

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Laivatekniikka

2013

Valtteri Peltola

LAIDOITUKSEN SUUNNITTELUN PERUSTEET JA TOTEUTTAMINEN AVEVA MARINELLA



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka | Laivatekniikka

2013 | 55 + 2

Ohjaaja | Lauri Kosomaa

Valtteri Peltola

LAIDOITUKSEN SUUNNITTELUN PERUSTEET JA TOTEUTTAMINEN AVEVA MARINELLA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä laidoituksen suunnittelun perusteisiin ja laatia ohjekirja, jonka avulla mallinnus ja tuotantomateriaalien tuotto onnistuu käyttäen AVEVA Marine -sovellusta.

Laivan laidoituksen tuotantoaineiston tuottaminen koostuu pääasiassa 3D-mallin luomisesta ja työpiirustuksien tekemisestä. Jotta suunnittelija voi alkaa käyttää AVEVA Marine -ohjelmistoa, tulee suunnittelijan tietää peruskäsitykset laidoituksesta.

Työssä perehdyttiin ensin laidoituksen peruskäsitteisiin sekä suunnitteluun ja siihen vaikuttaviin asioihin. Tämän jälkeen esitettiin laidoituksen mallintamisen prosessi vaihe vaiheelta, mahdollisimman selkeästi esitettynä. Mallintamisen ohjeistuksen jälkeen käytiin vielä läpi tuotantomateriaalin ulosottaminen ohjelmasta ja vertailtiin AVEVA Marinen käyttöä sen aikaisempaan versioon Tribon M3:een.

Työn tuloksena tuli aloittelevalla laidoitussuunnittelijalle perehdytys laivan laidoitukseen, sen suunnitteluun liittyvistä haasteista ja ohjekirja mallintamiseen ja tuotantomateriaalin käsittelyyn.

ASIASANAT:

laita, laidoitus, AVEVA Marine, laivanrakennus

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering | Naval Engineering

2013 | 55 + 2

Instructor | Lauri Kosomaa

Valtteri Peltola

THE BASICS OF HULL CONSTRUCTION DESIGN AND REALIZATION BY MEANS OF AVEVA MARINE

The aim of this thesis was to examine the basics of hull construction design and to produce a manual with help of which hull construction can be performed using the AVEVA Marine software. The manual should guide the user in creating a 3D model and the needed production material.

The making of the hull construction material includes the production of a 3D model and the workshop drawings. The designer has to be familiar with the basics of hull construction in order to be able to utilize the AVEVA Marine software efficiently.

This thesis first examines the basics of hull construction as well as the issues that are linked to this. The modeling of the hull is then presented stage by stage, with the aim to simplify as much as possible. After this, instructions are presented on how to produce production material based on the model, -and this procedure is compared to the older version of the AVEVA Marine software, Tribon M3.

To a novice designer, the work with the thesis was an introduction to the construction of the ship hull and to the challenges associated with the design process. Furthermore, it will also serve as a guide for modeling and handling of production material.

KEYWORDS:

shell, hull construction, AVEVA Marine, shipbuilding

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
1.1 Tavoitteet ja rajaukset	8
1.2 Yritysesittely	9
2 LAIDOITUS	10
2.1 Laidoituksen peruskäsitteet	10
2.2 Kaarijärjestelmät ja niiden valintaperusteet	12
2.3 Jääkaarien vaikutus laitakaariin	15
2.4 Luokituksen vaikutus laitakaariin	18
2.5 Hyvä laitakaarien suunnittelu	19
2.6 Laitaprofiilien liittäminen	23
2.7 Laitalevyn saumoitus	25
3 LAIDOITUKSEN SUUNNITTELU AVEVA MARINELLA	27
3.1 Suunnittelun lähtötiedot	27
3.2 Käytetyt ohjelmistot	28
3.3 Suunnittelun eteneminen AVEVA Marinessa	29
4 STORABLE POINT -OBJEKTIEEN LUONTI	30
5 SAUMOJEN JA LOHKORAJOJEN LUONTI	32
5.1 Saumojen nimeäminen	34
6 LAITALEVYJEN LUONTI	35
6.1 Laitalevyjen nimeäminen	37
7 LAITAPROFIILIEEN LUONTI	39
7.1 Laitaprofiilien numerointi	40
7.2 Laitaprofiilien jakaminen	41
8 PINNAN LUONTI	43
9 KÄYRÄPANELIEEN LUONTI	45

9.1 Laitaprofiilien lisääminen tietokantaan	45
9.2 Käyräpaneelien muokkaus	45
10 NÄKYMÄT	47
10.1 Developed plate	47
10.2 Bodyplan	48
10.3 Curved panel	49
10.4 Developed profile	49
10.5 Shell expansion	50
11 TUOTANTOMATERIAALI	52
12 AVEVA MARINEN VERTAILU TRIBON M3: EEN	53
13 YHTEENVETO	54
LÄHTEET	55

LIITTEET

- Liite 1. Profile sketch.
Liite 2. Plate sketch.

KUVAT

Kuva 1. Rungon primääriset lujuuselementit (Räisänen 2000, 29-6).	11
Kuva 2. Rungon osat ja kuormien siirtyminen (Räisänen 2000, 29-7).	12
Kuva 3. Pitkittäinen ja sekakaarijärjestelmä (Räisänen 2000, 29-8).	13
Kuva 4. Luonnos täyteläisen keulan kaarituksesta.	14
Kuva 5. Jäävyöhykkeet (DNV, 2013b).	15
Kuva 6. Poikittaiskaarituksen edut pitkittäiskaaritukseen nähden.	18
Kuva 7. Kuvakaappaus rahtilaivan peräosan kaarijärjestelystä.	21
Kuva 8. Kuvakaappaus rahtilaivan keulaosan kaarijärjestelystä.	21
Kuva 9. Kuvakaappaus jäävahvistetun ja ”hoikan” keulan kaarijärjestelystä.	22
Kuva 10. Kuvakaappaus jäävahvistetun rungon perän kaarijärjestelystä.	22
Kuva 11. Pitkittäisten profiilien päiden kytkentä poikittaisiin profiileihin.	23
Kuva 12. Profiilien päättäminen poikittaislaipioon.	24
Kuva 13. Profiilien päättäminen kehyskaareen.	24

KUVIOT

Kuvio 1. Type of point.	30
Kuvio 2. Point Moved Along Curve.	31
Kuvio 3. Laidoitus pisteiden luonnin jälkeen.	31
Kuvio 4. Create seam/butt.	32
Kuvio 5. Type of plane.	32
Kuvio 6. Seam or butt.	33
Kuvio 7. Laidoitus saumojen luontien jälkeen.	34
Kuvio 8. Number of Plates to Develop.	35
Kuvio 9. Create Shell Plate.	35
Kuvio 10. Laidoitus levyjen luomisen jälkeen.	37
Kuvio 11. Levyjen numerointi 1.	37
Kuvio 12. Levyjen numerointi 2.	38
Kuvio 13. Shell profile.	39
Kuvio 14. Create shell profile.	40
Kuvio 15. Profiilien numerointi.	41
Kuvio 16. Splitting Object.	42
Kuvio 17. Laidoitus profiilien luonnin jälkeen.	42
Kuvio 18. Curved Surfaces 1.	43
Kuvio 19. Curved surfaces 2.	44
Kuvio 20. Valmis malli.	44
Kuvio 21. Curved Panel.	46
Kuvio 22. Developed plate.	47
Kuvio 23. Bodyplan.	48
Kuvio 24. Curved panel.	49
Kuvio 25. Developed profile.	50
Kuvio 26. Shell expansion.	51

TAULUKOT

Taulukko 1. Jääluokat (DNV, 2013b).	15
Taulukko 2. Jään paksuus (DNV, 2013b).	16
Taulukko 3. Laidoituksen (laitalevyjen) jäävahvistuksen pystysuora ulottuvuus. (DNV, 2013b).	17
Taulukko 4. Profiilien jäävahvistuksen pystysuora ulottuvuus (DNV, 2013b).	17

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO

Jäykiste	Kannessa, laipiossa tai jäykkääjässä oleva profiili (Stiffener)
Jäykkääjä	Kansissa tai laipioissa oleva jäykkääjä joka voi myös kantaa jäykisteitä (Girder)
Kehyskaari	Poikittainen jäykkääjä laidoituksessa, kannessa tai laipiossa (Web frame)
Laitalongi	Laidoituslevyssä oleva pituussuuntainen profiili (Longitudinal frame)
Kaari	Laidoituslevyssä oleva poikittaissuuntainen profiili (Transversal frame)
Laitakaari	Laidoituslevyssä oleva profiili, joka voi olla pitkittäis-, tai poikittaissuuntainen (Shell profile)
Jääkaari	Laidoituslevyssä, laitakaarien välissä sijaitseva profiili (Intermediate frame)
DNV	Luokituslaitos Det Norske Veritas
Trafi	Liikenteen turvallisuusviranomainen

1 JOHDANTO

1.1 Tavoitteet ja rajaukset

Opinnäytetyön tavoitteena on perehtyä laivan laidoitukseen ja erityisesti laidoituksessa sijaitsevien laitakaarien kulkuun sekä laidoituksen peruskäsitteisiin niin syvällisesti, että työstä saisi käsityksen, mikä on laidoitus, mitä asioita ja komponentteja se pitää sisällään ja mitkä asiat vaikuttavat laidoituksen suunnitteluun. Koska Deltamarinin Raison toimiston runko-osastolla havaittiin tarve teetää ohje laidoituksen mallintamisesta AVEVA Marine -ohjelmistolla, tehdään laidoituksen suunnitteluun perehtymisen jälkeen vielä ohjekirja laidoituksen mallintamisesta. Ohje tehdään niin, että suunnittelija, jolla on kokemusta AVEVA Marinen Planar Hull Modelling -osiosta, saisi käsityksen laidoituksen mallintamisesta AVEVA Marinen Curved Hull -ohjelmistolla.

Työ aloitetaan tutkimalla laidoituksen peruskäsitteitä, laidoituksen suunnitteluun vaikuttavia asioita sekä jääkaarien ja luokituksen vaikutusta laitakaariin ja niiden käyttäytymiseen laivan perä- ja keula-alueilla. Tämän jälkeen mietitään millä tavalla laidoitusta on tähän asti suunniteltu ja minkälainen tapa on osoittautunut hyväksi laitakaarien suunnittelussa. Myös laitalevyn saumoitus ja sen peruslähtökohdat tutkitaan tässä työssä.

Tutkimustyön valmistumisen jälkeen aloitetaan tekemään ohjekirjaa laidoituksen suunnittelua varten. Ohjeessa esitetään laidoituksen suunnittelu vaihe vaiheelta mahdollisimman selkeästi esitettynä, niin että suunnittelija, jolla on perustaidot AVEVA Marine Planar Hull Modelling -osiosta, pystyy aloittamaan suunnittelun ilman suurempaa peruskäsitystä juuri laidoituksen mallintamisesta.

Työn lopussa tutkitaan vielä AVEVA Marine -laidoituksensuunnitteluohjelmiston eroavaisuutta sen aikaisempaan versioon Tribon M3:een.

1.2 Yritysesittely

Deltamarin on kansainvälinen suunnittelutoimisto, joka tarjoaa konsultointi- ja suunnittelupalveluja meriteollisuuteen aina pienemmistä konsepteista suurempien projektien läpivientiin.

Deltamarinin työntekijöiden vahva suunnittelukokemus mahdollistaa monen eri osa-alueen hallitsemisen aina laivan suunnittelun alkuvaiheesta tuotantoaineistoon asti. Suunnittelupalvelut pitävät sisällään mm. konsepti-, perus-, runko-, varustelu-, kone-, sisustus- ja sähkö- ja automaatio-suunnittelun. Nämä sisältävät usein projektista riippuen konsepti- ja perussuunnittelusta alkavan laskennan lisäksi yksityiskohtaisen 3D-mallin luomisen ja tarkkojen valmistuspiirustuksien tekemisen tuotantoon asiakkaan vaatimuksien mukaisesti.

Yhtiön on perustanut ryhmä suomalaisia laivanrakennuksen ammattilaisia vuonna 1984. Tällä hetkellä Deltamarinissa työskentelee 400 työntekijää, joista on Suomessa noin 250. Deltamarinilla on kolme konttoria Suomessa. Pääkonttori sijaitsee Raisiossa ja muut kaksi Raumalla ja Helsingissä. Yhtiöllä on myös muita pienempiä toimistoja eri puolilla maailmaa, kuten Kiinassa, Brasiliassa, Puolassa, Kroatiassa, Monacossa ja Malesiassa.

Vuoden 2013 alussa Deltamarin siirtyi Singaporelaiseen pörssiin listatun AVIC International Investments Ltd:n alaisuuteen, joka on osa Kiinalaista AVIC Groupia eli Kiinan valtiollista lentokonevalmistaja Aviation Industry Corporation of China -ryhmää.

2 LAIDOITUS

2.1 Laidoituksen peruskäsitteet

Laidoitus on laivan vedenpitävä ulkokuori, joka alkaa laivan pääkannesta ja päättyy köliin. Laidoitus muodostuu pohja- ja sivulaidoituksesta, joiden välissä on palle. Laivan laidoituksen muodostavat toisiinsa hitsatut teräslevyt, jotka kiinnitetään kehys- ja laitakaariin, perässä ja keulassa levyt yhtyvät rankoihin.

Tyypillisesti laivan yleisjärjestely suunnitellaan jo projektivaiheessa, jotta tilaaja saa käsityksen miten telakka aikoo toteuttaa tilauksen. Sitä kautta syntyy myös pääkaarikuva sekä runkorakenteiden ja laidoituksen alustavat suunnitelmat ja toteuttamistapa. Laivan koko, rungon muoto ja käyttöolosuhteet vaikuttavat olennaisesti runkorakenteen ja laidoituksen suunnitteluun.

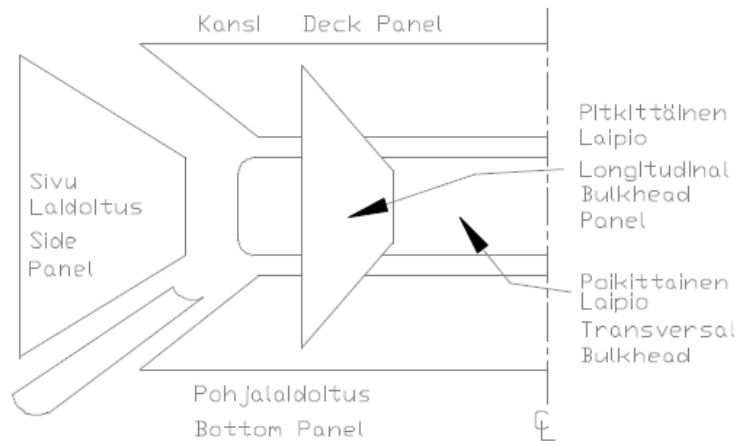
Vaikka tässä työssä ei ole tarkoitus perehtyä niinkään laivan runkorakenteeseen, vaan enemmänkin laidoitukseen ja laitakaariin, on silti hyvä käydä lyhyesti läpi laivan rungon perus rakenne-elementit ja niiden lujuustekninen toiminta sekä lyhyesti erilaisista kaarijärjestelmistä, koska esimerkiksi juuri kaarijärjestelmä vaikuttaa olennaisesti laitakaarien kulkuun ja suunnitteluun laivan eri alueille.

Perinteisesti laivan rakenteiden mitoituksessa käytetään hierarkiatasoja. Se auttaa rakenteiden jakamisen osiin ja näin ollen jokaista osaa voidaan tarkastella erikseen. Laivan rakenneosat jaetaan kolmeen pääryhmään. Nämä ovat primääriset, sekundaariset ja tertiääriset lujuuselementit. (Räisänen 2000, 29-6; Varsta, 26-28.)

Primäärisillä rakenneosilla tarkoitetaan seuraavia (Kuva 1):

- Pohjalaidoitus
- Sivulaidoitus
- Kannet
- Poikittaiset laipiot

- Pitkittäiset laipiot
(Räisänen 2000, 29-6; Aalto-yliopisto, 8-9.)



Kuva 1. Rungon primääriset lujuuselementit (Räisänen 2000, 29-6).

Sekundaariset lujuuselementit ovat:

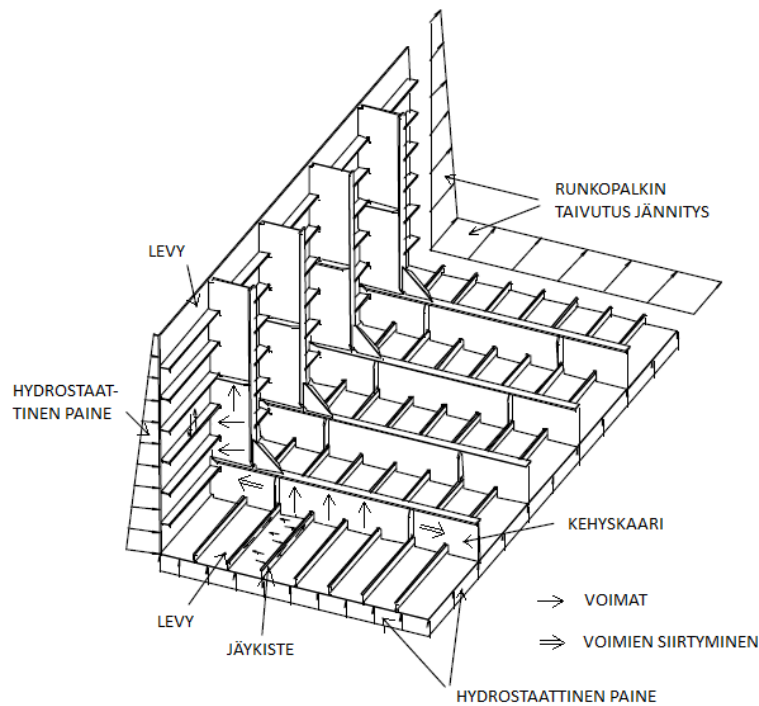
- Kaaret ja jäykisteet, joita ovat pitkittäis-, poikittais-, vaaka- ja pystyprofiilit
- Jäykkääjät, joita ovat pitkittäis-, poikittais-, vaaka- ja pystyjäykisteet. (Räisänen 2000, 29-6; Aalto-yliopisto, 9.)

Sekundaarisia lujuuselementtejä käytetään koska primääriset elementit eivät pysty yksin kantamaan laivapalkkiin kohdistuvia kuormia. Sekundaariset lujuuselementit siirtävät kuormia levykentistä eteenpäin.

Tertiäriset lujuuselementit ovat yhdistelmä primäärisistä ja sekundaarisista lujuuselementeistä, eli levyjä, jotka ovat vahvistettu yllämainituilla sekundaarisilla lujuuselementeillä. (Räisänen 2000, 29-7; Aalto-yliopisto, 9.)

Nämä kolme lujuuselementtiä kantaa ulkoisesta voimasta aiheutuvat kuormat seuraavanlaisessa järjestyksessä (Kuva 2):

- Levy kantaa kuorman (esim. hydrostaattinen paine).
- Kaari tukee levyä.
- Jäykkääjä tukee kaarta. (Räisänen 2000, 29-7.)

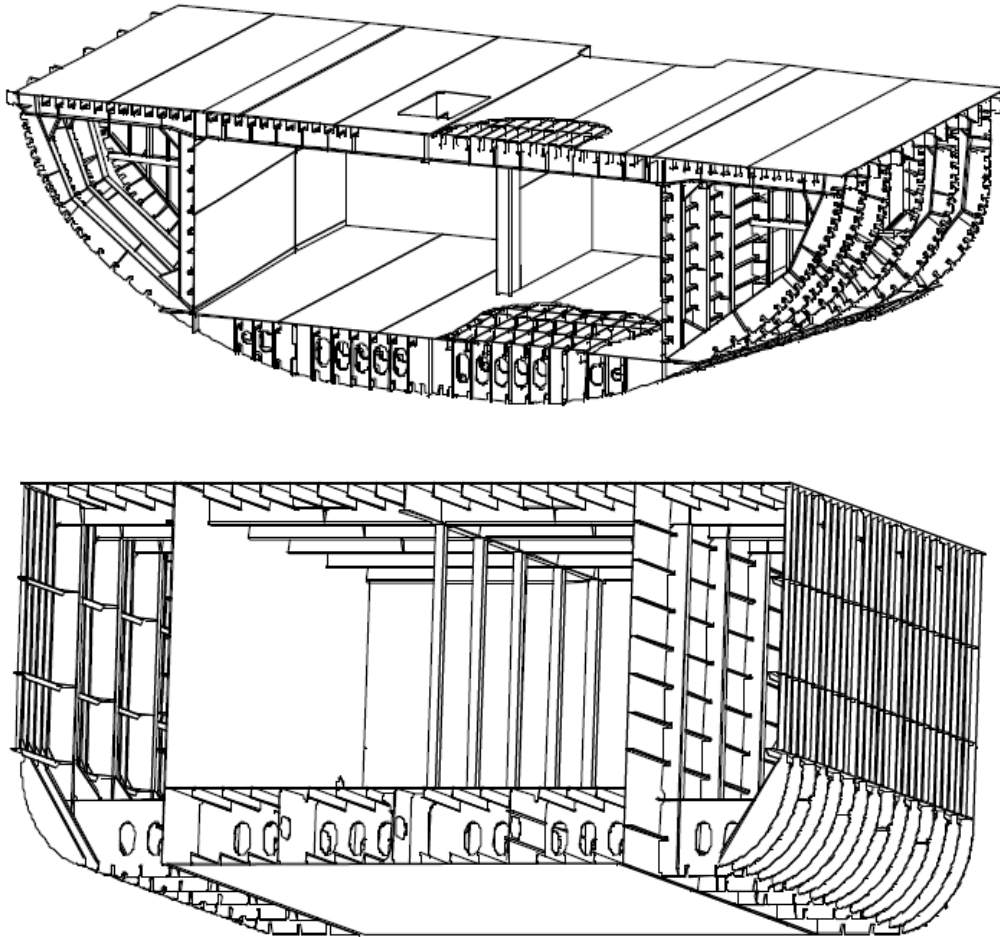


Kuva 2. Rungon osat ja kuormien siirtyminen (Räisänen 2000, 29-7).

2.2 Kaarijärjestelmät ja niiden valintaperusteet

Kuten jo aikaisemmin tuli mainittua (ks. luku 2.1), kaarijärjestelmän valinta vaikuttaa olennaisesti laitakaarien kulkusuuntaan ja sijoitteluun. Kaarijärjestelmä voidaan tehdä seuraavilla kolmella menetelmällä (Kuva 3):

- Poikittaisella kaarijärjestelmällä
- Pitkittäisellä kaarijärjestelmällä
- Sekakaarijärjestelmällä, jossa pohja ja kannet ovat pitkittäin kaaritettu (Räisänen 2000, 29-8; Aalto-yliopisto, 8.)



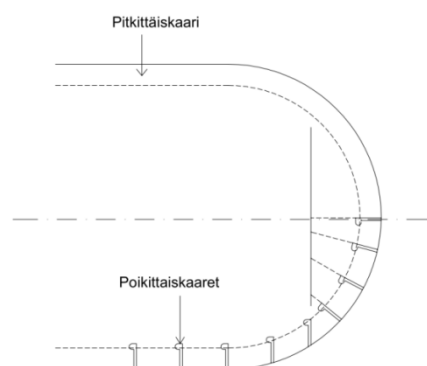
Kuva 3. Pitkittäinen ja sekakaarijärjestelmä (Räisänen 2000, 29-8).

Yleensä poikittaista kaarijärjestelmää käytetään keskilaivan alueella vain pienissä aluksissa (Alanko 2011b, VII-4; Varsta, 7). Kun laivan pituus ylittää 150 m, käytetään keskilaivassa pitkittäis- tai sekakaaritusta (Alanko 2011b, VII-4; DNV, 2013a). Tämä tulee luokituslaitosten säännöistä, jotka perustuvat täysmittakaavakokeisiin, lujuslaskelmiin ja taivutusvastusvaatimuksiin. Pitkittäistä kaaritusta käytettäessä laivapalkin pituuslujuus on ylivoimainen poikittaiseen järjestelmään nähden, se pystyy vastaanottamaan noin 4 kertaa suuremman puristus- ja vetojännityksen (Arkke, 2013).

Tavallisesti perä- ja keulalaivan alueilla käytetään kaikissa laivoissa ainakin osaksi poikittaista kaarijärjestelmää. Tämä määräytyy pitkälti rungon muodosta. Jos esimerkiksi laivan keula-alueen rungon muoto on vahvasti kaareutuva, ka-

pea ja virtaviivainen ja laitalongilinja sijoitettaisiin väkisin kulkemaan jotain tiettyä Z-suuntaista arvoa läpi koko laivan keula-alueen, alkaa laitalongien välit kasvaa liian suuriksi. Tällaisessa tapauksessa on kaaritus paljon helpompi toteuttaa poikittaisjärjestelyinä. Käytettäessä pitkittäiskaaritusta, rungosta tulee kevyempi rakenne, mutta paljon vaikeampi toteuttaa vahvasti muotoilluilla alueille. Tämä johtaa kustannustehokkuuden menettämiseen, johtuen siis lähinnä laitalongien etäisyyksien kasvusta, jolloin joudutaan lisäämään väleihin laitalongia tai kasvattamaan levyn paksuutta. (Kuusimurto, 2013; Okumoto ym. 2010, 483, 488 ja 514).

Kuitenkin suurissa rahtilaivoissa ja risteilijöissä sekä myös pienemmissä laivoissa, joilla on täyteläinen keula, voidaan toteuttaa kaaritus perässä ja keulassa kokonaankin pitkittäin, jos muodot ovat kohtuullisen kaarevia, eli ei liian käyriä. Vaikka esimerkiksi suurien risteilijöiden runkomuodot keulassa ja perässä ovat hyvinkin virtaviivaisia ja polttoainetaloudellisesti pitkälle kehitettyjä, on runko kuitenkin niin valtavan kokoinen, että hyvin jyrkkiä muotoja ei pääse esiintymään. Tämä siis mahdollistaa pitkittäisen kaarituksen käytön. Usein tällaisissa laivoissa on jopa helpompaa toteuttaa kaaritus pitkittäisenä, kuin poikittaisena järjestelmänä. Kuten kuvan 4 luonnos näyttää, jos rahtialuksen keula on hyvin täyteläinen ja pyöreä, on tässä tapauksessa helpompi vahvistaa keulan alue pitkittäin.



Kuva 4. Luonnos täyteläisen keulan kaarituksesta.

Jos tässä tapauksessa käytettäisiin poikittaista järjestelyä, jouduttaisiin aivan keulimmaisesta kohdasta jäykistämiseen käyttämään monimuotoista ja -mutkaista kaaritusrakennetta.

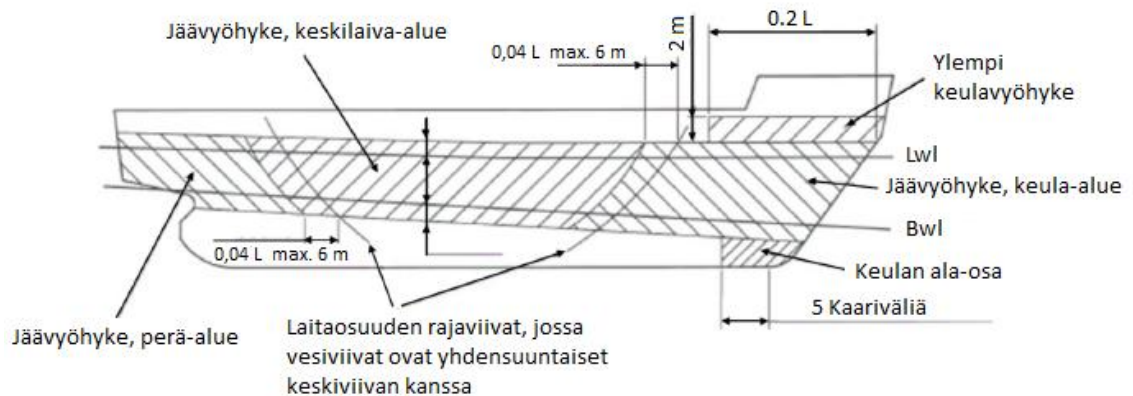
2.3 Jääkaarien vaikutus laitakaariin

Jos alus operoi sellaisilla alueilla, joissa jäävahvistus on tarpeellinen, on syytä ottaa huomioon rungon ja laidoituksen jäävahvistaminen. Jäävahvistukseen sisältyy myös konetehto-, ym. määräyksiä, joita ei tässä työssä käsitellä sen enempää. Tällaisia operointialueita voivat olla esim. pohjoinen Itämeri tai arktinen tai antarktinen alue. DNV on antanut taulukon 1 mukaiset jääluokat aluksille.

Taulukko 1. Jääluokat (DNV, 2013b).

DNV:n jääluokka	Vastaava suomalais-ruotsalainen jääluokka
ICE-1A*	1A Super
ICE-1A	1A
ICE-1B	1B
ICE-1C	1C

Kuvassa 5 on esitetty aluksen jakaminen jäävyöhykkeisiin DNV:n ja Trafín sääntöjen pohjalta, joita se soveltaa pohjoisen Itämeren vaatimuksiin.



Kuva 5. Jäävyöhykkeet (DNV, 2013b).

Keula-alue ulottuu keulasta perään päin keula-alueen takarajaan. Takaraja sijaitsee etäisyydellä $0,04 * L$ perään päin sellaisesta takarajan kanssa yhdensuuntaisesta viivasta, jonka peräpuolella aluksen vesiviivat ovat yhdensuuntaiset keskiviivan kanssa. Jääluokissa IA Super ja IA rajaviivan ylityksen ei tarvitse olla suurempi kuin 6 metriä, jääluokissa IB ja IC ylityksen ei tarvitse olla suurempi kuin 5 metriä. (Trafi, 2010; DNV, 2013b.)

Keskilaiva-alue ulottuu keula-alueen takarajasta keskilaiva-alueen takarajaan. Keski-laiva-alueen takaraja sijaitsee etäisyydellä $0,04 * L$ perään päin sellaisesta takarajan kanssa yhdensuuntaisesta viivasta, jonka keulapuolella aluksen vesiviivat ovat yhdensuuntaiset keskiviivan kanssa. Jääluokissa IA Super ja IA rajaviivan ylityksen ei tarvitse olla suurempi kuin 6 metriä, jääluokissa IB ja IC ylityksen ei tarvitse olla suurempi kuin 5 metriä. (Trafi, 2010; DNV, 2013b.)

Perä-alue on keskilaiva-alueen takarajasta perään ulottuva osa. (Trafi, 2010; DNV, 2013b.)

Jäävahvistetun aluksen oletetaan operoivan avomerellä tasaisessa jäässä, jonka paksuus h_0 ei ylitä taulukon 2 arvoja. Taulukossa olevat h-arvot vastaavat sen alueen korkeutta, joka todellisuudessa on minä ajankohtana tahansa jääpaineen alaisena. (DNV, 2013b.)

Taulukko 2. Jään paksuus (DNV, 2013b).

Arvot h_0 ja h		
Jääluokka	h_0 (m)	h (m)
1A Super	1,0	0,35
1A	0,8	0,30
1B	0,6	0,25
1C	0,4	0,22

Jäävyöhykkeiden alueilla on laitalevyt ja -kaaret vahvistettava kestämään jään aiheuttama kuormitus. Laitalevyjen ja -kaarien mitoituskaavat löytyvät luokituslaitoksen säännöistä. Jäävahvisteisten laitalevyjen ja -kaarien pystysuora ulottuvuus on esitetty taulukoissa 3 ja 4.

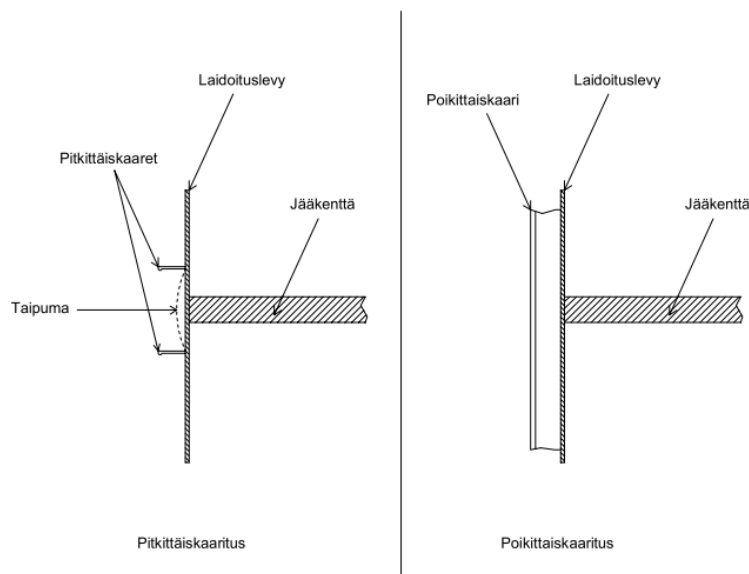
Taulukko 3. Laidoituksen (laitalevyjen) jäävahvistuksen pystysuora ulottuvuus. (DNV, 2013b).

Jääluokka	Alue	Lwl:n yläpuolella (m)	Bwl:n alapuolella (m)
1A Super	Keula	0,60	1,20
	Keskilaiva Perä		1,00
1A	Keula	0,50	0,90
	Keskilaiva Perä		0,75
1B jai 1C	Keula	0,40	0,70
	Keskilaiva Perä		0,60

Taulukko 4. Profiilien jäävahvistuksen pystysuora ulottuvuus (DNV, 2013b).

Jääluokka	Alue	Lwl:n yläpuolella (m)	Bwl:n alapuolella (m)
1A Super	Keula	1,20	Kaksoispohjaan tai pohjatukkien yläreunan ohi
	Keskilaiva		2,0
	Perä		1,6
1A, 1B ja 1C	Keula	1,00	1,6
	Keskilaiva		1,3
	Perä		1,0

Jäävahvistaminen tarkoittaa jääkaarien lisäämistä jäävahvistetuiden alueiden sisäpuolelle normaalien kaarien väliin sekä laidoituslevyn paksuuden laskentaa erillisillä jääluokkakaavoilla. Jotkut puhuvat myös välikaarista. Jäävahvistus voi olla joka poikittainen tai pitkittäinen. Poikittainen vahvistus on suositeltavampi asennus tapa, koska silloin jääkuormitus jakaantuu tasaisemmin laidoitukseen (ks. kuva 6). Jos käytetään pitkittäiskaaritusta jäävyöhykealueilla, etenkin keulan alueella, on vaarana jään osuminen vahvistamattomaan levykenttään, ts. kaarituksen keskelle. Käytännössä kun jäävahvistus tehdään, on kaarijärjestelmä siis valittu jo poikittaiseksi laivan keula- ja perä-alueilla. Jääkaaret pyritään sijoittamaan yleensä liki kohtisuoraan laitalevyä vasten, jotta koko profiilin poikileikkaus osallistuisi mahdollisimman tehokkaasti jääpaineen vastaanottamiseksi.



Kuva 6. Poikittaiskaarituksen edut pitkittäiskaaritukseen nähden.

2.4 Luokituksen vaikutus laitakaariin

Laitakaarien suunnittelu alkaa kaarijärjestelmän valinnalla, joka tehdään jo konseptisuunnitteluvaiheessa. Luokituslaitokset vaikuttavat osaksi tämän valintaan omilla säännöillään. Kun kaarijärjestelmä on valittu, valitaan kaarivälit ja kehyskaarivälit. Luokituslaitoksilla on kaavoja standardikaarivälin laskemiseen, mutta näistä saatuja arvoja ei ole pakko noudattaa. Kaarivälit ovat riippuvaisia laivatyyppistä. Esimerkiksi konttilaivoissa, jos keskilaivan alueella käytetään pitkittäiskaaritusta, kaariväli määräytyy konttien mukaan. Konttialuksille sopiva pitkittäiskaarijako, eli longijako on 630 mm, joka sopii hyvin 20 jalan kontin mittoihin, konttien välin ollessa 80 mm (Alanko 2011a, II-10). Kehyskaari sijoitetaan yleensä joka kolmannelle tai neljännelle kaarelle laivatyyppistä riippumatta. Myös kehyskaarien etäisyyteen voi vaikuttaa laivatyyppi. Risteilijöissä kehyskaarten väli määräytyy pitkälti hyttien mukaan ja kaaret taas jaetaan tasan kehyskaarten väliin (Arkke, 2013). Yksi hytti kahden kehyskaaren välille, jotta hyttitekniikka sijoittuu sopivasti rakenteiden väliin.

Kun kaarijako on valittu, lasketaan luokituslaitosten sääntöjen mukaan taivutusmomentit ja taivutusvastusvaatimukset laivan eri operointiolosuhteissa laivan eri alueilla. Taivutusvastusvaatimukset taas ovat verrannollisia kaariprofilin

poikkileikkauksen kokoon. Kaariprofiileiden materiaalivalinnat (ts. materiaalin laatu) ovat kustannus- ja optimointivalintoja. Esimerkiksi tavallista terästä käytettäessä, joka on halpaa, joudutaan profiilin kokoa kasvattamaan ja näin myös laivan paino kasvaa. Erikoislujuja teräksiä käytetään aina harkiten. Se on kalliimpaa, mutta lujempaa, jolloin voidaan käyttää pienempää profiilia. Luokituslaitoksien laskentakaavoista saadut profiilien koot siis riippuvat olennaisesti materiaalin valinnasta. Profiileiden pituudet, eli jännevälit ovat myöskin laskettavissa luokituslaitosten sääntöjen avulla.

2.5 Hyvä laitakaarien suunnittelu

Runkomuoto ja kaarijärjestelmä sanelevat laitakaarien kulkusuunnan, laivatyyppi kaarien jaot ja luokituslaitokset kaarien koot ja materiaalit. Hyvässä laitakaarien suunnittelussa otetaan huomioon myös tuotannon asettamat vaatimukset ja rajoitukset. Peruslähtökohta on, että lopputuote olisi tilaajalle halpa sekä rakentajalle edullinen toteuttaa. Esimerkiksi liian käyriä profiileja ei lähdetä toteuttamaan, tai jos se toteutettaisiin, se tulisi kalliiksi tekijälle. Jos jostain syystä johonkin laidoituksen kohtaan tulee ”liian” käyrä profiili, se korvataan esim. levyosalla. Yleensä ottaen, jos lähdetään hakemaan suunnittelussa optimihienoutta, niin että se on viimeisen päälle laskettu ja kaikki materiaalit on viimeisen päälle optimoitu, tulee rakentaminen järjettömän kalliiksi. (Kuusimurto, 2013.)

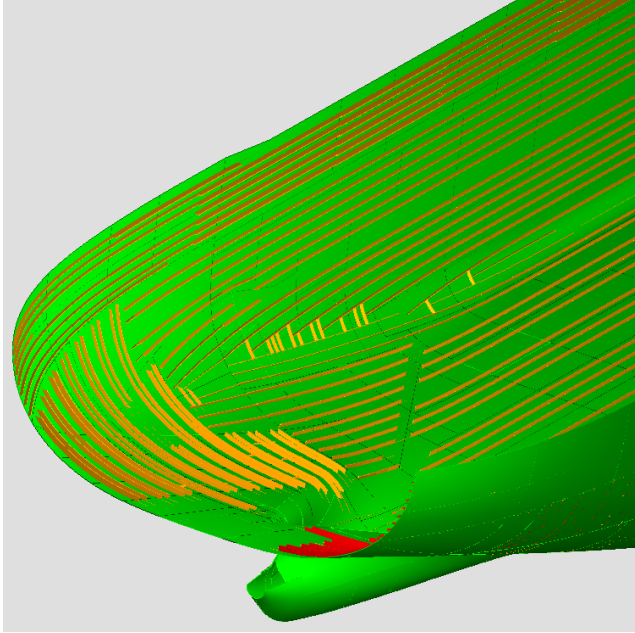
Laitakaarien sijoittelu etenkin aluksen perä- ja keulalaivassa ovat haastavaa toimintaa, johon kannattaa käyttää aikaa, jotta sekä luokituslaitosten säännöt, että tuotannon vaatimukset otetaan huomioon niin, että laidoitus on kaikilta osin säännönmukainen ja mahdollisimman edullinen ja käytännöllinen toteuttaa.

Runkosuunnittelijan näkökulmasta pituudeltaan lyhyempi laiva johtaa pienempään teräspainoon, mikä on hyvä asia, mutta silloin on aiheellista kasvattaa laivan syvyyttä ja leveyttä, jotta lastitankkien tilavuudet pysyvät asianmukaisina. Tämä taas johtaa pieniin L/B ja L/D- arvoihin, joka johtaa huonoon propulsio- ja ohjattavuuskykyyn. Kompensoidakseen tätä, voidaan blokkikerroin suunnitella pieneksi, mutta silloin taas laivan kaarevan osan muotoalue kasvaa suurem-

maksi ja näin ollen myös valmistuskustannukset kasvavat. Mitä kaarevammat muodot rungossa on, sitä vaikeampaa on toteuttaa laidoituksen levytys ja kaaritus. Mitä taas tulee kaariväleihin, pienempi kaariväli säästää teräspainoa, mutta kaarien lukumäärä ja hitsauspituus kasvaa, joka johtaa jälleen suuriin rakennuskustannuksiin. (Okumoto ym. 2010, 88.)

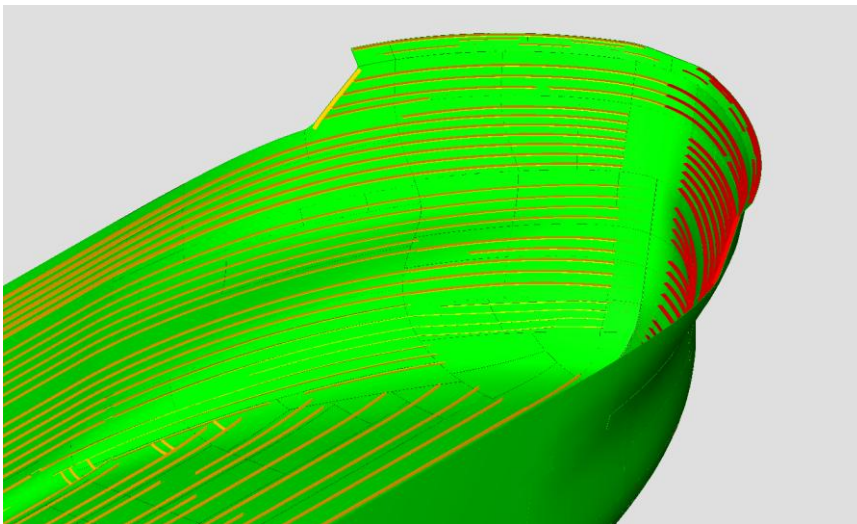
Laitakaaret pyritään aina sijoittamaan niin, että ne kulkevat koko ajan samassa tasossa, esim. laitalongit kulkevat koko ajan samaa Z-arvoa, jotta kaarituksesta tulee mahdollisimman jatkuva, yksinkertainen ja selkeä. Muoto-alueilla ei myöskään pyritä sijoittamaan laitakaaria täysin kohtisuoraan laita vasten (vaikkakin tällä saavutettaisiin lujuuden näkökulmasta parempi vaikutus), sillä sivulevyn kaareutuminen keskilaivaa kohden aiheuttaisi tällaisella sijoittelutavalla laitakaarien tulemisen liian monimuotoiseksi, jolloin niitä olisi vaikeaa ja kallista valmistaa. (Okumoto ym. 2010, 483.)

Kuvassa 7 on esitettyä rahtilaivan perän kaaritusjärjestelmä. Sivulaidoituksen ylimpänä olevat kaaret on viety samassa korkeuslinjassa aivan perään asti, koska laita ei ole sillä korkeudella niin kaareva sisäänpäin ettei tämä olisi mahdollista. Sivulaidoituksen keskiosassa olevat kaaret taas päättyvät poikittaishaarisiin. Tämä siksi, että jos kaarilinjaa jatkettaisiin perään asti, niin muodosta johtuen kaarien välit kasvaisivat liian suuriksi. Sivulaidoituksen alaosassa olevat kaaret päättyvät yksitellen omaan kohtaansa, pohjan noususta johtuen. Jos kuvaa katsoo tarkemmin, poikittaishaarista ”puuttuu” joka kolmas kaari. Nämä ovat kehyskaarien paikkoja. Pohjasta taas ”puuttuu” kölit ja sivulaidoituksesta kannet.



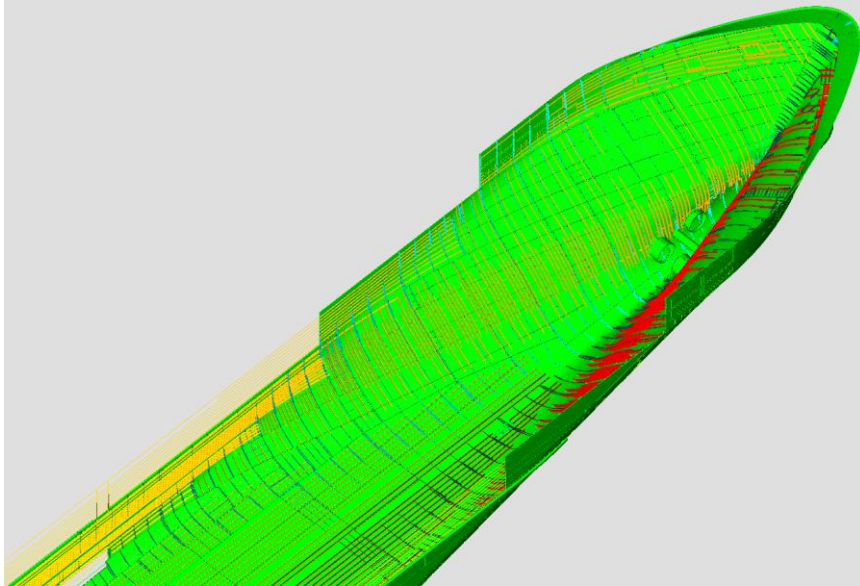
Kuva 7. Kuvakaappaus rahtilaivan peräosan kaarijärjestelystä.

Kuvassa 8 on esitetty rahtilaivan keulaosan kaaritus. Laitakaaret on asennettu vaakasuuntaan keulan täyteläisestä muodosta johtuen koko keulan alueella.



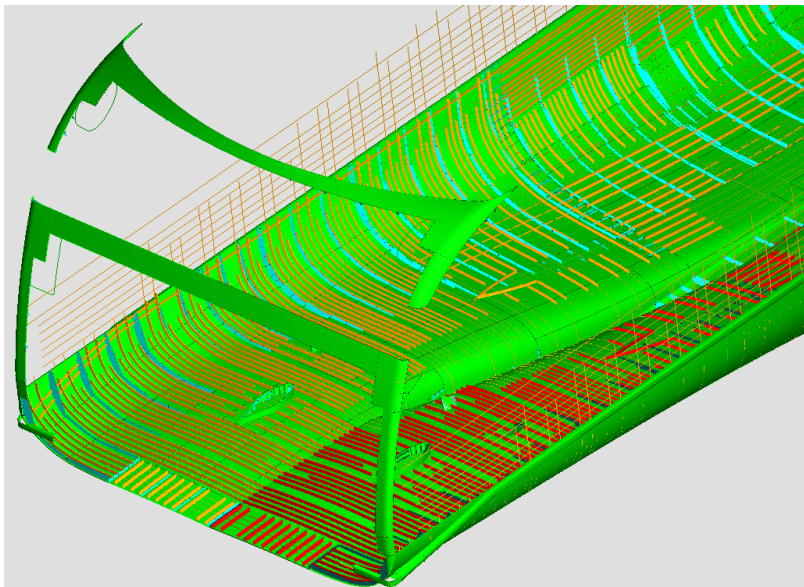
Kuva 8. Kuvakaappaus rahtilaivan keulaosan kaarijärjestelystä.

Kuvassa 9 on esitetty pienen blokki-kertoimen omaavan jäävahvistetun rungon keula-alueen kaarijärjestely. Johtuen keulan kaarevasta muodosta sekä jääkaarista, kaaret kulkevat poikittain lähes koko keulan alueella. Vain pohja- ja sivulaidoitus sekä aivan keulan ylin osa on kaaritettu pitkittäin.



Kuva 9. Kuvakaappaus jäävahvistetun ja "hoikan" keulan kaarijärjestelystä.

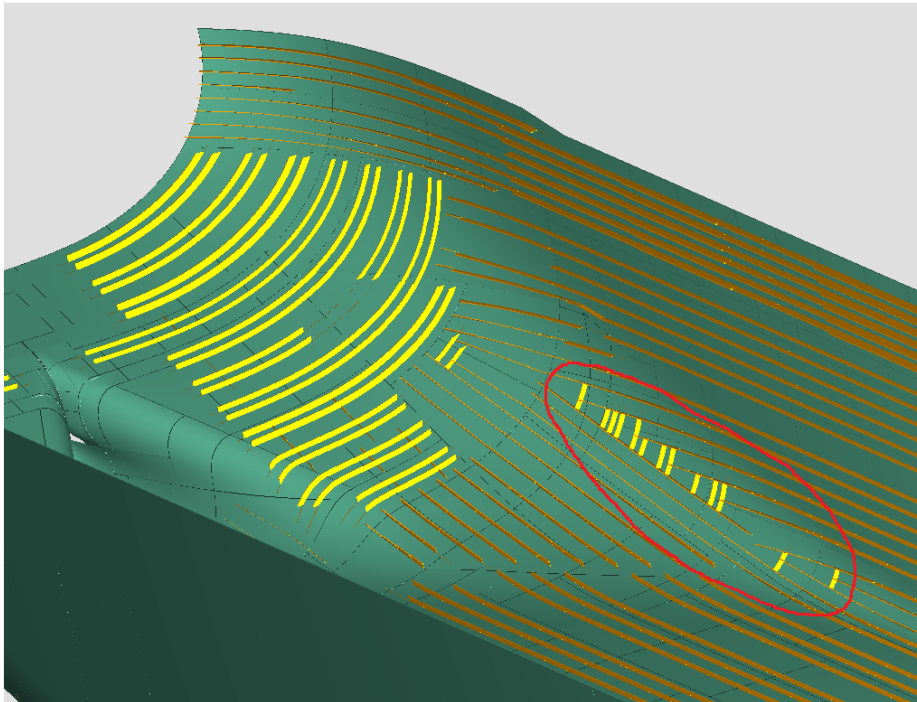
Kuvassa 10 on esitetty jäävahvistetun rungon peräosan kaarijärjestely. Pitkittäiset kaaret laivan keskiosasta on tuotu niin pitkälle perään päin kuin on järkevää. Rungon muodon muuttuessa liian kaarevaksi, on kaaritus toteutettu poikittain. Perälaivan keskilinjassa oleva voimakkaasti kaareutuva levykenttä näyttäisi olevan vahvistamaton. Tässä kohtaa kaaritus tehdään levyosista, johtuen niin voimakkaasta pohjan muodosta, ettei profiileja ole järkevää tai mahdollista taivuttaa.



Kuva 10. Kuvakaappaus jäävahvistetun rungon perän kaarijärjestelystä.

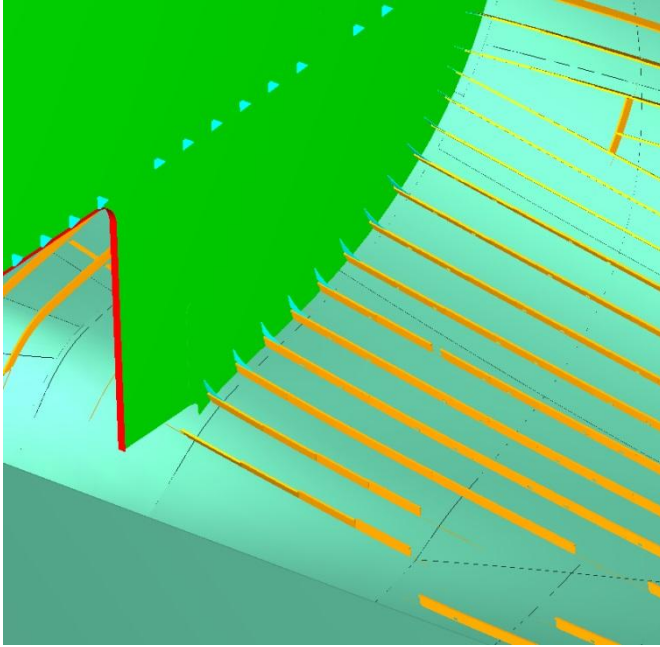
2.6 Laitaprofiilien liittäminen

Laitaprofiilit, eli laitakaaret tai laitalongit eivät koskaan voi päättyä vapaasti, toisin sanoen ilman kytkentää johonkin toiseen rakenteeseen. Tämä aiheuttaisi niin sanotun kovan pisteen. Profiilien päiden kytkentätapa riippuu siitä, mihin rakenteeseen ne päättyvät. Edellä esitetyissä kuvissa profiilit näyttäisivät päättyvän vapaasti, näin se ei suinkaan ole. Näissä kuvissa on esitetty vain laitaprofiilit ja laidoituslevyt. Kuvassa 11 on esitetty profiilien päiden kytkentä tapauksessa, jossa ne päättyvät poikittaisiin laitaprofiileihin.



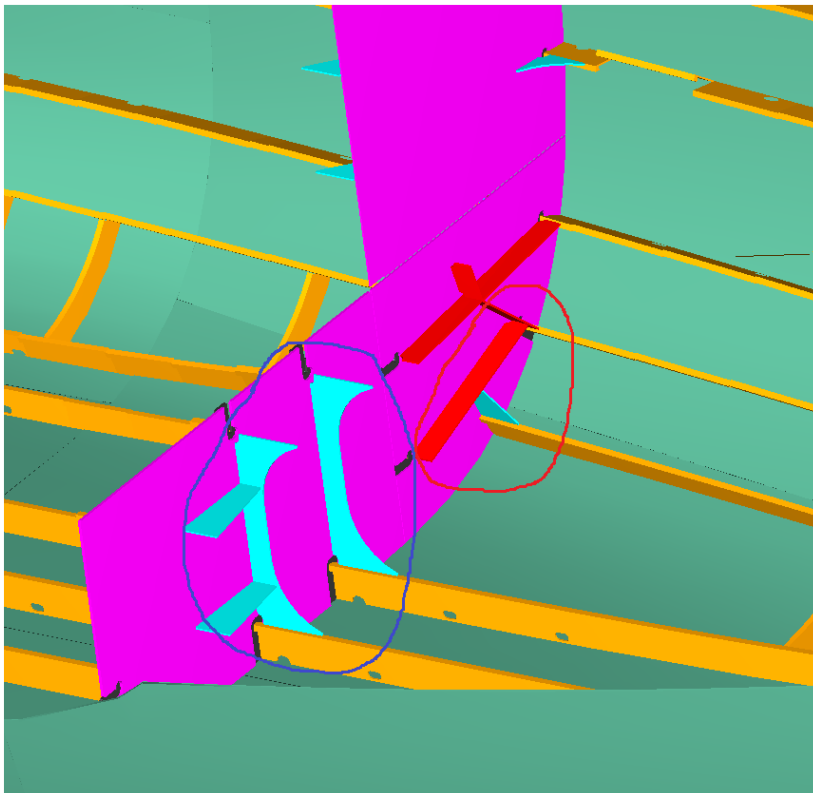
Kuva 11. Pitkittäisten profiilien päiden kytkentä poikittaisiin profiileihin.

Kuten kuvassa 11 näkyy, profiilit eivät pääty vapaasti, ne kytketään aina johonkin toiseen rakenteeseen kiinni. Kuva 12 esittää, kuinka profiilit päätetään poikittaislaipioon.



Kuva 12. Profiilien päättäminen poikittaislaipioon.

Kuten kuvasta nähdään, jokainen profiili on polvioitu laipioon kiinni. Kuva 13 esittää, kuinka profiilit päätetään kehyskaareen.



Kuva 13. Profiilien päättäminen kehyskaareen.

Kuvassa oleva punaisella ympyröity kohta esittää laitaprofiilin päättämisen kehyskaareen. Profiilin pää on kytketty polviolla sekä kehyskaareen, että kehyskaaren vahvikeprofiiliin. Sinisellä ympyröity kohta esittää polvioita, jotka eivät varsinaisesti liity profiilien päiden kytkentään. Ne ovat nurjahduspolvioita, jotka estävät kehyskaaren nurjahtamisen.

Edellä esitetyissä kuvissa on vain muutamia esimerkkejä profiilien kytkennästä. Tärkeintä on huomata, että kytkentä on tapauskohtaista ja se on tehtävä aina rakenteen jatkuvuuden merkityksen kannalta.

2.7 Laitalevyn saumoitus

Luokituslaitokset ovat antaneet kaavoja laitalevyn minimivahvuuden laskemiseen aluksen eri alueille. Pääsääntöisesti näistä arvoista ei poiketa. Laitalevyn paksuuteen vaikuttaa mm. kaarivälit, mahdollinen jääluokitus ja käytettävän levyn ominaisuudet. Mitä suurempi kaariväli, sitä paksumpaa levyä tarvitaan. Tässäkin tapauksessa tulee vastaan rakenteiden ja levytyksen optimointi, loppujen lopuksi myös kustannukset ovat määräävässä osassa levytyksen suunnittelussa.

Laitalevyjen vahvuuden määrittämisen jälkeen lähdetään jakamaan levyjä lohkoihin ja tuotantolevyihin, on siis syytä tutustua tuotantolaitoksen asettamiin rajoituksiin, eli kuinka isoja levyjä pystytään käsittelemään, minkä kokoisia levyjä on saatavilla ja kuinka vaikean muotoisia levyjä pystytään taivuttamaan. Niin kuin laitaprofiileissakin, ei ole asianmukaista valmistaa liian käyriä levyjä. (Kuumurto, 2013.)

Mitä pidemmälle mennään detail - suunnittelussa, sitä tarkemmin aletaan tarkastella yksittäisten levyjen muotoja ja saumasijainteja. Yleisesti, mitä kaarevammat muodot, sitä enemmän tulee saumoja. Keskilaivassa, jossa pinta on tasomainen, voidaan käyttää jopa maksimilevykokoja, joita on saatavilla. Perä- ja keulalaivassa taas kun muodot ovat tavallisesti hyvin kaarevia, joudutaan tekemään enemmän saumoja.

Myös levyjen leikkausmuotoihin on syytä kiinnittää huomiota. Mitä suorakulmaisempia levyjä leikataan, sitä vähemmän tulee hukkal levyä. Kokonaan täysin suorakulmaisten levyjen käyttäminen laidoituksessa on vaikeaa ja jopa mahdotonta, mutta oikealla suunnittelulla ja tarkastelulla voidaan säästää paljonkin materiaalia. (Arkke, 2013.)

3 LAIDOITUKSEN SUUNNITTELU AVEVA MARINELLA

3.1 Suunnittelun lähtötiedot

Lähtötiedot vaihtelevat projektista riippuen. Jotta mallinnus voidaan aloittaa, tarvitaan aina laivan pinta, joka siirretään AVEVAan. Pinta tehdään yleensä NAPA-ohjelmalla. Usein pinta saadaan jonkinlaisena, se ei välttämättä sisällä kaikkia pintoja. Esimerkiksi suurissa risteilijöissä on paljon uima-altaita, jotka vaativat oman pintansa. Näitä pintoja tuskin tehdään NAPAlla, koska se on enemmänkin laskentatyökalu. (Kuusimurto, 2013.)

Nykyään AVEVAssa on mahdollista hakea erilaisia pintoja muistakin ohjelmista, esimerkiksi jostain pintamallinnusohjelmasta, kuten Catiasta. Aikaisemmin AVEVAn vanhemmassa versiossa Tribonissa oli mahdollisuus tuoda pinta vain NAPA-ohjelmasta. Tällaisia pintoja voivat olla juuri uima-altaat, ankkuritaskut tai potkuriakselitunnelit yms. (Kuusimurto, 2013.)

Jos projektissa on kyseessä pelkästään laidoituksen mallintamisesta ja työkuvi-
en tekemisestä, saadaan lähtötiedoiksi pääkaaren luonnos ja shell expansion -
luokituskuva, jonka yleensä on tehnyt työn tilaaja (esim. telakka). Näistä saa-
daan tiedot levyjen vahvuuksista ja saumojen sijainneista, kuten myös profiilien
koista, laaduista ja sijainneista.

Jos taas projekti on sen tyyppinen, että luokituskuvat pitää tehdä itse ja lähtötie-
tona on pääkaaren luonnos, tehdään ensin luokituslaskijoiden kanssa yhteis-
työssä laidasta luokituskuvat esim. AVEVAlla. Tämän jälkeen mallia kehitetään
yksityiskohtaisemmaksi ja lopulta saadaan ulos tuotantoaineisto.

Lisäksi mallintamisen aikainen nimeäminen on syytä ottaa huomioon. Erityisesti
jos laidoituksen mallinnusta ei tehdä pelkästään yhdellä paikkakunnalla, pitää
miettiä yhtenäiset nimeämissäännöt, jotka helpottavat mallin hallintaa ja käsitte-
lyä suunnittelemisen aikana. On hyvin mahdollista, että esim. perälaiva mallin-
netaan kokonaan toisessa maassa kuin keski- ja keulalaiva. Tällä nimeämisellä

vältetään samannimisten objektien käyttö. Näin mallin yhdistämistä on helpompi hallita. Tämä malliobjektien nimeäminen ei vaikuta tuotantomateriaalin käsittelyyn millään tavalla, sillä tuotantoon menevät informaatiot ja nimeämiset syötetään malliin yleensä telakoiden omien standardien mukaan. (Kuusimurto, 2013.)

3.2 Käytetyt ohjelmistot

AVEVA Marine Planar Hull Modelling on perustyökalu laivan sisärakenteiden ja tasopaneeleiden mallintamiseen. AVEVA-laivamallista saadaan kätevästi tehtyä tuotannon työkuvat leikkauksilla, jotka mitoitetaan ja joihin lisätään informaatio tuotantoa varten. Sen lisäksi, että mallista saa ulos polttokoneen ohjelmat, millä saa oikeanlaiset ja kokoiset osat, oikeilla viisteillä ja oikeilla merkkauksilla, saa siitä vielä ulos profiilien oikeat taivutustiedot, jigit yms. AVEVAan kuuluu myös nestaus-työkalu, jolla voi sijoittaa osat suoraan tuotantolevyihin.

Laidoituksen ja kaikkien käyrien paneeleiden ja profiilien suunnitteluun tarvitaan oma sovellus, koska siinä pitää varautua erityisen haastaviin muotoihin, etenkin laivan perän ja keulan alueella. AVEVA Marine -työkaluun on kehitetty erityinen Curved Hull -lisäosa, joka on tarkoitettu juuri tällaisten levyjen ja profiilien mallintamiseen, erityisesti laidoituksen.

AVEVA Marine on alun perin kehitetty Ruotsin Malmössä sijaitsevan Kockumin telakan omaan käyttöön. Telakan mentyä konkurssiin nykyinen AVEVA irtautui telakasta omaksi yhtiökseen ja aikojen saatossa sitä on edelleen kehitetty eri telakkayhtiöiden vaatimuksien mukaisesti. Juuri siksi se yhdistyy tuotannon kanssa niin hyvin, ettei käytännössä muita ohjelmia juurikaan käytetä rungon tuotantoaineiston suunnittelussa. Erilaisia apuohjelmia, kuten joitain pintamallinnusohjelmia voidaan toki siis nykyään käyttää. Niistä voidaan tuoda erilaisia pintoja malliin, mutta tuotantoaineisto ja malliin loppuun tekeminen suoritetaan AVEVAlla.

3.3 Suunnittelun eteneminen AVEVA Marinessa

Seuraavassa esityksessä mallinnetaan laidoitusta AVEVA Marinen MAR-nimiseen harjoitusprojektiin kaariväleille FR212-150 – FR225+150. MAR-projektiin on jo valmiiksi mallinnettu laidoitus kaaresta FR212-150 perään päin.

Mallin luominen alkaa keulan puoleisen lohkorajan määrittelystä, ts. lohkosauaman tekemisellä kaarelle FR225+150. Kun keulan puoleinen lohkoraja on mallinnettu, luodaan Storable point -objektit, eli pisteet joiden välissä laitalevyjen saumat kulkevat. Kun laitalevyjen saumat on luotu, määritellään niille nimet.

Seuraavaksi luodaan laitalevyt ensin määrittelyiden saumojen perusteella ja nimetään myös ne. Tämän jälkeen luodaan laitaprofiilit, nimetään ne ja jaetaan profiilit pienemmiksi pätkiksi, eli Shell stiffenereiksi.

Kun levyt ja profiilit on luotu, mallinnetaan vielä keulathrusteritunneli ja siihen liittyvät kaksi pintaa.

Kun kaikki edellä mainittu on luotu, pitää vielä yhdistää kaikki luodut objektit käyräpaneeliin/paneeleihin ja tallentaa profiilit tietokantaan. Käyräpaneelien luonti on tehtävä aina. Laitaobjektit eivät varsinaisesti ole vielä mallissa mukana ennen käyräpaneelien luontia ja profiilien tietokantaan lisäämistä, joten esimerkiksi painolaskujen, profiilien skissien ym. tekeminen ei onnistu. Kun nämä on suoritettu, on malli valmis.

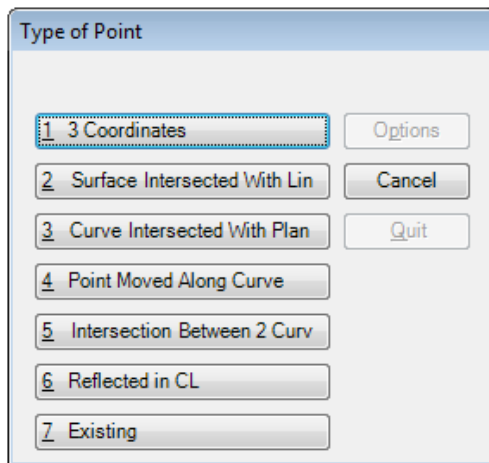
Lopuksi esitetään vielä erilaisia näkymiä laidoitusobjekteista, joita AVEVAlla pystyy tekemään. Tällaisia ovat muun muassa developed plate-, bodyplan-, curved panel-, developed profile-, profile sketch- sekä shell expansion-kuvat.

4 STORABLE POINT -OBJEKTIN LUONTI

Storable point -objektit ovat pisteitä, joita voidaan luoda malliin. Niitä voidaan käyttää hyödyksi erilaisten laitaobjektien luomisessa, kuten laitallevyn saumojen määrittelyssä. Luodaan Storable point -objektit lohkorajojen saumoille. Ensiksi valitaan haluttu käyrä (keulanpuoleinen käyrä) aktiiviseksi painamalla pikakuvaketta "Select object in Drawing", valitaan haluttu käyrä ja klikataan pikakuvaketta "Operation Complete". Vasta tämän jälkeen valitaan ylävalikosta:

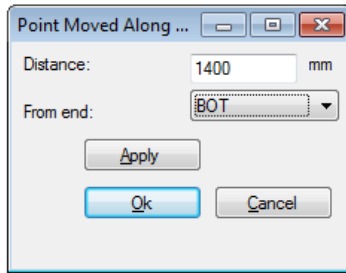
Curved Hull -> Model -> Create Storable Point

Avautuva ikkuna (Kuvio 1) tarjoaa nyt monia erilaisia pisteiden tyyppejä. Tässä tapauksessa valitaan "Point Moved Along Curve".



Kuvio 1. Type of point.

Tämän jälkeen ohjelma kysyy pisteen etäisyyttä halutusta sijainnista (Kuvio 2). Ensimmäinen piste piirretään paikkaan 1400 mm CL:stä. From end - alavetovalikkoon valitaan siis BOT. Sitten "Ok".



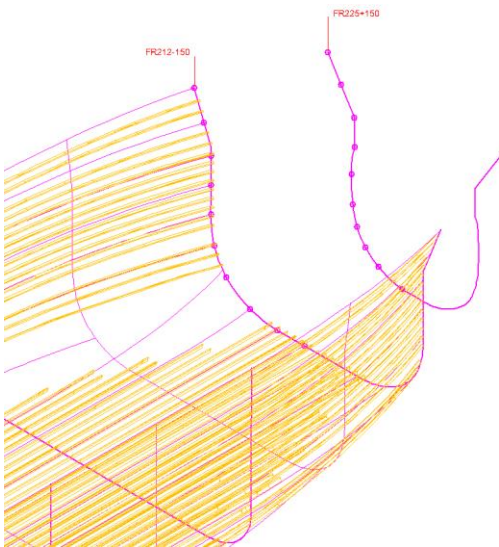
Kuvio 2. Point Moved Along Curve.

Seuraavaksi ohjelma kysyy pisteen nimeä. Annetaan sille nimi "POINT1" ja klikataan "Ok". Ensimmäisen pisteen luonnin jälkeen luodaan loput pisteet käyrälle niin, että niiden jokaisen etäisyys edellisestä on 2800 mm. Tämä tapahtuu täysin samalla tavalla kuin ensimmäisen pisteen luominen. Ainoastaan kuvion 2 ikkunaan valitaan uusi etäisyys ja suunta, johon piste piirtyy.

Koska laidoituksen peräosaan on jo valmiiksi tehty saumat, luodaan lohkon peräpuolen sauman pisteet lohkon perimmäisen poikittaisen sauman ja jo olemassa olevien pitkittäissaumojen leikkauspisteisiin. Tämä tehdään valitsemalla leikkaavat saumat aktiivisiksi, jonka jälkeen valitaan jälleen ylävalikosta:

Curved Hull -> Model -> Create Storable Point

Aukeavasta valikosta (Kuvio 1) valitaan nyt "Intersection Between 2 Curves" ja annetaan pisteelle nimi. Tehdään kaikki lohkon peränpuoleisen poikittais-sauman pisteet näin ja saumojen luominen voidaan aloittaa. Kuviossa 3 on esitetty tähän asti mallinnettu laidoitus.



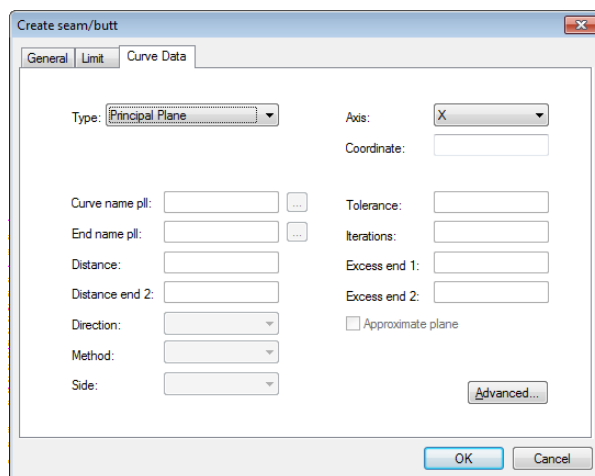
Kuvio 3. Laidoitus pisteiden luonnin jälkeen.

5 SAUMOJEN JA LOHKORAJOJEN LUONTI

Kun pitkittäissaumojen pääty pisteet on luotu, on helppoa luoda saumat. Valitaan ensin aktiiviseksi ne pisteet, joiden väliin sauma halutaan, sen jälkeen ylävalikosta:

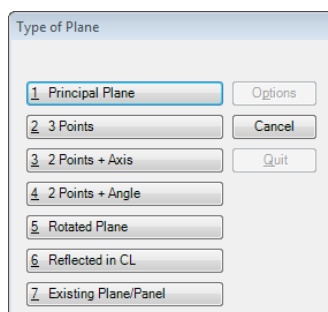
Curved Hull -> Model -> Create Seam/Butt

Ensimmäinen avautuva valikko on kuvion 4 kaltainen. Tämän valikon avulla pystyy määrittämään sauman sijainnin ja rajat suoraan esimerkiksi jollain tietyllä Z-arvolla. Valitaan nyt kuitenkin ”Advanced”, koska haluamme sauman kulkevan ensin määriteltyjen pisteiden väliin.



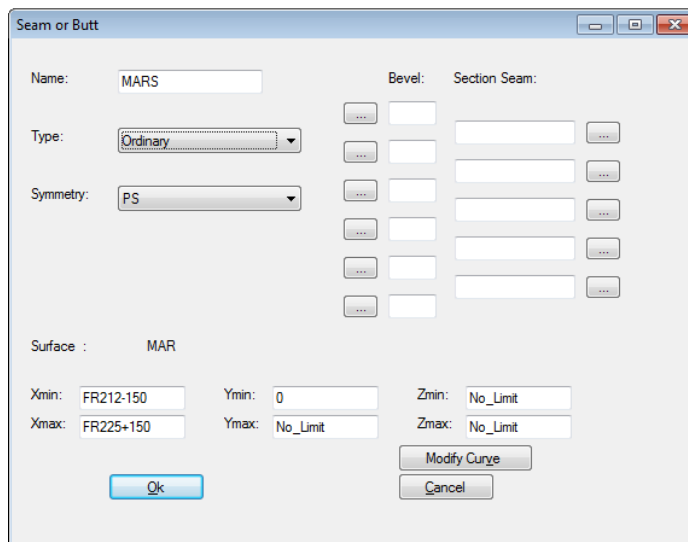
Kuvio 4. Create seam/butt.

Seuraava avautuva valikko kysyy sauman tyyppiä. Tämän valikon avulla voi tilanteen mukaan valita erilaisen määrittelyn saumalle. Valitaan tässä tapauksessa ”By plane”. Kun ”By plane” on valittu, aukeaa kuvion 5 kaltainen ikkuna.



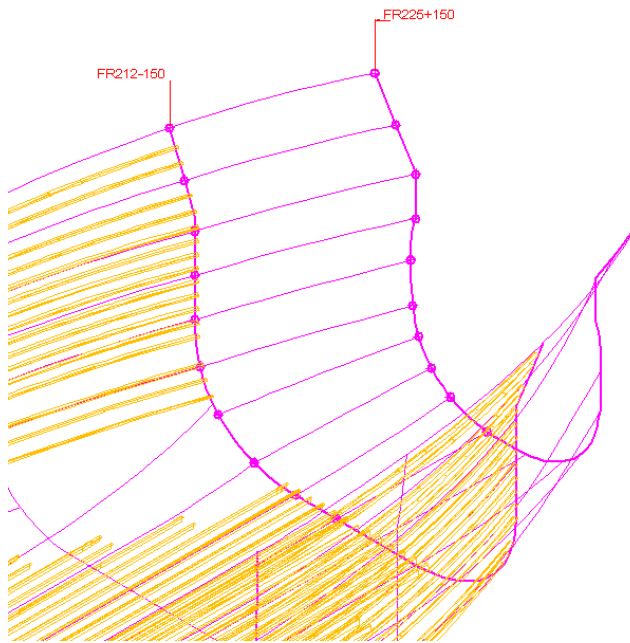
Kuvio 5. Type of plane.

Valitaan tästä "2 Points + Axis". Tämän jälkeen avautuva valikko kysyy akselin suuntaa. Koska kyseessä on nyt pituussuuntaisen sauman luominen, valitaan akseliksi X. Ohjelma kysyy vielä: "Pitäisikö sauma päättää määritelyihin pisteisiin?" Valitaan "OK". Kun sauman sijainti on määritelty, aukeaa kuvion 6 kaltainen ikkuna. Annetaan saumalle nimi kohdan 5.1 mukaan. "Type" on Ordinary, Symmetry on PS&SB ja painetaan OK. Tässä kohtaa voisi myös määrittää hitsausviisteet saumoille.



Kuvio 6. Seam or butt.

Tehdään samalla tavalla muut X-akselin suuntaiset saumat ja tallennetaan kuva ja työ. Kuviossa 7 on esitetty tähän asti mallinnettu laidoitus.



Kuvio 7. Laidoitus saumojen luontien jälkeen.

5.1 Saumojen nimeäminen

Saumojen nimet muodostuvat projektin alkukirjaimista (MAR), projektin alkukirjaimien perään lisäystä kirjaimesta "S" sekä kirjaimen "S" perään tulevasta sauman sijaintinumerosta (2) sekä juoksevasta numeroinnista (00). Tässä projektissa esimerkiksi CL: n lähimpänä olevan sauman nimi olisi MARS200. Seuraava taas MARS201 ja niin edelleen.

Sauman sijaintinumero riippuu tasosta, jolle sauma mallinnetaan (X,Y tai Z).

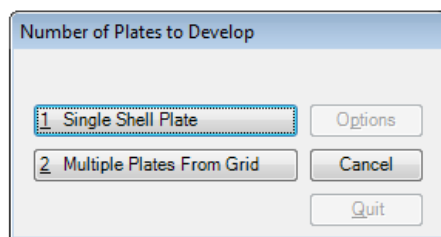
X	MARS1XX
Y	MARS2XX
Z	MARS3XX

6 LAITALEVYJEN LUONTI

Kun lohkorajat ja saumat on luotu, voidaan luoda laidoituslevyt. Valitaan ylävalikosta:

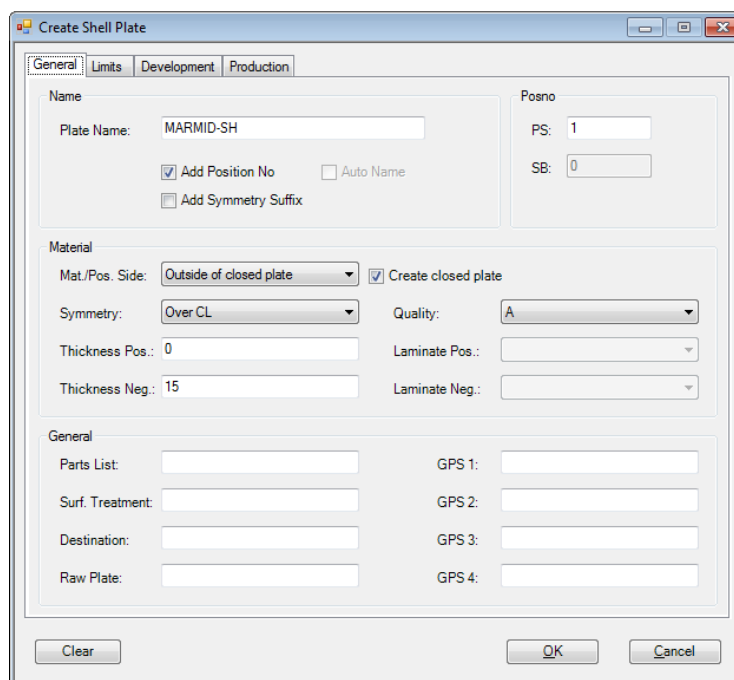
Curved Hull -> Model -> Create Shell Plate

Avautuva ikkuna (Kuvio 8) kysyy nyt, luodaanko yksittäinen levy, vai useampi levy kerralla. Valitaan ensin vaihtoehto 1, ”Single Shell Plate”.



Kuvio 8. Number of Plates to Develop.

Nyt ohjelma pyytää indikoimaan kuvasta saumat, joiden rajoihin levy luodaan. Saumat osoitetaan aina perästä keulaan päin ja myötäpäivään CL:stä katsottuna. Mallinnetaan ensin CL:n yli menevä levy. Kuvion 9 kaltainen valikko aukeaa.

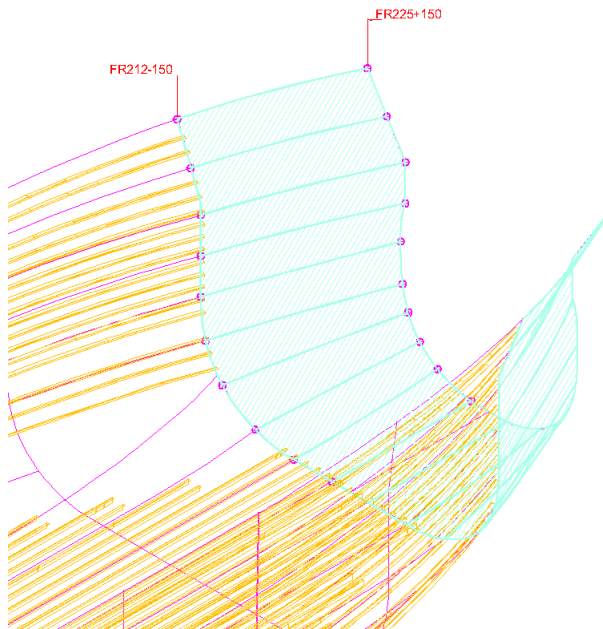


Kuvio 9. Create Shell Plate.

Valikkoon kirjoitetaan levyn nimi kohdan 6.1 mukaan. "Posno"-kenttään annetaan levyn Position number ja laitetaan ruksi kohtaan "Add Position No", jotta se tulee levyn nimen mukaan. Material - kenttään valitaan materiaalin puolisuus alavetovalikosta, laitetaan siihen "Outside of closed plate", jotta materiaali mallintuu ulospäin malliviivasta. Symmetry - alavetovalikkoon laitetaan "Over CL", koska levy kulkee CL:n yli. Valitaan vielä materiaalin laatu ja paksuus ja napautetaan OK, jolloin levy piiryy malliin.

Usein halutaan mallintaa useita levyjä kerralla, silloin valitaan valikosta (Kuvio 8) vaihtoehto 2, "Multiple Plates From Grid". Nyt ohjelma pyytää indikoimaan pystysaumot, joiden välille levyt mallinnetaan. Valitaan siis ne ja klikataan "OC". Tämän jälkeen osoitetaan vaakasaumat. Jos halutaan, että Position number-luku kulkee alhaalta ylöspäin, on saumat indikoitava ylhäältä alaspäin, toisessa tapauksessa toisin päin. Indikoidaan ne nyt ylhäältä alaspäin, joten numerointi kulkee alhaalta ylöspäin. Ja painetaan "OC".

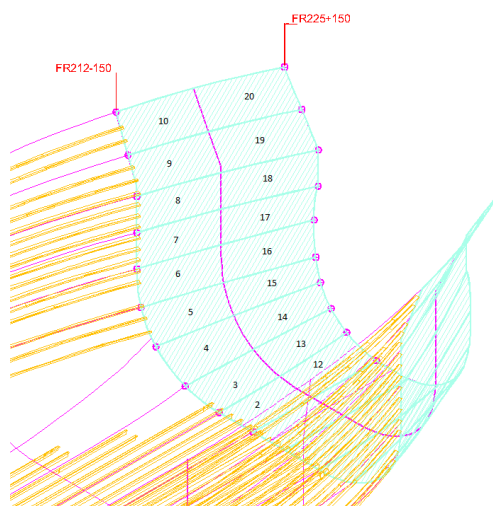
Indikoimisen jälkeen avautuu jälleen kuvion 9 kaltainen valikko. Täytetään se muuten samalla tavalla kuin ensimmäisessä kohdassa, mutta vaihdetaan Position number numeroon 2, koska numero 1 on jo käytetty ja klikataan ruksi kohtaan "Auto Name". Nyt ohjelma mallintaa levyt alhaalta ylöspäin ja Position number -luvut tulevat mukaan levyn nimeen. Kuviossa 10 on esitetty tähän asti mallinnettu laidoitus.



Kuvio 10. Laidoitus levyjen luomisen jälkeen.

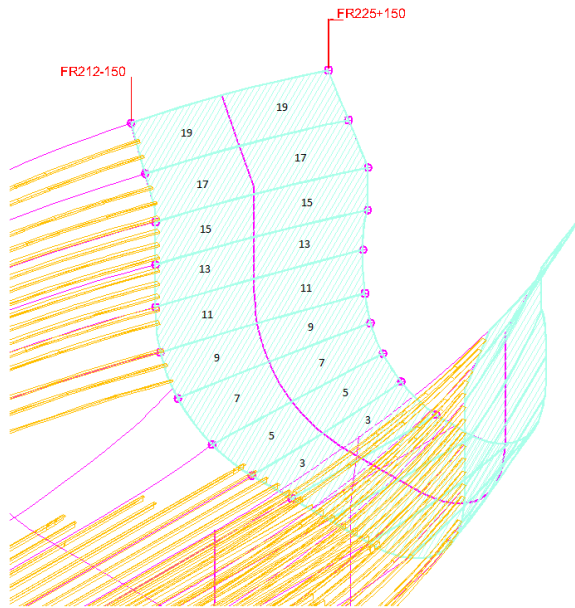
6.1 Laitalevyjen nimeäminen

Levyjen nimet muodostuvat projektin alkukirjaimista ja lohkon tunnuksesta sekä lopusta -SH. Esimerkiksi tämän projektin ylimmäisen levyn nimi olisi siis MARRER6-SH. Levyjen luonnin yhteydessä, kun klikattiin ruutua "Add Position No", ohjelma lisäsi vielä nimeen sen Position numberin. Ylimmäisen levyn koko nimi olisi siis MARRER6-SH-10. Jos lohkoissa olisi vielä yksi pystysauma, numerointi kulkisi lohkoissa alhaalta ylös ja perästä keulaan (Kuvio 11).



Kuvio 11. Levyjen numerointi 1.

Jos taas saman lohkon levyt jaettaisiin eri käyräpaneeleihin, numerointijärjestys muuttuisi hieman (Kuvio 12).



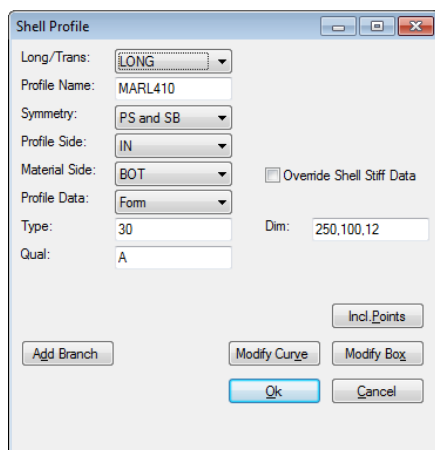
Kuvio 12. Levyjen numerointi 2.

7 LAITAPROFIILIEN LUONTI

Koska tähän MAR-projektiin on jo luotu keskialueen laitaprofiilit, voidaan ne helposti jatkaa ulottumaan mallinnettavan lohkon keulimmaiseen rajaan asti. Valitaan ylävalikosta:

Curved Hull -> Model -> Modify

Muokataan ensin ylimmäistä profiilia. Klikataan sen päältä, jonka johdosta aukeaa kuvion 13 kaltainen valikko.



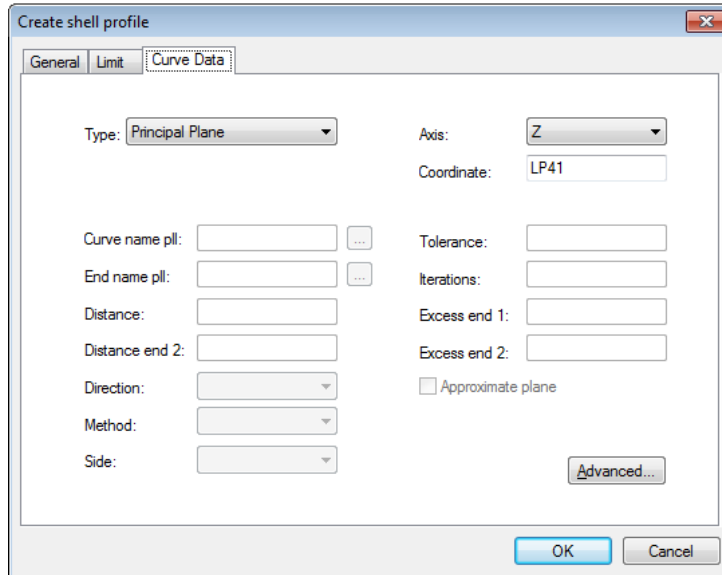
Kuvio 13. Shell profile.

Valitaan siitä "Modify Box" ja asetetaan aukeavaan valikkoon Xmax-kenttään uusi keulanpuoleinen raja. Kirjoitetaan siihen FR225+150 ja OK. Näin profiili piirtyy keulimmaiseen rajaan asti. Tehdään sama kaikille muille profiileille.

Tähän projektiin ei siis luoda uusia profiileja, mutta kokonaan uuden laitaprofiilin luominen on sinänsä yksinkertaista ja se tapahtuu melko samalla tavalla kuin niiden muokkaaminen. Jos näin tehtäisiin, valitaan ylävalikosta:

Curved Hull -> Model -> Shell profile-> Create

Tämän jälkeen aukeaa kuvion 14 kaltainen ikkuna.



Kuvio 14. Create shell profile.

Tähän ikkunaan syötettäisiin oikeat arvot kenttiin Type, Axis ja Coordinate ja klikattaisiin OK, jonka jälkeen aukeaisi kuvion 13 kaltainen ikkuna. Tämän jälkeen profiilin luominen jatkuisi samanlaisena kuin sen muokkaaminen. Syötettäisiin vain kenttiin oikeat tiedot ja profiili piirtyisi malliin.

7.1 Laitaprofiilien numerointi

Profiiliosien nimeäminen ja numerointi (Kuvio 15) määräytyvät profiilin sijainnin, suunnan ja symmetrisyyden mukaan. Numerointi tehdään aina seuraavan kaavan mukaan:

Pituussuuntaisissa profiileissa (Longitudinals)

Symmetriset ja vain P-puolen profiilit	1-999
Symmetriset ja vain P-puolen kansipinnan profiilit	1000-1999
Vain S-puolen profiilit	2000-2999
Vain S-puolen kansipinnan profiilit	3000-3999

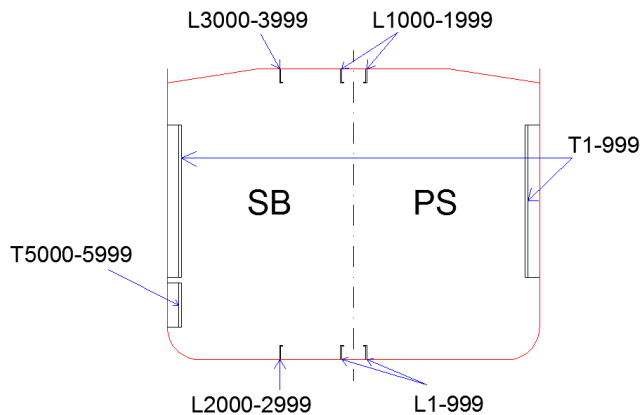
Poikittaisissa profiileissa (Transversals)

Symmetriset ja vain P-puolen profiilit

1-999

Vain S-puolen profiilit

5000-5999



Kuvio 15. Profiilien numerointi.

Profiilien nimeäminen on melko vapaata. Sen pitää olla kuitenkin selkeätä ja yhtenäistä joka puolella laivaa. Esimerkiksi pitkittäissuuntaisen, pohjassa olevan, longilla 1 sijaitsevan, symmetrisen ja P-puolella olevan profiilin koko nimi voisi olla SHL1-S1. Kirjainyhdistelmä "SH" tulee englanninkielisen termistä "shell". "L" on "Longitudinal". "1" on profiilin numero. "S1" taas on samalla linjalla sijaitsevan profiilin järjestysnumero.

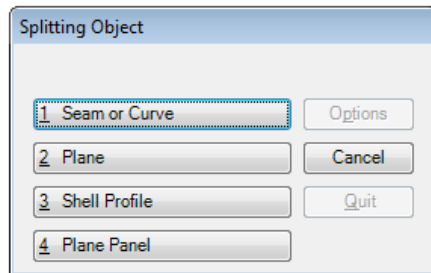
7.2 Laitaprofiilien jakaminen

Koska AVEVAN mallinnusfilosofia on sellainen, että ensin mallinnetaan profiilit koko laivan läpi, pitää ne jakaa vielä osiin lohkokohdaisesti. Tämä tapahtuu valitsemalla ylävalikosta:

Curved Hull -> Model -> Shell Stiffener-> Split

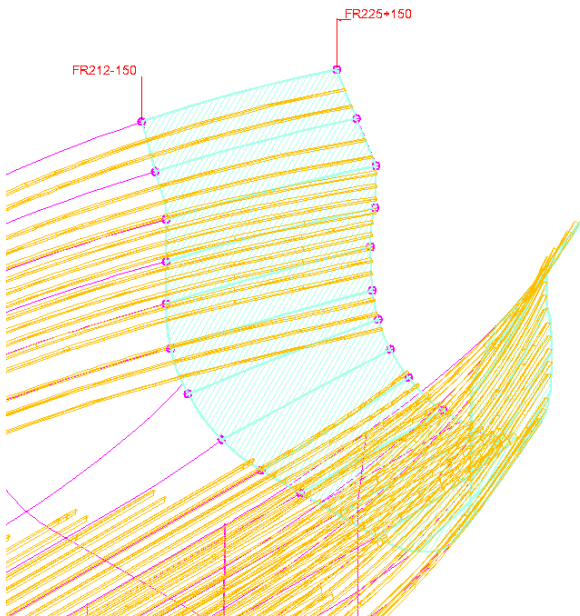
Tämän jälkeen aukeaa kuvion 16 kaltainen valikko. Valitsemalla vaihtoehdon 1, profiili katkaistaan jonkun valitun sauman rajalle, esimerkiksi lohkosauman. Vaihtoehdossa 2 voidaan määrittää jokin raja, esim. kaariraja, josta profiili katkaistaan. Vaihtoehto 3 taas katkaisee esimerkiksi pitkittäisen profiilin haluttuun

poikittaiseen profiiliin. Viimeisessä vaihtoehdossa voidaan profiili katkaista haluttuun tasopaneeliin.



Kuvio 16. Splitting Object.

Tässä tapauksessa valitaan vaihtoehto 1. "Seam or Curve", koska halutaan pätkiä profiilit mallinnettavan lohkon perän puoleiseen rajaan. Valitaan kaikki mallinnetut profiilit ja klikataan OC. Nyt ohjelma pyytää indikoimaan sauman johon profiilit päätetään. Tehdään se ja klikataan taas OC. Nyt profiilit ovat jaettu stiffenereiksi. Kuvio 17 esittää tähän asti mallinnetun laidoituksen.



Kuvio 17. Laidoitus profiilien luonnin jälkeen.

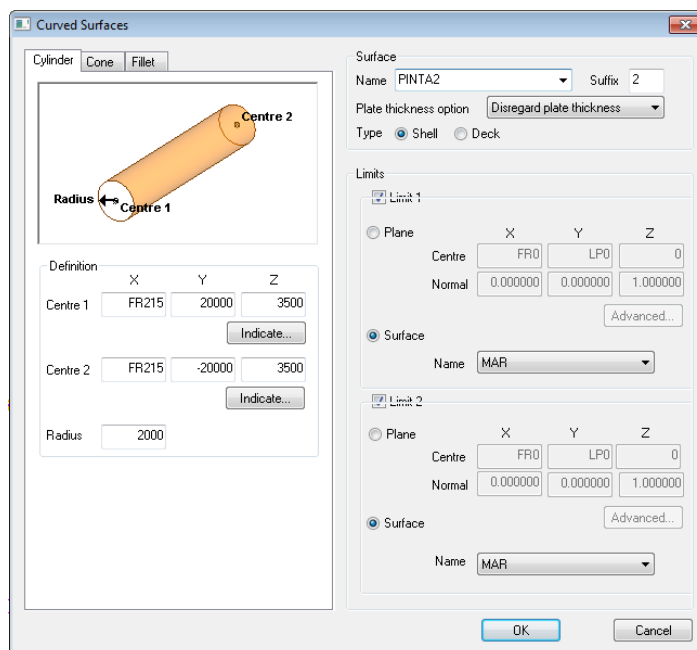
Kuten kuvasta näkyy, pohjan stiffenerit ovat hyvin käyriä pohjan noususta johtuen. Jaetaan ne vielä sopivasta kohtaa omiksi stiffenereiksi ja poistetaan liian käyrät stiffenerit mallista pois. Tämä suoritetaan käyttämällä kuvion 16 vaihtoehtoa 2. Jakamisen jälkeen poistetaan stiffenerien "hännät" mallista.

8 PINNAN LUONTI

Nykyään AVEVAssa on mahdollista luoda erilaisia pintoja, joita käytetään mallin objektien referenssinä. Luodaan tämän MAR-projektin edellä mallinnettuun lohkokoon keulathruusteritunnelit. Aloitetaan luomalla sylinteripinta, joka lävistää laivan. Valitaan ylävalikosta:

Curved Hull -> Model -> Create Curved Surface

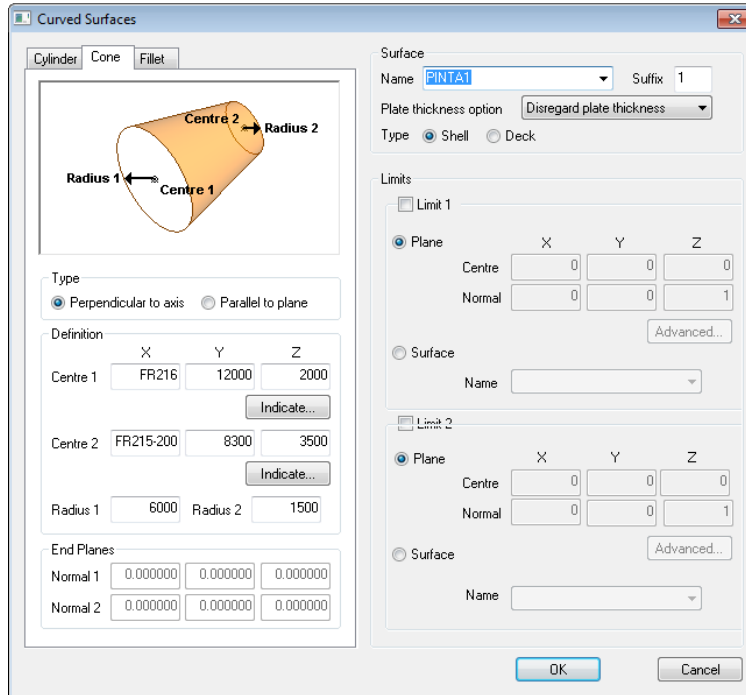
Nyt avautuu kuvion 18 kaltainen valikko. Täytetään välilehden "Cylinder" kentät kuvan mukaisesti ja napsautetaan OK.



Kuvio 18. Curved Surfaces 1.

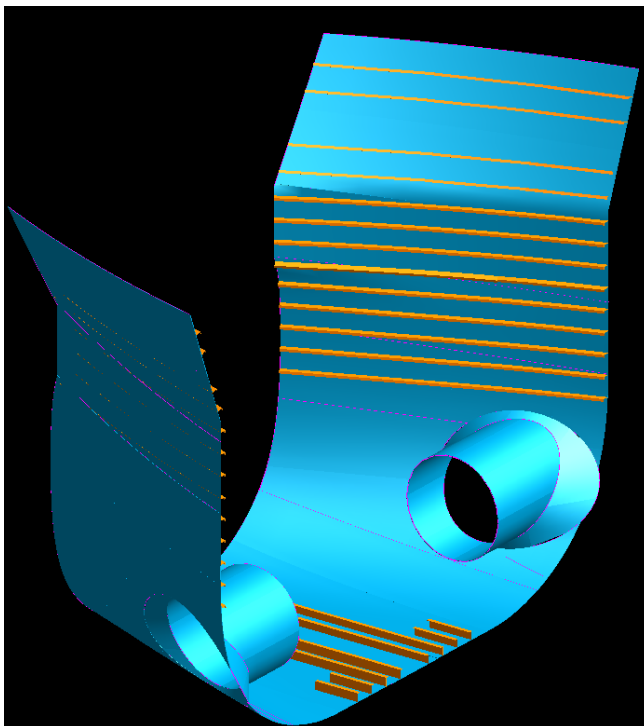
Nyt sylinteripinta piirtyi malliin, jonka jälkeen luodaan vielä yksi pinta, jolla tehdään viisteet sylinteripinnan ja rungon väliin.

Jotta viistäminen onnistuu, pitää seuraavan pinnan olla kartiopinta. Valitaan taas ylävalikosta edellä mainittu polku ja mennään "Cone" välilehdelle. Täytetään kentät kuvion 19 mukaisesti ja napsautetaan OK.



Kuvio 19. Curved surfaces 2.

Nyt on luotu vaadittavat pinnat, jonka jälkeen saumojen ja levyjen mallinnus voi alkaa. Tehdään saumat ja levyt edellä esitettyjen ohjeiden mukaan ja trimmaataan laita-profiilit pois tunnelin edestä. Kuvio 20 esittää valmiin mallin.



Kuvio 20. Valmis malli.

9 KÄYRÄPANELIEN LUONTI

Käyräpaneeli on levykenttä, johon on liitetty useampia profiileita ja levyjä. Kun levyt on luotu ja profiilit jaettu omiin lohkoihin, yhdistetään lohkon kuuluvat objektit yhdeksi käyräpaneeliksi. Valitaan ylävalikosta:

Curved Hull -> Model -> Curved Panel-> Create Curved Panel

Tämän jälkeen avautuvaan ikkunaan määritetään käyräpaneelille nimi, valitaan lohko, symmetrisyys ja tarvittaessa kutistumiskertoimet. Symmetrisyydeksi valitaan tässä tapauksessa "Over CL", koska laivan CL:ssä on keskilevy, joka on luotu CL:n ylimeneväksi.

Nyt ohjelma pyytää indikoimaan levyt, jotka halutaan käyräpaneeliin. Tehdään se ja napsautetaan OC. Tämän jälkeen valitaan vielä profiilit ja klikataan jälleen OC. Nyt on käyräpaneeli luotu.

9.1 Laitaprofiilien lisääminen tietokantaan

Otettaessa mallista ulos tuotantoon tulevaa tietoa profiileista, on AVEVAssa käyräpaneelien luonnin jälkeen lisättävä profiilit tietokantaan, jotta tämä onnistuu. Valitaan ylävalikosta:

Curved Hull -> Model -> Shell Stiffener-> To Profile DB

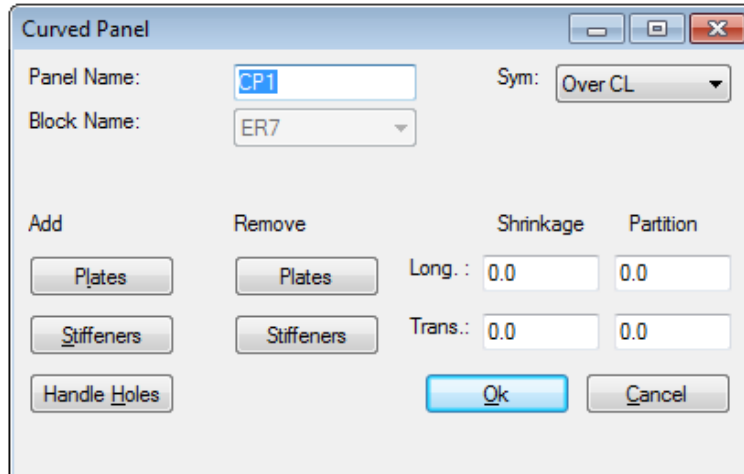
Nyt ohjelma pyytää indikoimaan profiilit, jotka halutaan tietokantaan. Indikoidaan ne ja napsautetaan OC, jolloin profiilit tallentuvat tietokantaan.

9.2 Käyräpaneelien muokkaus

Jos on tarvetta muokata käyräpaneelia, valitaan ylävalikosta:

Curved Hull -> Model -> Modify

Osoitetaan haluttua Curved Panelia ja tämän jälkeen aukeaa kuvion 21 kaltainen ikkuna.



Kuvio 21. Curved Panel.

Tarvittaessa voi muuttaa käyräpaneelin nimeä, symmetrisyyttä ja kutistumiskertoimia. Myös levyjen ja profiilien lisääminen sekä poistaminen käyräpaneelistä on mahdollista. Esimerkiksi levyjen lisääminen tapahtuu napsauttamalla Add-kentästä "Plates", jonka jälkeen ohjelma pyytää indikoimaan levyt, jotka lisätään käyräpaneeliin. Indikoimisen jälkeen painetaan OC ja kuvion 21 valikosta Ok, jolloin muutokset tallentuvat.

Levyjä poistettaessa käyräpaneelistä on huomattava, että ne poistuvat kokonaan mallista, jolloin ne joudutaan luomaan uudestaan normaaleilla toimenpiteillä. Profiilit sen sijaan eivät poistu mallista, ainoastaan käyräpaneelistä.

10 NÄKYMÄT

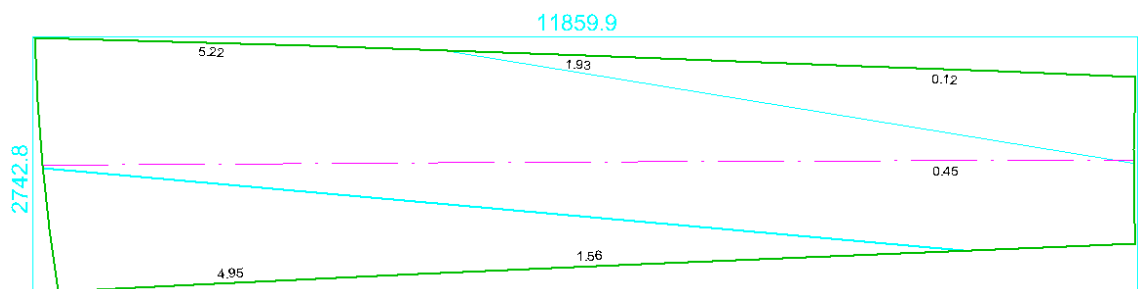
10.1 Developed plate

Heti kun levyjen saumat ovat mallinnettu, voidaan tarkastella levyjen muotoja Developed plate- näkymästä. Siitä voidaan helposti tarkastaa, onko kyseinen levy mahdollista valmistaa. (AVEVA Solutions 2009, 43).

Valitaan ylävalikosta:

Symbolic View -> Curved Hull View -> Developed Plate

Nyt ohjelma pyytää indikoimaan saumat, joiden välissä olevaa levykenttää halutaan tarkastella. Saumat indikoidaan aina perästä keulaan päin ja myötäpäivään CL:stä katsottuna. Tehdään tämä ja napsautetaan OC, jolloin kuvion 22 kaltainen levy piirtyy näytölle.



Kuvio 22. Developed plate.

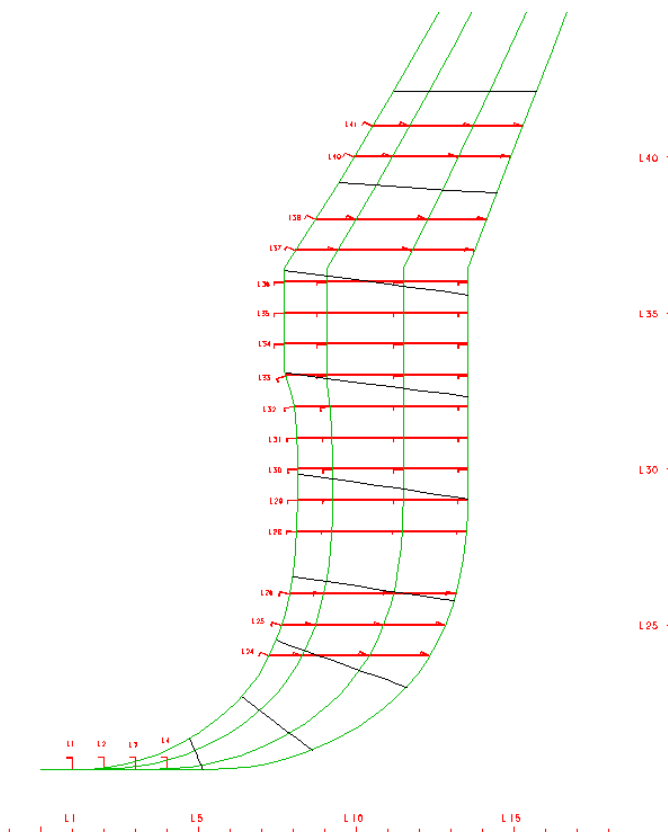
Vaaleansiniset, suorakulmanmuotoiset ääri viivat kuvastavat minimiraakalevyn mittoja. Violetti pistekatkoviiva esittää levyn keskiviivaa ja vaaleansiniset vino viivat valssaussuuntaa. Luvut levyn reunoilla taas ovat niin sanottuja krymppilukuja, jotka ilmaisevat kuinka paljon levyn pitää kutistua tai venyä tietyssä kohdassa. Mitä isommat luvut, sen enemmän materiaali kärsii. (AVEVA Solutions 2009, 43).

10.2 Bodyplan

Bodyplan-kuva koostuu monesta kaarileikkauksesta, jotka ovat istutettu toistensa päälle, se auttaa mallintajaa esimerkiksi paikoittamaan saumat ja profiilit (AVEVA Solutions 2006, 61). Valitaan ylävalikosta:

Symbolic View -> Curved Hull View -> Bodyplan

Aukeavaan valikkoon syötetään leikkauksen nimi ja rajat, miltä alueelta kaaret esitetään sekä valitaan kuinka monen kaaren välein leikkaus piirretään. Kun tiedot on syötetty, painetaan OC ja napsautetaan kuva näytölle, jolloin se piirretyy. Kuvio 23 esittää Bodyplan-leikkauksen.



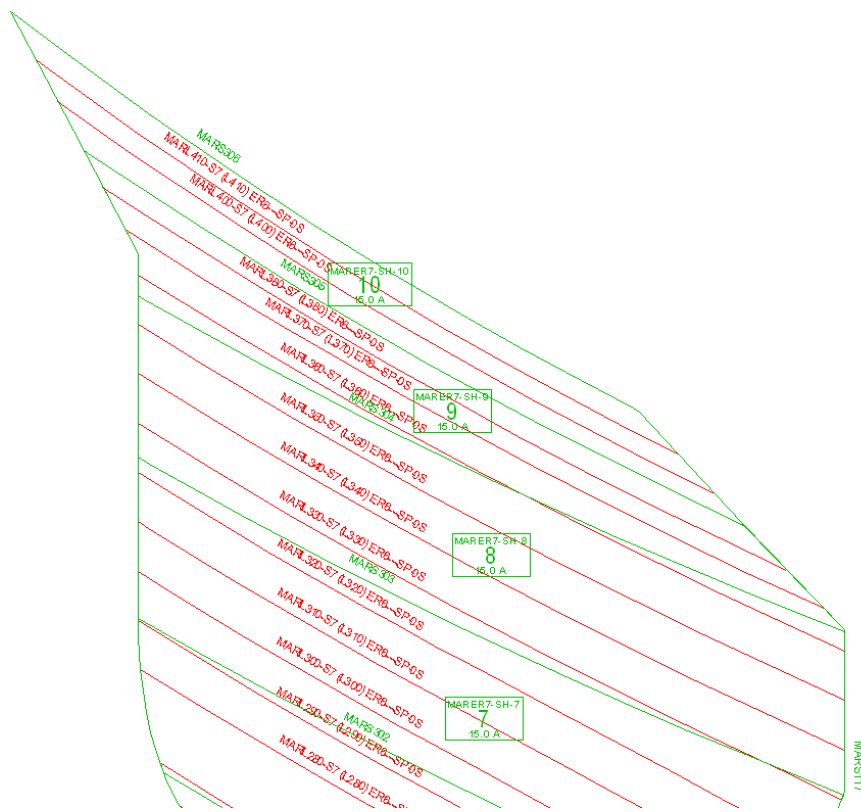
Kuvio 23. Bodyplan.

10.3 Curved panel

Curved panel on näkymä, jonka muodostaa saumat, levyt ja profiilit, jotka siihen on liitetty sekä mahdolliset leikkaavat tasot ja jigityiedot (AVEVA Solutions 2009, 80). Valitaan ylävalikosta:

Symbolic View -> Curved Hull View -> Curved Panel

Tämän jälkeen osoitetaan mallista sitä Curved paneelia, joka halutaan esitettäväksi. Nyt aukeaa valikko, johon voidaan valita näkymässä näytettävät tiedot. Kuvio 24 esittää edellä luodun käyräpaneelin. Siitä käy ilmi muun muassa saumojen, profiilien ja levyjen nimet ja numeroinnit.



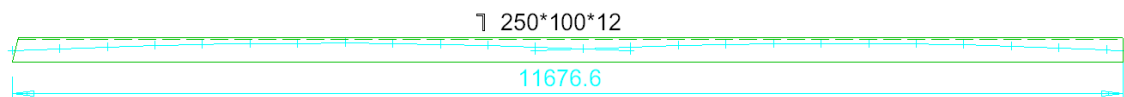
Kuvio 24. Curved panel.

10.4 Developed profile

Developed profile -kuva auttaa suunnittelijaa näkemään profiilin todelliset muodot ja sen, onko sitä mahdollista tai järkevää valmistaa (AVEVA Solutions 2009, 61). Valitaan ylävalikosta:

Symbolic View -> Curved Hull View -> Shell Stiffener

Nyt ohjelma pyytää indikoimaan profiilin, jota halutaan tarkastella. Osoitetaan profiilia ja napsautetaan OC, jolloin profiili piirtyy näytölle. Kuvasta voi nähdä profiilin pituuden, aineenvahvuuden, muodon ja taivutuskäyrän. Jos profiilin taivutuskäyrä nousee profiilin yli, on sitä mahdoton taivuttaa. Silloin se voidaan esimerkiksi katkaista, jolloin taivutus onnistuu. Usein myös, kuten kuviossa 25 näkyy, tällainen ”kahden käyrän” profiili ei ole suositeltavaa valmistaa.



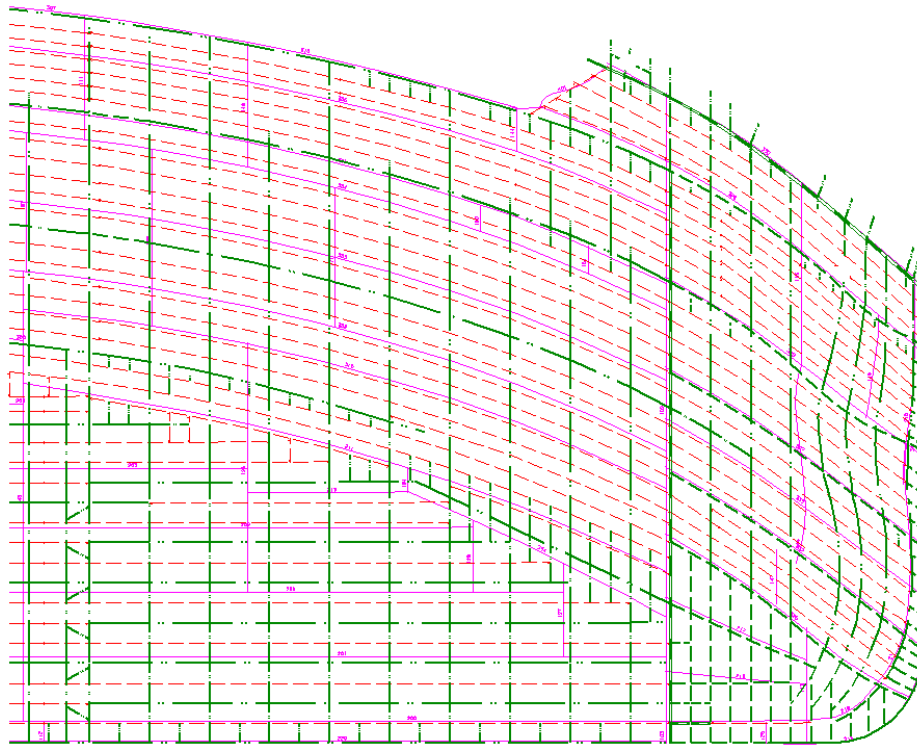
Kuvio 25. Developed profile.

10.5 Shell expansion

Shell expansion-kuva on laidoituksen levityskuva. Siitä käy ilmi kaikkien laidoituksessa kiinni olevien objektien sijainnit (AVEVA Solutions 2006, 55). Valitaan ylävalikosta:

Symbolic View -> Curved Hull View -> Shell Expansion

Avautuvaan kenttään syötetään levityskuvan nimi ja rajat, joiden välistä laitakuva halutaan levittää. Napsautetaan OC ja kohdistetaan kuva ruudulle. Kuvio 26 esittää Shell expansion-kuvan.



Kuvio 26. Shell expansion.

Kuviossa 26 olevat pystysuuntaiset, vihreän väriset pistekatkoviivat esittävät kehyskaaria, joiden mukaan laita on levitetty. Vaakasuuntaiset samanlaiset viivat kuvaavat kansien paikkaa. Punaiset katkoviivat taas esittävät laita profiilien sijaintia ja violetit viivat levyjen saumoja.

11 TUOTANTOMATERIAALI

Mallin valmistumisen jälkeen ajetaan AVEVAlla vaaditut tuotantomateriaali-infot sen omalla PPI Hull -toiminnolla. Luovutettujen tuotantomateriaalien laajuus on telakkakohtaista.

Jäykkääjistä ja palkeista luovutetaan skissit (liite 1), muotorautalistat, mitoitus-
taulukot ja taivutuskulmat.

Levyistä luovutetaan tuotannolle taivutusmallit (liite 2), nestit ja polttokoneen ohjelmat, joilla saa oikeanlaiset ja kokoiset osat, oikeilla viisteillä ja oikeilla merkkauksilla. Jos telakka haluaa, toimitetaan myös jigitiedot, aina tämä ei ole tarpeellista.

Myös työkuvat valmistetaan ja luovutetaan tuotannolle. Niistä käy ilmi levyjen nimet, sijainnit, aineenpaksuudet, viisteet, palkkien nimet ja materiaalivahvuudet sekä sijainnit ja laadut.

12 AVEVA MARINEN VERTAILU TRIBON M3:EEEN

Niin kuin edellä mainittiin, AVEVA Marine on siis Tribon M3:n uudempi versio. Laidoituksen mallintamisen osalta joitain päivityksiä ja eroavaisuuksia on tullut uudempaan versioon.

Aikaisemmin Tribonissa laidoituksen mallinnus aloitettiin luomalla laivan pintaan kaari ja/tai longikäyrät. Tämä ei ole nykyään aiheellista. Tämän tarkoitus oli, että esimerkiksi laitaprofiileja luodessa, tai levyjen saumoja määritettäessä laitaprofiilin tai saumojen malliviiva linkitettäisiin tällaiseen ”hull curveen”. Nykyään kuitenkin AVEVAn mallinnusfilosofia on sellainen, että esimerkiksi jollekin tietylle profiilille itselleen annetaan oma malliviivansa ja se mallinnetaan läpi laivan olevana objektina, jonka jälkeen sitä trimmaillaan, lähinnä laivan muotoalueilla.

Saumojen ja levyjen luonti malliin on muuttunut sen verran, että ennen ei pystynyt suoraan saumaan määrittelemään sauman hitsausinformaatiota. Ennen se määriteltiin erikseen jokaisen levyn jokaiseen reunaan. Jos esimerkiksi jokin tietty sauma kulkee läpi laivan, on helppoa määrittää suoraan saumaan hitsaus-tiedot.

Myös pinnan luominen AVEVAssa on uusi asia. Ennen pinnat tehtiin pääasias-sa NAPA-ohjelmalla ja se ”imettiin” sieltä Triboniin. AVEVAlla itsellään voi tehdä pääasiassa kolmen tyyppisiä pintoja, kaksi näistä esitettiin tässä työssä. En-simmäinen on sylinteripinta, toinen kartiopinta ja kolmas ”fillet”-tyyppinen pinta, jolla voi luoda tasoja ja kaarevia muotoja. Periaatteessa siis AVEVAlla voi luoda millaisia pintoja hyvänsä, mutta onko se liian hankalaa? Tässä asiassa olisi jat-kotutkimukset aiheellisia.

Lopuksi voidaan vielä sanoa, että yleinen AVEVAn näkymä on selkeämpi ja valikot mukavampia käyttää. Turhia välilehtiä on jätetty pois ja valikkotoimintaa on selkeytetty huomattavasti. Myös 3D-mallin katselu on helpottunut. Lisäksi myös interaktiivisuus, eli suoraan näytöltä klikkaaminen on lisääntynyt ja se on-kin yhä lisääntymässä päin.

13 YHTEENVETO

Yleisellä tasolla laidoituksen mallintaminen eroaa tasomallintamisesta niin, että laidoitusta mallinnettaessa käsitellään pääasiassa koko laivan laidoitusta. Tasomallintaminen on paneelikohtaista. Paneelit on jaettu lohkoihin ja suurlohkoihin ja jotka voidaan edelleen jakaa mallinnettavaksi eri suunnittelutoimistoille.

Voidaankin sanoa, että yleensä koko laidoitus mallinnetaan yhdessä toimistossa, kun taas tasomallintaminen on jaettu eri toimistoille.

Tässä työssä on esitettyä laidoituksen suunnittelun ja mallintamisen perusajatus ja -filosofia. Tämän työn pohjalta kokematon laidoitussuunnittelija, jolla on hieman kokemusta tasomallintamisesta, saa perustiedot laidoituksessa sijaitsevista objekteista, niihin vaikuttavista asioista sekä niiden mallintamisesta. Myös AVEVAN ymmärtäminen ja käyttäminen helpottuu tämän harjoituksen loppuun saatettua.

Tämän työn kirjallisuusosio suoritettiin tutkimalla erilaisia kirjallisuuslähdeaineistoja, koulun oppimateriaalia sekä haastatteleamalla Deltamarinin työntekijöitä. Koska Deltamarinin työntekijöillä on paljon laidoituskokemusta, saatiin heiltä paljon hyödyllisiä vinkkejä ja tutkimustyö sujuikin kohtuullisen vaivattomasti.

Ohje-osio tehtiin AVEVAN harjoitusprojektiin. Perus laidoitusmallintaminen ei ole sinänsä erityisen monimutkaista, toki AVEVasta löytyy paljon erilaisiakin toimintatapoja kuin tässä ohjeessa on esitetty. Ne ovatkin pääasiassa kehittyneemmälle käyttäjälle. Pintojen luominen AVEVassa ei oman kokemukseni mukaan ole mitenkään helppoa ja pinnat yleensä luodaankin käyttäen jotain muuta ohjelmaa.

Kaiken kaikkiaan tämän työn siis pitäisi antaa peruslähtökohdat aloittelevalle suunnittelijalle perussuunnitteluvaiheessa tapahtuvien laidoitusobjektien määrittelyyn sekä kohtuullisen yksinkertaisen mallin luomiseen.

LÄHTEET

- Aalto-yliopisto. Rakenne. Viitattu 21.2.2013
https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:iZA8vtT1Sa8J:https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/kul-24.4110/luennot/Kul-24_4110_kalvot_3.pdf+luento+4+laivaprojekti&hl=fi&gl=fi&pid=bl&srcid=ADGEEShTlTui0ImFSE18aQ9QQXjPU5jsW1EJxa3uq9ltv38a9QVP9ASUE8iWBmK7gbeqgv_iicapouWgrz93EvwxCmcJQ1HfFl0bmkAZm8Lg3yAmEM2BjUVR_3N_QCMyLp7da3DZ9sj&sig=AHIEtbQjVv4dFbiFSnLKw4zu4hHCULeQew
- Alanko, J. 2011a. Johdatus kauppalaivan suunnitteluun. 3., uudistettu painos. Turku: Multiprint Oy.
- Alanko, J. 2011b. Laivan yleissuunnittelu. 3., uudistettu painos. Turku: Multiprint Oy.
- Arkke P. Haastattelu 15.2.2013. Deltamarin Raisio.
- AVEVA Solutions. 2006. Training guide for combined interactive & XML curved hull modelling by Tribon M3.
- AVEVA Solutions. 2009. Training guide for hull detailed design. Interactive curved hull modelling by AVEVA Marine (12 Series).
- DNV – Rules for classification of ships. Jan 2013a. Part 3 chapter 1. Hull structural design, ships with length 100 metres and above. Viitattu 21.2.2013
<http://exchange.dnv.com/publishing/ruleship/2013-01/ts301.pdf>.
- DNV – Rules for classification of ships. Jan 2013b. Part 5 chapter 1. Ships for navigation in ice. Viitattu 21.2.2013
<http://exchange.dnv.com/publishing/ruleship/2013-01/ts501.pdf>.
- Kuusimurto H. Haastattelu 11.2.2013. Deltamarin Helsinki.
- Okumoto, Y.; Takeda, Y.; Mano, M.; Okada, T. 2010. Design of Ship Hull Structures. Heidelberg: Springer.
- Räisänen, P. (toim.) 2000. Laivatekniikka. 2., korjattu painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Trafi – Transport safety agency. 2010. Maritime safety regulation. Viitattu 21.2.2013
http://www.finlex.fi/data/normit/36441-36441-Jaaluokkamaaraykset_TRAFI_31298_03_04_01_00_2010_EN_corr_20_Dec_2010.pdf
- Varsta, P. Laivan rakenne ja sen mitoitus. Viitattu 21.2.2013
https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:rWhSzpC96BwJ:https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/kul-24.4110/luennot/Kul-24_4110_teksti_4.pdf?state:CourseLectures%3DBrO0ABXcOAAAAQAAB3Nob3dBbGxzcgARamF2YS5sYW5nLkVjb2xIYW7NIHKA1Zz67glAAVoABXZhbHVleHAB+laivan+rakenne+ja+sen+mitoitus&hl=fi&gl=fi&pid=bl&srcid=ADGEEsjrGZyPVaQCvUJgU4h61YSME-PVdhdTyvdckhHhRvZejmisRQe-ZAgJDpP1DnjTKITJRpUvdfybjDxZqmqBf8zT05LZDTrORpW4phb0kohDGe_Ye0xuEANdTOJ-fOirkB5gm_D7&sig=AHIEtbQPXOcGQeKLPiBphwbrA2scGilxuw

Profile sketch

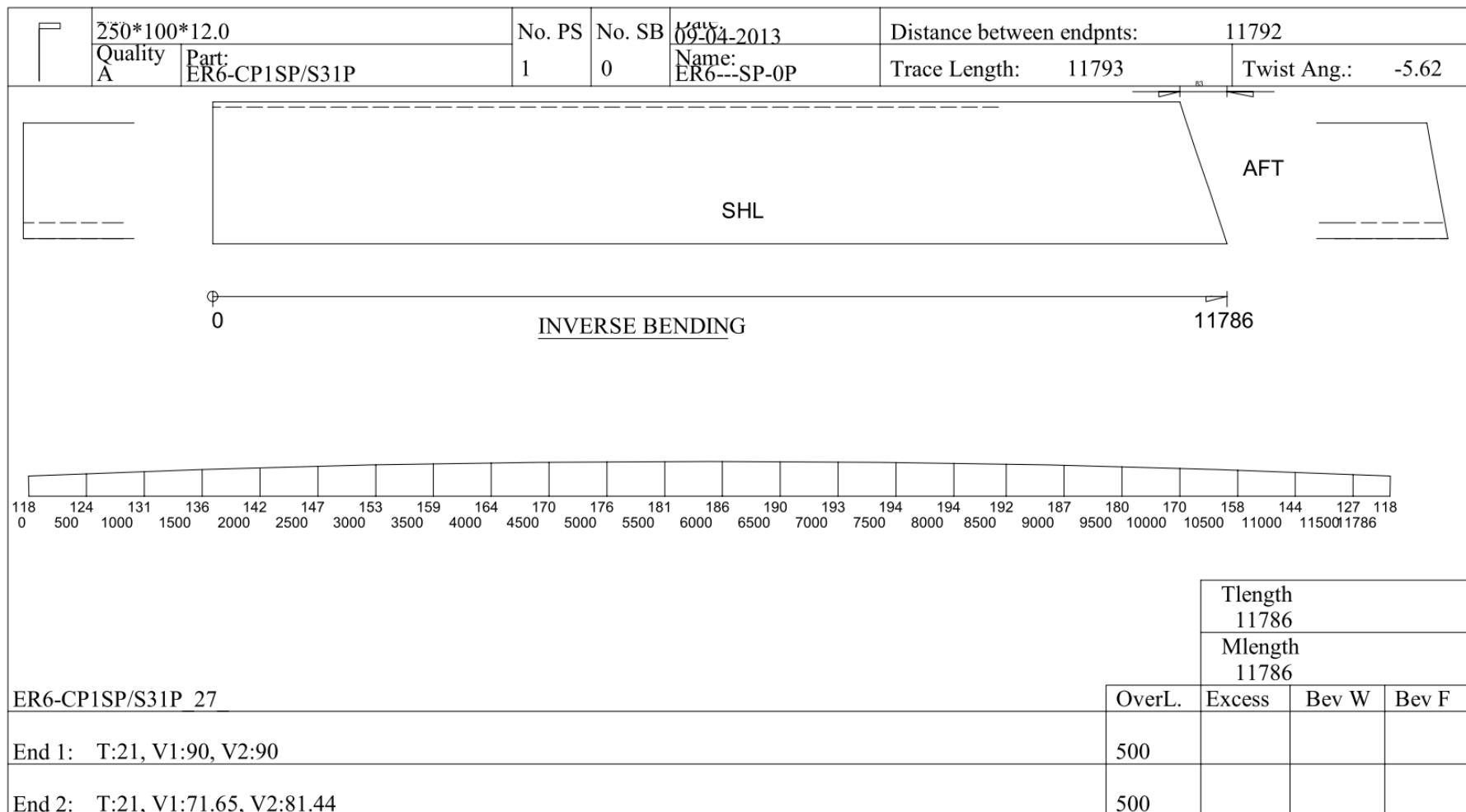


Plate sketch

