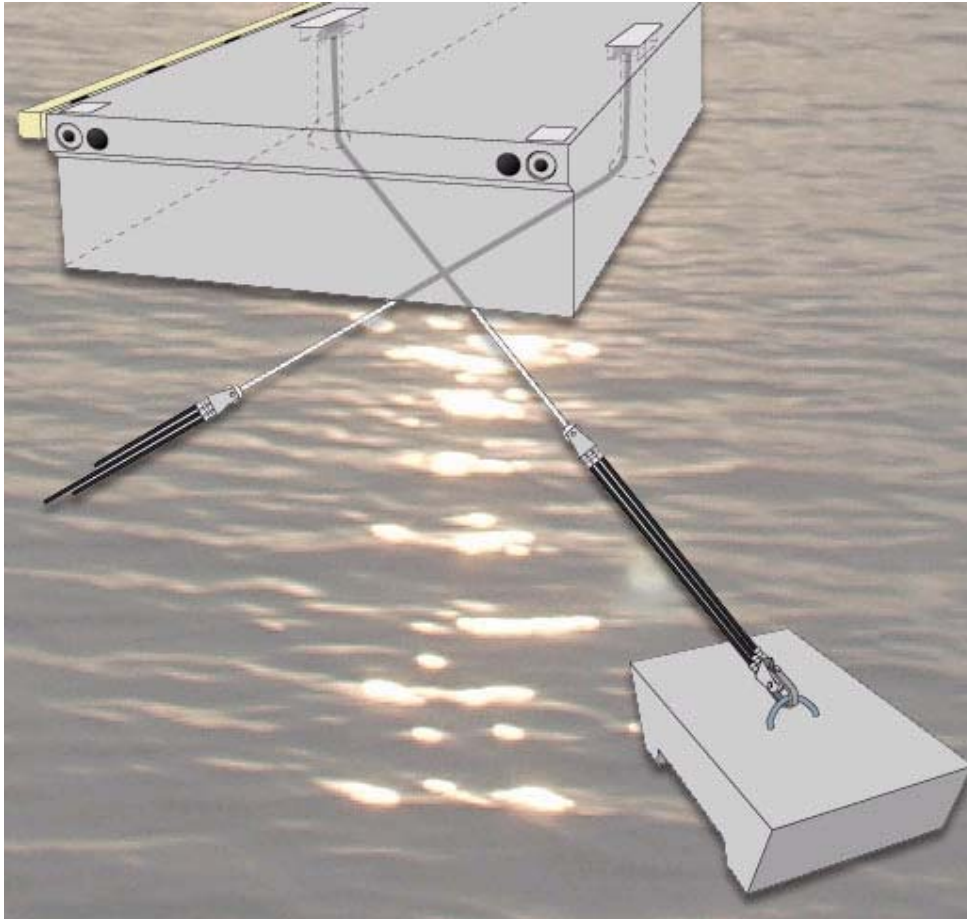
**Kuva 30** Ponttonielementit on taloudellisinta valmistaa erillisessä tehtaassa ja kuljettaa maata vesiteitse lopulliseen sijoituspaikkaansa. Ponttonit kytetään toisiinsa paksuin terästangoin, minkä jälkeen ne ankkuroidaan pohjaan. (Marinetek Finland Oy)

Ideaalitapauksessa kelluvan talon asennus kestää yhden päivän. Ponttonielementit kytetään toisiinsa läpitanoin ja kiristetään ohjemitään. Ristimitan tarkistuksen jälkeen taloelementit voidaan nostaa yksi kerrallaan alustan päälle ja kiinnittää tehdasasenteisiin kiinnikkeisiin.

Talo alustoineen siirretään lopulliselle asennuspaikalleen ja ankkuroidaan paikoilleen. Mikäli käytetään esikiristettävää ankkurointijärjestelmää, suoritetaan esikiristys valmistajan ohjeiden mukaisesti. Taloyksikkö liitetään kulkulaituriin ja talo tasapainotetaan, viimeistellään ja paikalle tuodut sähkö- ym. vedot kiinnitetään talon pääkeskukseen. Tässä vaiheessa rakennus on käytännössä käyttövalmiissa kunnossa.



## 5.6 Ankkurointi



Kuva 31 Esimerkki ponttonien ankkuroinnista. [www.aquadomi.dk](http://www.aquadomi.dk)

Taloponttonit voidaan ankkuroida pohjaan laskettavilla betoniankkureilla, joista vedetään esijännitetyt Seaflex-kumikaapelit. Taloponttonin ankkurointi on suunniteltava huolellisesti sijoituspaikan ja talon muodon mukaan. Yleensä yksittäinen ponttoni ankkuroidaan pohjaan neljästä pisteestä siten, että joka suuntaan kohdistuva veto pitää ponttonin paikallaan kaikissa olosuhteissa. Kumikaapeleiden joustavuus mahdollistaa suuretkin vedenkorkeuden vaihtelut, käytännössä ylärajaa ei ole. Rakenne on myös erittäin korroosion kestävä ja tarvitsee vain vähän huoltoa.

Toinen ankkurointivaihtoehto on paaluankkurointi, joka myös mahdollistaa suuret vedenvaihtelut. Paaluankkuroinnissa ponttonit on kiinnitetty pohjaan juntattuihin paaluihin, joiden ohjaamina ponttonit liikkuvat pystysuunnassa vapaasti veden pinnan vaihtelun mukaan. Paaluankkurointia käytetään yleisesti Keski-Euroopassa, mutta sen huonoja puolia on epämiellyttävä ulkonäkö siihen tarttuvine levineen sekä ponttonin liikkumisesta aiheutuvat narahtelut ja muut äänihaitat. Suomessa paaluankkurointi ei ole täysin suositeltavaa myöskään mahdollisesta paalukiinnitysten jäätymisestä johtuen.

Seuraavien syiden takia paaluankkurointi ei ole yhtä suositeltava vaihtoehto kuin ponttonien ankkuroiminen esijännitetyillä kumikaapeleilla:

- Paalut väistämättä myös huojuvat horisontaalasti kovassa merenkäynnissä. Paaluvaihtoehto edellyttäisi siksi vakauden varmistamiseksi myös suuren pohjalaatan valamista paalun ja merenpohjan liitoskohtaan.



- Tarvittava paalupituus on hyvin suuri → edellyttää erittäin raskarakenteisia ja läpimitaltaan paksuja paaluja.
- Paaluista aiheutuvat äänihaita ponttonien liikkeessa veden pinnan vaihtelun mukaan.
- Paalut näkyisivät väistämättä myös meren pinnalle. Esijännitettyjen kumikaapelin visuaalinen vaikutus on olematon.

## 5.7 Suositeltavat toleranssit keinumiselle ja vakaudelle

Toleranssien määrittelyssä suositellaan hyödynnettäväksi tanskalaisten tekemää normikoelmaa Danish Maritime Regulations.

## 5.8 Kustannukset

Jos ponttonirakenteessa käytetään vastaavaa teknistä ratkaisua kuin Marinetekin modulirakenteisissa pienponttoneissa ja tyypitaloissa, on ponttonien hinta n. 500 euroa / m<sup>2</sup>. Varsinaisen talon kustannukset ovat arviolta noin 2 500 euroa / m<sup>2</sup>. Ponttonien paikalle uittaminen ja asennus sekä infrastruktuuri ja vesialuemaksut muodostavat loput n. 4000 euron ne-liöhinnasta. Tämä arvio on hyvin yleispiirteinen.



## 6 PÄÄTELMÄT

Tähän selvitykseen on koottu hankkeen suunnittelussa ja toteuttamisessa huomioon otettavia keskeisiä seikkoja ja arvioitu niiden toteutettavuutta ja kustannusvaikutusta perinteiseen rakentamiseen verrattuna.

Hankkeen toteuttamiseen liittyy useita erityispiirteitä. Kelluva, mantereesta eristetty kortteli asettaa omat vaatimuksensa niin talojen rakenteelle, asukkaiden jokapäiväiselle liikkumiselle kuin myös alueen huollolle (vesi- ja jätehuolto) – samoin pelastustoiminnalle. Vaadittavat poikkeusratkaisut ovat kuitenkin teknisesti täysin toteutettavissa.

Kelluvaan kortteliin rakennettavien rakennusten on oltava riittävän kevyitä ja toisaalta kestettävä alueen vaihtelevat ja paikoin ankaratkin olosuhteet. Rakennuskustannusten ei kuitenkaan oleteta poikkeavan merkittävästi muusta vastaavaan ympäristöön toteutettavasta korkeatasoisesta rakentamisesta.

Ajoväylien rakentamiskustannus on noin viisinkertainen tavanomaiseen katurakentamiseen verrattuna. Myös infrastruktuuri edellyttää tiettyjen erikoisratkaisujen suunnittelua ja toteutusta (esimerkiksi kelluvan korttelin ja mantereen väliset liitokset). Kelluvan korttelin infrastruktuurin elinkaarikustannukset ovat kutakuinkin tavanomaisella tasolla. Infrastruktuurin huoltotoiminta lienee jopa edullisempaa tavanomaiseen rakentamiseen verrattuna (ei kaivukustannuksia), mutta toisaalta esimerkiksi joustavat liitokset ja sähkösaatot saattavat vaatia tavanomaista enemmän huoltoa. Rakennusten ja kunnallisteknisten laitteiden lisäksi myös autot altistuvat kelluvassa korttelissa korroosiota merkittävästi edistävälle merituulelle ja merivedelle.

Ottamalla huomioon kelluvien asuntojen ja kelluvan korttelin kokonaiskustannukset, jotka koostuvat infrastruktuurin ja asuntojen rakentamis-, käyttö- ja ylläpitokustannuksista, voidaan todeta kelluvien asuntojen olevan teknistaloudellisesti toteutettavissa potentiaalisten asiakkaiden maksuhalukkuutta vastaavilla kustannuksilla.