Analiza buke na istraživačkom polarnom kruzeru

Kajfeš, Ita

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:748938

Rights / Prava: Attribution-ShareAlike 4.0 International/Imenovanje-Dijeli pod istim uvjetima 4.0 međunarodna

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Ita Kajfeš

Zagreb, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Nikola Vladimir, dipl. ing.

Studentica:

Ita Kajfeš

Zagreb, 2022.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se prije svega svojem mentoru na ukazanoj pomoći, podijeljenom znanju i iznimnoj susretljivosti tijekom izrade ovog rada. Također, želim se zahvaliti dečku na svakodnevnoj potpori i motivaciji. Posljednje, ali ne manje važno, hvala obitelji, prijateljima i kolegama iz Drinjačke na podršci tijekom cijelog studiranja.

Ita Kajfeš

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE
Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
Procesno-energetski, konstrukcijski, inženjersko modeliranje i računalne simulacije i brodostrojarski

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: **602 - 04 / 22 - 6 / 1**	
Ur.broj: **15 - 1703 - 22 -**	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Ita Kajfeš** JMBAG: 0035209128

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Analiza buke na istraživačkom polarnom kruzeru**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Noise assessment of a polar expedition cruise vessel**

Opis zadatka:

Akustički proračuni predstavljaju važan dio integralnog postupka osnivanja broda i njihovo provođenje nužno je za predviđanje eventualnih problema povezanih s bukom u eksploataciji broda. Buku, koja nastaje uslijed rada brodskih strojeva i uređaja, potrebno je držati u propisanim granicama, kako bi se osigurao adekvatan komfor posade i putnika. To je osobito izraženo kod brodova namijenjenih prijevozu putnika ili kod brodova za posebne namjene kao što su istraživački brodovi. Za istraživački brod za kružna putovanja u polarnim uvjetima kapaciteta 200 putnika i duljine L_{OA} = 128,0 m, potrebno je napraviti prognozu razina buke metodom hibridne statističke analize energije koristeći komercijalni programski paket Designer-NOISE.
Zadatak treba sadržavati: opis osnovne problematike vezane za buku na brodovima, pregled metoda za analizu buke (s naglaskom na korištenu metodu), opis korištenog programskog paketa, opis projektnog zahtjeva i odgovarajućih kriterija, značajke zadanog broda i osnovne izvore buke, detaljan opis numeričkog modela i načina integracije izvora buke u model (način temeljenja, dimenzije temelja, itd.), te analizu rezultata. Rezultate je potrebno usporediti s rezultatima proračuna drugim metodama koji su dostupni na Fakultetu strojarstva i brodogradnje.
U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:	Datum predaje rada:	Predviđeni datumi obrane:
29. rujna 2022.	1. prosinca 2022.	12. – 16. prosinca 2022.

Zadatak zadao:

Izv. prof. dr. sc. Nikola Vladimir

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

SADRŽAJ

SADRŽAJ I
POPIS SLIKA III
POPIS TABLICA V
POPIS OZNAKA VI
SAŽETAK VII
SUMMARY VIII
1. UVOD 1
2. OSNOVNI POJMOVI U AKUSTICI 4
2.1. Definicija i mjerenje zvuka 4
2.1.1. Intenzitet zvuka 6
2.1.2. Razina intenziteta zvuka 6
2.1.3. Razina zvučnog tlaka 7
2.1.4. Razina glasnoće zvuka 7
2.1.5. Valna duljina, frekvencija i brzina zvuka 8
2.2. Zvučni filtri 9
2.3. Mjerenje zvuka na brodu 10
3. BUKA NA BRODU 12
4. METODE PROGNOZE BUKE NA BRODOVIMA 14
4.1. Metoda konačnih elemenata 14
4.2. Metoda energetskih konačnih elemenata 16
4.3. Metoda statističke analize energije 16
5. DESIGNER-NOISE 19
6. ZAKONSKA REGULATIVA 22
6.1. Det Norske Veritas 26
6.2. Lloys'd Register 28
6.3. Bureau Veritas 29
7. IZRADA MODELA 31
7.1. Tehnički podaci analiziranog broda 31
7.2. Izrada geometrijskog modela 31
7.3. Akustičke značajke modela 33

7.4. Izvori buke 35
7.4.1. Glavni motori 35
7.4.2. Dizel-generatori 36
7.4.3. Propulzori 38
7.4.4. HVAC sustav 39
8. REZULTATI 41
9. ZAKLJUČAK 56
LITERATURA 57
PRILOZI 60

POPIS SLIKA

Slika 1 Utjecaj buke iz okoliša na stanovništvo u Europi [3] 2
Slika 2 Spektralna krivulja praga osjeta prosječnog uha [9] 5
Slika 3 Usporedba standardnih krivulja jednake razine glasnoće s prethodnima [12] 8
Slika 4 Ilustracija longitudinalnog vala 9
Slika 5 Odziv različitih filtera [14] 9
Slika 6 Vizualno objašnjenje rada A filtera [15] 10
Slika 7 Utjecajni faktori na razinu buke na brodu [16] 12
Slika 8 Propagacija buke na brodu [17] 13
Slika 9 Prikaz propagacije buke kroz brodsku konstrukciju koristeći MKE [20] 15
Slika 10 Zasebni podsustav (lijevo) i dva povezana podsustava (desno) [22] 17
Slika 11 Grafičko sučelje programskog paketa *Designer-NOISE* 19
Slika 12 Dopušteno izlaganje buci prema [29] 23
Slika 13 Aksonometrijski prikaz topološkog modela analiziranog broda 32
Slika 14 Prikaz brodskog trupa 33
Slika 15 Bočni prikaz modela 33
Slika 16 Svojstva panela 34
Slika 17 Poprečni presjeci modela na x=48 m (lijevo) i $x = 88{,}8$ m (desno) 34
Slika 18 Prikaz unutarnje strukture modeliranog broda 35
Slika 19 Ulazni podaci pogonskih motora kao izvora buke 36
Slika 20 Ulazni podaci dizel-generatora kao izvora buke 37
Slika 21 Pozicioniranje električnih motora i dizel-generatora na palubi 0 37
Slika 22 Ulazni podaci brodskog vijka kao izvora buke 38
Slika 23 Pozicioniranje brodskih vijaka na modelu 38
Slika 24 Pozicioniranje pramčanih potisnika na modelu 39
Slika 25 Ulazni podaci pramčanog potisnika kao izvora buke 39
Slika 26 Smještaj usisnog i ispušnog ventilatora 40
Slika 27 Ulazni podaci ventilatora na usisu kao izvora buke 40
Slika 28 Razine buke u tv salonu prema DNV-u 42
Slika 29 Razine buke u tv salonu izračunate u Designer NOISE-u 43
Slika 30 Razine buke u prostoriji za pripremu putnika za ekspedicije prema DNV-u 44

Slika 31 Razine buke u prostoriji za pripremu putnika za ekspedicije izračunate u Designer NOISE-u 45
Slika 32 Razine buke u kabinama za osobe s posebnim potrebama prema DNV-u 46
Slika 33 Razine buke u kabinama za osobe s posebnim potrebama izračunate u Designer-NOISE-u 47
Slika 34 Razine buke u kabinama časnika prema DNV-u 48
Slika 35 Razine buke u kabinama časnika izračunate u Designer-NOISE-u 49
Slika 36 Razine buke u restoranu prema DNV-u 50
Slika 37 Razine buke u restoranu izračunate u Designer-NOISE-u 51
Slika 38 Razine buke u putničkim kabinama prema DNV-u 52
Slika 39 Razine buke u putničkim kabinama izračunate u Designer-NOISE-u 53
Slika 40 Razine buke u panoramskom salonu prema DNV-u 54
Slika 41 Razine buke u panoramskom salonu u Designer-NOISE-u 55

POPIS TABLICA

Tablica 1 Razina intenziteta zvuka i intenzitet zvuka za neke uobičajene izvore 7
Tablica 2 Dostupni konstrukcijski materijali u bazi podataka 20
Tablica 3 Usporedba dopuštenih razina buke prema različitim rezolucijama 24
Tablica 4 Oznake kvalitete za buku, vibracije i temperaturnu ugodnost prema DNV-u 27
Tablica 5 Prostor za smještaj putnika - dozvoljene razine buke 27
Tablica 6 Prostor za smještaj posade – dozvoljene razine buke 28
Tablica 7 Nespecificirani prostor na brodu – dozvoljene razine buke 28
Tablica 8 Dopuštene razine buke prema LR-u 29
Tablica 9 Dopuštene razine buke na brodu prema BV-u 30
Tablica 10 Osnovne značajke analiziranoga broda 31
Tablica 11 Usporedba rezultata razina buke 41

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
$\boldsymbol{E_i}$	J	pohranjena vibracijska energija
$\boldsymbol{f}$	Hz	frekvencija
$\{\boldsymbol{F}\}$	N	vektor sila
I	$\mathrm{W/m^2}$	intenzitet zvuka
I_0	$\mathrm{W/m^2}$	referentni intenzitet zvuka
$[K]$	N/m	matrica krutosti
L	dB	razina intenziteta zvuka
$[M]$	kg	matrica masa
p	Pa	zvučni tlak
p_0	Pa	referentni zvučni tlak
P_i, P_j	W	rezultantna snaga ulaznog podražaja na sustav
P_{ii}, P_{jj}	W	gubitci promatranog sustava
P_{ij}, P_{ji}	W	snaga izmijenjena između podsustava
SPL	dB	razina zvučnog tlaka
v	m/s	brzina širenja vala
η_i	-	koeficijent unutarnjih gubitaka
η_{ij}	-	koeficijent gubitka spoja
λ	m	valna duljina
$\{\xi\}$	m	vektor pomaka
ω	$\mathrm{s^{-1}}$	frekvencija vibriranja

SAŽETAK

Radom glavnog stroja, brodskog vijka te ostalih brodskih strojeva, kao neželjena posljedica nastaje buka koja smanjuje ugodu na brodu, a u nekim slučajevima može ometati normalno funkcioniranje posade i putnika. Stoga je potrebno, kako bi se postigla što veća kvaliteta ugode za posadu i putnike, dovesti razinu buke u dozvoljene granice. U okviru ovog diplomskog rada izvršena je prognoza razine buke metodom hibridne statističke analize za istraživački brod za kružna putovanja u polarnim uvjetima za posebne namjene kapaciteta 200 putnika i duljine L_{OA} = 128 m. Za navedenu analizu korišten je komercijalni programski paket Designer-NOISE. Predstavljeni su osnovni pojmovi u brodskoj akustici te je prikazana zakonska regulativa koju zajedno definiraju Međunarodna pomorska organizacija (IMO) i klasifikacijska društva. Detaljno je opisan postupak izrade modela, i popis izvora buke koji su prisutni na brodu. U konačnici su dobiveni rezultati uspoređeni s proračunom razina buke koje je za isti brod, ali različitom metodom, provelo klasifikacijsko društvo Det Norske Veritas (DNV).

Ključne riječi: buka, istraživački brod, polarni kruzer, metoda hibridne statističke analize energije.

SUMMARY

As an unwanted consequence, the operation of the main propulsion engine, the ship's propeller and other machinery, creates noise that reduces comfort on the ship, and in some cases can disturb the crew and passengers in their everyday activities. Therefore, in order to achieve the highest quality of comfort for the crew and passengers, it is necessary to keep the noise level within the specified limits. In this thesis, a noise level prediction calculation was made using the hybrid statistical energy analysis method for a research ship operating in polar conditions with a capacity of 200 passengers and a length of L_{OA} = 128 m. The commercial software package Designer-NOISE was used for performing the analysis. The basic terms in ship acoustics are presented and the legal regulations jointly defined by international organizations and classification societies are given. The process of making the model is described in detail, as well as the list of noise sources that are present on the ship. In the end, the obtained results were compared with the calculation of noise levels, which was carried out by Det Norske Veritas (DNV) for the same ship but using a different method.

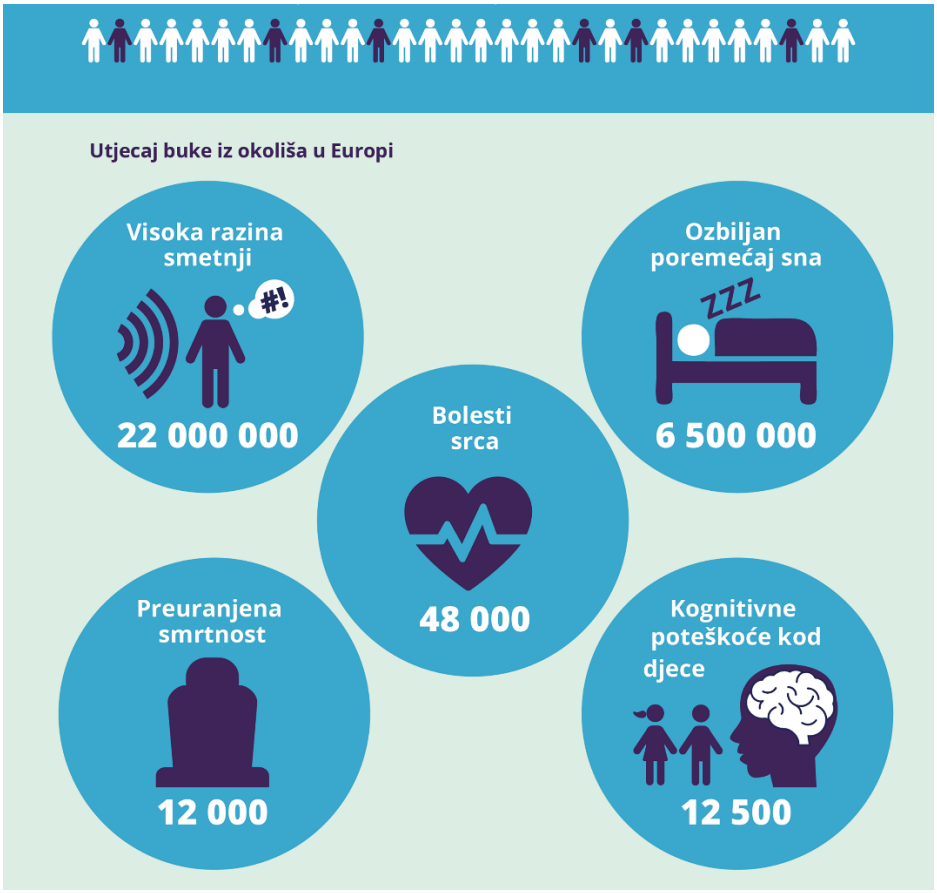
Key words: noise, research ship, polar cruise vessel, hybrid statistical energy analysis method.

1. UVOD

Neizbježna pojava te rastući globalni problem uslijed urbanizacije svjetskog stanovništva postala je buka. Prisutna je na ulici uslijed prometa ili radova, u prostorima namijenjenima za društvena okupljanja kao što su barovi, klubovi i koncertne dvorane, na radnim mjestima, itd. S obzirom da je skoro svaki izvor buke, proizveo, osmislio, organizirao, ili stvorio čovjek, čovjeka se može i okarakterizirati, da svojim tehničkim i društvenim djelovanjem predstavlja primarni izvor buke. Danas se buku smatra vrstom zagađenja okoliša i ona postaje rastući problem u razvijenim zemljama, a dugotrajno izlaganje visokoj razini buke može imati ozbiljne zdravstvene posljedice. Također, njezina prisutnost na radnom mjestu predstavlja štetne radne uvjete. Zbog navedenih problema, regulatornim mjerama definira se granica dopuštene buke, što osigurava sigurnost i ugodu u različitim aspektima čovjekova života pa tako i u brodogradnji i pomorskoj tehnici. Regulacija buke postojala je još u davno rimsko doba, kad je pod vladavinom Cezara zabranjena noćna vožnja bučnih vagona ulicama glavnoga grada [1]. Stoga, vrlo važan kriterij pri gradnji brodova, uz vibracije, predstavlja i buka. Osim negativnog utjecaja na pojedine komponente broda, ona se može reflektirati i na komfor, zdravlje i sigurnost posade i putnika te okoliš i podvodni životinjski svijet. Unaprjeđenjem znanosti i tehnologije, proizvedeni strojevi u mogućnosti su razviti sve veće snage, a time generiraju veću buku. Sa zahtjevima za sve veće i brže brodove, rastu dakle, i zahtjevi za redukcijom buke. Među raznovrsnim strojevima i uređajima koji na brodu stvaraju buku, bitno je izdvojiti glavne izvore, a to su: glavni stroj, dizel-električni generatori, reduktor, sustavi klimatizacije i ventilacije te brodski vijak. Ugodnu i mirnu plovidbu izrazito je važno osigurati kod putničkih brodova i brodova za posebne namjene kao što su istraživački brodovi, o kakvom je riječ u ovom diplomskom radu.

Pretjerana buka, osim što napreže, ili čak uništava sluh, negativno utječe i na druge organe i funkcije ljudskog tijela [2]. Viši tonovi, odnosno zvukovi viših frekvencija pokazali su se štetnijima za ljudsko zdravlje. Oštećenje unutarnjeg uha nastupa uslijed dugotrajne izloženosti visokim razinama buke, a privremena posljedica takvog oštećenja je pomak praga čujnosti koji se nakon toga oporavlja i vraća u normalu. Ukoliko je izlaganje buci periodično, slušni organ nema dovoljno vremena za oporavak i postupno gubi sposobnost obnove te dolazi do dugotrajnih oštećenja sluha. Osim gubitka sluha, nerijetke posljedice su smetnje u orijentaciji, nervoza, nesanica, tinitus odnosno zujanje u ušima, ili kardiovaskularni problemi. Europska

agencija za okoliš tvrdi kako 20% stanovništva, odnosno svaka peta osoba živi u područjima u kojima se razine buke smatraju štetnima za zdravlje [3]. Slika 1 prikazuje probleme uzrokovane bukom zajedno s brojem europskog stanovništva koji je doživio takve probleme.



Slika 1 Utjecaj buke iz okoliša na stanovništvo u Europi [3]

Smanjenjem propisanih granica buke osigurava se veći komfor posade i putnika te se uklanjaju štetni utjecaju na brodsku konstrukciju i okolinu. U tu svrhu, Međunarodna pomorska organizacija (eng. *International Maritime Organization*, IMO), u Poglavlje IX Konvencije SOLAS, uvodi Kodeks o razini buke [4] koji je usvojen 2012. godine Rezolucijom MSC.337(91) [5], a stupio je na snagu 2014. godine. Iste je godine odbor IMO-a za zaštitu pomorskog okoliša (eng. *Marine Environment Protection Committee*, MEPC) odobrio Upute za redukciju podvodne buke od strane komercijalne plovidbe [6]. Uz međunarodne organizacije, klasifikacijska društva također propisuju granice zahtijevane razine buke na brodovima, pa su tako uslijed povećanog interesa za putničke brodove i brodove za kružna putovanja razvili nova pravila pod nazivom „*Comfort Class*“ tj. klase udobnosti, čime su

dodatno snižene granice buke i vibracija s ciljem ostvarenja ugodnijeg boravka na brodu. Vodeću ulogu po pitanju regulacije buke među klasifikacijskim društvima ima Det Norske Veritas (DNV), koji je prvi izdao regulative ovakve vrste. S vrlo sličnim pristupom ga prate Lloyd's Register of Shipping i Bureau Veritas, koji također uvode udobnost putnika i posade kao bitan kriterij s ciljem dovođenja komfora na višu razinu.

Propagacija buke je prolaz zvučne uzbude od izvora do mjesta mjerenja buke i moguće ju je ostvariti na dva načina. Prvi je propagacija kroz zrak (eng. *airborne*), odnosno širenje zvučnih valova kroz zrak kao medij. Dolaskom zvučnog vala do prepreke kao što je npr. zid, val predaje dio svoje energije koja poprima oblik vibriranja krutih tijela te se na taj način ostvaruje propagacija buke kroz konstrukciju kao drugi način njezinog širenja. Ovaj način širenja buke predstavlja veći problem pri njezinom reduciranju na složenoj konstrukciji.

U svrhu prognoziranja razine buke koriste se različite empirijske i numeričke metode od kojih su najčešće: metoda konačnih elemenata, energijska metoda konačnih elemenata i statistčka metoda, pri čemu svaka od njih ima određene prednosti i nedostatke

U ovom diplomskom radu izvršena je prognoza buke metodom hibridne statističke analize energije koristeći komercijalni programski paket Designer-NOISE. Predmet analize je istraživački brod za kružna putovanja u polarnim uvjetima za posebne namjene kapaciteta 200 putnika i duljine $L_{OA} = 128\,\mathrm{m}$. Rezultati su uspoređeni s rezultatima proračuna drugim metodama koji su raspoloživi na Fakultetu strojarstva i brodogradnje.

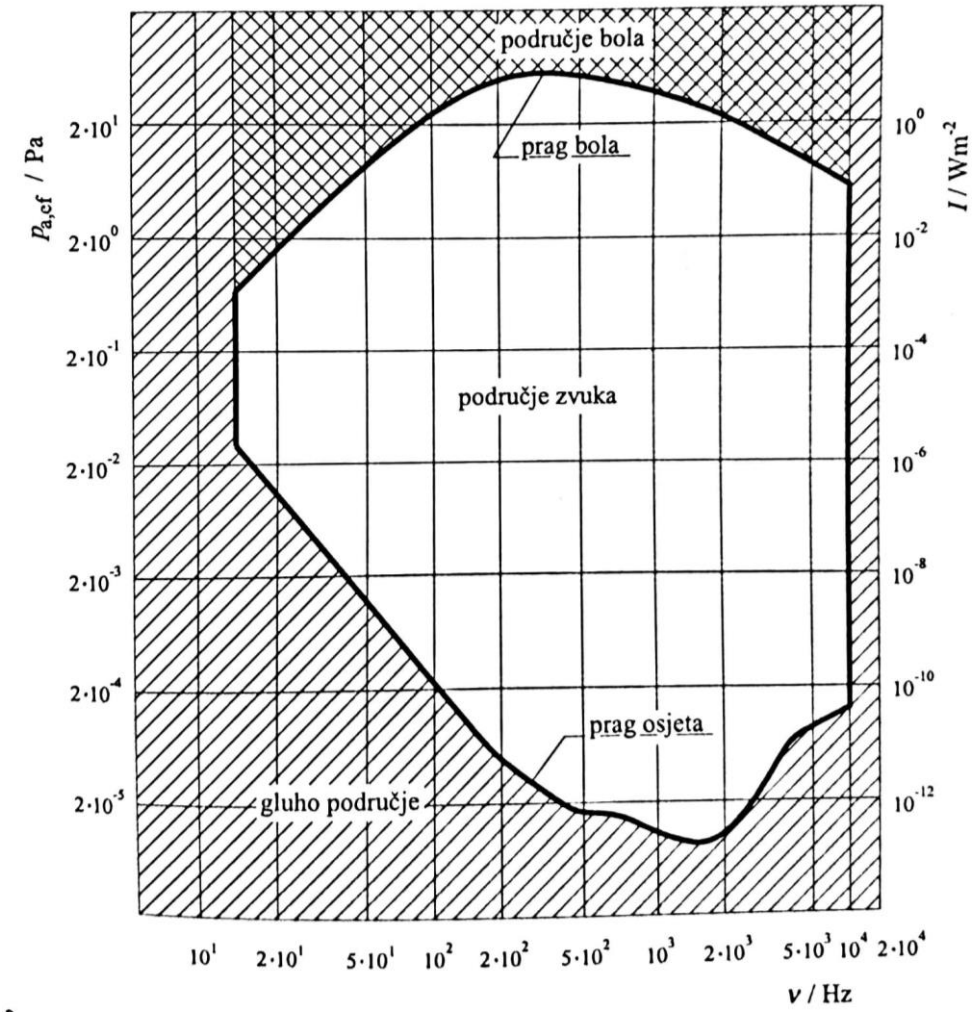
2. OSNOVNI POJMOVI U AKUSTICI

Strojevi i uređaji na brodu, uzročnici su nepoželjne buke i vibracija zbog čega postaju bitan faktor već u početnoj fazi projektiranja. Prema provedenom istraživanju, škripa, buka motora, i „zviždanje“ sustava za grijanje hlađenje i ventilaciju su najčešće prijavljivani neželjeni zvukovi odnosno buka na brodu [7]. Grana fizike koja proučava načine dobivanja zvuka, zakone njegovog širenja te detektiranje zvuka, naziva se akustika. Za bolje razumijevanje akustike na brodu, u ovom poglavlju objašnjeni su osnovni pojmovi.

2.1. Definicija i mjerenje zvuka

Zvuk definiran sa stajališta fizike predstavlja niz promjena tlaka i pomicanja čestica unutar elastičnog medija kojim se taj zvuk širi. Po drugoj, fiziološkoj definiciji, zvuk je sve ono što čujemo, tj. to je osjećaj koji čovjek zaprima preko organa sluha, izazvan promjenama tlaka zraka [8]. Naravno, svaka promjena tlaka zraka neće izazvati osjećaj zvuka u ljudskom uhu, moguće je da su promjene suviše spore, ili suviše brze. Pretjerano spore promjene tlaka proizvode zvukove nižih frekvencija i stvaraju infrazvuk, dok prebrze promjene posjeduju veliku frekvenciju i uzrokuju zvuk koji se naziva ultrazvuk. Frekvencija je veličina koja označava broj izlazaka i povrataka neke čestice u ravnotežu, a izražava se u hercima (Hz). Čujni spektar ljudskog slušnog organa prostire se između približno 16 i 20 000 Hz i time je smješten između područja infrazvuka i ultrazvuka. Kod novorođenčadi gornja je granica čujne frekvencije najviša, oko 24 kHz i kasnije opada s godinama sve do 5 kHz. Osim selektivne frekvencije koju ljudsko uho može registrirati, područje zvuka također ovisi i o njegovom intenzitetu.

Osjetljivost uha ispituje se tako da se intenzitet sinusnog tona, određene frekvencije, povećava do vrijednosti kod koje opažač uhom čuje upadni val. Dosegnut je tada prag osjetljivosti opažača uha za danu frekvenciju. Ako se intenzitet zvuka i dalje povećava, konačno opažač više ne osjeća zvuk već bol u ušima - tada je dosegnut prag bolnog osjeta. Ponavljujući eksperiment s različitim frekvencijama dobivaju se dvije krivulje: krivulja praga čujnosti ili spektralna osjetljivost uha i krivulja praga bola [9]. Ponavljanjem ovakvog testiranja na većem broju ispitanika, moguće je grafički prikazati područje zvuka prosječnog ljudskog uha kao što je prikazano na Slici 2.



Slika 2 Spektralna krivulja praga osjeta prosječnog uha [9]

Na Slici 2 može se primijetiti da je prag osjeta najizraženiji pri višim frekvencijama dok najviši prag bola ljusko uho registrira kod srednjih frekvencija u spektru čujnih frekvencija. Također je zanimljivo primijetiti kako je raspon intenziteta zvuka koji čovjek može čuti, pri minimalnoj frekvenciji nekoliko puta manji od onoga pri maksimalnoj frekvenciji.

Fluidi se poput krutih tijela opiru lokalnoj kompresiji ili dilataciji, a s prestankom djelovanja uzroka promjena, vraćaju se u prvobitno stanje. Shodno tome, predvidljivo je da će vibracije krutih tijela u fluidu izazvati longitudinalne valove pomaka. Pojava dobiva naročitu važnost kad se uoči da su ti valovi ono što uho zamjećuje kao zvuk [9]. S obzirom na to da zvuk predstavlja longitudinalni valni poremećaj, ta se energija prenosi isključivo uzastopnim zgušćivanjem i razrjeđivanjem stupaca zraka, tj. malim lokalnim promjenama tlaka [10]. Iako

nema prijenosa mase kod širenja zvuka medijem, zvučni val i dalje prenosi impuls sile i energiju. Zbog postojanja prijenosa energije, moguće je govoriti o intenzitetu zvuka.

2.1.1. Intenzitet zvuka

Intenzitet, ili jakost zvuka I označava energiju koju val prenese kroz jediničnu površinu u jedinici vremena. Jednostavnije rečeno, to je omjer zvučne snage koju nosi zvučni val i ploštine presjeka zvučnog snopa [11]. Mjerna jedinica kojom označavamo ovu veličinu je dakle, $\mathrm{W/m^2}$. Ljudsko uho je neobično osjetljiv instrument i može registrirati zvuk u širokom rasponu intenziteta, tako npr. pri frekvenciji od 1 kHz čovjek može opaziti zvukove intenziteta od $10^{-12}\ \mathrm{W/m^2}$ pa sve do $1\ \mathrm{W/m^2}$, što čini razliku od čak 12 redova veličine. Ljudski slušni organ registrira logaritamske promjene intenziteta, a ne linearne, iz tog razloga je uvedena veličina razine intenziteta zvuka.

2.1.2. Razina intenziteta zvuka

Razina intenziteta zvuka, ili samo razina zvuka pojam je koji u svakodnevnom govoru zamjenjujemo izrazom glasnoća. Razina intenziteta zvuka mjeri se u decibelima (dB) i definirana je sljedećom jednadžbom:

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0} \tag{1}$$

Referentni zvučni intenzitet I_0 dogovorno je određen kao prosječni prag osjetljivosti pri frekvenciji 1 Hz i iznosi $10^{-12}\ \mathrm{W/m^2}$. Omjer dviju veličina iste vrste je čisti broj bez mjerne jedinice, no ukoliko se iskoristi njegov logaritam, tada je konačan broj izražen u belima. Radi praktičnih razloga u akustici se koristi deset puta manja jedinica i upravo zato je razina intenziteta zvuka mjerena u decibelima. U Tablici 1 prikazani su primjeri zvukova s pripadajućim intenzitetima zvuka i razinama intenziteta zvuka. Brojčani prikaz pojedinih razina intenziteta za zadane intenzitete zvuka daje bolji uvid u razumijevanje uha kao logaritamskog osjetila. Ova veličina i dalje objektivno određuje svojstvo zvuka, ali je zbog logaritamske skale vrlo blizu subjektivnom opisu glasnoće zvuka.

Tablica 1 Razina intenziteta zvuka i intenzitet zvuka za neke uobičajene izvore

Razina intenziteta dB	Intenzitet $\mathrm{W/m^2}$	Izvor zvuka
0	10^{-12}	granica osjetljivosti
10	10^{-11}	normalno disanje, treperenje lišća
20	10^{-10}	tiho šaputanje na udaljenosti 1 m
30	10^{-9}	tihi dom
40	10^{-8}	prosječan ured, tiši ured
50	10^{-7}	prosječan ured
60	10^{-6}	normalan razgovor, prosječan promet
70	10^{-5}	bučniji ured
80	10^{-4}	živahan promet
90	10^{-3}	podzemna željeznica
100	10^{-2}	strojna radionica
110	10^{0}	pneumatska bušilica, granica boli
120	10^{1}	mitraljeska paljba
130	10^{2}	manji mlazni avion pri uzletu udaljen 30 m
170	10^{5}	svemirska raketa prilikom uzleta

2.1.3. Razina zvučnog tlaka

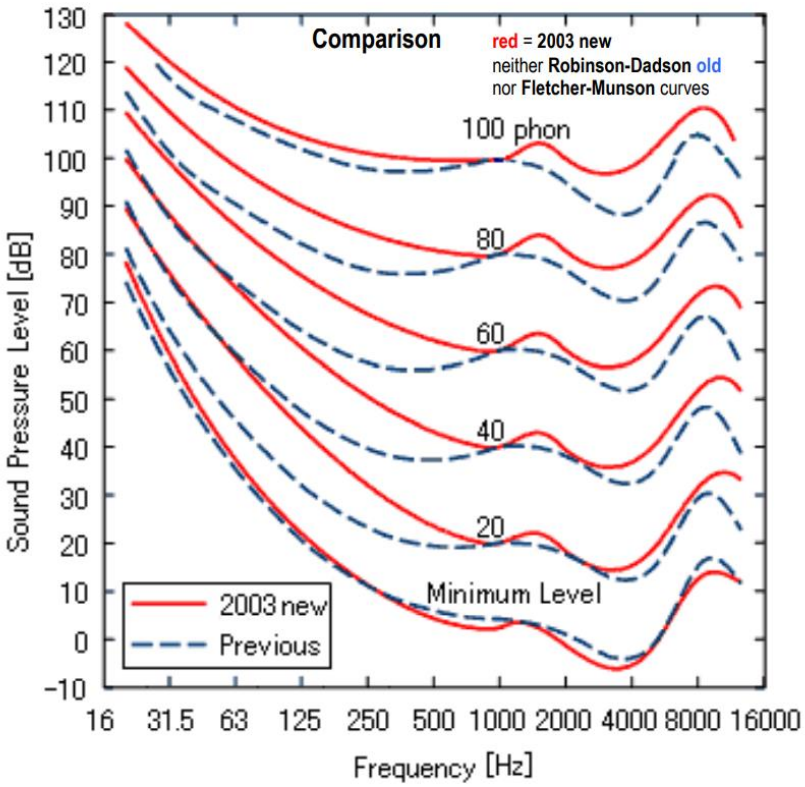
Razina zvučnog tlaka (eng. *Sound Pressure Level*,) *SPL* služi za iskazivanje logaritamskog omjera zvučnog tlaka naspram referentnog zvučnog tlaka koji iznosi $p_0 = 20$ μPa, a to je onaj tlak koji proizvodi zvuk referentnog intenziteta zvuka I_0. Kao i kod razine intenziteta zvuka, koristi se deset puta manja mjerna jedinica decibel.

$$SPL = 20 \log\left(\frac{p}{p_0}\right) \tag{2}$$

2.1.4. Razina glasnoće zvuka

Kao subjektivna veličina za mjerenje zvuka, uvodi se razina glasnoće zvuka, ili u nekoj literaturi nazivana akustički nivo. Ona osim o intenzitetu zvuka, dodatno ovisi i o frekvenciji i izražava

se u mjernoj jedinici fon, odnosno decifon. Mjerenje razine glasnoće nekog tona, šuma, ili buke može se izvesti tako da se taj zvuk uhom uspoređuje sa sinusnim tonom frekvencije 100 Hz kojemu se mijenja intenzitet sve dok se ne postigne, više-manje jednak osjet jakosti obaju zvukova [9]. U tom trenutku može se reći da oba zvuka imaju jednaki akustički nivo ili razinu glasnoće izraženu u fonima. Za svaku frekvenciju će isti intenzitet zvuka rezultirati različitom razinom glasnoće što se jasno vidi na Slici 3 koja prikazuje krivulje jednakog akustičkog nivoa. Dakle, svaka krivulja prikazuje jednak subjektivan osjećaj glasnoće pri različitim frekvencijama pa se te krivulje nazivaju izofone. Dugi niz godina su Robinson-Dadson krivulje uzete kao standardne izofone, sve do 2003. godine kad je ISO revidirao stare krivulje. Slika 3 prikazuje usporedbu starih i novih krivulja jednake razine glasnoće.

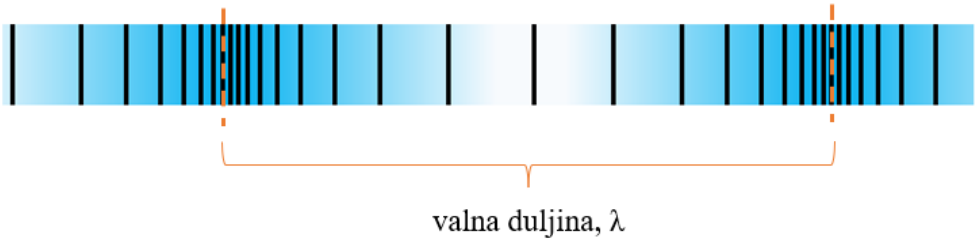


Slika 3 Usporedba standardnih krivulja jednake razine glasnoće s prethodnima [12]

2.1.5. Valna duljina, frekvencija i brzina zvuka

Kao što je već spomenuto, zvuk predstavlja jedan primjer longitudinalnog vala koji nastaje širenjem poremećaja tlaka kroz fluid odnosno zrak. Slika 4 prikazuje ilustraciju primjera longitudinalnog vala. Moguće je okomite crne linije zamisliti kao stupce zraka, gušće linije

predstavljaju veći tlak i obrnuto. Kad bi se pronašle dvije uzastopne linije s maksimalnim ili minimalnim tlakom, njihova udaljenost predstavljala bi valnu duljinu λ.



Slika 4 Ilustracija longitudinalnog vala

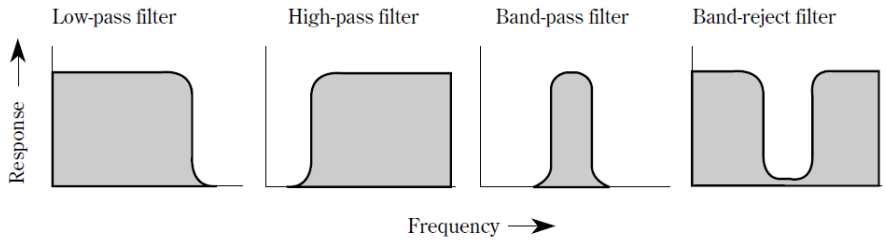
Jedna valna duljina ujedno i označava jedan titraj odnosno 1 Hz. Frekvencija vala f bit će jednaka broju titraja koje val ostvari u sekundi. Ukoliko je poznata brzina širenja vala v moguće je s poznatom frekvencijom izračunati valnu duljinu i obrnuto, pomoću jednadžbe:

$$v = f \cdot \lambda \tag{3}$$

Brzina zvuka u zraku pri temperaturi od $20°$ poznata je i iznosi $v = 343\ \mathrm{m/s}$ [13].

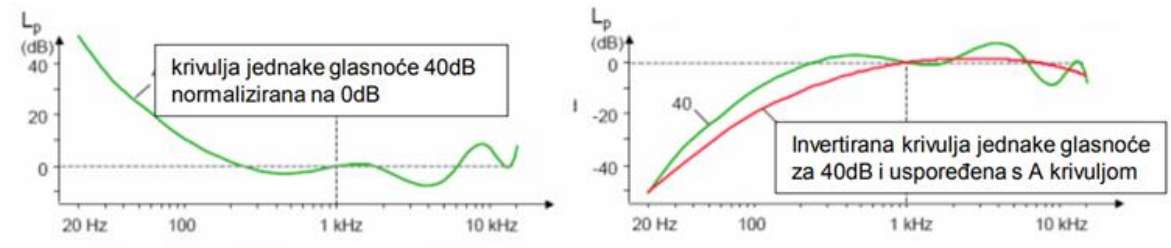
2.2. Zvučni filtri

Za mjerenje zvuka, potrebno je u točku promatranja postaviti elektroakustički uređaj kao što je zvukomjer koji prima impulse zvučnog tlaka i pretvara ih u električni signal. Radi boljih i jasnijih rezultata, električni signal obrađuju uređaji koji se nazivaju težinski filtri koji su sastavni dio instrumenta zvukomjera. Njihova uloga je selektivno propuštanje frekvencije ovisno o sferi interesa. Slika 5 prikazuje dijagrame koji opisuju rad različitih filtera. Redom slika prikazuje: niskofrekventne, visokofrekventne, pojasne filtere i isključno-pojasne filtere. Zbog nelinearnosti čovjekovog slušnog organa, linearno mjerenje razine zvučnog tlaka ne bi odražavalo čovjekovu percepciju zvuka. U svrhu stvaranja realnije slike zvuka prilikom mjerenja koriste se filtri.



Slika 5 Odziv različitih filtera [14]

Zvukomjer je objektivni mjerač razine zvuka i ukoliko nema implementiran filter dobivene veličine rezultata mjerenja, neće se slagati sa subjektivnom percepcijom glasnoće ljudskog uha. Najčešće korišten filter je A filter čija se osjetljivost mijenja s frekvencijom oponašajući pritom ljudsko uho. Na Slici 6 prikazana je jedna izofona prema Robinson-Dadson krivuljama, njezina invertirana krivulja te je s njome uspoređena krivulja A filtera. Na taj način je slikovito objašnjena funkcija i rad A filtera. Oznaka filtera naznačuje se nakon mjerne razine intenziteta, tako npr. za A filter mjerna jedinica glasi dBA.



Slika 6 Vizualno objašnjenje rada A filtera [15]

U praksi se korištenje A filtera pokazalo mjerodavno za ocjenu razine glasnoće buke pa se danas većina zakonskih regulativa definira na temelju izmjerenih razina zvuka pomoću upravo tog filtera. Razina buke koja se dobila filtriranjem zvučnog tlaka A filterom izražava se u dBA. Analogan postupak vrijedi za mjerne jedinice zvuka filtrirane drugim filterima, npr B, C, D.

2.3. Mjerenje zvuka na brodu

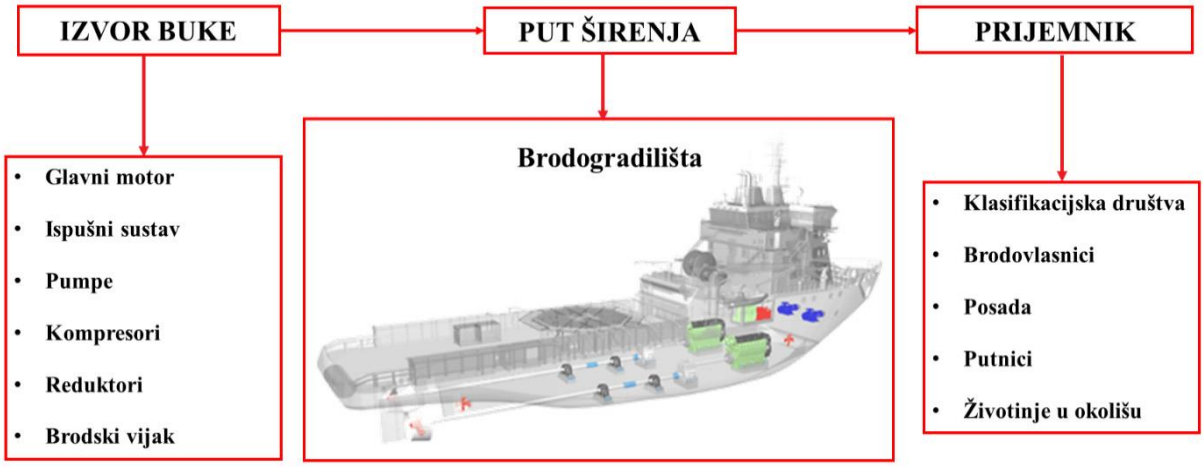
Klasifikacijska društva precizno definiraju zahtjeve i uvjete u kojima je potrebno provesti ispitivanje buke te koje informacije moraju biti evidentirane. Osoba odgovorna za takvo testiranje direktno, ili indirektno dolazi iz odgovornog društva, te mora biti educirana u području akustike isto kao za rukovanje potrebnim uređajima i alatima.

Za provođenje ispitivanja buke na brodu, potrebno je osigurati plovidbu pri operativnoj brzini uz ravan kurs i rad glavnog motora pri barem 80% nazivne radne snage motora. Brod treba biti natovaren, ili u stanju balasta. Nužno je da svi instrumenti za navigaciju budu uključeni i u uporabi kao i za vrijeme normalne plovidbe, isto se odnosi i na sustav za klimatizaciju, grijanje, hlađenje i ventilaciju. Sve prostorije moraju biti potpuno opremljene za vrijeme testiranja,

prozori i vrata u pravilu zatvorena. Ukoliko brod posjeduje opremu za iskrcaj tereta, potrebno je provjeriti razine buke u fazi iskrcaja također. Što se tiče vanjskih uvjeta, vremenske prilike ne smiju utjecati na konačne rezultate mjerenja i minimalna dubina jednaka je pet puta većem iznosu od gaza na krmi [4]. Za vrijeme mjerenja, mikrofon bi se trebao nalaziti na visini između 1,2 m i 1,6 m iznad palube.

3. BUKA NA BRODU

Kao što je već u uvodu spomenuto, glavne izvore buke na brodu predstavljaju glavni i pomoćni strojevi, brodski vijak, reduktori, sustavi ventilacije i klimatizacije, ispušni sustavi itd. U pravilu najveći udio generirane buke pripada glavnom stroju i brodskom vijku, no na brodu koji je analiziran u ovom radu, za glavni stroj je odabran električni pogon koji ne stvara velike razine buke poput klasičnog dizel-motora. Stoga će uz brodski vijak bitan utjecaj imati dizel-generatori. Razina buke na brodu ovisi o tri utjecajna faktora; izvor buke, put širenja i prijemnik. Ovako zamišljeni koncept prikazuje Slika 7.

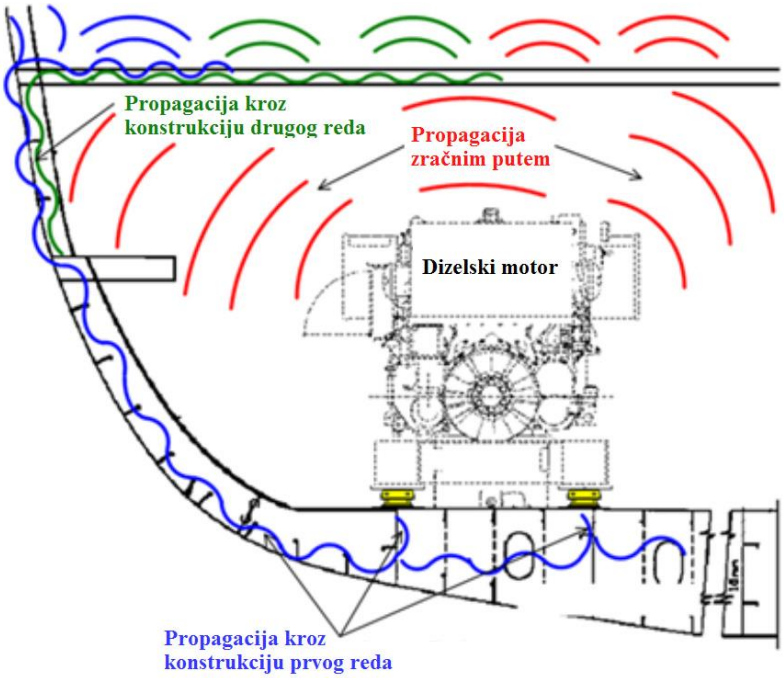


Slika 7 Utjecajni faktori na razinu buke na brodu [16]

Brodska konstrukcija predstavlja zvučnu stazu kojom se buka širi od izvora do prijemnika i kao takva ima veliki utjecaj na konačne rezultate, stoga projektanti imaju odgovornost sagledavanja akustičkih svojstava konstrukcije. Pojam prijemnik može označavati uređaj koji očitava razine buke kao što bi to radila klasifikacijska društva ili brodovlasnici, ali može označavati i živo biće; putnik, član posade, ili pak životinje u vodi. U slučaju potrebe za reduciranjem razina buke na brodu, moguće je utjecati na bilo koji od navedena tri faktora.

Kao što je ranije spomenuto, način propagacije buke može biti ostvaren kroz konstrukciju ili kroz zrak. Slikovito objašnjenje načina širenja buke prikazuje Slika 8. Temelj izvora predstavlja kontakt izvora s konstrukcijom i upravo se preko temelja buka počinje širiti konstrukcijom. Ovakav način propagacije naziva se širenje buke kroz konstrukciju prvog reda. Ukoliko buka

koja se širi zrakom naiđe na pregradu, postoji mogućnost izazivanja sekundarnih vibracija koje će zatim s druge strane pregrade generirati zvuk. U slučaju da postoji propagacija buke kroz strukturu koja ne polazi od točke kontakta izvora s konstrukcijom, takav se način propagacije naziva širenje buke kroz konstrukciju drugog reda.



Slika 8 Propagacija buke na brodu [17]

4. METODE PROGNOZE BUKE NA BRODOVIMA

Propisani zahtjevi za kontrolu buke podižu kriterije posljednjih godina te svako klasifikacijsko društvo razvija svoje smjernice i pravila kojima je potrebno udovoljiti. Za implementaciju novih propisa vezanih uz maksimalnu razinu buke, nužno je već u projektnoj fazi provesti potrebne proračune te primijeniti mjere smanjenja buke i vibracija ukoliko ti rezultati prelaze dopuštene granice. Pri završetku projekta gradnje broda, provodi se mjerenje buke i vibracija koje će potvrditi ili opovrgnuti točnost prethodno obavljenih proračuna.

Složena struktura brodskog trupa koja zajedno sa svom montiranom opremom generira buku i vibracije čini složeni dinamički sustav [18]. Proračun buke i vibracija u takvom sustavu uključuje određivanje frekvencije odziva, amplitude vibracija, i u konačnici, razine zvuka koji se prenosi zrakom. Pristup ovakvoj problematici analitičkom metodom iziskuje strahovito puno vremena i truda te potpuno ispada nepraktičan, moguće i uzaludan. U potrazi za novim i jednostavnijim načinima za rješavanje takvih problema, prepoznato je više numeričkih metoda, od kojih će u ovom radu biti objašnjene 3 najutjecajnije, a to su: metoda konačnih elemenata, metoda statističke energije i metoda energetskih konačnih elemenata.

4.1. Metoda konačnih elemenata

Metoda konačnih elemenata, MKE (eng. Finite element analysis) kreće s diskretizacijom vibro-akustičnog sustava na konačan broj elemenata od kojih je svaki manji od najmanje amplitude elastičnog vala. Ova metoda je ostvarila najširu primjenu kod predviđanja buke u području niskih frekvencija. Pristup se temelji na transformaciji spregnutih diferencijalnih jednadžbi gibanja u sustav algebarskih izraza [19]. Pomaci elementa opisani su odgovarajućim polinomima, dok su mjesta spajanja elemenata određena jednakostima u pomacima ili naprezanjima duž granica spojenih elemenata. Matrična jednadžba koja se koristi za opisivanje ovakvog sustava glasi:

$$([K] + j\omega[R] \cdot \omega^2[M])\{\xi\} = \{F\} \tag{4}$$

Gdje su:

$[K]$ - matrica krutosti sustava

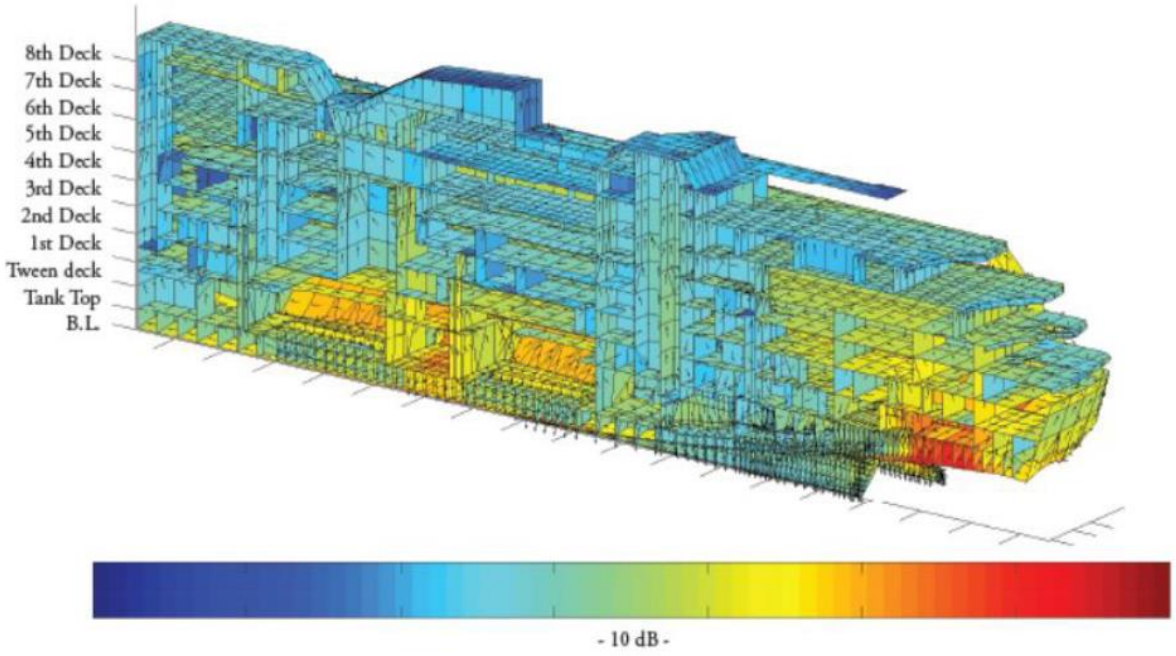
$[R]$ - matrica apsorbirane energije vibracija

$[M]$ - matrica masa

$\{F\}$ - vektor sila koje djeluju na strukturu

$\{\xi\}$ - vektor strukturnih pomaka kojeg je potrebno odrediti

Proces izrade modela za analizu metodom konačnih elemenata provodi se u tri faze. Prvi korak obuhvaća izradu 3D modela koji će poslužiti kao geometrija za izradu mreže konačnih elemenata. Zatim se definiraju pločasti konačni elementi koji moraju definirati prethodno napravljen model. Konačno se provodi analiza u određenom programskom paketu. Slika 9 prikazuje tipičan model mreže konačnih elemenata.



Slika 9 Prikaz propagacije buke kroz brodsku konstrukciju koristeći MKE [20]

Glavni nedostatak ove metode jest potreba za vrlo snažnom računalnom potporom te činjenica da bi zbog malih valnih duljina vibracija bilo potrebno izraditi model presitnih pločastih elemenata. Iako su buka i vibracije vrlo srodne problematike, pojas njihovih frekvencija na brodu se uvelike razlikuje. Prema [21] za MKE preporučljiva su barem 3 konačna elementa po valnoj duljini te primjena kod problema s maksimalnom frekvencijom od 200 Hz. Stoga, ova metoda pronalazi primjenu u problemu vibracija niskih frekvencija dok za analizu buke postaje

prekomplicirana. Nedostaci MKE upravo su bili poticaj za pronalazak novih i boljih načina provođenja analize buke.

4.2. Metoda energetskih konačnih elemenata

Metoda energetskih konačnih elemenata (eng. Energy Finite Element Analysis, EFEA) relativno je nov pristup usmjeren analiziranju i simuliranju širenja visokih frekvencija i buke kroz složenu konstrukciju kao što je brod. U ovoj se metodi formulira energetska bilanca za diferencijalni dio elementa čime se dobije parcijalna diferencijalna jednadžba drugog reda u kojoj je varijabla gustoća energije spojenih elemenata [22]. Za numeričko rješavanje sustava jednadžbi koristi se metoda konačnih elemenata.

Za razliku od MKE, u ovoj je metodi dovoljna gruba mreža konačnih elemenata za modeliranje brodske konstrukcije, što je svakako, njezina najveća prednost. Time se gubi potreba za snažnom računalnom potporom i smanjuje se vrijeme izrade modela. U idealnom slučaju, geometrijska mreža bi bila ista kao i za ostale strukturne analize koje se izvode tijekom projektiranja konstrukcije broda, tj. pomoću FEM analize niskofrekventnih vibracija [23].

4.3. Metoda statističke analize energije

Klasifikacijska društva odabrala su metodu statističke energije (eng. *Statistical Energy Analysis*, SEA) kao preporuku za provjeru visokih razina buke. Ova metoda se bazira na disipaciji energije, a riječ „statistička“ polazi od činjenice da su varijable određene statistički, a vrijednosti rezultata predviđene [22]. Metoda se već dugi niz godina primjenjuje u analizi visokih frekvencija konstrukcija, a danas je integrirana u mnoge programske pakete za izvođenje takvih analiza. Osnovna ideja metode je podjela složene konstrukcije u nekoliko povezanih podsustava i modeliranje protoka energije među njima [24]. Za svaki podsustav postavljen je zakoni očuvanja energije uzimajući u obzir, prosječnu prostornu brzinu vibriranja, brzinu disipacije energije, brzinu izmjene energije i brzinu unosa energije uslijed djelovanja vanjskih sila. Podsustav je analizirani element strukture koji mora ispunjavati dva uvjeta:

- sposobnost samostalnog vibriranja,
- posjedovanje vlastite frekvencije [22].

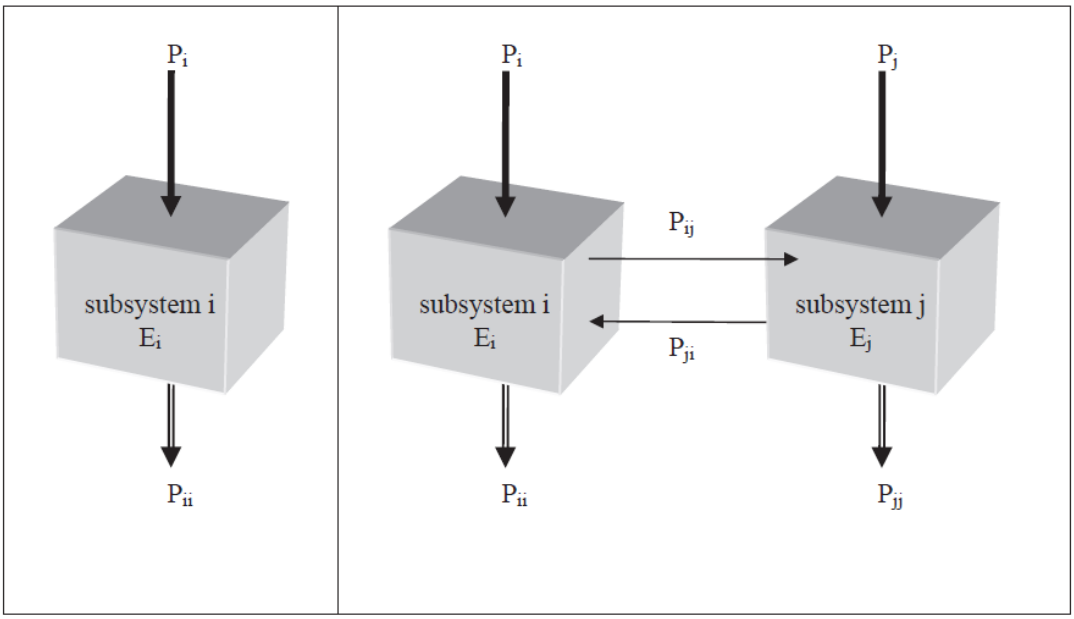
Recimo da na podsustav „i“ djeluje rezultantna snaga P_i kao što na lijevoj strani prikazuje Slika 10. Nakon ulaska te snage, dio se pohranjuje u obliku vibracijske energije E_i, a dio će sačinjavati gubitci P_{ii} koji se mogu izračunati pomoću koeficijenta unutarnjih gubitka η_i:

$$P_{ii} = \omega \cdot \eta_i \cdot E_i \tag{5}$$

Ukoliko se definira stacionarno stanje onda ulazna energija mora biti jednaka izlaznoj:

$$P_i = P_{ii} \tag{6}$$

Ako se u razmatranje ubaci još jedan podsustav „j“ koji je u interakciji s onim prvim, stvar se neznatno komplicira. Slika 10 na desnoj strani prikazuje jedan takav primjer povezana dva podsustava.



Slika 10 Zasebni podsustav (lijevo) i dva povezana podsustava (desno) [22]

Zakon očuvanja energije vrijedi i dalje:

$$P_i + P_j = P_{ii} + P_{jj} \tag{7}$$

Budući da su podsustavi povezani, između njih postoji izmjena vibracijske energije koja se može definirati pomoću koeficijenta gubitaka spoja η_{ij}:

$$P_{ij} = \omega \cdot \eta_{ij} \cdot E_i \tag{8}$$

$$0 = P_{ij} - P_{ji} \tag{9}$$

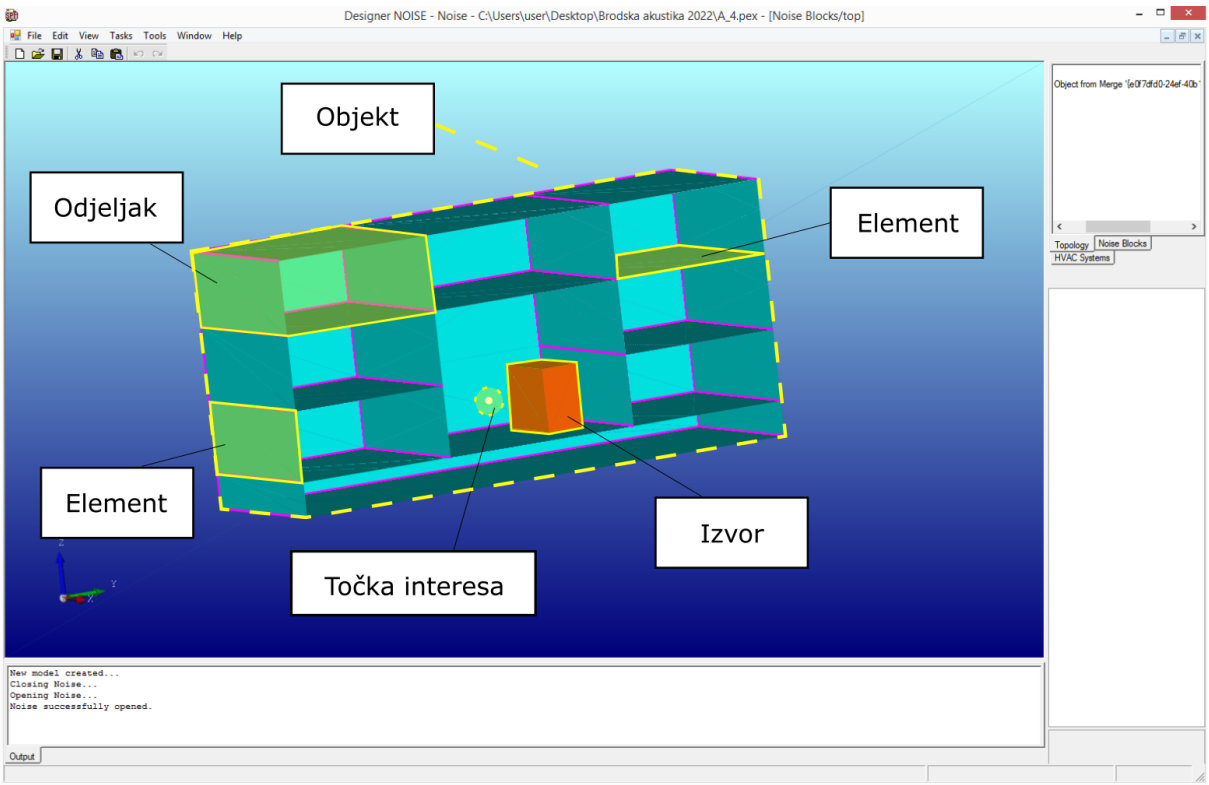
Daljnjim dodavanjem podsustava, formira se sustav linearnih jednadžbi koje se rješavaju matrično, a čije rješenje daje srednje energije za pojedine podsustave.

Uočljivo je da su SEA i EFEM slične metode uz tu razliku da se kod SEA pretpostavlja da gustoća energije ne ovisi o položaju unutar elementa. S matematičkog gledišta, jednadžbe očuvanja energije izražene su algebarski, i konačna matrica predstavlja sustav linearnih jednadžbi. S druge strane, kod EFEM, bilanca energije je definirana za različite dijelove elementa što rezultira diferencijalnim jednadžbama drugog reda za pojedini element.

Budući da je SEA metoda primjenjiva kod buke visokih frekvencija, a FEM dovoljno točna za onu niskih frekvencija, kombinacijom tih dviju metoda i stvaranjem tzv. hibridne metode statističke energije stvara se alat za dovoljno dobru predikciju vibracija i buke srednjih frekvencija. Takva SEA-FEM hibridna metoda analize sposobna je dati točnu procjenu utjecaja buke za niske, srednje i visoke frekvencije [25]. Upravo se na ovoj metodi temelji korišteni programski paket Designer-NOISE koji je korišten za analizu buke u ovom diplomskom radu i o kojem je riječ u sljedećem poglavlju.

5. DESIGNER-NOISE

Kao što je već prethodno rečeno, programska podrška korištena za izradu ovog diplomskog rada je programski paket *Designer-NOISE*, čiji se rješavač temelji na hibridnoj metodi statističke energije. Ovaj alat razvijen je s ciljem pružanja programske podrške inženjerima koja će dovoljno brzo i precizno provesti analizu predviđanja buke na brodovima ali i drugim kompleksnim tankostjenim konstrukcijama. Obzirom da je korištenje programa specifično predviđeno za rad u brodskoj industriji, svi specifični izvori lako se modeliraju kao što su: glavni brodski stroj, brodski vijak, HVAC sustavi, bočni propulzori itd. Za izradu modela, dostupno je 3-D grafičko sučelje što omogućuje brz i jednostavan unos parametara modela te njegovu izradu kao što prikazuje Slika 11 na kojoj su istaknuti i definirani sastavni dijelovi akustičkog modela. Objekt predstavlja cjelokupni topološki model kojem su pridodana svojstva debljine lima, njegove dimenzije i vrsta materijala. Objekt je sastavljen od više manjih odjeljaka koji nastaju zatvaranjem određenog volumena okolnim elementima. U gotov objekt se postavljaju izvor buke, u ovom slučaju je prikazan strojni element i točka interesa u kojoj se mjeri razina zvučnog tlaka.



Slika 11 Grafičko sučelje programskog paketa *Designer-NOISE*

Mogu se procijeniti uzroci buke u bilo kojem odjeljku te je moguće istražiti različite opcije obrade, uključujući elastično montiranu opremu, dodavanje apsorbirajuće izolacije, ili materijala za prigušenje [26]. Na taj način, projektantima se nudi uvid u akustičko stanje brodske konstrukcije te mogućnost za optimiranjem istog i jednostavnim ispunjavanjem zadanih ciljeva te održavanjem buke u propisanim granicama. Mjerodavni prikaz propagacije buke u projektnoj fazi stvara uvjete za bolje planiranje u pogledu izbora opreme, materijala izolacije i sl. U programu su na raspolaganju dva načina rada:

- „Topologija“ – služi isključivo za izradu geometrijskog modela bez ikakvih svojstava
- „Buka i vibracije“ – način u kojem se definiraju debljina i vrsta materijala, dimenzije ploha i sl. te se dodaju izvori buke, izolacija ako postoji i u konačnici se provodi sama analiza.

Nakon izrade modela, potrebno je definirati svojstva površina tako da im se dodjeli određena debljina, materijal i dimenzije. Dostupni konstrukcijski materijali u bazi podataka programskog paketa prikazuje Tablica 2. Zatim se dodaju izvori, gdje je potrebno specificirati volumen, lokaciju, razine emitiranog zvučnog tlaka te ubrzanje vibracija.

Tablica 2 Dostupni konstrukcijski materijali u bazi podataka

Materijal	Konstrukcijski materijal	Materijal za izolacijske ploče	Modul elastičnosti, GPa	Gustoća, kg/m^3	Poissonov omjer
Čelik	da	da	210	7800	0,29
Aluminij	da	da	72	2800	0,3
Titan	da	da	120	4500	0,32
Stakloplastika	da	da	21	1700	0,25
Kompozitna ploča	ne	da	/	proizvoljno	/
HTL	ne	da	/	1780	/
Drvo	ne	da	12	500	0,35
Pleksiglas	ne	da	43	1200	0,4
Šperploča	ne	da	3,4	800	0,35
Plastika	ne	da	13	1400	0,3
Marinit	ne	da	3	800	0,3

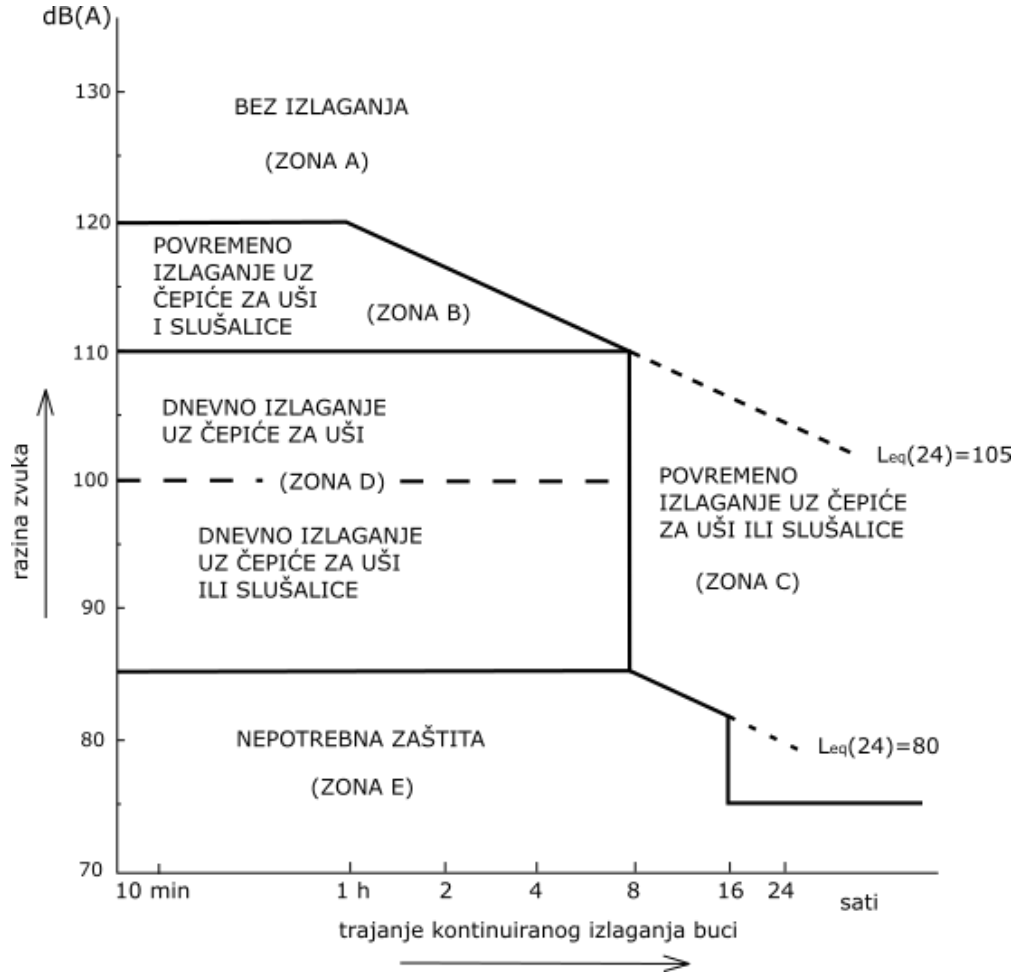
Zbog vrlo specifične primjene programa, minimalizirana je zahtijevana količina informacija od korisnika odnosno pojednostavljen je unos potrebnih parametara. Što se tiče postavljanja izolacije, na raspolaganju je velika baza podataka različitih izolacijskih i apsorpcijskih materijala koje je dovoljno samo odabrati, bez poznavanja njihovih točnih akustičkih svojstava. U rezultatima je moguće identificirati točne odjeljke broda koji ne zadovoljavaju korisnički definirane kriterije te identificirati udjele doprinosa buci pojedinih izvora kako bi se lakše provela sanacija problema.

6. ZAKONSKA REGULATIVA

Buka je danas postala globalni problem s kojim se već desetljećima intenzivno bave različita nacionalna i međunarodna regulatorna tijela pa tako i krovna udruga koja se bavi zdravljem ljudi, Svjetska zdravstvena organizacija WHO [27]. Kad je riječ o pomorskoj industriji, valja reći da najvažniju i najutjecajniju ulogu ima IMO. Prvi koraci prema redukciji buke na brodovima napravljeni su 70-ih godina prošlog stoljeća kad je na snagu stupila IMO Rezolucija A.343(IX) [28]. Obzirom na današnju regulativu, restrikcije su bile znatno blaže odnosno sve razine buke su dane kao preporuke za daljnje projekte, a ne kao dopuštene granice. Slijedila su zatim nova saznanja o štetnim utjecajima buke na posadu i putnike pa je IMO 1981. godine preciznije definirao metode mjerenja i potrebne opreme Rezolucijom A.468(XII) [29]. Ovom rezolucijom, ulazi se mnogo detaljnije u problematiku buke na brodu, točno su definirane upute za provođenje potrebnih mjerenja, granice buke po kategoriziranim prostorima na brodu, upute za dodatnu zaštitu od buke čepićima i slušalicama. Jasno je naglašeno kako propisane granice razina buke više nisu preporuke nego eksplicitni zahtjevi. Očekivano, ograničenje buke neće biti jednako za svaku lokaciju na brodu pa je u tu svrhu brodski prostor podijeljen u 5 kategorija:

- radni prostori,
- navigacijski prostori,
- uslužni prostori,
- prostori u kojima nije uobičajena prisutnost ljudi.
- prostori bez prisutnosti ljudi

Također, obaveza je svakog broda provesti ispitivanje buke, a izvješće mora biti u skladu s predloškom koji je definiran u Rezoluciji A.468(XII). Zanimljiva stavka iz ove rezolucije jesu preporuke za dodatnu zaštitu od buke ukoliko unatoč izolaciji i preventivnim mjerama nije moguće zadovoljiti propisane granice te dođe do predugog izlaganja štetnoj razini buke, ili nastane buka koja trenutačno oštećuje sluh. Slika 12 prikazuje graf koji definira okolnosti u kojima je potrebno koristiti zaštitu kao što su zaštitne slušalice ili čepići za uši. Vidi se da za razine buke do 75 dB, nije potrebna nikakva dodatna zaštita slušnog organa, dok se za veće razine intenziteta zvuka preporuča korištenje zaštite za uši i smanjuje se dopuštena vremenska izloženost buci. Ukoliko izloženost buci od 85 dB(A) traje manje od 8 sati, također nije potrebna zaštita. Kako frekvencija zvuka nije specificirana, ovaj se graf primjenjuje na svim frekvencijama.



Slika 12 Dopušteno izlaganje buci prema [29]

Za sada konačnu verziju pravilnika o regulaciji buke ne brodu, IMO donosi 2014 Rezolucijom MSC.337(91) [5] pod nazivom „*Code on noise levels on board ships*“, ili poznatiju pod imenom „IMO *Noise Code*“. Dopuštene granice buke blago su pooštrene u usporedbi s prethodnom rezolucijom. Tablica 3 prikazuje usporedbu propisanih zahtjeva posljednje dvije rezolucije. Izmjene se uglavnom tiču velikih brodova od 10 000 GT i više, i to posebice prostorija za smještaj putnika i posade. Obrazloženje za postavljanje strožih zahtjeva kod većih brodova je iz jednostavnog razloga što zbog veće prostranosti, postoji i veća udaljenost od glavnih izvora buke pa je moguće postići i niže razine buke u prostorima namijenjenima za boravak ljudi Spuštanjem dopuštene granice za prostorije u kojima borave putnici i posada, limitira se štetno djelovanje na zdravlje ljudi te se istodobno pruža veći komfor za vrijeme plovidbe. Uz prethodno spomenutu podjelu brodskog prostora, može se vidjeti da Tablica 3 prikazuje i podjelu na podgrupe.

Tablica 3 Usporedba dopuštenih razina buke prema različitim rezolucijama

Prostori na brodu	IMO	MSC-337(91)	
	Veličina broda	Veličina broda	
	≥1600 GT	1600 do 10000 GT	≥10000 GT
Radni prostori			
Prostori sa strojevima (redovita prisutnost ljudi)	90	110	110
Prostori sa strojevima (neredovita prisutnost ljudi)	110		
Prostori za upravljanje strojevima	75	75	75
Radionice	85	85	85
Nedefinirani radni prostori	90	90	85
Navigacijski prostori			
Navigacijski most i prostorije s kartama	65	65	65
Slušne postaje, krila navigacijskog prostora	70	70	70
Radio sobe	60	60	60
Prostorije s radarima	65	65	65
Prostori za smještaj putnika i posade			
Kabine i bolničke prostorije	60	60	55
Kantine	65	65	60
Prostori za rekreaciju	65	65	60
Otvoreni rekreacijski prostori	75	75	75
Uredi	65	65	60
Uslužni prostori			
Kuhinja s opremom za obradu hrane koja nije u funkciji	75	75	75
Plohe za posluživanje hrane i ostave	75	75	75
Prostori u kojima nije uobičajena prisutnost ljudi			
Nedefinirani prostori	90	90	90

Osim navedenih rezolucija koje je donio IMO, postoji niz međunarodnih normi koje diktiraju regulativu u vezi akustike na brodu. U nastavku su nabrojene i ukratko objašnjene:

- ISO 226:2003, „*Normal equal-loudness-level contours*“ [12]– specificirane su kombinacije razine intenziteta zvuka i frekvencija koje rezultiraju jednakim razinama glasnoće, drugim riječima definirane su krivulje izofona kao što je prethodno prikazano na Slici 3. Tako definirane krivulje vrijede uz uvjete: u odsutnosti slušatelja, zvučno se polje sastoji od ravninski progresivnih valova; izvor zvuka nalazi se ispred slušatelja; zvučni signali sastoje se od čistih tonova; razina zvučnog tlaka mjeri se u središtu glave slušatelja (bez njeove prisutnosti); slušanje je binauralno; slušatelji su otološki normalne osobe u dobi od 18 do 25 godina.
- ISO 20283-3:2006, „*Pre-installation vibratory noise measurement of shipboard equipment*“ [30] – odnosi se na putničke, trgovačke brodove, jahte i brze brodove. Norma definira zahtjeve i upute za provođenje testiranja vibracija uslijed rada brodske opreme prilikom tvorničkog ispitivanja opreme.
- ISO 354:2003, „*Measurement of sound absorption in reverberation room*“ [31] – opisuje metode mjerenja koeficijenta apsorbcije zvuka akustičkih materijala koji se koriste za tretiranje zidova i stropova.
- ISO 1999:2013, „*Acoustics – Estimation of noise-induced hearing loss*“ [32] – opisuje kombinacije razina buke i perioda izloženosti koji bi uzrokovali trajni gubitak sluha
- ISO 2923:1996, *„Acoustics – Measurement of noise on bord vessels“* [33] – opisuje metode i uvjete za mjerenje buke na brodovima.
- ISO 8000-8:2007, „*Quantities and units – Part 8: Acoustics*“ [34] – određuje nazive, simbole, mjerne jedinice i definicije veličina koje se koriste u akustici.
- IEC 61672-1:2013, „*Electroacoustics – Sound level meters – Part 1: Specifications*“ [35] - navodi specifikacije za elektroakustične radne karakteristike triju tipova mjernih instrumenata za mjerenje zvuka:

1. zvukomjeri za vremensko ponderiranje koji mjere eksponencijalne, vremenski i frekvencijski ponderirane razine zvuka,
2. integrirajući zvukomjeri koji mjere vremenski uprosječene, frekvencijski ponderirane razine zvuka,
3. integrirajući zvukomjeri koji mjere frekvencijski ponderirane vrijednosti izloženosti zvuku.

Svi navedeni propisi, upute, i savjeti predstavljaju nit vodilju klasifikacijskim društvima za postavljanje zahtjeva koji će doprinijeti redukciji buke i vibracija na brodu i ostvarenju ugodnije plovidbe za posadu i putnike. U nastavku je dan pregled propisa u vezi dopuštenih granica buke na brodu koje su propisala tri različita klasifikacijska društva: DNV, Lloyd's Register (LR), i Bureau Veritas (BV). Obzirom da su rezultati provedene analize uspoređeni s onima koje je za zadani brod ponudio DNV, najveći fokus usmjeren je na DNV-ove propise.

6.1. Det Norske Veritas

Det Norske Veritas (DNV) zajedno s Germanischer Lloyd-om (GL) prva su klasifikacijska društva koja implementiraju pravila u vezi regulacije buke i vibracija. U skladu s tom idejom, definiraju tzv. klase udobnosti. Cilj uvođenja notacije klase udobnosti (COMF) je osigurati sustavnu procjenu kvalitete života obzirom na buku, vibracije cijele strukture i unutarnju temperaturu za putnike i posadu na brodu [36]. Zahtjevi nad ta tri uvjeta podijeljeni su u tri klase od kojih je svakoj pridodana ocjena razine udobnosti (eng. *comfort rating number,* crn) brojkama od 1 do 3 gdje 1 označava najvišu razinu postignute ugodnosti, a 3 zadovoljavajuću. Kad je riječ o ostvarenju temperaturne ugode, ova klasifikacija vrijedi za sve brodove. S druge strane, za buku i vibracije ova se klasifikacija ne primjenjuje na jahte i vojne brodove koji imaju posebne oznake kvalitete bez podjele u različite razrede kakvoće. Zahtjevi za klasu ugodnosti za buku i vibracije razine 3, i dalje su u granicama postavljenima U IMO Rezoluciji MSC.337(91). Oznake kvalitete obzirom na buku vibracije, i postignutu temperaturnu ugodnost za različite brodove prikazuje Tablica 4 prema [36].

Tablica 4 Oznake kvalitete za buku, vibracije i temperaturnu ugodnost prema DNV-u

Klasni zapis	Oznaka kvalitete	Svrha	Primjena
COMF	C-crn	Uvjeti kvalitete života obzirom na unutarnju temperaturu	Svi brodovi
	V-crn	Uvjeti kvalitete života obzirom na buku i vibracije	Svi brodovi osim jahti i vojnih brodova
	Y-S	Uvjeti kvalitete života obzirom na buku i vibracije	Jahte i superjahte
	Y-M	Uvjeti kvalitete života obzirom na buku i vibracije	Megajahte
	NAV	Uvjeti kvalitete života obzirom na buku i vibracije	Vojni brodovi

Nadalje, svaki brod mora imati evidentiranu dokumentaciju koja mora sadržati:

- plan uređenja – raspored smještajnih prostorija, njihova izolacija, pozicioniranje vrata,
- specifikacije – informacije o panelima i vratima na mjestu kabina,
- izvješće mjerenja – rezultati laboratorijskih ispitivanja izolacijskih svojstava,
- plan pokusne vožnje – plan i upute za mjerenje buke,
- izvješće pokusne vožnje – potrebne stavke izvješća.

Ukoliko su na brodu postignute različite klase udobnosti, ona najveća odnosno najnepovoljnija će determinirati ukupnu klasu udobnosti. Tablica 5 i Tablica 6 prikazuju dozvoljene razine buke za prostorije namijenjene za smještaj putnika i posade za slučaj smještaja posade, vrijednosti tablice odnose se samo na brodove veće od 10 000 GT. Tablica 7 prikazuje dozvoljene razine buke za nespecificirane prostorije.

Tablica 5 Prostor za smještaj putnika - dozvoljene razine buke

Lokacije	Ocjena razine udobnosti (crn)		
	1	2	3
	Dopuštena razina buke [dBA]		
Kabine za putnike, prva klasa	44	47	50
Kabine za putnike, standardne	49	52	55
Javni prostor	55	58	60
Otvorena paluba	65	68	70

Tablica 6 Prostor za smještaj posade – dozvoljene razine buke

Lokacije	Ocjena razine udobnosti (crn)		
	1	2	3
	Dopuštena razina buke [dBA]		
Most	60	60	65
Radio soba	55	55	60
Kabine za članove posade	50	53	55
Dijeljeni prostor posade	55	58	60
Bolnica	55	55	55
Uredi	55	58	60
Sobe za upravljanje strojevima	65	70	75
Otvoreni rekreacijski prostor	70	73	75
Radionice	85	85	85

Tablica 7 Nespecificirani prostor na brodu – dozvoljene razine buke

Vrsta prostora	Dopuštena razina buke u [dBA]
Prostor za spavanje	60
Prostor za visoke razine koncentracije	65
Prostor za opuštenu komunikaciju	70
Prostor gdje je moguća komunikacija uz povišenje glasa, ali bez rizika oštete sluha, niti potrebe za korištenjem zaštite za uši	85

6.2. Lloys'd Register

Klasifikacijsko društvo Lloyd's Register utvrđuje kriterij za ocjenu buke i vibracija na brodovima koji se primjenjuje u sklopu Pravila i propisa za klasifikaciju brodova [37]. LR nudi dvije mogućnosti za definiranje zadovoljavajućih uvjeta na brodu glede buke i vibracija:

- klasni zapis – potvrđuje da su razine buke i vibracija na brodu u skladu s propisanim granicama te da je osigurano sustavno periodično ispitivanje buke i vibracija za vrijeme cijelog životnog vijeka broda,
- certifikat o sukladnosti – potvrđuje da su razine buke i vibracija u skladu s propisanim granicama.

Klasni zapis najčešće je primjenjen na putničkim brodovima te su definirane tri različite oznake:

- „Crew Accomodation Comfort“, CAC – kriterij za putnički smještaj,
- „Passenger Accomodation Comfort“ PAC – kritetij za smještaj posade,
- „Passenger and Crew Accomodation Comfort“, PCAC – kriterij za smještaj putnika i posade.

Uz oznake CAC i PAC dodijeljena je brojka od 1 do 3 koje iskazuju razinu prihvatljivosti buke i vibracija na brodu, gdje oznaka 1 ukazuje na postignutu najvišu razinu ugode, a oznaka 3 zadovoljavajuću. Uz oznaku PCAC dodjeljuju se dvije brojke od kojih prva upućuje na postignutu klasu za putnički smještaj, a druga za smještaj posade. Dopuštene razine buke na brodu dane su uTablica 8 Tablici 8

Tablica 8 Dopuštene razine buke prema LR-u

Prostor		Dopuštena razina buke prema ocjeni ugodnosti		
		1	2	3
Putničke kabine	obične	49	52	55
	prva klasa	45	47	50
Javni prostor	sve osim trgovina	55	58	62
	trgovine	60	62	65
Centar za medicinsku pomoć		50	55	60
Kazalište		50	55	60
Ootvorena paluba		67	72	72
Bazeni i sl.		70	75	75

6.3. Bureau Veritas

Prema Rules for the Classification of Steel Ships [38], za kriterije buke uvedena je oznaka klase COOMF-NOISE koja se odnosi za pojedine kategorije brodova. Navedenoj oznaci pridodaje se brojka od 1 do 3 gdje 1 označava najvišu postignutu razinu ugodnosti, a 3 zadovoljavajuću. Moguća je podjela oznake klase ovisno o prostoru na koji se odnosi:

- COMF-NOISE Pax – postignuta ugodnost putnika,
- COMF-NOISE Crex – postignuta ugodnost posade.

U Tablici 9 prikazane su najveće dopuštene razine buke za pojedini prostor na brodu koje je definirao BV.

Tablica 9 Dopuštene razine buke na brodu prema BV-u

Razine zvuka, dB(A)			
Prostori	**1**	**2**	**3**
Putničke kabine, prva klasa	45	47	50
Putničke kabine, obične	49	53	56
Restoran, kafići, prostorije tipa B	55	58	62
Trgovine, hodnici	60	63	65
Putnički prostor (tip A)	65	68	72
Putnički prostor (tip C)	53	56	59
Vanjske instalacije	65	70	75
Kormilarnica	60	63	65
Radio soba	55	57	60
Kabine posade	52	55	60
Uredi	57	60	63
Javni prostori posade	57	60	63
Bolnica	55	57	60
Otvoreni prostor za rekreaciju posade	70	73	75
Kontrolna soba glavnog stroja	70	73	75
Kuhinja	70	73	76
Radionice	85	85	85
Stubište, prolazi	70	73	75

7. IZRADA MODELA

Za izradu modelu korištena je tehnička dokumentacija istraživačkog broda koji je izgrađen kao gradnja NB487 u brodogradilištu Brodosplit d.d. U Prilogu 1 nalazi se sva korištena tehnička dokumentacija koju je u svrhu izrade ovog rada ustupilo brodogradilište Brodosplit d.d. Izrada modela započinje sa stvaranjem geometrijskog modela u „Topološkom“ načinu rada, a zatim se s gotovom geometrijom u načinu rada „Buka i vibracije“ objektu dodaju značajke modela bitne za prognozu buke na brodu.

7.1. Tehnički podaci analiziranog broda

Osnovne značajke analiziranog istraživačkog broda za kružna putovanja u polarnim uvjetima prikazuje Tablica 10.

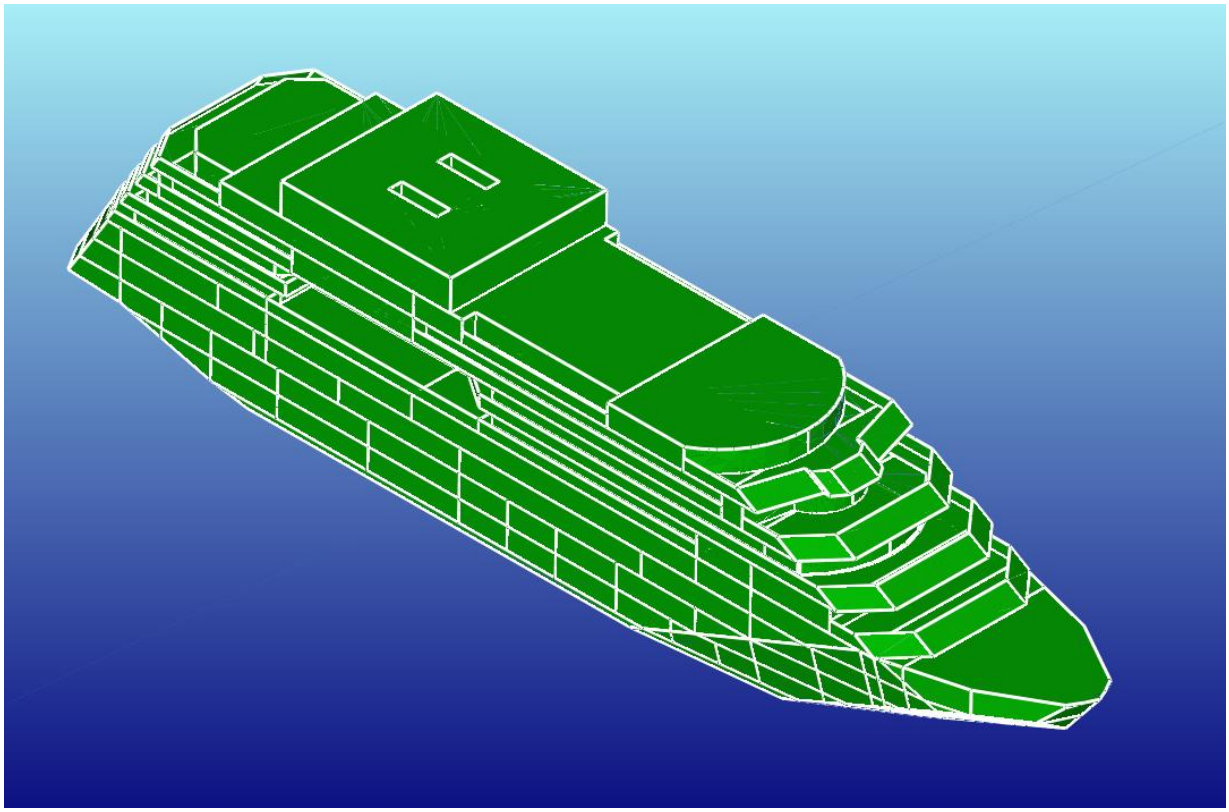
Tablica 10 Osnovne značajke analiziranoga broda

Duljina preko svega,	127,9	m
Duljina između okomice	115	m
Širina	21,5	m
Gaz maksimalni	5,25	m
Gaz projektni	5,1	m
Brzina	16	čv
Tonaža	13768	GT
Klasa	DNV GL	-
Kapacitet	200	br. putnika
Instalirana snaga	15162	kW

7.2. Izrada geometrijskog modela

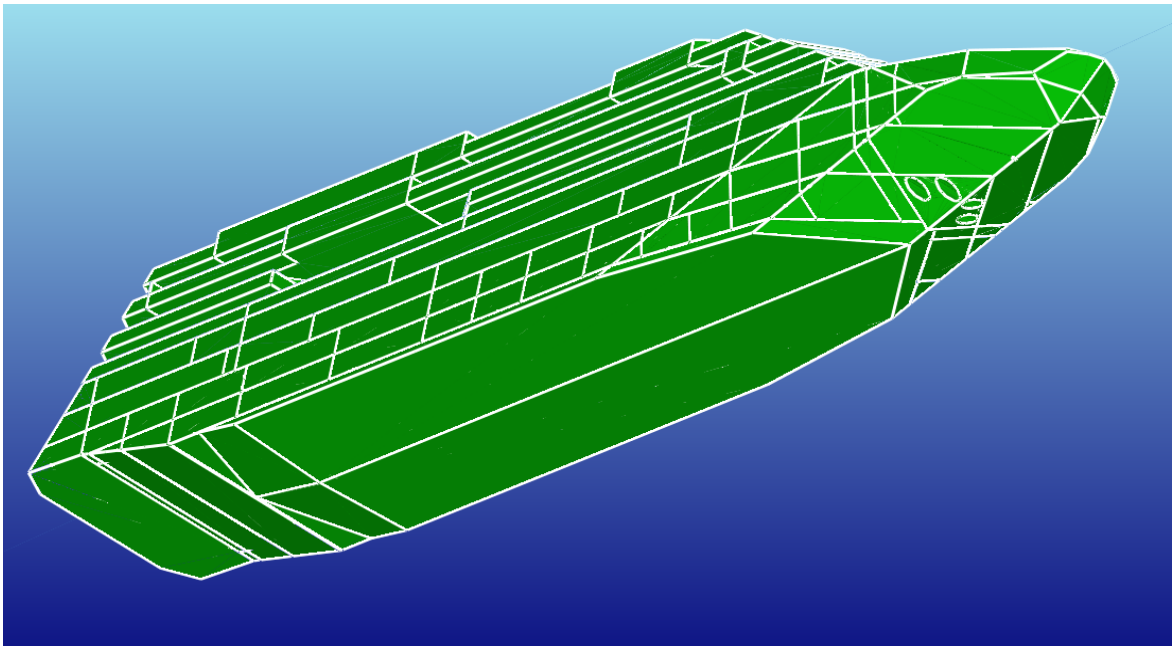
Za kreiranje modela broda potrebno je poznavati geometrijske strukturne informacije kao što su raspored paluba, poprečnih i uzdužnih pregrada, topološki izgled, razmak između okvira. Za razliku od uobičajenih alata koji omogućuju izradu trodimenzionalnog modela, u programskom paketu Designer-NOISE taj je proces krajnje pojednostavljen. Započinje sa dodavanjem jednostavnih geometrijskih oblika koji se zatim međusobno spajaju, izrezuju i oblikuju kako

bi se u konačnici dobila željena geometrija. Zatim se dodaju plohe kojima se model podijeli u odjeljke. U topološkom modelu se dakle, definiraju površine koje predstavljaju palube, pregrade i bočnu ljusku broda. Slika 13 prikazuje izrađen geometrijski model analiziranog broda u izometrijskom prikazu.

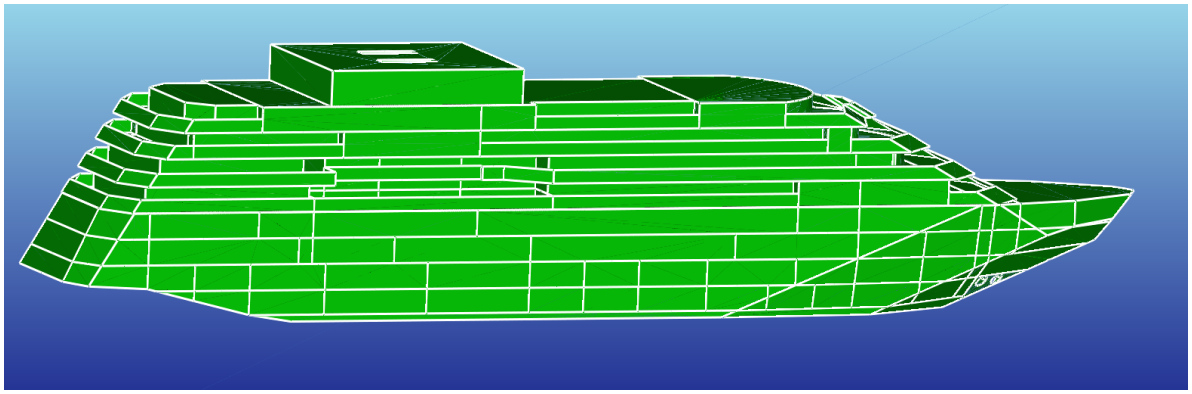


Slika 13 Aksonometrijski prikaz topološkog modela analiziranog broda

Za postizanje vjerodostojnih rezultata model je potrebno izraditi na način da između pojedinog izvora i točke mjerenja buke budu sadržani svi odjeljci kojima buka putuje do referentne točke. Stoga, detalji forme trupa nemaju utjecaj na akustička svojstva brodske konstrukcije pa time i konačne rezultate. Uzevši to u obzir, topologija trupa je blago pojednostavljena te su pri izradi zanemareni pramčani bulb i kormilo. Slika 14 prikazuje pogled od dolje iz kojeg se jasno vidi forma brodskog trupa, a odmah u nastavku slijedi Slika 15 koja prikazuje bočni pogled brodskog modela. Slika 18 daje uvid u unutarnju konstrukciju izrađenog modela na kojoj se mogu prepoznati palube kao horizontalne pregrade, poprečne pregrade raspodijeljene po svakoj palubi te vertikalni prolazi namijenjeni za lift i sustav ispuha dimnih plinova. Dva poprečna presjeka na Slici 17 detaljnije prikazuju unutarnju konstrukciju modela.



Slika 14 Prikaz brodskog trupa



Slika 15 Bočni prikaz modela

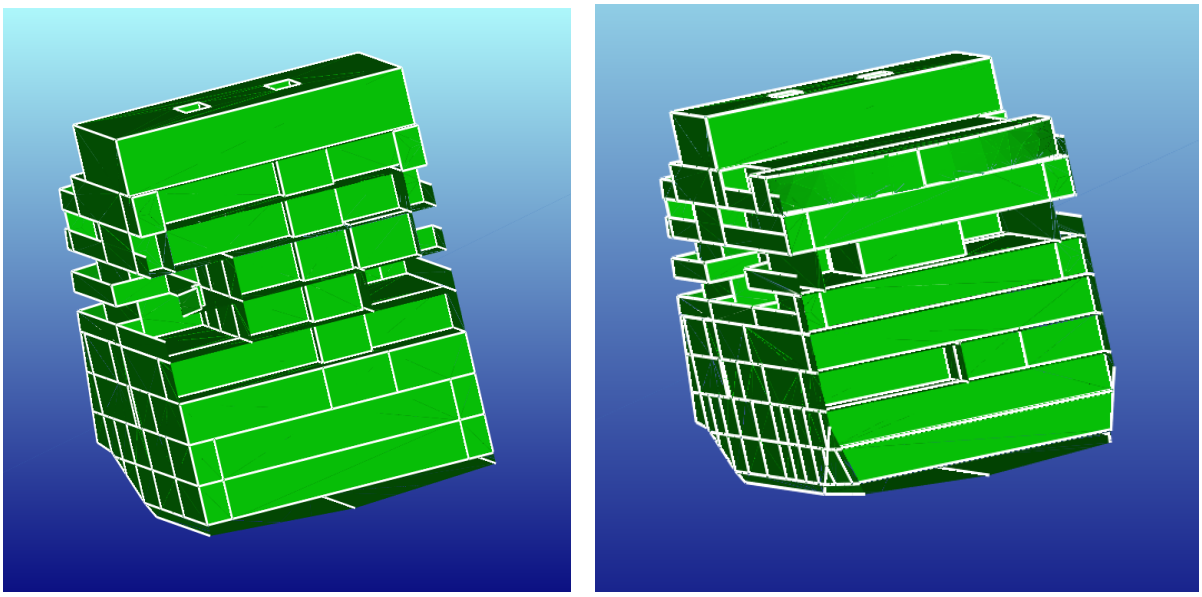
7.3. Akustičke značajke modela

Imajući gotov geometrijski model prikazan kao jedan objekt, prelazi se u način rada „Buka i vibracije“, gdje se za početak definiraju karakteristike i svojstva limova. Dimenzije čeličnih limenih panela za izradu modela iznose 2x0,6 m, a debljine variraju od 5 mm na gornjim palubama sve do 20 mm na pramčanom piku. Također, potrebno je definirati je li ostvaren kontakt s vodom za pojedini element. Kontakt s vodom se smatra ostvaren ukoliko je barem 50% površine u kontaktu s vodom. Budući da maksimalni gaz iznosi 5,25 m i uzevši u obzir moguće valove i zapljuskivanja pretpostavljen je kontakt s vodom sve do druge palube na visini

od 7 m od osnovice. Slika 16 prikazuje odabrane parametre za izradu akustičkog modela koja se primjenjuju na cjelokupni model. Nakon zadavanja svojstava za cjelokupni model, moguće je svakom elementu zasebno izmijeniti određene parametre. Na taj su način definirane različite debljine paluba, oplate i pregrada te elementi koji su u dodiru s vodom.

Identity	
BlockId	**1**
Name	**istrazivacki brod**
ProjectId	**1**
VariantId	**3**
Property	
PanelLength	**2.000 m**
PanelWidth	**0.600 m**
StructuralMaterialType	**Steel**
Thickness	**8.0 mm**
WaterContact	**Dry**

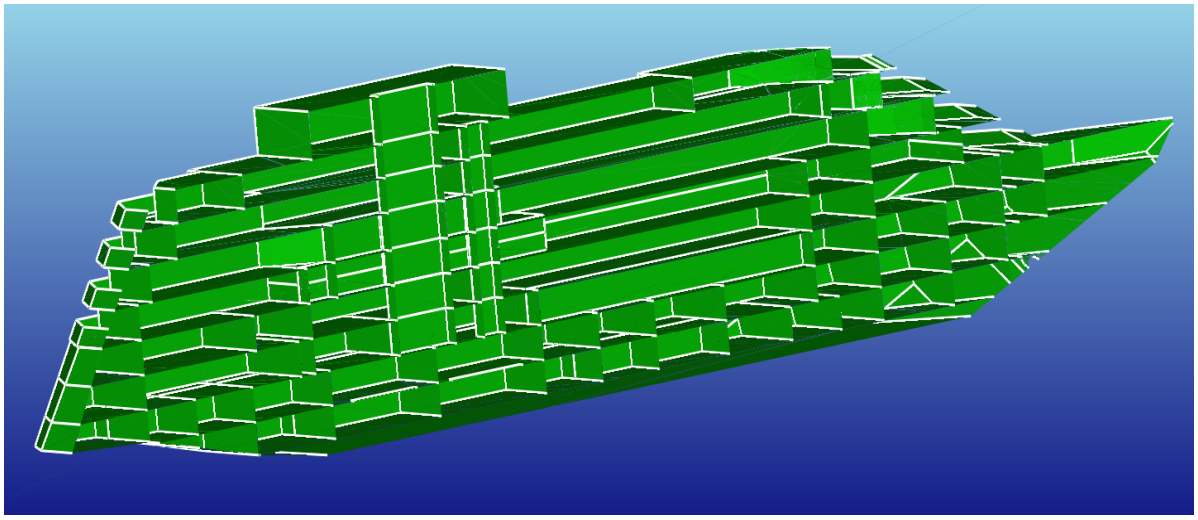
Slika 16 Svojstva panela



Slika 17 Poprečni presjeci modela na $x = 48$ m (lijevo) i $x = 88,8$ m (desno)

Prvih set parametara na Slici 16 je identifikacijske prirode i kao takvi ne utječu na ishod rezultata. Materijali korišteni za izradu broda su čelici AH-36 i NV-A, no za potrebe izrade modela dovoljno je odabrati čelik kao vrstu materijala. Stvoreni akustički model sastavljen je od 668 elemenata koji tvore 95 odjeljaka. Za svaki odjeljak moguće je odrediti:

- vrstu odjeljka – strojarnica, ured, salon i sl.,
- je li odjeljak točka interesa u pogledu razine buke,
- kriterij na razinu buke.



Slika 18 Prikaz unutarnje strukture modeliranog broda

7.4. Izvori buke

7.4.1. Glavni motori

Glavni stroj postavljen je na pokrov dvodna odnosno palubu 0 i sastoji se od dva električna motora snaga 2956 kW od kojih svaki pokreće jedan propulzor. Električna propulzija ne generira veliku razinu buke poput motora s unutarnjim izgaranjem ali svakako nije zanemariva. Za modeliranje motora kao izvora buke potreban je unos sljedećih podataka:

- položaj izvora,
- dimenzije izvora i temelja,
- način temeljenja,
- uprosječene razine zvučnog tlaka po oktavama, izmjerene blizu izvora (u ovom slučaju na udaljenosti 1 m od izvora),
- uprosječene razine vibracija po oktavama, ispod ili iznad temelja.

Slika 19 prikazuje potrebne parametare za modeliranje električnog motora. Uprosječene razine zvučnog tlaka po oktavama preuzete su iz DNV-ovog izvještaja analize buke za isti brod koje su izmjerene za zadani izvor pri 80% nazivne snage.

Identity	
Name	
Source ID	2
Base Element ID	4
Compartment ID	1
Is Active?	True
Source Type	Machinery
Library Source	None
Parameters - Coordinate System	
Foundation Origin	**{ 20.900 ,-6.850 ,1.350 } m**
Local X-axis	{ 0.000 ,0.000 ,1.000 } m
Local Z-Axis	{ -1.000 ,0.000 ,0.000 } m
Rotation Angle	0.0
Parameters - Noise	
Source Length	**2.230 m**
Source Width	**2.395 m**
Source Height	**2.435 m**
Source R	1.000 m
Source Noise Levels	**75,76,73,70,68,65,61,56,52**
Airborne Source Offset	{ 0.0 ,0.0 ,0.0 } mm
Parameters - Vibration	
Mass	**9.100 tonne**
Source Vibration Levels	**75,76,73,70,68,65,61,56,52**
Foundation Length	**2.230 m**
Foundation Width	**2.395 m**
Foundation R0	**2.435 m**
Source Data Type	AboveMount
Mounting Type	Hard
Source Element	
Type of Base Element	StandardDeck
Large Panel Length	**4.000 m**
Large Panel Width	**3.000 m**
Stiffener Moment of Inertia	**4000.0 cm^4**

Slika 19 Ulazni podaci pogonskih motora kao izvora buke

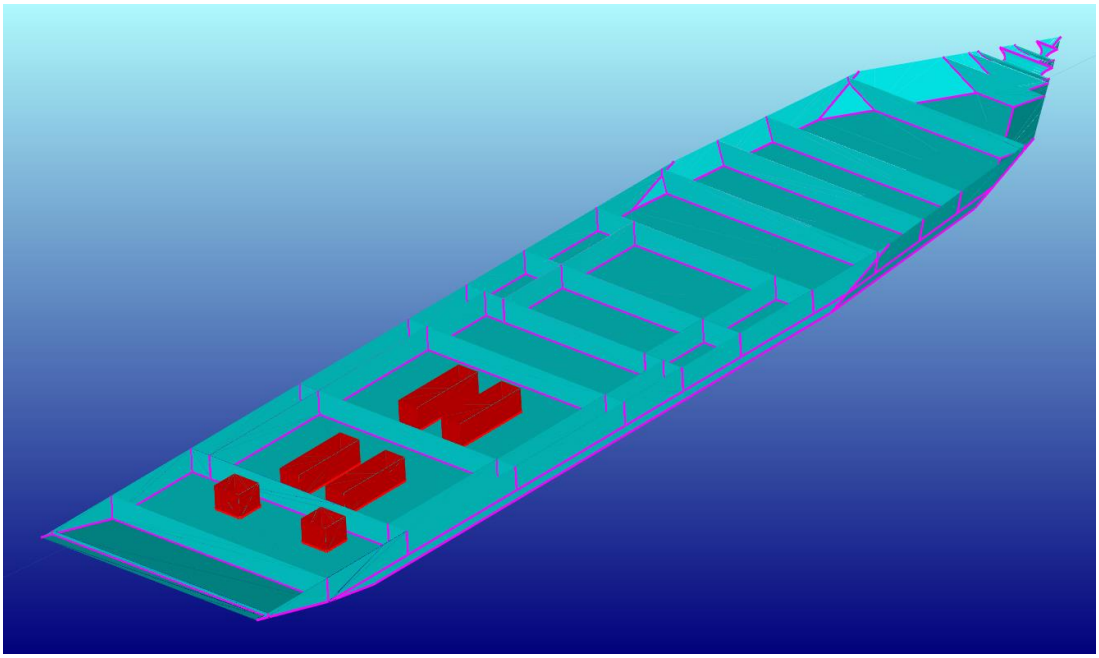
7.4.2. Dizel-generatori

Za pokrivanje električnih potreba na brodu instalirana su 4 dizel-generatora. Nalaze se kao i uobičajeno, u stražnjem djelu broda, također na pokrovu dvodna. Dva su generatora snage 2560 kW, dok druga dva imaju nešto manju snagu od 2065 kW. Zahtijevani ulazni podaci za modeliranje izvora potpuno su identični kao i za električne motore, a njihove vrijednosti mogu se očitati na Slici 20. Uprosječeni zvučni tlak po oktavama također je preuzet iz DNV-ovog izvješća analize buke.

Identity	
Name	**gemset 3**
Source ID	9
Base Element ID	10
Compartment ID	-1
Is Active?	True
Source Type	Machinery
Library Source	None
Parameters - Coordinate System	
Foundation Origin	{ 39.600 ,1.150 ,1.350 } m
Local X-axis	{ 1.000 ,0.000 ,0.000 } m
Local Z-Axis	{ 0.000 ,1.000 ,0.000 } m
Rotation Angle	0.0
Parameters - Noise	
Source Length	6.667 m
Source Width	1.850 m
Source Height	2.962 m
Source R	1.000 m
Source Noise Levels	77,76,77,77,72,66,60,58,50
Airborne Source Offset	{ 0.0 ,0.0 ,0.0 } mm
Parameters - Vibration	
Source Vibration Levels	77,76,77,77,72,66,60,58,50
Foundation Length	6.667 m
Foundation Width	1.850 m
Foundation R0	1.000 m
Source Data Type	AboveMount
Mounting Type	Resilient
Isolation Mount	None
Source Element	
Large Panel Length	**6.000 m**
Large Panel Width	**3.000 m**
Stiffener Moment of Inertia	**4000.0 cm^4**

Slika 20 Ulazni podaci dizel-generatora kao izvora buke

Glavni motori i dizel generatori nalaze se u neposrednoj blizini na palubi 0, njihovo pozicioniranje vidi se iz horizontalnog presjeka broda kao što prikazuje Slika 21.



Slika 21 Pozicioniranje električnih motora i dizel-generatora na palubi 0

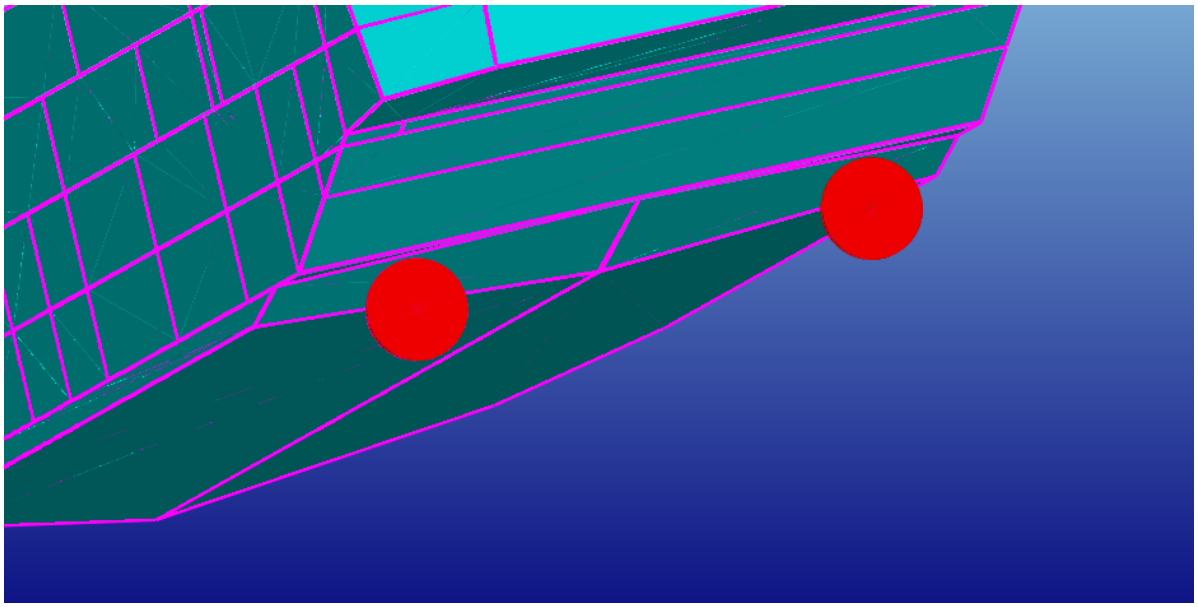
7.4.3. Propulzori

Propulzija broda je ostvarena s dva brodska vijka od kojih je svaki pogonjen zasebnim električnim motorom. Najveća snaga koju može ostvariti pojedini vijak iznosi 3000 kW, a najveća brzina vrtnje je 170 o/min. Za izradu modela brodskog vijka potrebni su sljedeći podaci:

- brzina broda,
- promjer vijka,
- udaljenost brodskog vijka od oplate,
- broj okretaja vijka po minuti,
- broj lopatica,
- kavitacijska brzina.

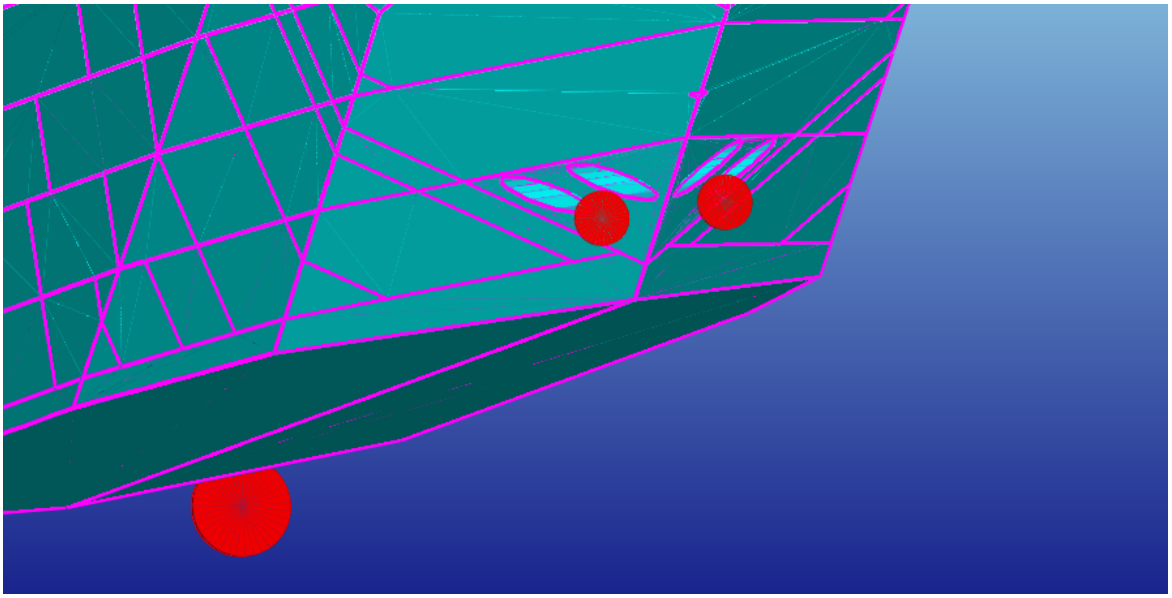
Identity	
Name	
Source ID	8
Base Element ID	88
Compartment ID	10
Is Active?	True
Source Type	Propeller
Library Source	None
Parameters - Propeller	
Ship Speed	**8.76 m/s**
Prop Diameter	**3.200 m**
Prop Tip Clearance	**400.0 mm**
Prop RPM	**166**
Cavitation Inception Speed	**4.00 m/s**
No. Propeller Blades	**5**

Slika 22 Ulazni podaci brodskog vijka kao izvora buke



Slika 23 Pozicioniranje brodskih vijaka na modelu

Dva pramčana potisnika smještena su u pramčanom piku. Njihovo pozicioniranje na modelu prikazuje Slika 24, a ulazni podaci su vidljivi na Slici 25.



Slika 24 Pozicioniranje pramčanih potisnika na modelu

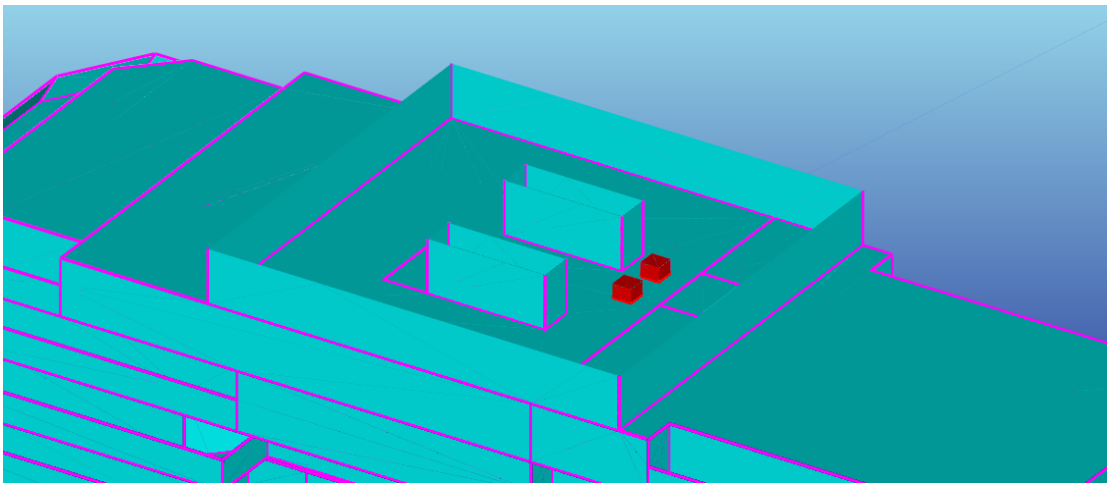
Name	pramcani potisnik1
Source ID	8
Base Element ID	434
Compartment ID	46
Is Active?	True
Source Type	Propeller
Library Source	None
Parameters - Propeller	
Ship Speed	**8.75 m/s**
Prop Diameter	**1.650 m**
Prop Tip Clearance	**50.0 mm**
Prop RPM	**369**
Cavitation Inception Speed	**7.00 m/s**
No. Propeller Blades	**4**

Slika 25 Ulazni podaci pramčanog potisnika kao izvora buke

7.4.4. HVAC sustav

Od sustava za ventilaciju grijanje i hlađenje dostupni su podaci o usisnom i ispušnom ventilatoru koji su smješteni na palubi 8 kojoj putnici nemaju pristup. Ovaj će izvor najveći utjecaj imati na otvorene prostore na palubi 7 zato što se nalazi u neposrednoj blizini. Slika 26

prikazuje pozicioniranje ventilatora na modelu, a potrebni podaci za unos ponovno su identični onima za električne motore i njihove vrijednosti prikazane su na Slici 27.



Slika 26 Smještaj usisnog i ispušnog ventilatora

Identity	
Name	**vent-usis**
Source ID	3
Base Element ID	343
Compartment ID	23
Is Active?	True
Source Type	Machinery
Library Source	None
Parameters - Coordinate System	
Foundation Origin	**{ 40.000 ,2.400 ,24.500 } m**
Local X-axis	{ 1.000 ,0.000 ,0.000 } m
Local Z-Axis	{ 0.000 ,0.000 ,1.000 } m
Rotation Angle	0.0
Parameters - Noise	
Source Length	1.000 m
Source Width	1.000 m
Source Height	**0.700 m**
Source R	1.000 m
Source Noise Levels	**0,100,98,104,105,103,100,95,0**
Airborne Source Offset	{ 0.0 ,0.0 ,0.0 } mm
Parameters - Vibration	
Mass	**1.000 tonne**
Source Vibration Levels	**0,100,98,104,105,103,100,95,0**
Foundation Length	1.000 m
Foundation Width	1.000 m
Foundation R0	1.000 m
Source Data Type	AboveMount
Mounting Type	Hard
Source Element	
Type of Base Element	StandardDeck
Large Panel Length	**3.000 m**
Large Panel Width	**2.000 m**
Stiffener Moment of Inertia	**4000.0 cm^4**

Slika 27 Ulazni podaci ventilatora na usisu kao izvora buke

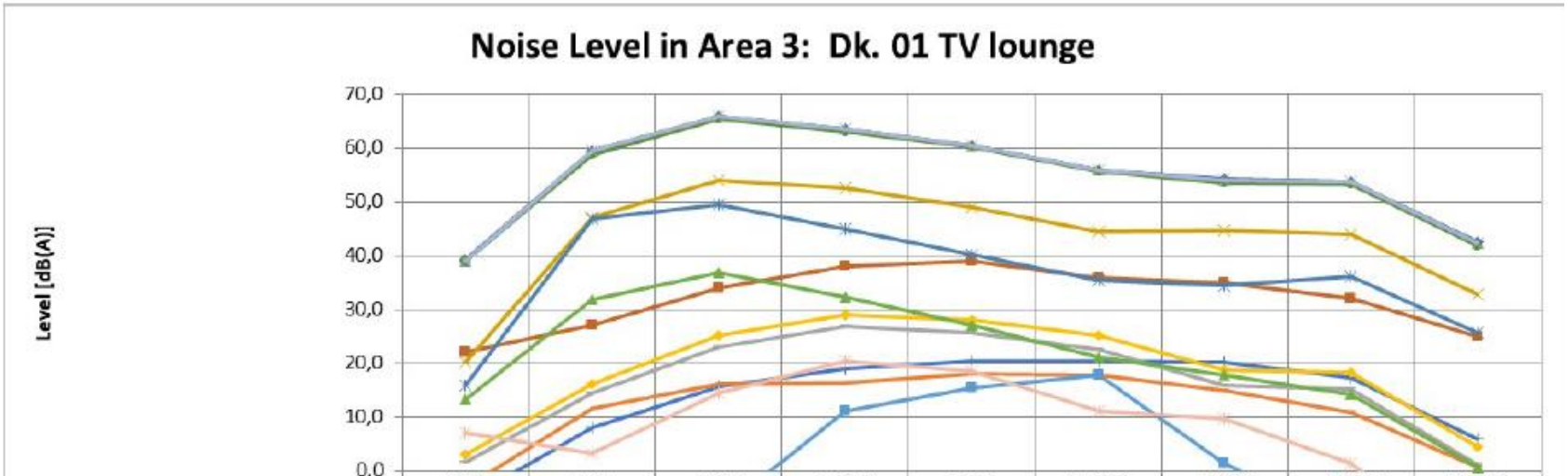
8. REZULTATI

Nakon definiranog akustičkog modela, što podrazumijeva akustička svojstva konstrukcije, raspored i svojstva izvora buke, raspored izolacije te označavanje odjeljaka koji su predmet interesa, programski paket Designer-NOISE korištenjem hibridne statističke analize energije generira razine zvučnog tlaka u dBA po oktavama za sve označene odjeljke. Dobiveni rezultati uspoređeni su s analizom buke koju je proveo DNV te koju je također ustupio Brodosplit u svrhu izrade ovog rada. DNV-ovi rezultati dobiveni su korištenjem vlastitog programa za predikciju razina buke „Noise Prediction Program NV590 Millenium“ koji se temelji na metodi prijenosne matrice. U nastavku slijede naizmjenice prikazani grafovi s rezultatima koje je iznio DNV, a zatim oni dobiveni provedenom analizom u ovom radu, i to za proizvoljno odabranu jednu prostoriju sa svake palube namijenjenu za boravak putnika ili posade kao što je navedeno u Tablici 11.

Tablica 11 Usporedba rezultata razina buke

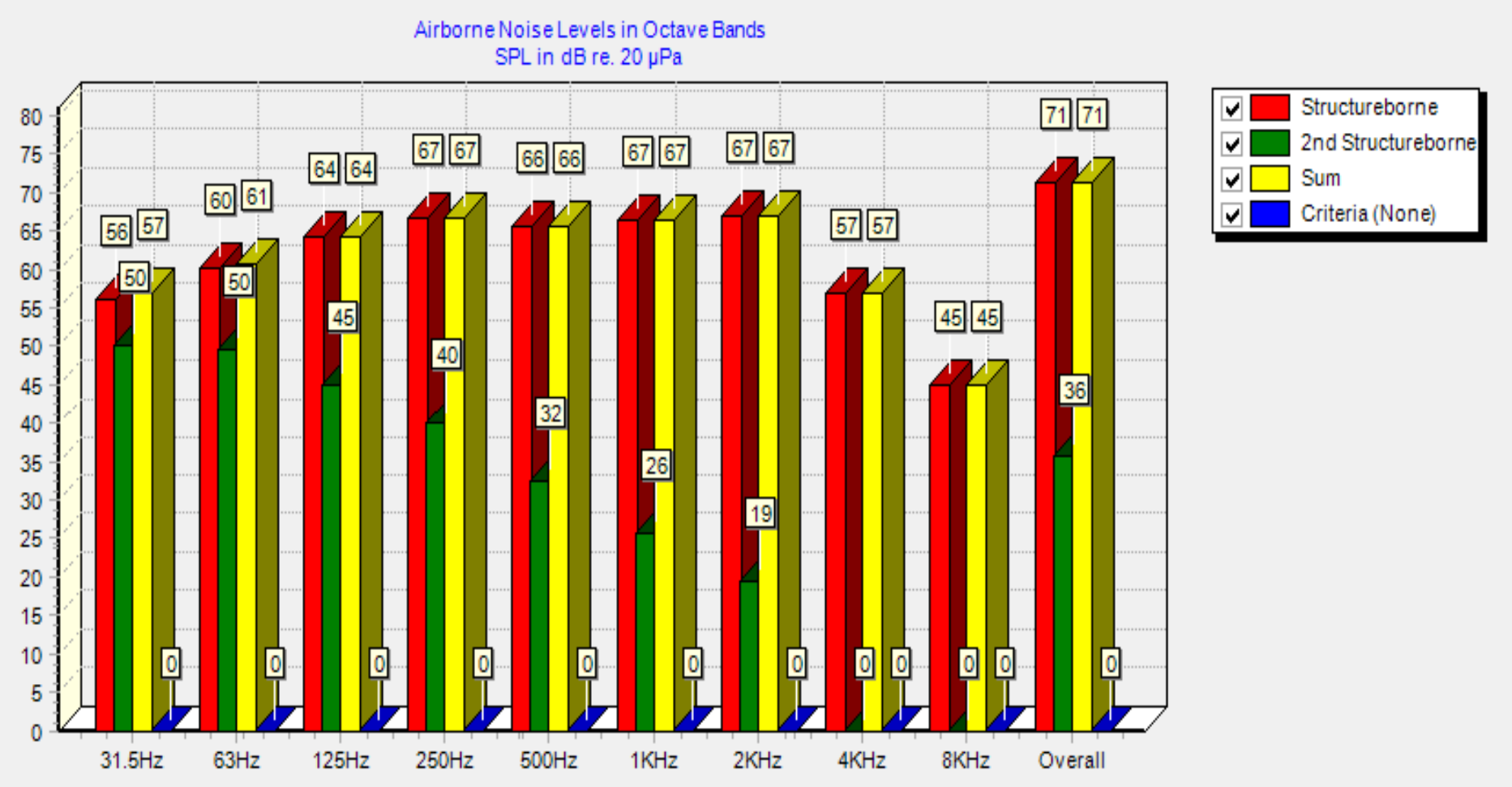
	Prostor	DNV	Designer-NOISE	Propisana granica
Paluba 1	tv salon	69,5	71	85
Paluba 2	prostorija za pripremu putnika	67	71	58
Paluba 3	putničke kabine	52,9	59	52
Paluba 4	kabine za osobe s posebnim potrebama	63,2	64	52
Paluba 5	kabine časnika	59,2	56	52
Paluba 6	putničke kabine	49,8	45	52
Paluba 7	panoramski salon	48,2	37	58

Odstupanja dobivenih rezultata od vrijednosti koje je prognozirao DNV iznose najviše 12%. Velika razlika u rezultatima na palubi 7 je ostvarena djelomično zbog nepoznavanja parametara izvora buke za ispuh dimnih plinova, zbog čega izvor nije ni modeliran. Palube 2, 3, 4 i 5 ne zadovoljavaju kriterije za klasu udobnosti C2 te je potrebno ukloniti višak generirane buke. Uz izuzetak palube 3, prekoračenja granica nisu velika te bi dodatna izolacija pregrada mogla biti dovoljna, dok bi kod palube 3 bilo poželjno postavljanje plutajućeg poda s izolacijskim materijalom kao npr. mineralna vuna.

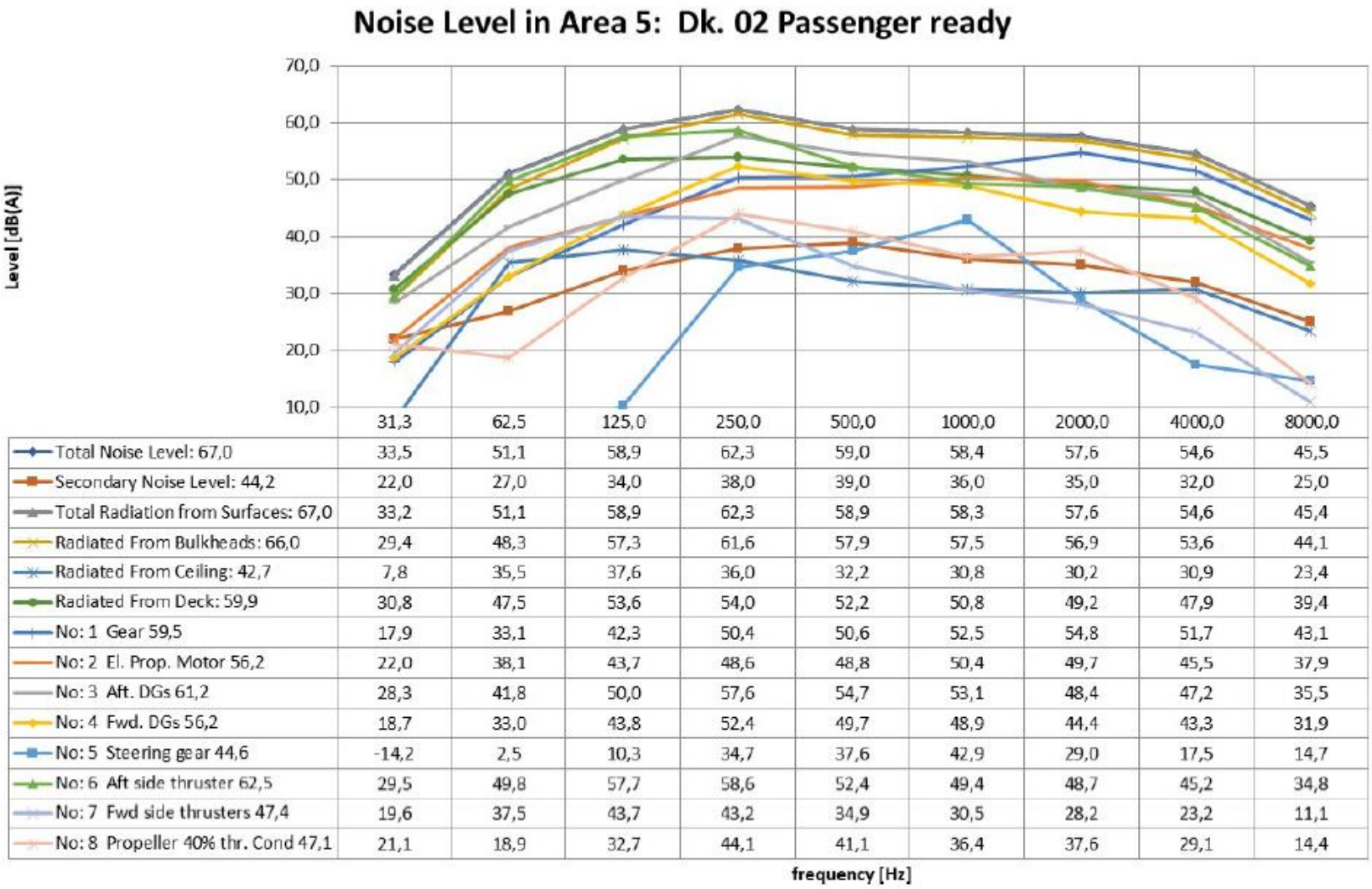


	31,3	62,5	125,0	250,0	500,0	1000,0	2000,0	4000,0	8000,0
Total Noise Level: 69,5	39,2	59,4	65,8	63,5	60,5	56,0	54,1	53,8	42,4
Secondary Noise Level: 44,2	22,0	27,0	34,0	38,0	39,0	36,0	35,0	32,0	25,0
Total Radiation from Surfaces: 69,5	39,1	59,4	65,8	63,5	60,5	55,9	54,1	53,8	42,4
Radiated From Bulkheads: 58,1	20,1	47,0	53,9	52,5	49,1	44,5	44,7	44,0	32,8
Radiated From Ceiling: 52,8	16,0	46,8	49,4	45,0	40,1	35,5	34,5	36,2	25,8
Radiated From Deck: 69,1	39,0	58,8	65,4	63,0	60,1	55,5	53,5	53,2	41,8
No: 1 Gear 27,1	-5,4	8,2	15,6	19,0	20,5	20,3	20,3	17,3	6,0
No: 2 El. Prop. Motor 24,3	-3,1	11,5	16,1	16,5	18,0	17,9	14,9	10,9	0,7
No: 3 Aft. DGs 31,3	1,6	14,4	23,1	26,8	25,6	22,7	15,9	15,2	1,2
No: 4 Fwd. DGs 33,5	3,1	16,2	25,1	29,0	28,0	25,3	18,7	18,2	4,4
No: 5 Steering gear 20,5	-28,0	-12,9	-7,7	11,3	15,4	17,9	1,5	-9,9	-15,5
No: 6 Aft side thruster 39,5	13,4	31,9	36,9	32,3	27,1	21,2	17,8	14,3	0,8
No: 7 Fwd side thrusters 69,5	39,1	59,4	65,8	63,5	60,5	55,9	54,1	53,8	42,4
No: 8 Propeller 40% thr. Cond 23,8	7,1	3,3	14,4	20,4	18,6	11,1	9,7	1,3	-16,3

Slika 28 Razine buke u tv salonu prema DNV-u

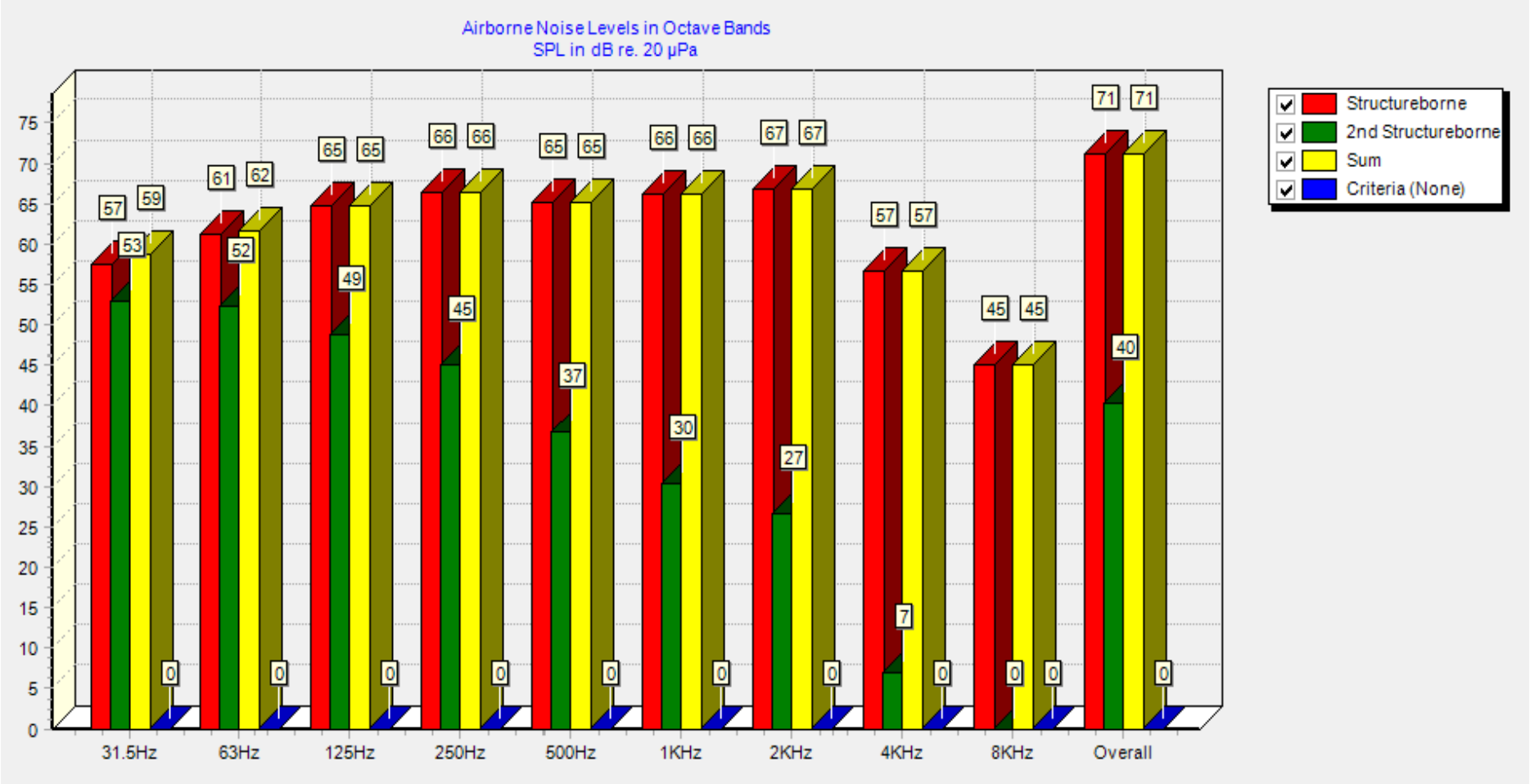


Slika 29 Razine buke u tv salonu izračunate u Designer NOISE-u

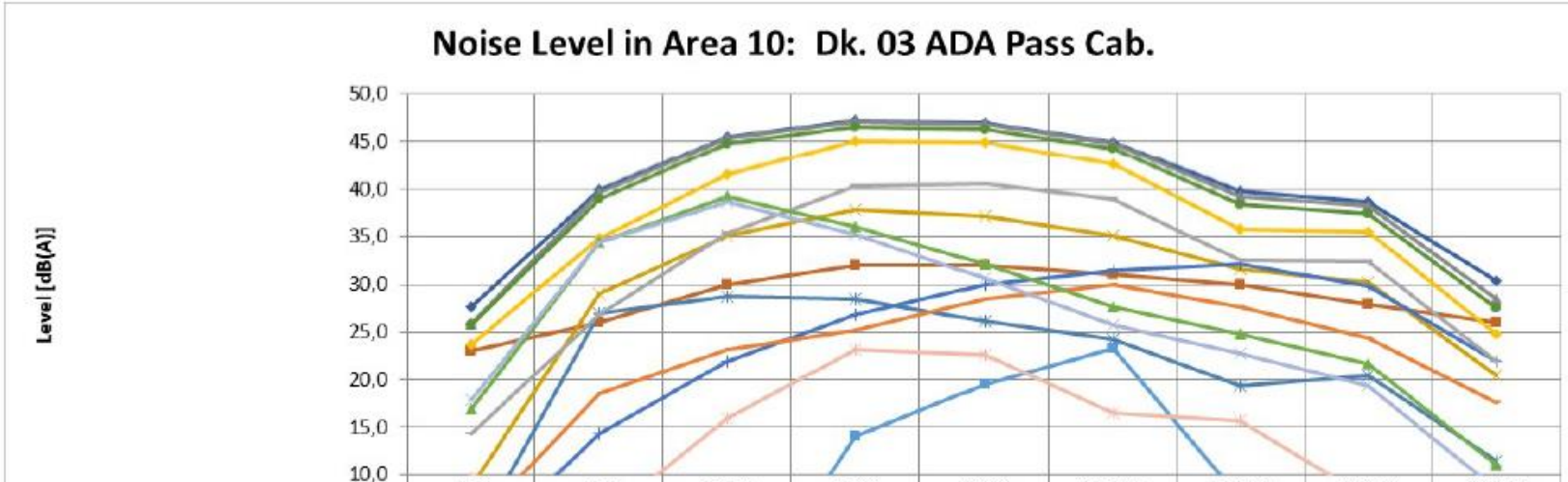


	31,3	62,5	125,0	250,0	500,0	1000,0	2000,0	4000,0	8000,0
Total Noise Level: 67,0	33,5	51,1	58,9	62,3	59,0	58,4	57,6	54,6	45,5
Secondary Noise Level: 44,2	22,0	27,0	34,0	38,0	39,0	36,0	35,0	32,0	25,0
Total Radiation from Surfaces: 67,0	33,2	51,1	58,9	62,3	58,9	58,3	57,6	54,6	45,4
Radiated From Bulkheads: 66,0	29,4	48,3	57,3	61,6	57,9	57,5	56,9	53,6	44,1
Radiated From Ceiling: 42,7	7,8	35,5	37,6	36,0	32,2	30,8	30,2	30,9	23,4
Radiated From Deck: 59,9	30,8	47,5	53,6	54,0	52,2	50,8	49,2	47,9	39,4
No: 1 Gear 59,5	17,9	33,1	42,3	50,4	50,6	52,5	54,8	51,7	43,1
No: 2 El. Prop. Motor 56,2	22,0	38,1	43,7	48,6	48,8	50,4	49,7	45,5	37,9
No: 3 Aft. DGs 61,2	28,3	41,8	50,0	57,6	54,7	53,1	48,4	47,2	35,5
No: 4 Fwd. DGs 56,2	18,7	33,0	43,8	52,4	49,7	48,9	44,4	43,3	31,9
No: 5 Steering gear 44,6	-14,2	2,5	10,3	34,7	37,6	42,9	29,0	17,5	14,7
No: 6 Aft side thruster 62,5	29,5	49,8	57,7	58,6	52,4	49,4	48,7	45,2	34,8
No: 7 Fwd side thrusters 47,4	19,6	37,5	43,7	43,2	34,9	30,5	28,2	23,2	11,1
No: 8 Propeller 40% thr. Cond 47,1	21,1	18,9	32,7	44,1	41,1	36,4	37,6	29,1	14,4

Slika 30 Razine buke u prostoriji za pripremu putnika za ekspedicije prema DNV-u

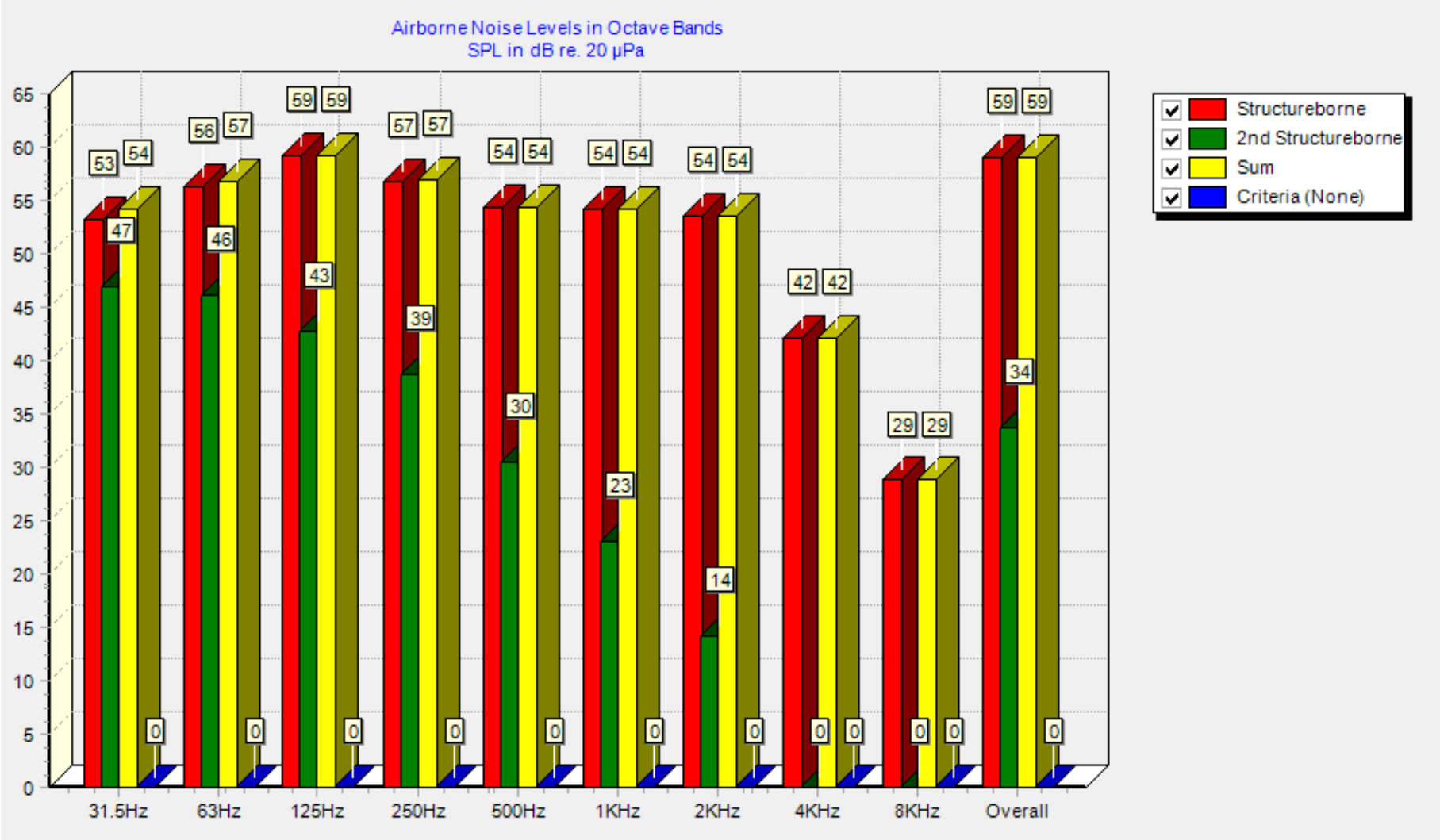


Slika 31 Razine buke u prostoriji za pripremu putnika za ekspedicije izračunate u Designer NOISE-u

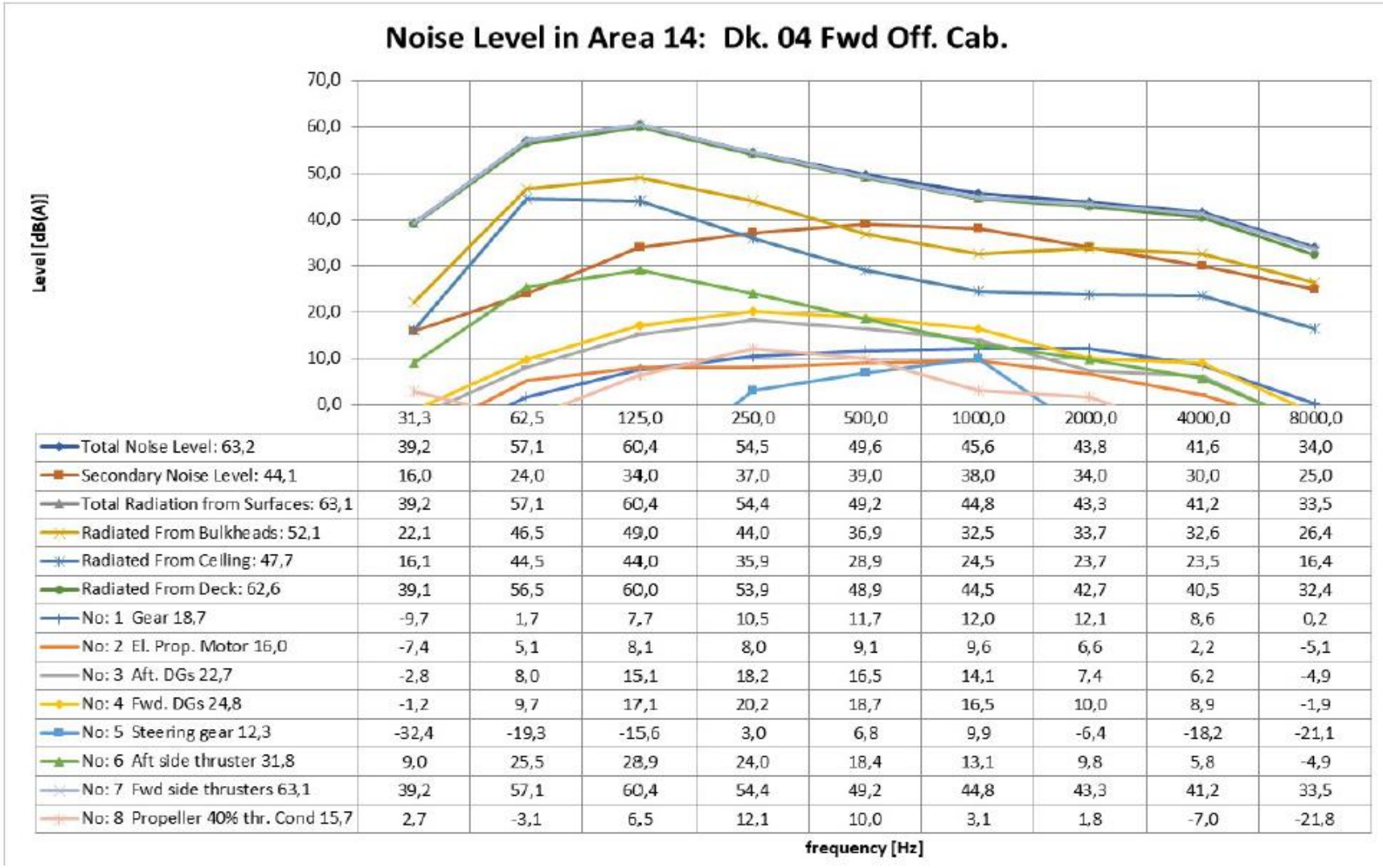


	31,3	62,5	125,0	250,0	500,0	1000,0	2000,0	4000,0	8000,0
Total Noise Level: 52,9	27,7	39,8	45,4	47,3	46,9	44,9	39,8	38,7	30,4
Secondary Noise Level: 39,1	23,0	26,0	30,0	32,0	32,0	31,0	30,0	28,0	26,0
Total Radiation from Surfaces: 52,7	25,8	39,6	45,3	47,1	46,8	44,7	39,3	38,3	28,4
Radiated From Bulkheads: 43,3	8,8	29,0	35,2	37,9	37,1	35,1	31,5	30,2	20,5
Radiated From Ceiling: 34,6	2,7	27,0	28,8	28,5	26,2	24,2	19,4	20,5	11,5
Radiated From Deck: 52,2	25,7	39,0	44,8	46,5	46,2	44,2	38,4	37,5	27,5
No: 1 Gear 37,7	1,4	14,4	22,0	26,9	30,0	31,5	32,2	29,8	21,9
No: 2 El. Prop. Motor 35,1	4,4	18,5	23,2	25,2	28,4	29,9	27,7	24,4	17,6
No: 3 Aft. DGs 45,8	14,3	26,8	35,5	40,3	40,6	38,9	32,6	32,5	21,9
No: 4 Fwd. DGs 50,3	23,7	34,8	41,5	45,1	44,9	42,6	35,9	35,5	24,9
No: 5 Steering gear 25,3	-25,2	-11,1	-6,2	14,1	19,5	23,3	7,5	-3,6	-6,3
No: 6 Aft side thruster 42,5	16,9	34,5	39,2	36,0	32,1	27,7	24,8	21,6	11,1
No: 7 Fwd side thrusters 41,9	17,9	34,5	38,7	35,2	30,7	25,7	22,7	19,4	8,4
No: 8 Propeller 40% thr. Cond 27,3	10,0	5,1	15,9	23,2	22,6	16,5	15,7	7,6	-7,1

Slika 32 Razine buke u kabinama za osobe s posebnim potrebama prema DNV-u

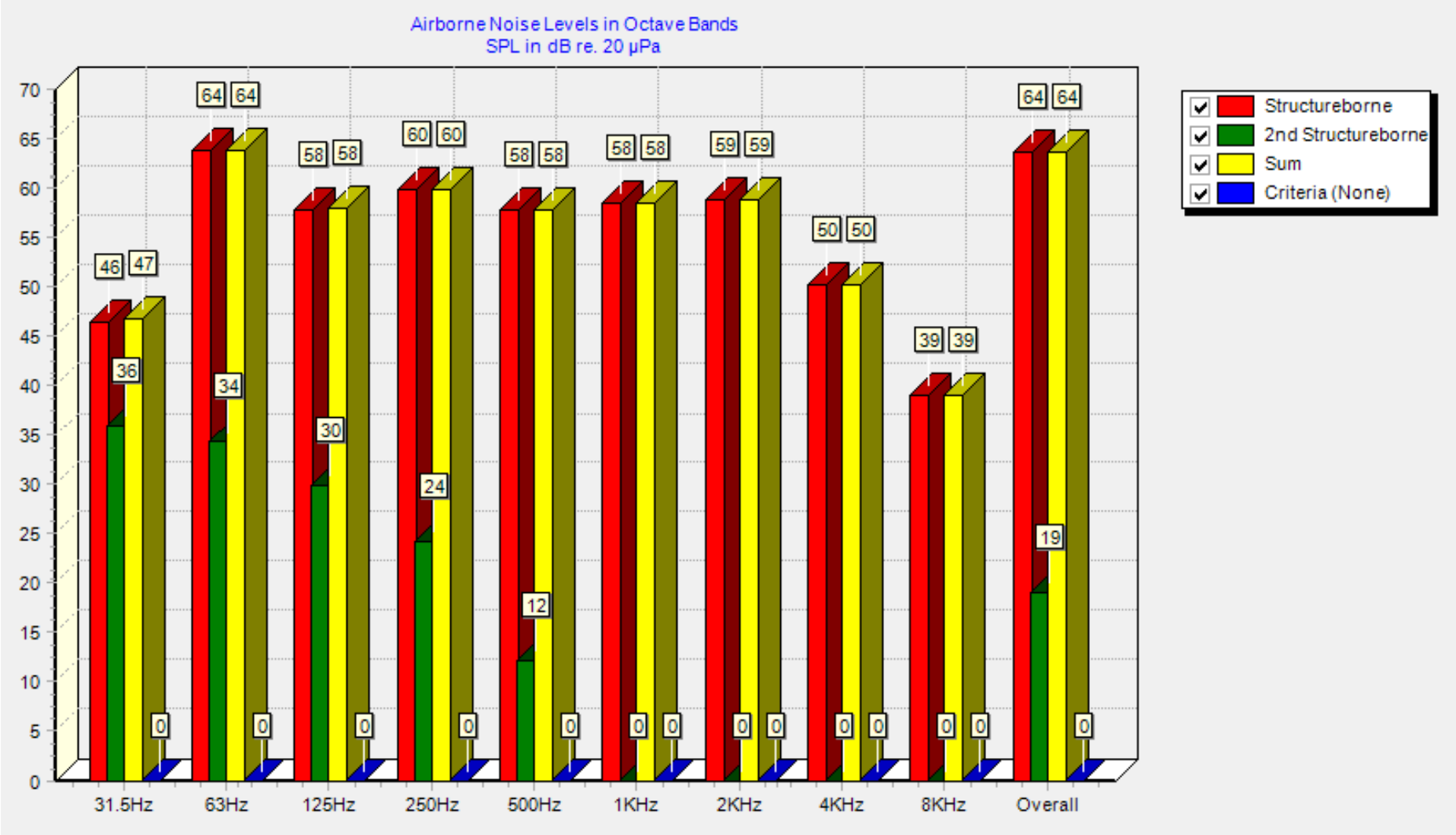


Slika 33 Razine buke u kabinama za osobe s posebnim potrebama izračunate u Designer-NOISE-u

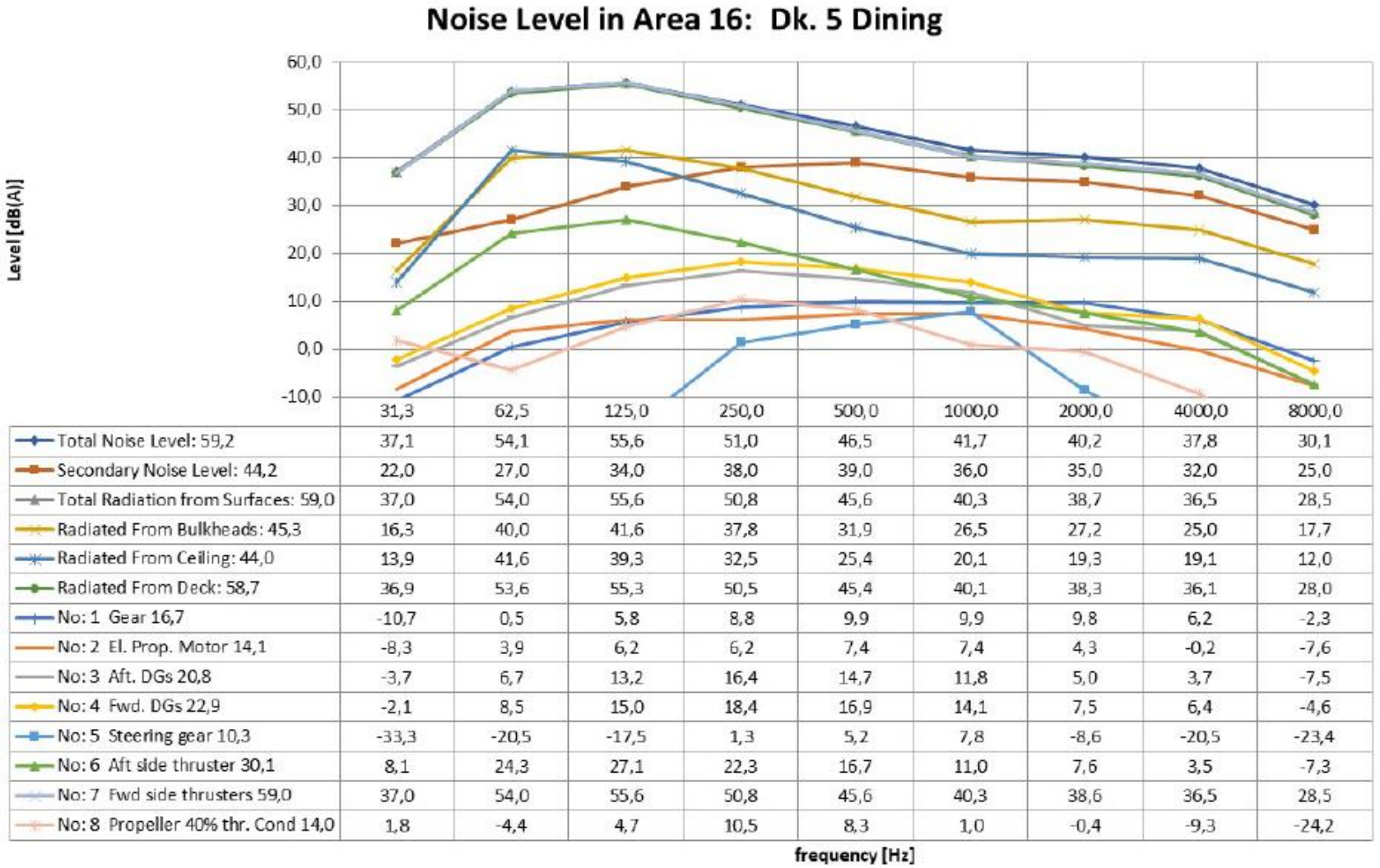


	31,3	62,5	125,0	250,0	500,0	1000,0	2000,0	4000,0	8000,0
Total Noise Level: 63,2	39,2	57,1	60,4	54,5	49,6	45,6	43,8	41,6	34,0
Secondary Noise Level: 44,1	16,0	24,0	34,0	37,0	39,0	38,0	34,0	30,0	25,0
Total Radiation from Surfaces: 63,1	39,2	57,1	60,4	54,4	49,2	44,8	43,3	41,2	33,5
Radiated From Bulkheads: 52,1	22,1	46,5	49,0	44,0	36,9	32,5	33,7	32,6	26,4
Radiated From Ceiling: 47,7	16,1	44,5	44,0	35,9	28,9	24,5	23,7	23,5	16,4
Radiated From Deck: 62,6	39,1	56,5	60,0	53,9	48,9	44,5	42,7	40,5	32,4
No: 1 Gear 18,7	-9,7	1,7	7,7	10,5	11,7	12,0	12,1	8,6	0,2
No: 2 El. Prop. Motor 16,0	-7,4	5,1	8,1	8,0	9,1	9,6	6,6	2,2	-5,1
No: 3 Aft. DGs 22,7	-2,8	8,0	15,1	18,2	16,5	14,1	7,4	6,2	-4,9
No: 4 Fwd. DGs 24,8	-1,2	9,7	17,1	20,2	18,7	16,5	10,0	8,9	-1,9
No: 5 Steering gear 12,3	-32,4	-19,3	-15,6	3,0	6,8	9,9	-6,4	-18,2	-21,1
No: 6 Aft side thruster 31,8	9,0	25,5	28,9	24,0	18,4	13,1	9,8	5,8	-4,9
No: 7 Fwd side thrusters 63,1	39,2	57,1	60,4	54,4	49,2	44,8	43,3	41,2	33,5
No: 8 Propeller 40% thr. Cond 15,7	2,7	-3,1	6,5	12,1	10,0	3,1	1,8	-7,0	-21,8

Slika 34 Razine buke u kabinama časnika prema DNV-u

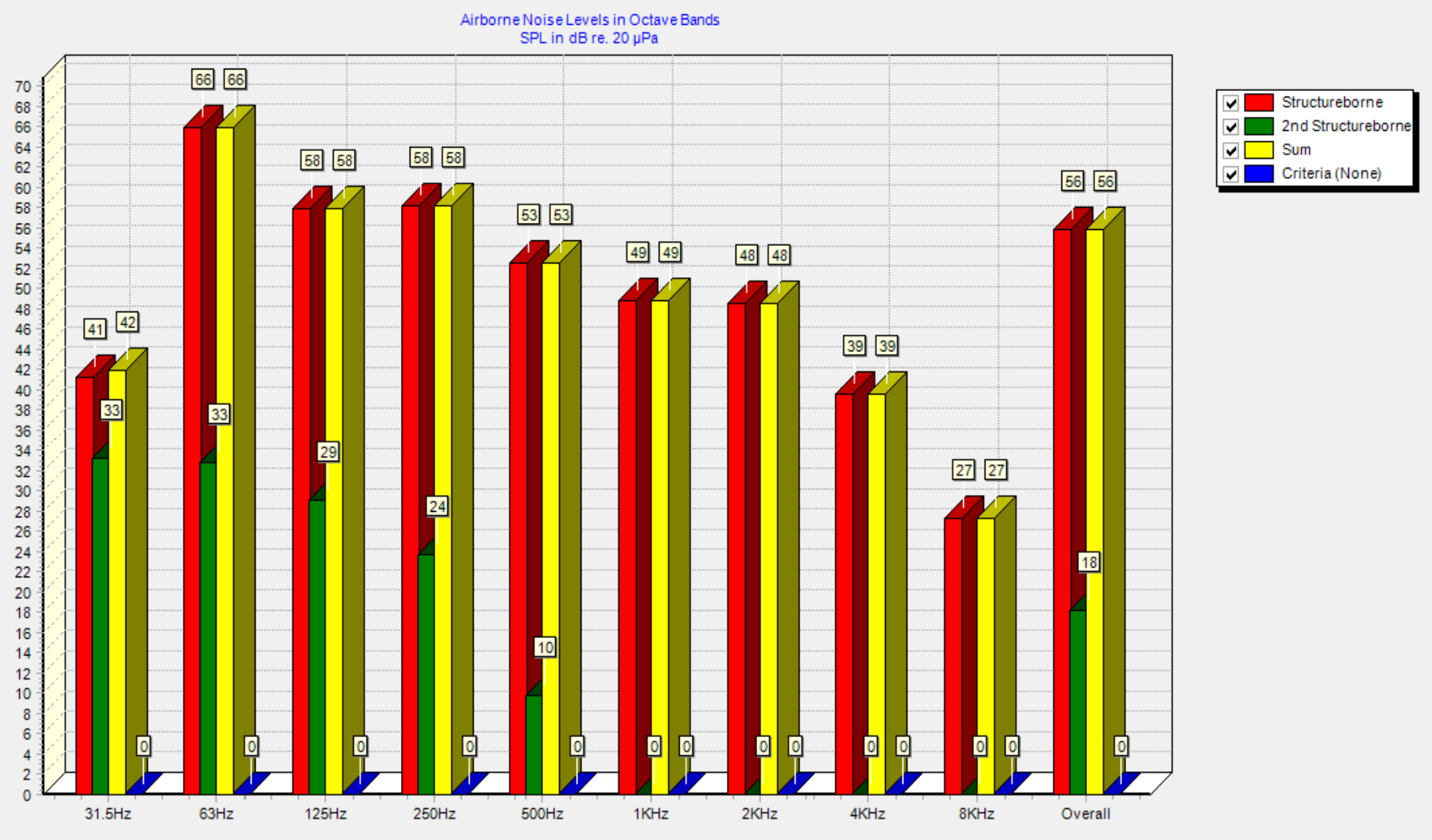


Slika 35 Razine buke u kabinama časnika izračunate u Designer-NOISE-u

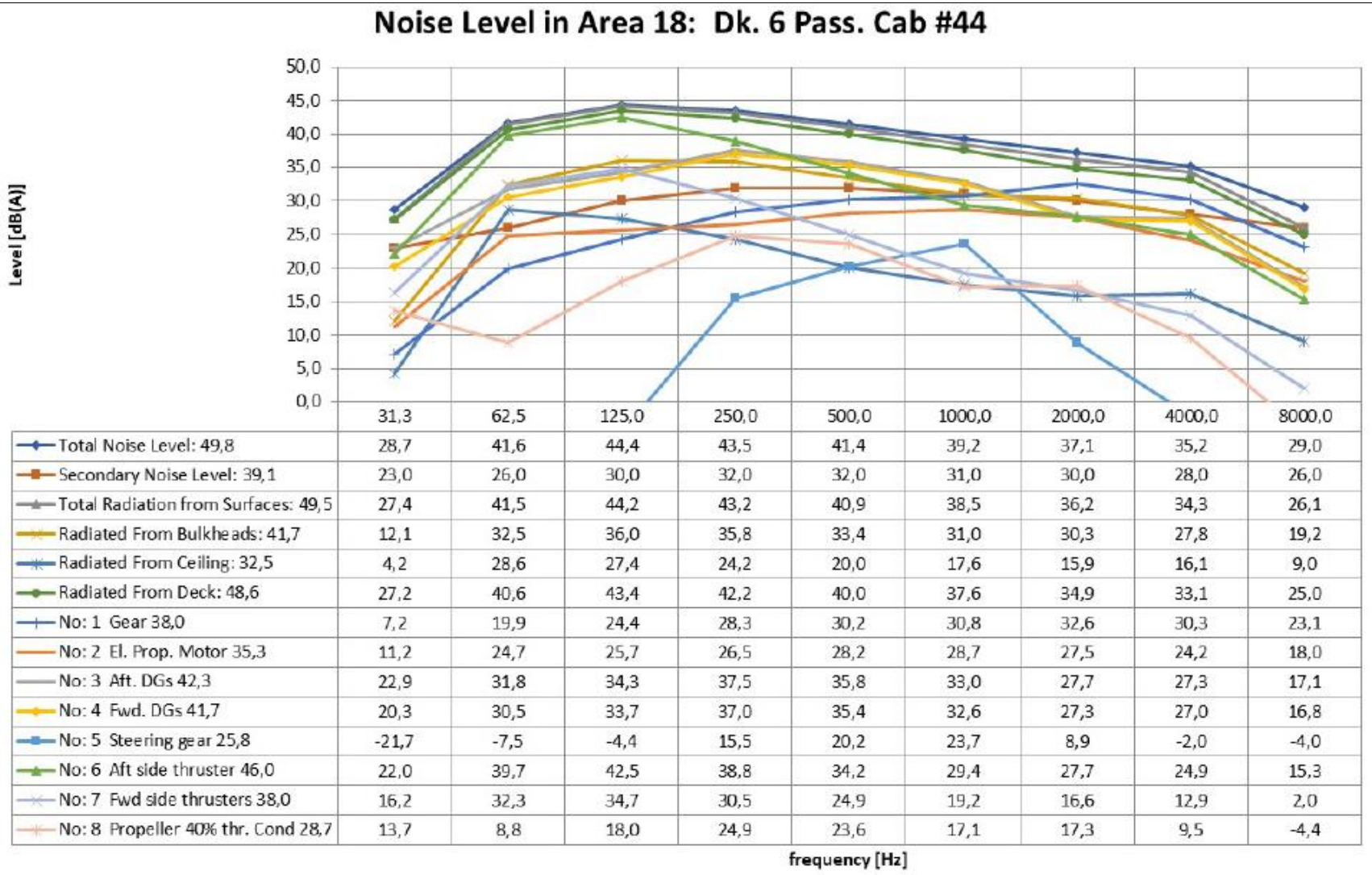


	31,3	62,5	125,0	250,0	500,0	1000,0	2000,0	4000,0	8000,0
Total Noise Level: 59,2	37,1	54,1	55,6	51,0	46,5	41,7	40,2	37,8	30,1
Secondary Noise Level: 44,2	22,0	27,0	34,0	38,0	39,0	36,0	35,0	32,0	25,0
Total Radiation from Surfaces: 59,0	37,0	54,0	55,6	50,8	45,6	40,3	38,7	36,5	28,5
Radiated From Bulkheads: 45,3	16,3	40,0	41,6	37,8	31,9	26,5	27,2	25,0	17,7
Radiated From Ceiling: 44,0	13,9	41,6	39,3	32,5	25,4	20,1	19,3	19,1	12,0
Radiated From Deck: 58,7	36,9	53,6	55,3	50,5	45,4	40,1	38,3	36,1	28,0
No: 1 Gear 16,7	-10,7	0,5	5,8	8,8	9,9	9,9	9,8	6,2	-2,3
No: 2 El. Prop. Motor 14,1	-8,3	3,9	6,2	6,2	7,4	7,4	4,3	-0,2	-7,6
No: 3 Aft. DGs 20,8	-3,7	6,7	13,2	16,4	14,7	11,8	5,0	3,7	-7,5
No: 4 Fwd. DGs 22,9	-2,1	8,5	15,0	18,4	16,9	14,1	7,5	6,4	-4,6
No: 5 Steering gear 10,3	-33,3	-20,5	-17,5	1,3	5,2	7,8	-8,6	-20,5	-23,4
No: 6 Aft side thruster 30,1	8,1	24,3	27,1	22,3	16,7	11,0	7,6	3,5	-7,3
No: 7 Fwd side thrusters 59,0	37,0	54,0	55,6	50,8	45,6	40,3	38,6	36,5	28,5
No: 8 Propeller 40% thr. Cond 14,0	1,8	-4,4	4,7	10,5	8,3	1,0	-0,4	-9,3	-24,2

Slika 36 Razine buke u restoranu prema DNV-u

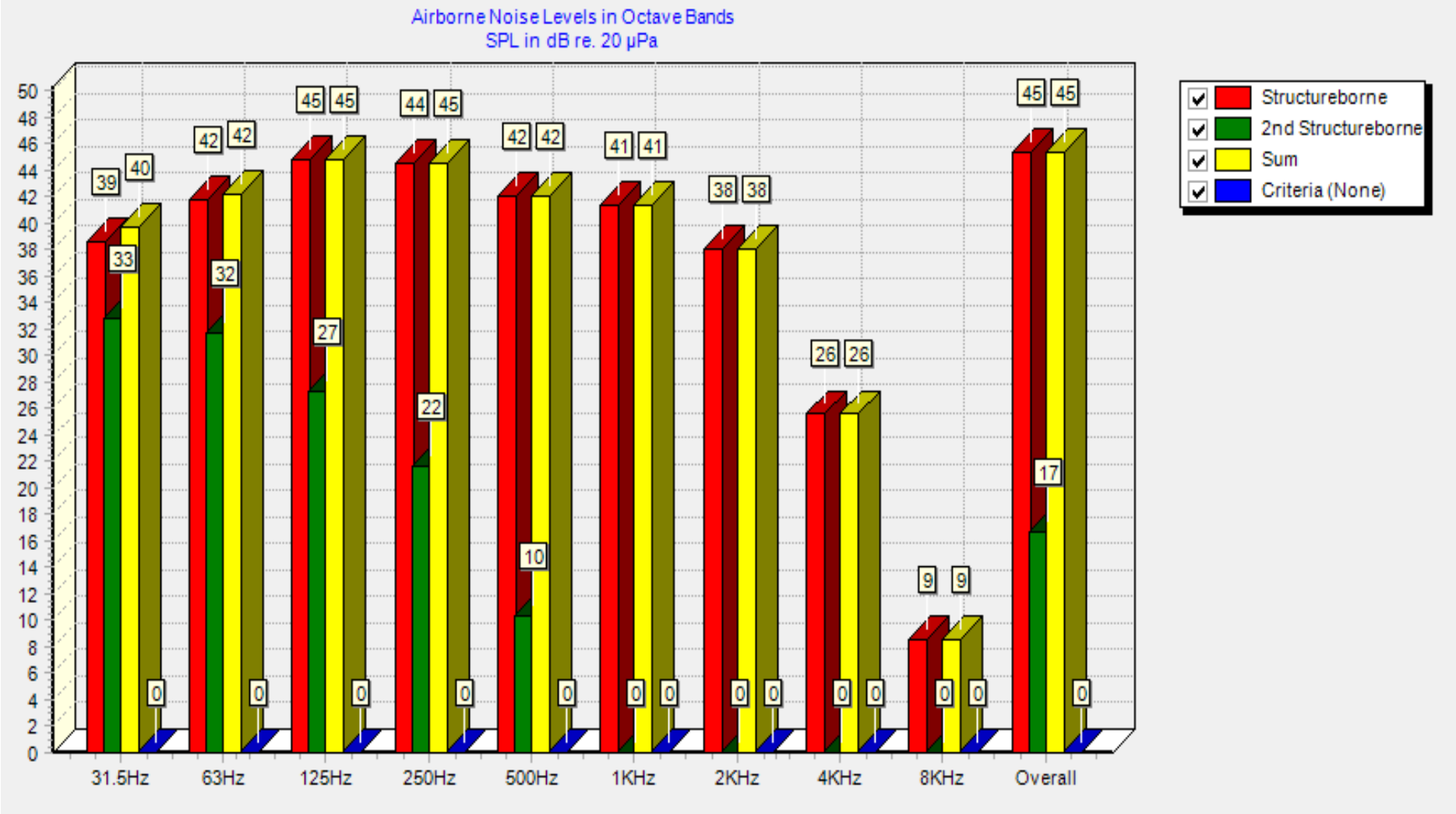


Slika 37 Razine buke u restoranu izračunate u Designer-NOISE-u

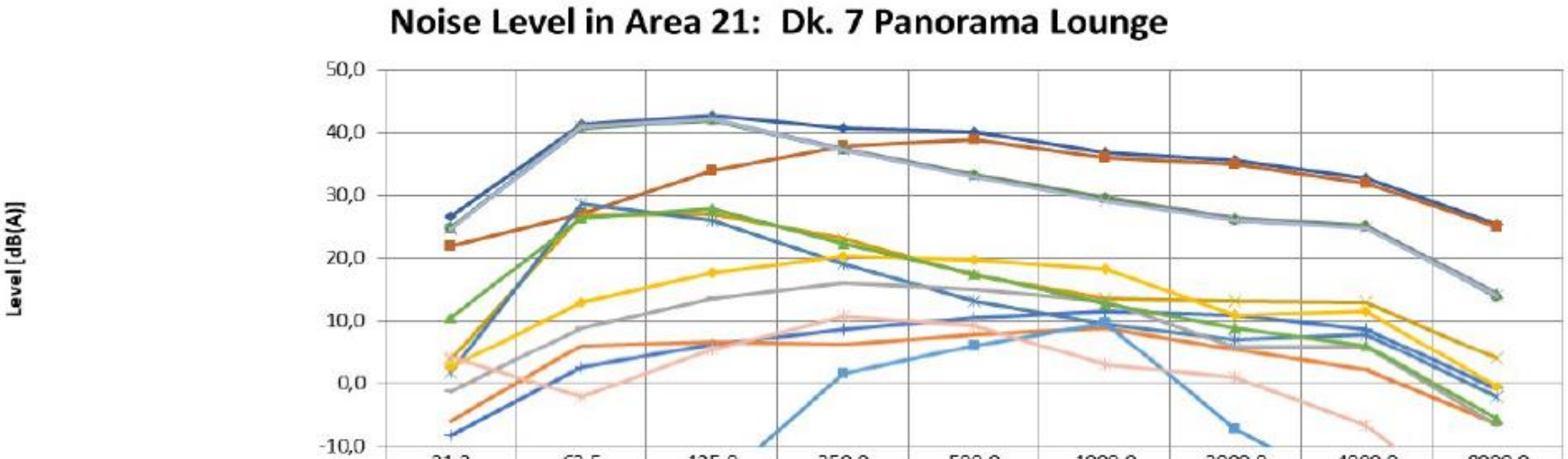


	31,3	62,5	125,0	250,0	500,0	1000,0	2000,0	4000,0	8000,0
Total Noise Level: 49,8	28,7	41,6	44,4	43,5	41,4	39,2	37,1	35,2	29,0
Secondary Noise Level: 39,1	23,0	26,0	30,0	32,0	32,0	31,0	30,0	28,0	26,0
Total Radiation from Surfaces: 49,5	27,4	41,5	44,2	43,2	40,9	38,5	36,2	34,3	26,1
Radiated From Bulkheads: 41,7	12,1	32,5	36,0	35,8	33,4	31,0	30,3	27,8	19,2
Radiated From Ceiling: 32,5	4,2	28,6	27,4	24,2	20,0	17,6	15,9	16,1	9,0
Radiated From Deck: 48,6	27,2	40,6	43,4	42,2	40,0	37,6	34,9	33,1	25,0
No: 1 Gear 38,0	7,2	19,9	24,4	28,3	30,2	30,8	32,6	30,3	23,1
No: 2 El. Prop. Motor 35,3	11,2	24,7	25,7	26,5	28,2	28,7	27,5	24,2	18,0
No: 3 Aft. DGs 42,3	22,9	31,8	34,3	37,5	35,8	33,0	27,7	27,3	17,1
No: 4 Fwd. DGs 41,7	20,3	30,5	33,7	37,0	35,4	32,6	27,3	27,0	16,8
No: 5 Steering gear 25,8	-21,7	-7,5	-4,4	15,5	20,2	23,7	8,9	-2,0	-4,0
No: 6 Aft side thruster 46,0	22,0	39,7	42,5	38,8	34,2	29,4	27,7	24,9	15,3
No: 7 Fwd side thrusters 38,0	16,2	32,3	34,7	30,5	24,9	19,2	16,6	12,9	2,0
No: 8 Propeller 40% thr. Cond 28,7	13,7	8,8	18,0	24,9	23,6	17,1	17,3	9,5	-4,4

Slika 38 Razine buke u putničkim kabinama prema DNV-u

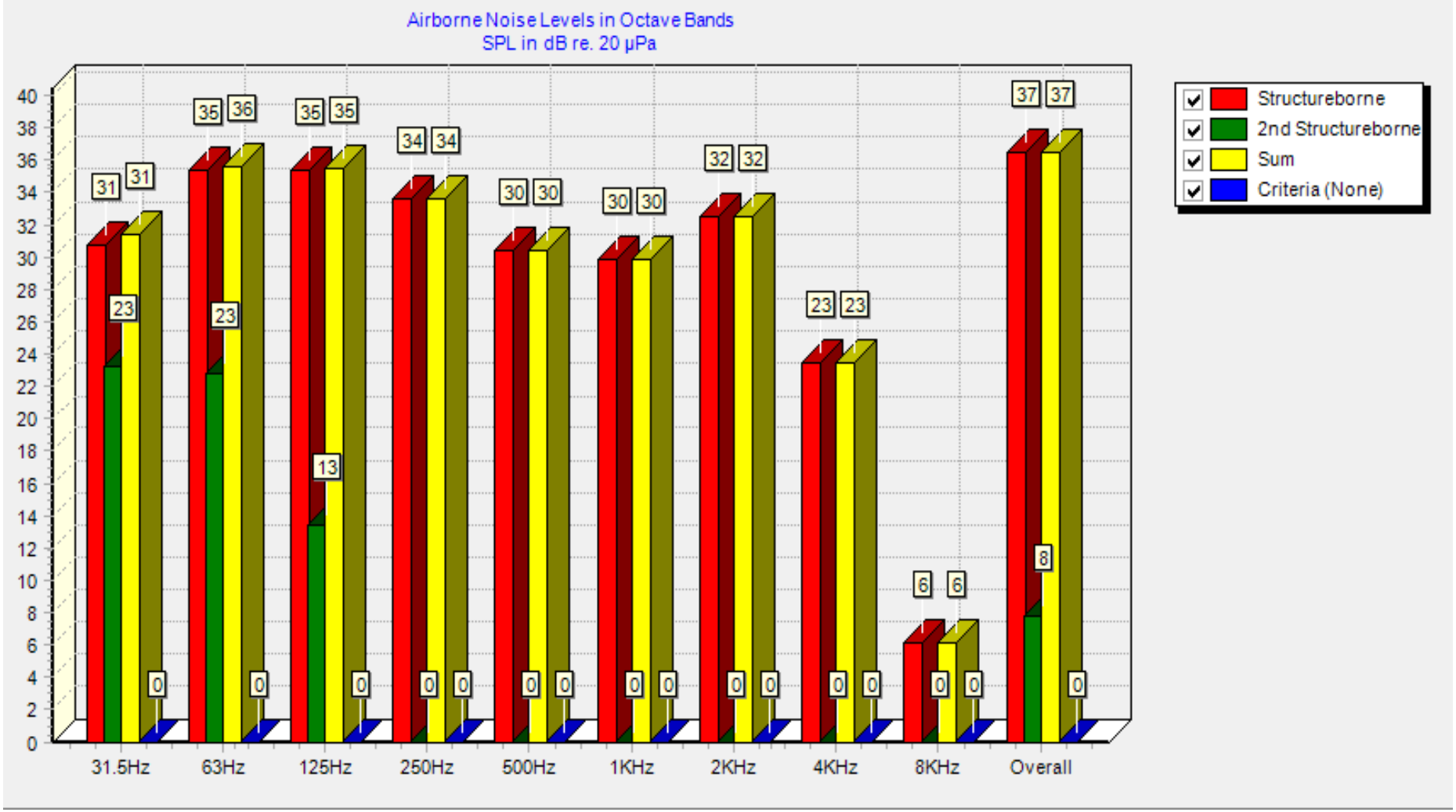


Slika 39 Razine buke u putničkim kabinama izračunate u Designer-NOISE-u



	31,3	62,5	125,0	250,0	500,0	1000,0	2000,0	4000,0	8000,0
Total Noise Level: 48,2	26,7	41,3	42,9	40,8	40,1	36,9	35,6	32,9	25,4
Secondary Noise Level: 44,2	22,0	27,0	34,0	38,0	39,0	36,0	35,0	32,0	25,0
Total Radiation from Surfaces: 46,0	24,9	41,2	42,3	37,5	33,4	29,8	26,4	25,4	14,5
Radiated From Bulkheads: 31,2	3,9	26,8	27,1	23,3	17,3	13,7	13,2	13,1	4,0
Radiated From Ceiling: 31,1	1,9	28,7	26,0	19,2	13,3	9,6	7,2	8,0	-2,1
Radiated From Deck: 45,7	24,9	40,7	42,0	37,2	33,3	29,6	26,2	25,0	13,9
No: 1 Gear 17,8	-8,2	2,7	6,4	8,8	10,6	11,6	10,9	8,7	-0,9
No: 2 El. Prop. Motor 15,2	-5,8	6,1	6,8	6,2	8,0	9,0	5,4	2,2	-6,3
No: 3 Aft. DGs 21,3	-1,2	8,9	13,6	16,1	15,1	13,3	5,8	5,9	-6,5
No: 4 Fwd. DGs 25,8	2,6	13,1	17,7	20,4	19,7	18,3	11,1	11,7	-0,3
No: 5 Steering gear 11,9	-30,8	-18,2	-16,6	1,7	6,1	9,8	-7,1	-17,8	-21,6
No: 6 Aft side thruster 31,3	10,6	26,5	27,9	22,5	17,6	12,9	8,9	6,1	-5,6
No: 7 Fwd side thrusters 45,8	24,7	41,0	42,1	37,2	33,0	29,1	26,0	24,9	14,1
No: 8 Propeller 40% thr. Cond 14,9	4,3	-2,1	5,5	10,8	9,3	2,9	1,0	-6,6	-22,4

Slika 40 Razine buke u panoramskom salonu prema DNV-u



Slika 41 Razine buke u panoramskom salonu u Designer-NOISE-u

9. ZAKLJUČAK

Buka na brodu postala je važan projektni kriterij pa su sukladno tome nerijetko u postupku osnivanja broda uključeni i akustički proračuni. U ovom diplomskom radu provedena je analiza razine buke na istraživačkom brodu namijenjenom za plovidbu u polarnim uvjetima, kapaciteta 200 putnika i duljine $L_{OA} = 128$ m. Metodom hibridne statističke analize energije dobivene su prognozirane razine buke za vrijeme plovidbe, a za provedbu proračuna buke korišten je komercijalni programski paket Designer-NOISE. Analizirani brod izgrađen je u brodogradilištu Brodosplit d.d. koje je ustupilo tehničku dokumentaciju na temelju koje je izrađen topološki model, zajedno s DNV-ovim izvješćem analize razine buke za isti brod. Za analizu buke provedenu od strane DNV-a korišten je program Noise Prediction Program 590 Millenium koji se temelji na metodi prijenosnih matrica.

Provedeni proračun uključuje izradu topološkog modela, definiranje akustičkog modela, postavljanje izvora buke, izolacije te pokretanje same analize. Rezultati razina buke nisu zadovoljili sve zahtjeve klasifikacijskog društva te bi bilo potrebno sanirati prekomjernu buku dodatnom izolacijom prostorija. Također, uspoređeni su s rezultatima iz DNV-ovog izvješća te je ustanovljen visok stupanj podudarnosti. Dakle, iako potpuno različite, metode generiraju približno iste rezultate po pitanju predikcije razina buke kod složenih konstrukcija.

Iako postoji međunarodna regulativa oko dopuštenih razina buke na brodu, kojima se vode klasifikacijska društva pri postavljanju vlastitih zahtjeva za ostvarenje klase udobnosti, akustički proračun i dalje nije uvršten pod obaveznu klasifikacijsku dokumentaciju. U ovom radu može se primijetiti da s odmakom vremena, dopuštene granice buke opadaju odnosno postaju strože, a razlog tome su nova saznanja te razvoj znanosti i tehnologije. S druge strane, brodska industrija teži izgradnji većih i bržih brodova, veće nosivosti i veće učinkovitosti. Uzrok tome je pretežno financijske prirode. Nastave li se postavljati sve stroža pravila i graditi brodovi sve većih instaliranih snaga, potreba za akustičkim proračunima postat će neizbježni dio projektne faze gradnje broda.

LITERATURA

[1] T. Hener, 'Noise pollution and violent crime☆', *J. Public Econ.*, vol. 215, p. 104748, studeni 2022, doi: 10.1016/j.jpubeco.2022.104748.

[2] S. Ingemansson, H. Elvhammar, *Zaštita od buke - načela i primjena*. Zagreb: ZIRS, 1995.

[3] 'Onečišćenje bukom — Europska agencija za okoliš'. https://www.eea.europa.eu/hr/signals/signali-2020/graficki-informacije/oneciscenje-bukom/view (Pristupljeno 11. studenog 2022.).

[4] IMO, 'Code on noise levels on board ship'. 1982.

[5] IMO, 'Resolution MSC.338(91)'. 2012.

[6] MEPC.1(833), 'Guidelines for the reduction of underwater noise from comercial shipping to adress adverse impacts on marine life'. 2014.

[7] B. Goujard, A. Sakout, V. Valeau, 'Acoustic comfort on board ships: An evaluation based on a questionnaire', *Appl. Acoust.*, vol. 66, no. 9, pp. 1063–1073, Sep. 2005, doi: 10.1016/j.apacoust.2005.01.001.

[8] M. Simonović, D. Kalić, Pravica Petar, *Buka, štetna dejstva, merenje i zaštita*. Niš: Prosveta, 1982.

[9] M. Paić, *Gibanja, sile, valovi - Udžbenik za studente Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu*. Zagreb: Školska knjiga, 1997.

[10] R. Krsnik and B. Mikuličić, *Fizika - međudjelovanja, relativnost, titranja i zvuk*. Zagreb: Školska knjiga, 1992.

[11] G. Božić, A. Božić, *Fizika na državnoj maturi - Priručnik za pripremu ispita državne mature*, Zagreb: Školska knjiga, 2015.

[12] 'ISO 226:2003(E): Acoustics-Normal Equal-Loudness-Level Contours'. International Standardization Organization, Geneva, Switzerland.

[13] 'zvuk | Hrvatska enciklopedija'. https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=67594 (Pristupljeno 9. studenog 2022).

[14] F. A. Everest, *Master handbook of acoustics*, 4th ed. USA: The McGraw-Hill Companies, 2001.

[15] O. Bilan, *Akustika prostorija*. Split: GRAF FORM, 1998.

[16] H. Tudor, 'Tehno-ekonomska analiza razvoja novog tipa brodskog motora niske razine buke i vibracija', Diplomski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2017.

[17] M. Mikulec, 'Primjena hibridne statističke analize energije u prognozi razina buke na brodovima', Diplomski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2018.

[18] M. B. Dühring, J. S. Jensen, and O. Sigmund, 'Acoustic design by topology optimization', *J. Sound Vib.*, vol. 317, no. 3, pp. 557–575, Nov. 2008, doi: 10.1016/j.jsv.2008.03.042.

[19] J. Dong, K. Choi, N. Vlahopoulos, A. Wang, W. Zhang, 'Sensitivity Analysis and Optimization Using Energy Finite Element and Boundary Element Methods', *Aiaa J. - AIAA J*, vol. 45, pp. 1187–1198, Jun. 2007, doi: 10.2514/1.20811.

[20] F. G. Aufforth and V. Bertram, 'Design of High-Performance Ships using Simulations', *Cienc. Tecnol. Buques*, vol. 3, no. 6, Art. no. 6, 2009, doi: 10.25043/19098642.21.

[21] N. Atalla and R. J. Bernhard, 'Review of numerical solutions for low-frequency structural-acoustic problems', *Appl. Acoust.*, vol. 43, no. 3, pp. 271–294, 1994, doi: 10.1016/0003-682X(94)90050-7.

[22] M. Weryk, 'Ship on board noise propagation analysis methods', *Hydroacoustics*, vol. 129, 2018.

[23] J. Parunov, C. Pastelli, S. Rudan, N. Hadžić, and I. Senjajović, 'Review of methods for structure born noise prediction on ships', *Brodogradnja*, vol. 63, no. 2, pp. 134–139, 2012.

[24] N. Vladimir, I. Lončar, I. Ančić, and I. Sejanović, 'Prediction of Noise Performance of Ro-Ro Passenger Ship by the Hybrid Statistical Energy Analysis', *Pomorski zbornik, posebno izdanje*, pp. 29–45, 2018.

[25] T.-M. Kim, J.-T. Kim, and J.-S. Kim, 'SEA-FEM hybrid analysis for predicting Inter-floor impact noise', *Appl. Acoust.*, vol. 129, pp. 397–407, Jan. 2018, doi: 10.1016/j.apacoust.2017.08.025

[26] 'Software', *Noise Control Engineering, LLC*. https://www.noise-control.com/software/ (Pristupljwno 14. studenog 2022.)

[27] R. O. for E. World Health Organization, *Environmental noise guidelines for the European Region*. Copenhagen: World Health Organization, 2018.

[28] 'IMO Resolution A.343(IX) - Recommendation on Methods of Measuring Noise Levels at Listening Posts - (Adopted on 12 November 1975.)'.

[29] 'IMO Resolution A 468 (XII)', *Scribd*. https://www.scribd.com/document/76137190/IMO-A-468-XII (accessed Nov. 15, 2022).

[30] ‘ISO 20283-3:2006(en), Mechanical vibration — Measurement of vibration on ships — Part 3: Pre-installation vibration measurement of shipboard equipment’. International Standardization Organization, 2006.

[31] ‘ISO 354:2003: Acoustics — Measurement of sound absorption in a reverberation room’. International Standardization Organization, 2003.

[32] ‘ISO 1999:2013(en), Acoustics — Estimation of noise-induced hearing loss’. International Standardization Organization.

[33] ‘ISO 2923:1996: Acoustics — Measurement of noise on board vessels’. International Standardization Organization, 1996.

[34] ‘ISO 80000-8:2007: Quantities and units — Part 8: Acoustics’. International Standardization Organization, 2007.

[35] ‘IEC 61672-1:2013 | IEC Webstore’. https://webstore.iec.ch/publication/5708 (Pristupljeno 16. studenog 2022).

[36] ‘[DNV-RU-SHIP Pt.6 Ch.8] Living and working conditions - edition Jul, 2021’.

[37] Lloyd’s Register, ‘Rules and Regulation for Classification of Ships, Part 7, Chapter 12’. Jul. 2019.

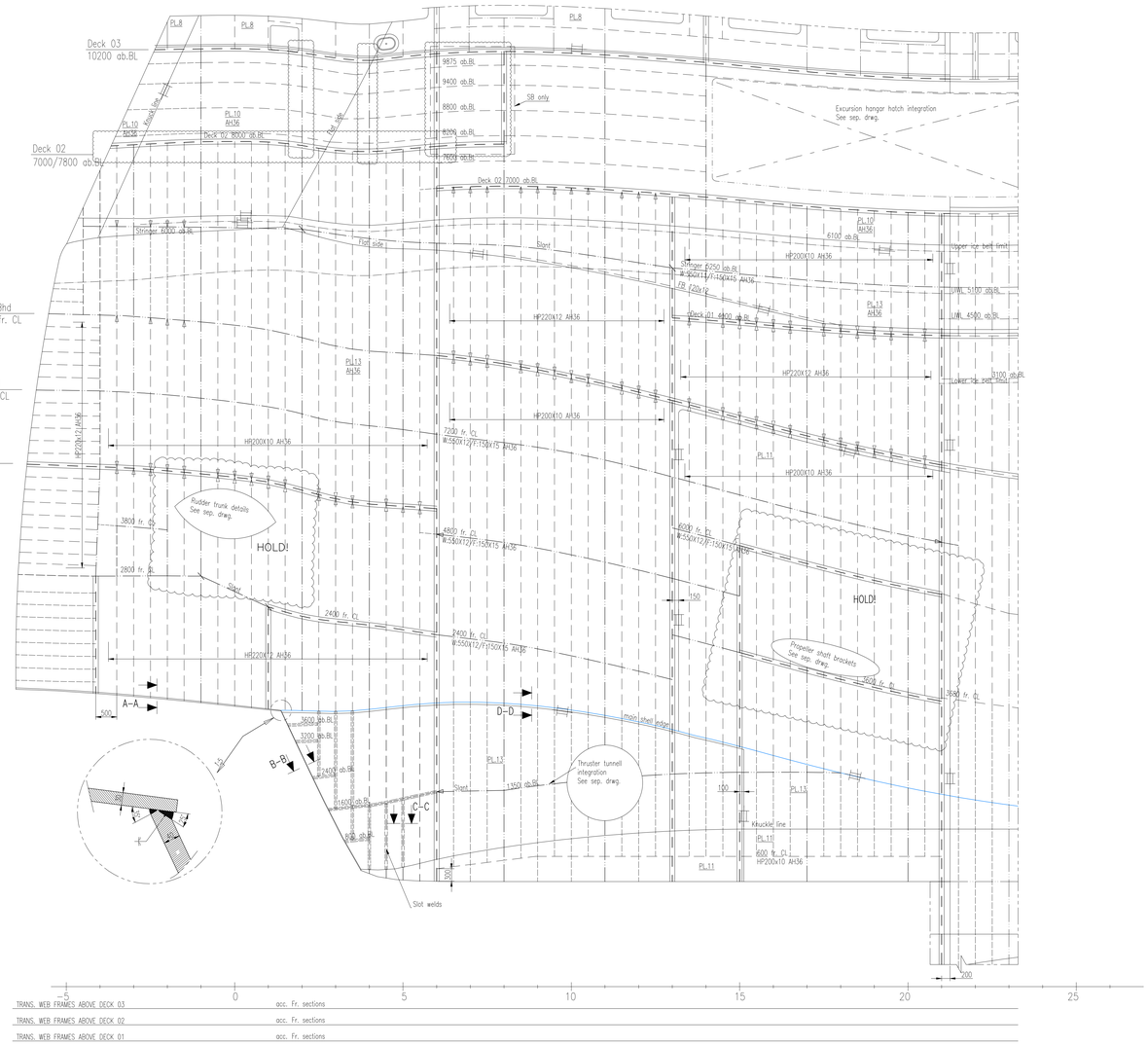
[38] Bureau Veritas, ‘Rules for the Classification of Steel Ships, Part-E’. 2017.

PRILOZI

I. Tehnička dokumentacija analiziranog broda

II. CD-R disc

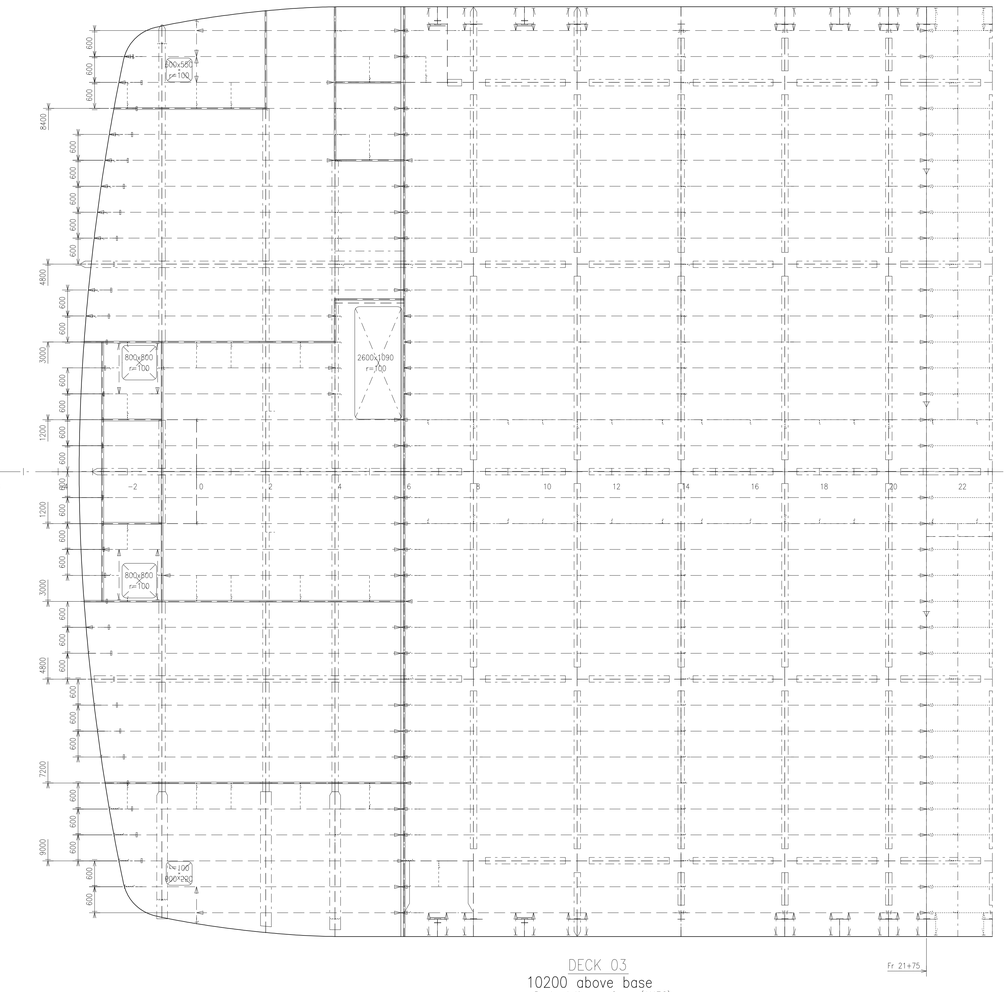
PRILOG 1



TRANS. WEB FRAMES ABOVE DECK 03	acc. Fr. sections
TRANS. WEB FRAMES ABOVE DECK 02	acc. Fr. sections
TRANS. WEB FRAMES ABOVE DECK 01	acc. Fr. sections

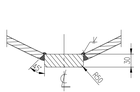
SHELL EXPANSION SB

PS - SIMILARLY

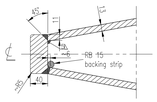


DECK 03
10200 above base
Deck plating – 6mm (AH36)
Stiffeners – HP120x6 (AH36)

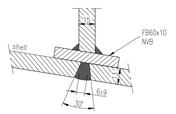
A–A
1:5



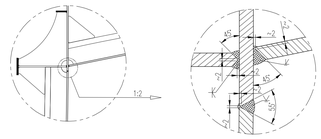
B–B
1:5

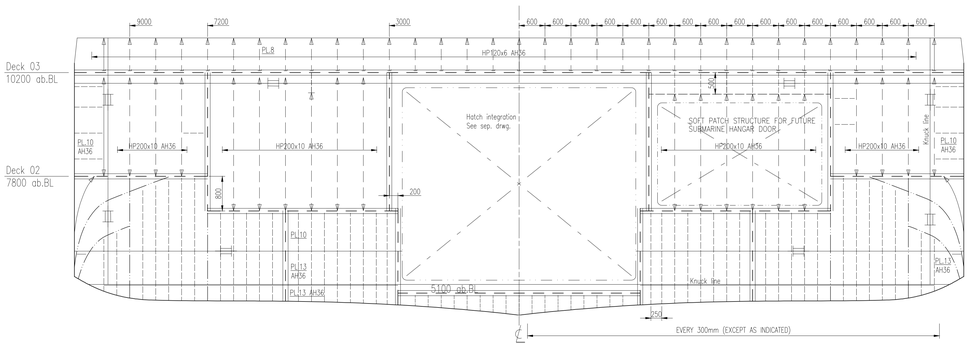


C–C
1:2
SLOT WELDS



D–D
1:20





TRANSOM

MARKING OF STIFFENER ENDS

- sniped ends (flat bar)
- sniped ends (bulb bar)
- sniped ends (angle bar)
- ends with bckt's
- welded ends
- welded ends with bckt's

NOTES:

1. ALL MATERIALS TO BE NV-NS UNLESS NOTED OTHERWISE
2. DETAILS ARE SHOWN ON STANDARD STRUCTURAL DETAILS DRAWING
3. DRAWING COMPATIBLE WITH GA rev.A

PROJECT REFERENCES:

369005-DW-101-C-LMG-00001 GENERAL ARRANGEMENT
369005-DW-200-N-LMG-00001 STEEL DEFINITION PLAN
369005-DW-200-N-LMG-00002 MATERIAL GRADE PLAN
369005-DW-200-N-LMG-00003 TYPICAL STRUCTURAL DETAILS
369005-DW-230-N-LMG-00001 MIDSHIP SECTION
369005-DW-230-N-LMG-00002 PROFILE AND DECKS PLAN
369005-DW-230-N-LMG-00003 SHELL EXPANSION & FRAMING PLAN
369005-DW-236-N-LMG-00001 TRANSVERSE SECTIONS
369005-DW-237-N-LMG-00001 LONGITUDINAL SECTIONS

REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK	APP.
E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	11.07.2018	MIDCON	SNL	PEMA

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN
YARD: BRODOSPLIT
OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures.

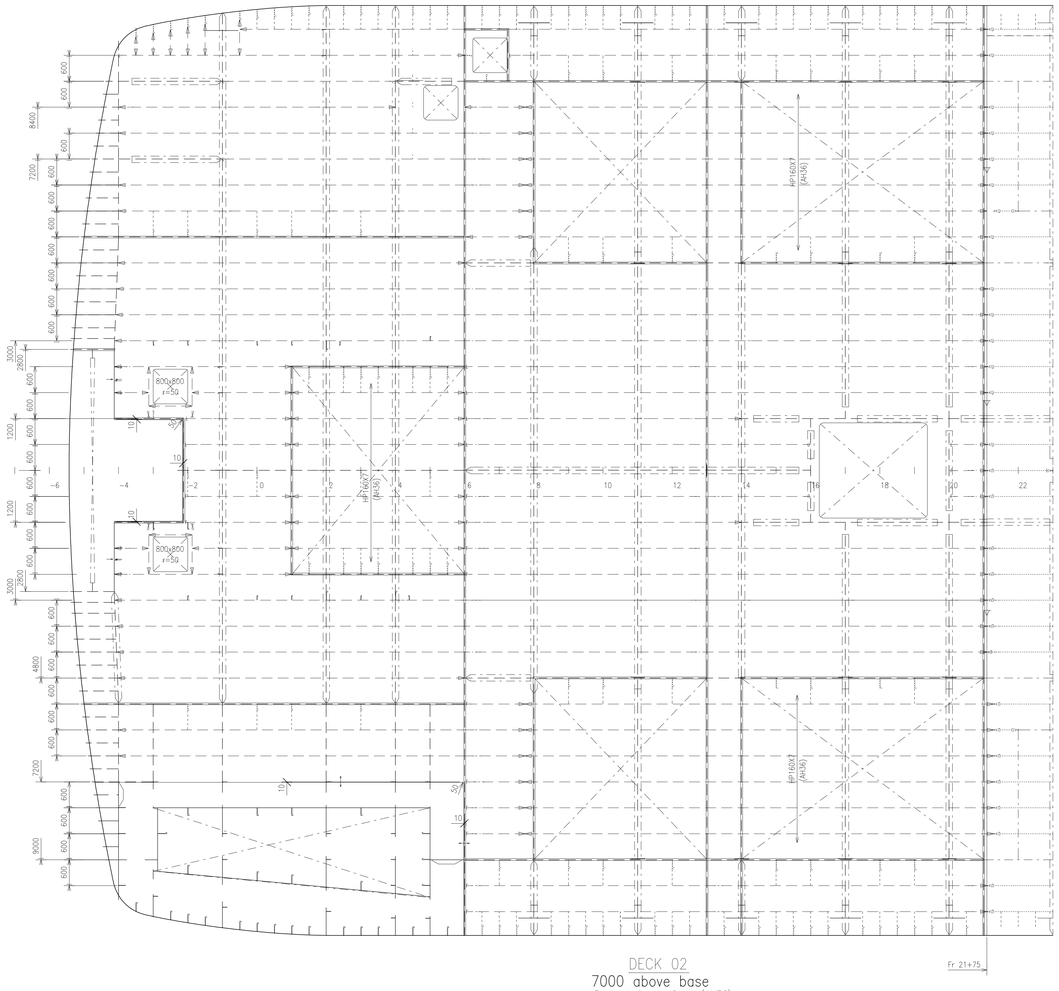
LMG MARIN AS DRAWING NO.: 369005-DW-210-N-LMG-00001
PROJECT NO. | DOC TYPE | SFI NO. | DISC. CODE | ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.

PROJECT: LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP

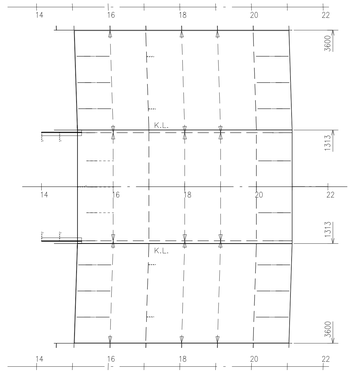
YARD DWG. NO.: 01-210-300 / 318064
REPLACEMENT FOR: –

TITLE: AFT SHIP

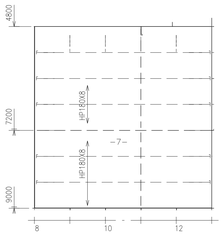
CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:50	A0	1 of 9



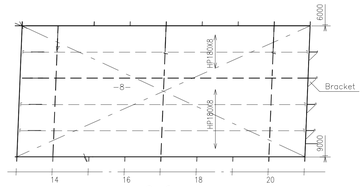
DECK 02
7000 above base
Deck plating – 6mm (AH36)
Stiffeners – HP120x6 (AH36) UNLESS OTHERWISE INDICATED



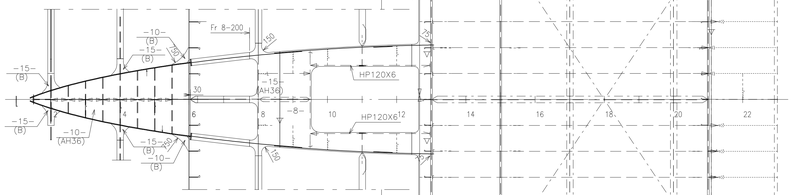
BOTTOM OF FW TANK
EXPANDED VIEW
Deck plating – 8mm
Stiffeners – HP200x10

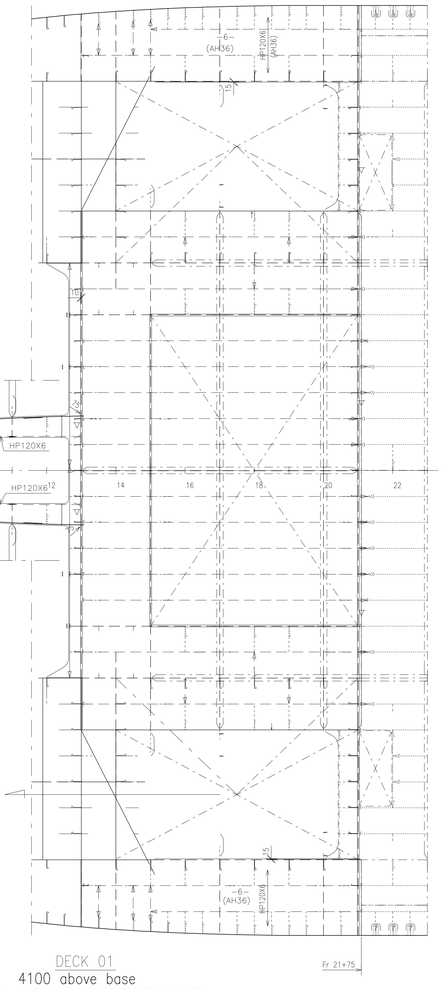


H–H
BOTTOM OF TFW TANK
EXPANDED VIEW

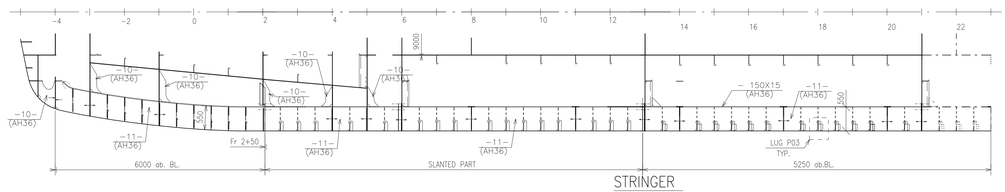


G–G
BOTTOM OF MDF TANK
EXPANDED VIEW

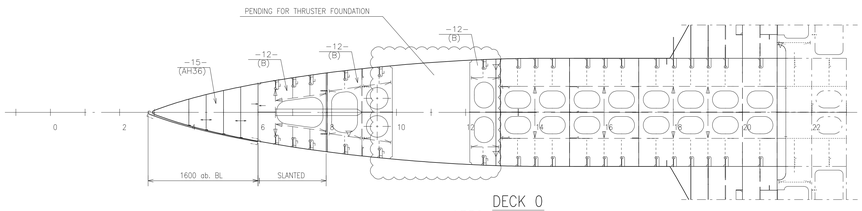




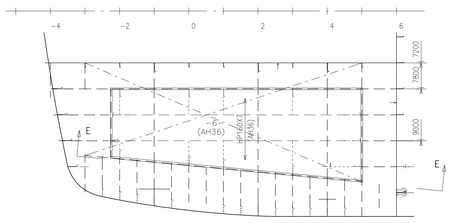
DECK 01
4100 above base
Deck plating – 8mm UNLESS OTHERWISE INDICATED
Stiffeners – HP180x8 UNLESS OTHERWISE INDICATED



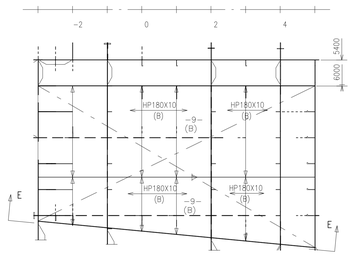
STRINGER
6000/5250 above base



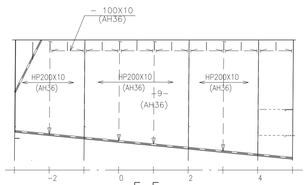
DECK 0
1350 above base
Deck plating – 8mm UNLESS OTHERWISE INDICATED
Stiffeners – HP180x8 UNLESS OTHERWISE INDICATED



HELI FUEL TANK TOP
8000 above base



HELI FUEL TANK BOTTOM
(NOT EXPANDED)



E–E
HELI FUEL SIDE SLANTED BULKHEAD

REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK	APP.
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	11.07.2018	MIDCON	SNL	PEMA

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN
YARD: BRODOSPLIT
OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures.

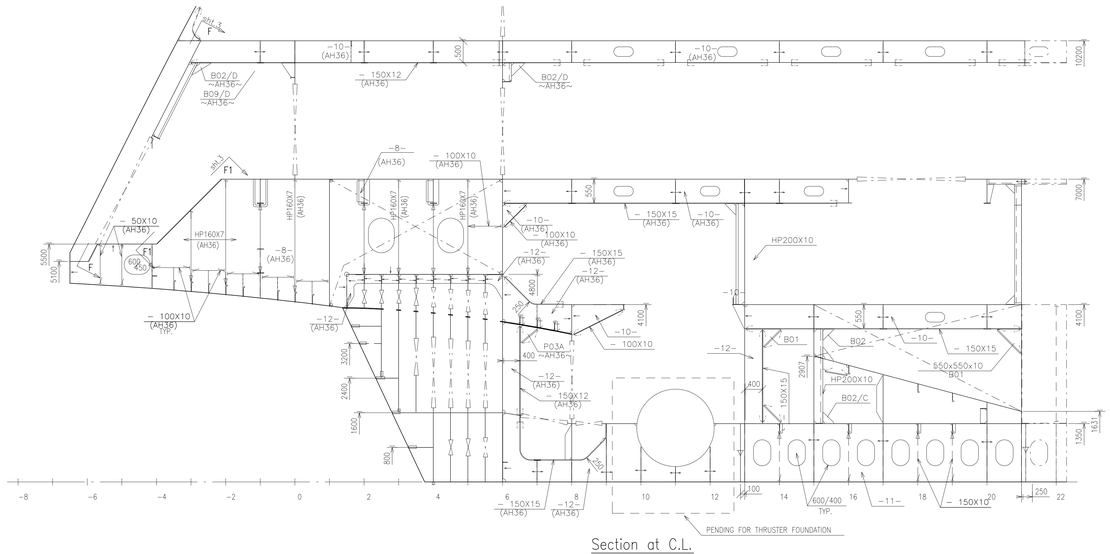
LMG MARIN AS DRAWING NO.: 369005-DW-210-N-LMG-00001
PROJECT NO. | DOC TYPE | SFI NO. | DISC. CODE | ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.

PROJECT: LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487
EXPEDITION SHIP

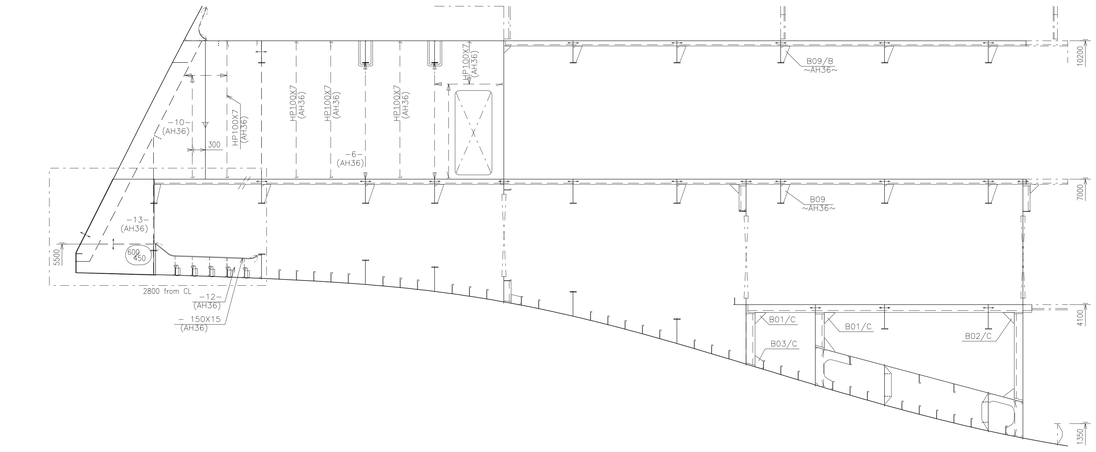
YARD DWG. NO.: 01-210-300 / 318064
REPLACEMENT FOR: –

TITLE: AFT SHIP

CAD TOOL: ACAD 2015 | PRIMARY SCALE: 1:50 | SHEET SIZE: A0 | SHEET: 2 of 9

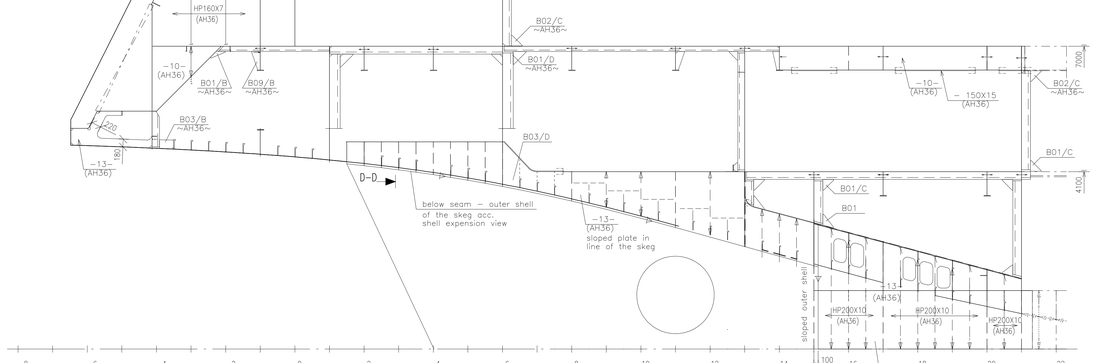


Section at C.L.



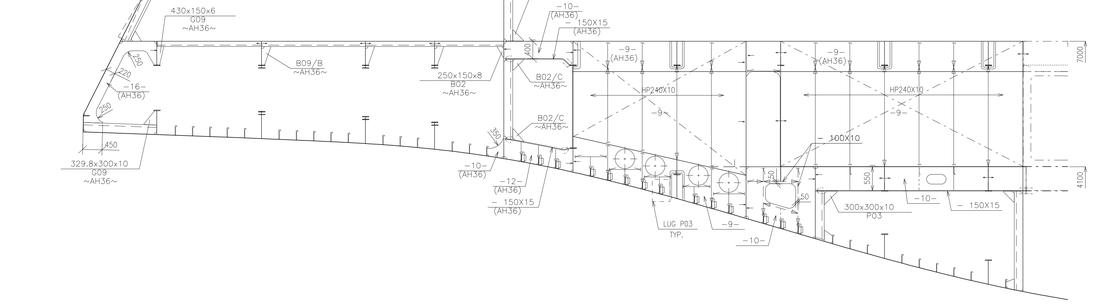
Long. section 2800/3000 off C.L. SB

PS – SIMILAR



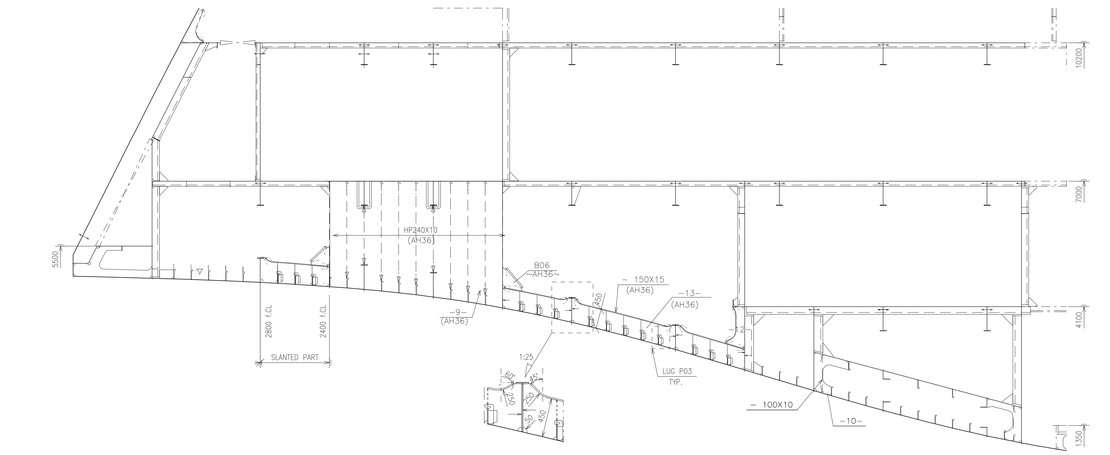
Long. section 1200 / 1250 off C.L. SB

PS – SIMILAR



Long. section 4800 off C.L. SB

PS – SIMILAR

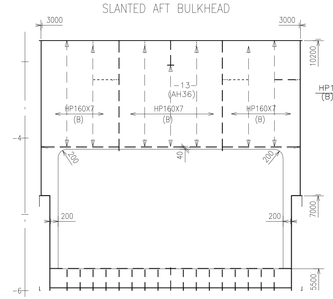


Long. section 2400 off C.L. SB

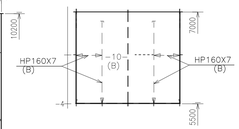
PS – SIMILAR

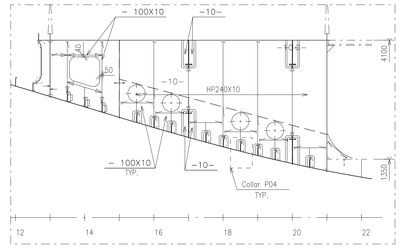
F–F

SLANTED AFT BULKHEAD



F1–F1





Long. section 3600 off C.L. SB

PS – SIMILAR

E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	11.07.2018	MICCON	SNL	PEMA
REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN | YARD: BRODOSPLIT

LMG MARIN AS DRAWING NO.: 369005-DW-210-N-LMG-00001

PROJECT NO. | DOC. TYPE | SFI NO. | DOC. ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.

OWNER: Quark Expeditions – The Leader in Polar Adventures

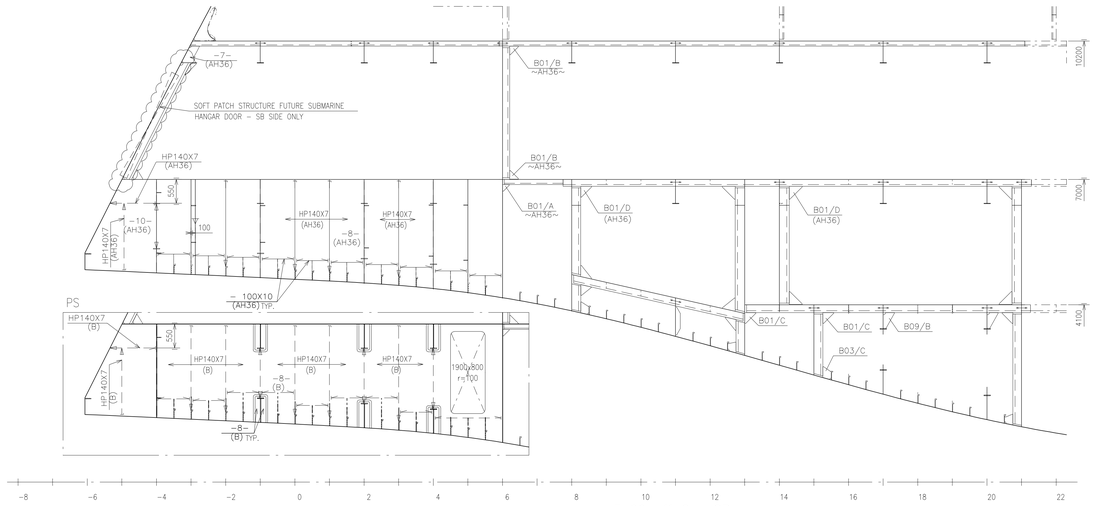
PROJECT: LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP

YARD DWG. NO.: 01-210-300 / 318064

REPLACEMENT FOR: –

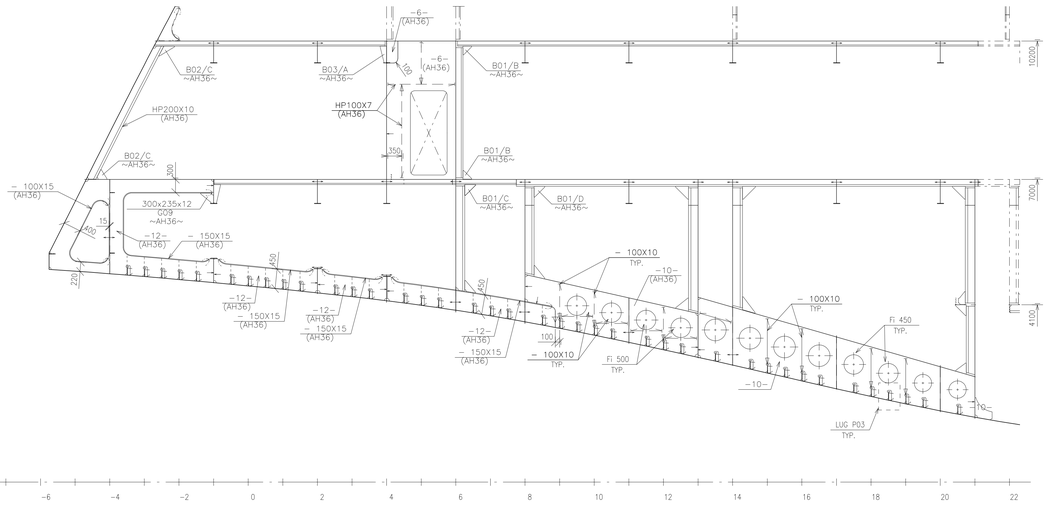
TITLE: AFT SHIP

CAD TOOL: ACAD 2015 | PRIMARY SCALE: 1:50 | SHEET SIZE: A0 | SHEET: 3 of 9

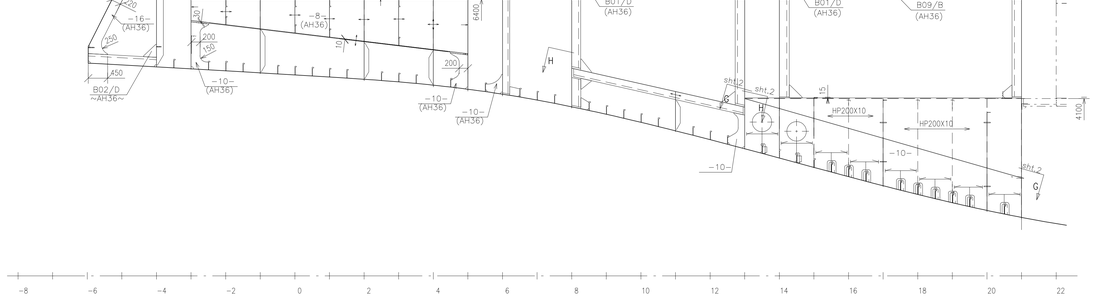


Long. section 5400 off C.L. SB

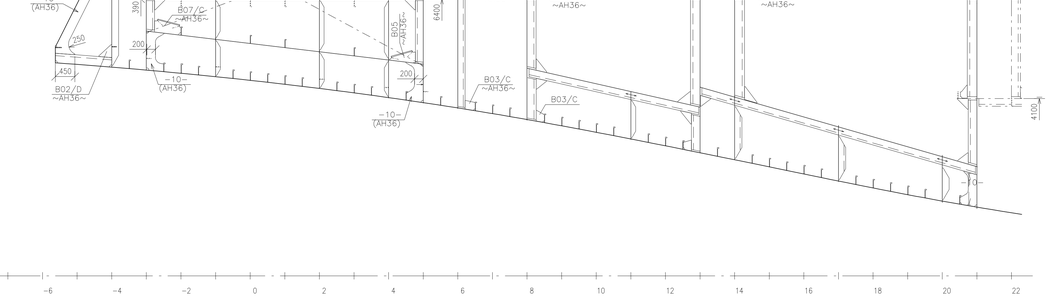
PS - SIMILAR



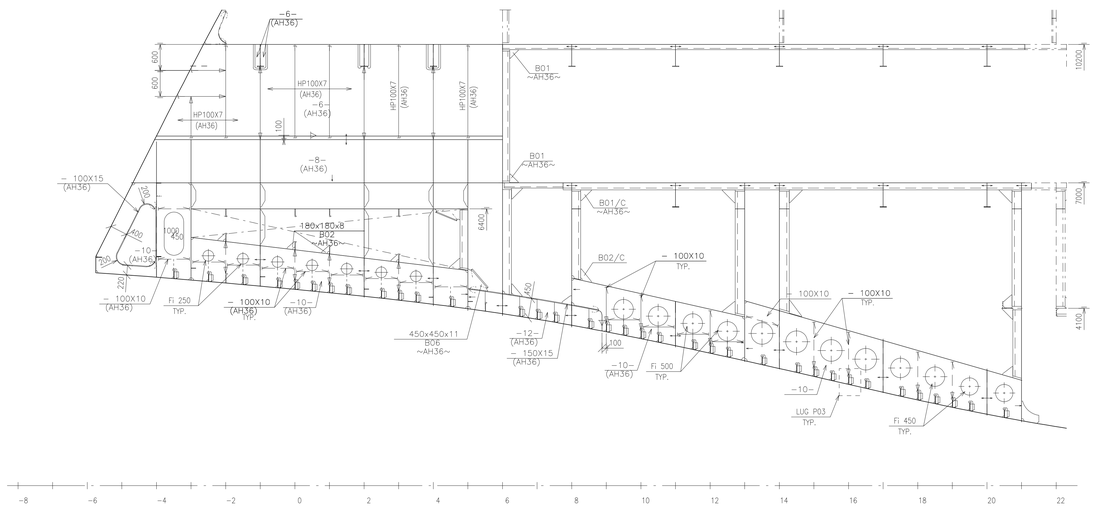
Long. section 7200 off C.L. PS



Long. section 6000 off C.L. SB



Long. section 7800 off C.L. SB



Long. section 7200 off C.L. SB

E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	11.07.2018	MICCON.	SNL	PEMA
REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN | YARD: BRODOSPLIT

LMG MARIN AS DRAWING NO.: 369005-DW-210-N-LMG-00001

PROJECT NO. | DOC TYPE | SY. NO. | DOC. CODE | ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.

OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures.

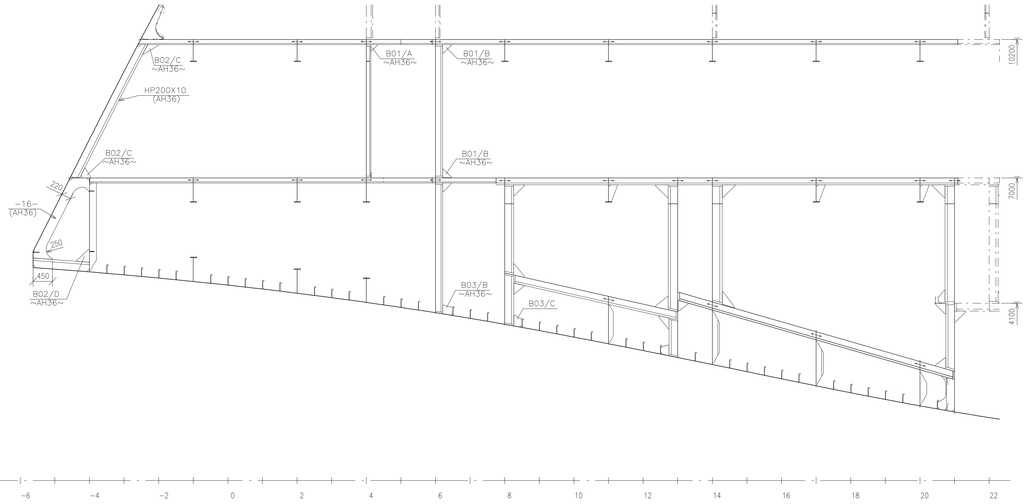
PROJECT: LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP

YARD DWG. NO.: 01-210-300 / 318064

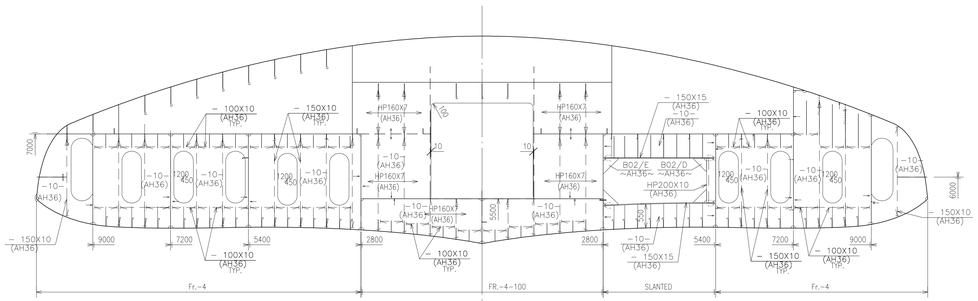
REPLACEMENT FOR: –

TITLE: AFT SHIP

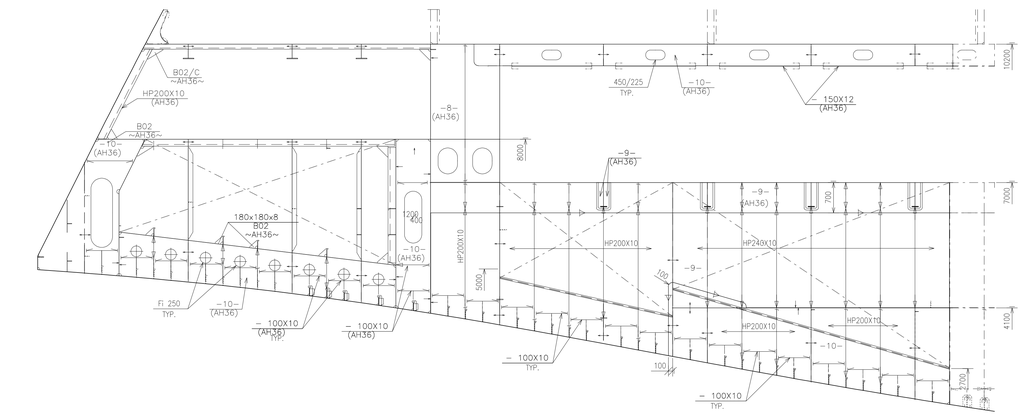
CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:50	A0	4 of 9



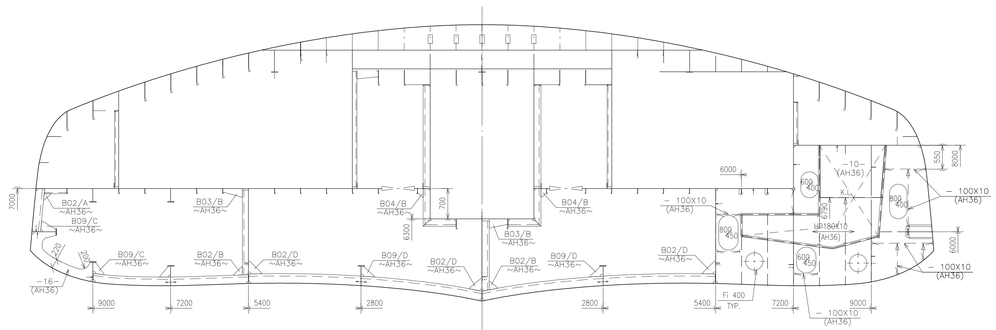
Long. section 7800 off C.L. PS



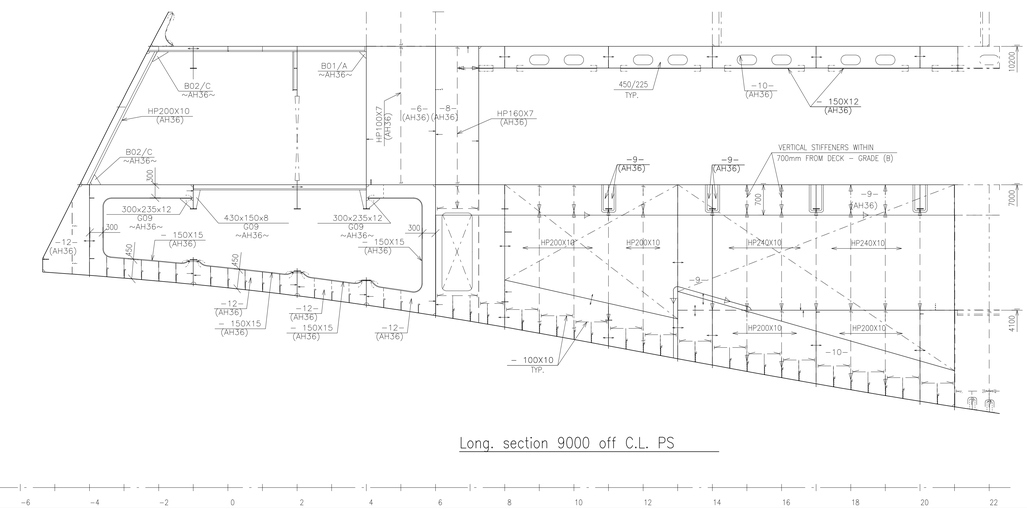
Frame -4



Long. section 9000 off C.L. SB



Frame -3



Long. section 9000 off C.L. PS

E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	11.07.2018	MDCON	SNL	PEMA
REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK	APP.

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN

YARD: BRODOSPLIT

LMG MARIN AS DRAWING NO.: 369005-DW-210-N-LMG-00001

PROJECT NO. | DOC TYPE | NO. | DOC CODE | ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.

OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures

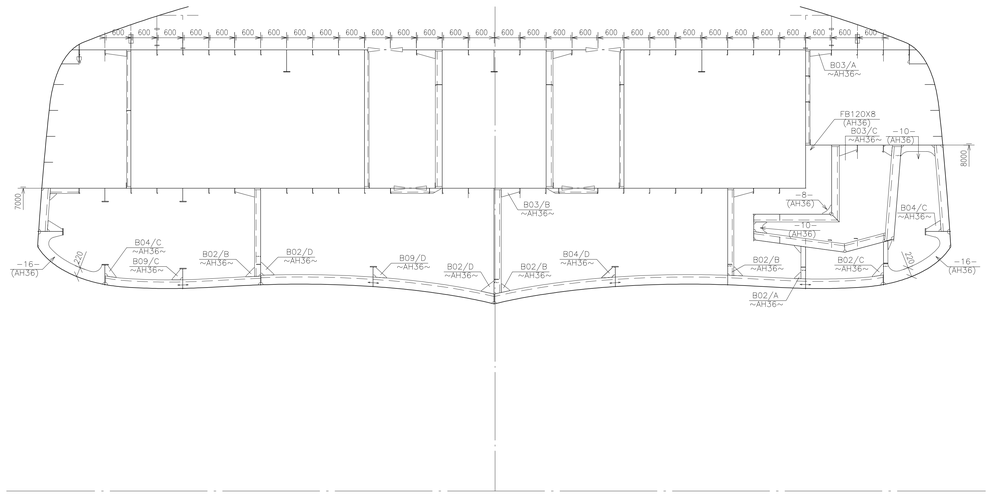
PROJECT: LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP

YARD DWG. NO.: 01-210-300 / 318064

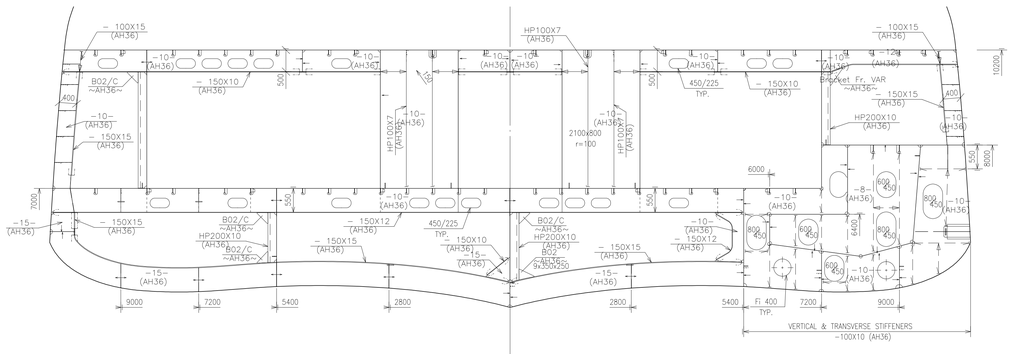
REPLACEMENT FOR: –

TITLE: AFT SHIP

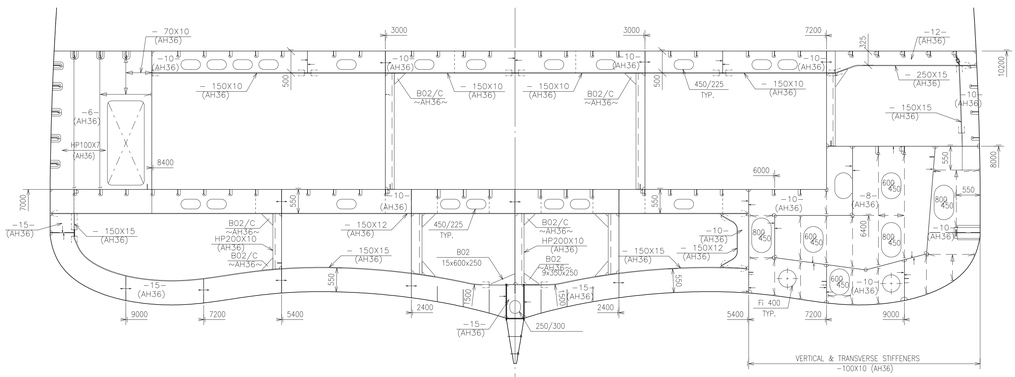
CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:50	A0	5 of 9



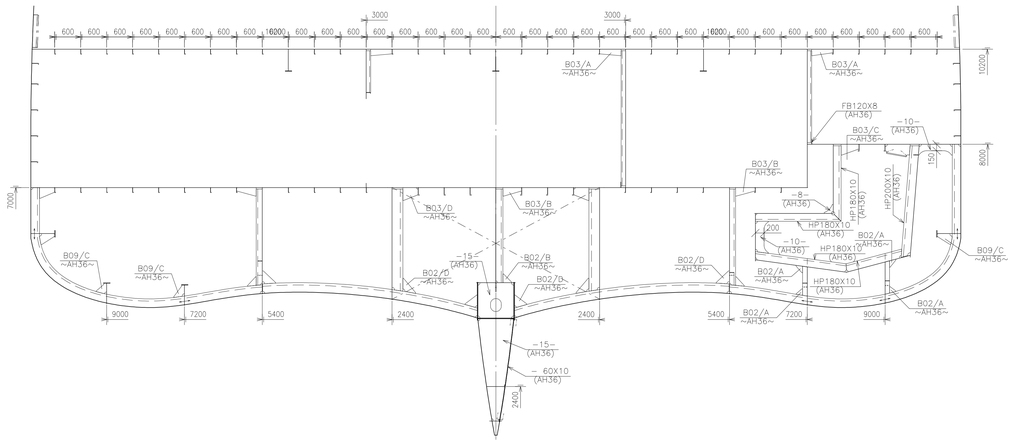
Frame -2



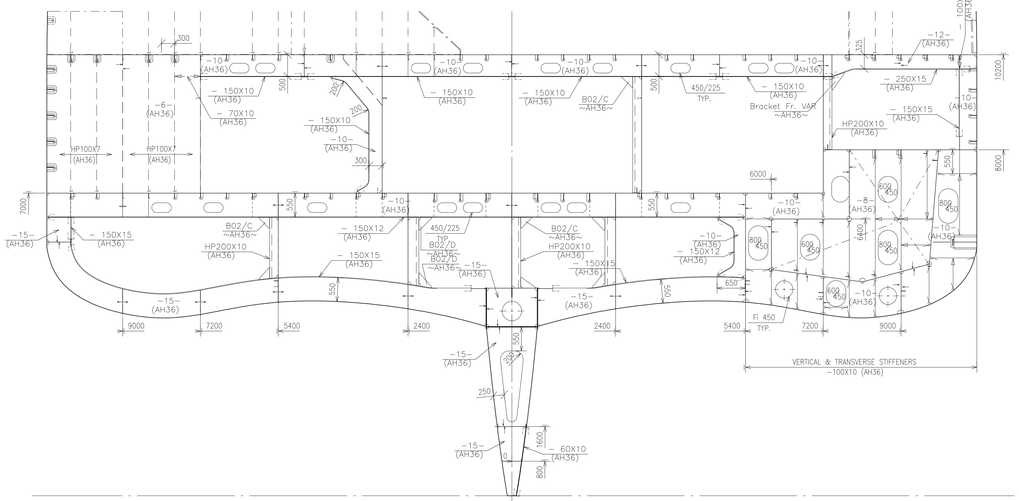
Frame -1



Frame 2



Frame 3



Frame 4

E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	11.07.2018	MICCON.	SNL	PEMA
REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN

YARD: BRODOSPLIT

LMG MARIN AS DRAWING NO.: 369005-DW-210-N-LMG-00001

PROJECT NO. | DOC TYPE | SFI NO. | DISC CODE | ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.

OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures.

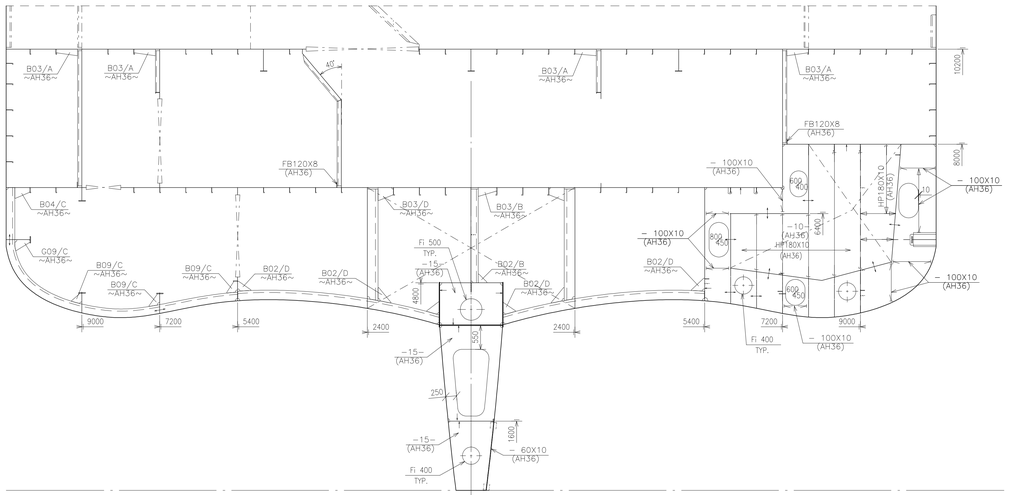
PROJECT: LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP

YARD DWG. NO.: 01-210-300 / 318064

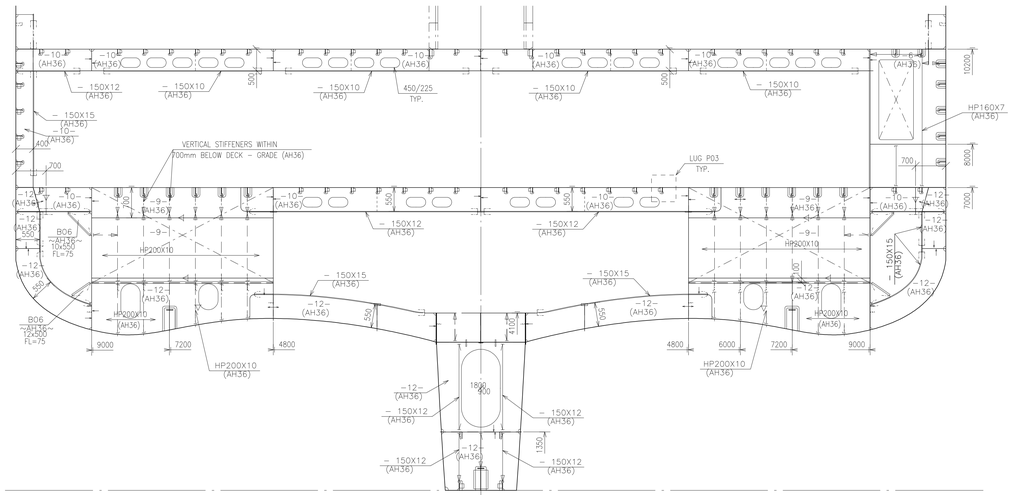
REPLACEMENT FOR: –

TITLE: AFT SHIP

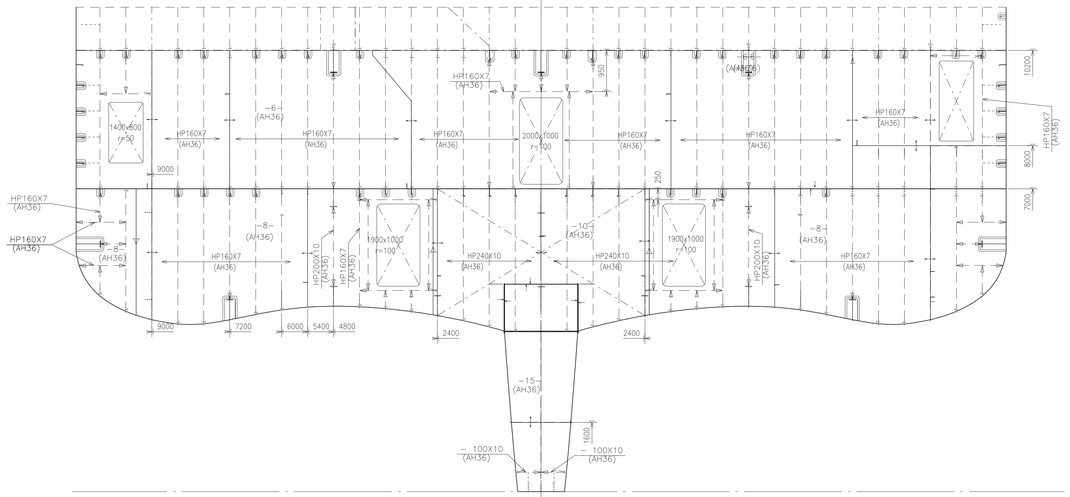
CAD TOOL: ACAD 2015 | PRIMARY SCALE: 1:50 | SHEET SIZE: A0 | SHEET: 6 of 9



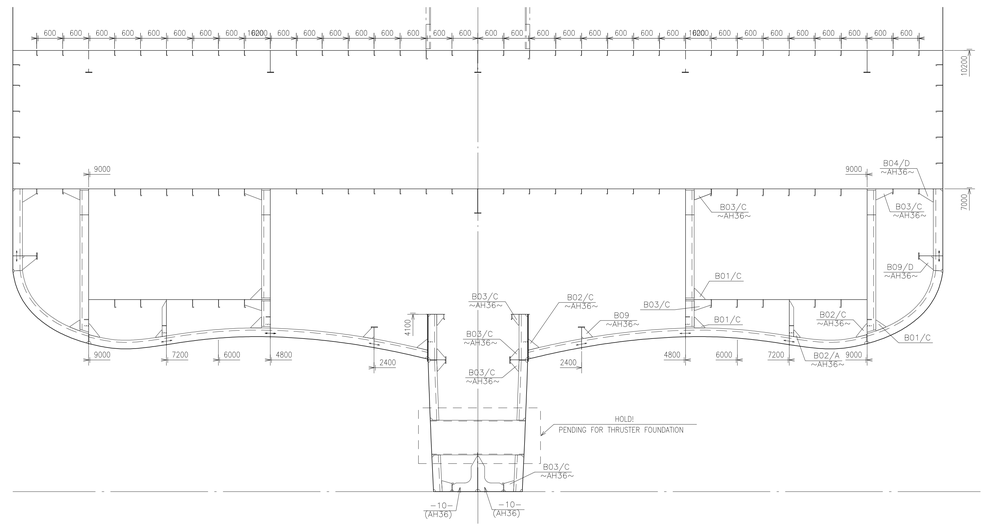
Frame 5



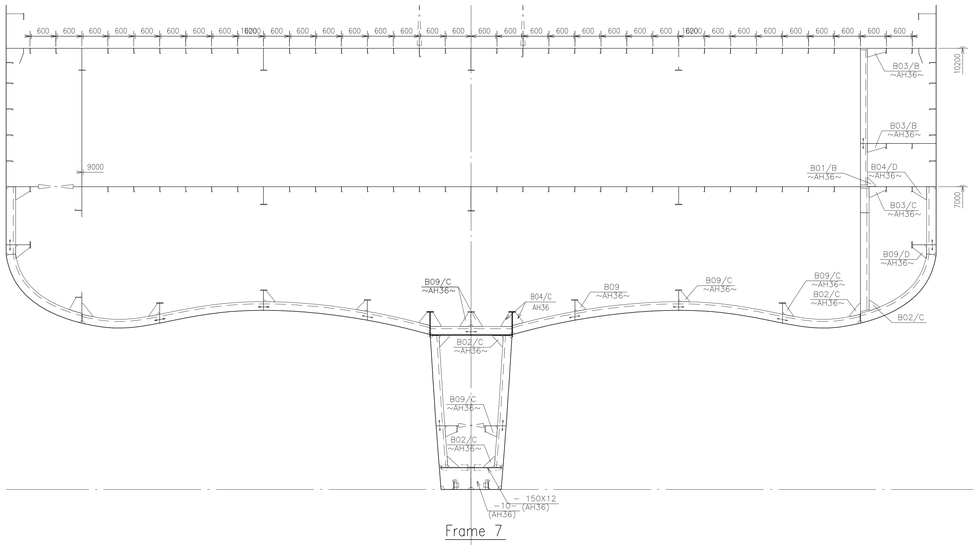
Frame 8



Frame 6



Frame 10



Frame 7

E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	11.07.2018	MDCON.	SNL	PEMA
REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN

YARD: BRODOSPLIT

LMG MARIN AS DRAWING NO.: 369005-DW-210-N-LMG-00001

PROJECT NO.	DOC. TYPE	SFI NO.	DISC. CODE	ORIGINATOR CODE	SEQUENTIAL NO.
369005	DW	210	N	LMG	00001

OWNER: Quark Expeditions – The Leader in Polar Adventures

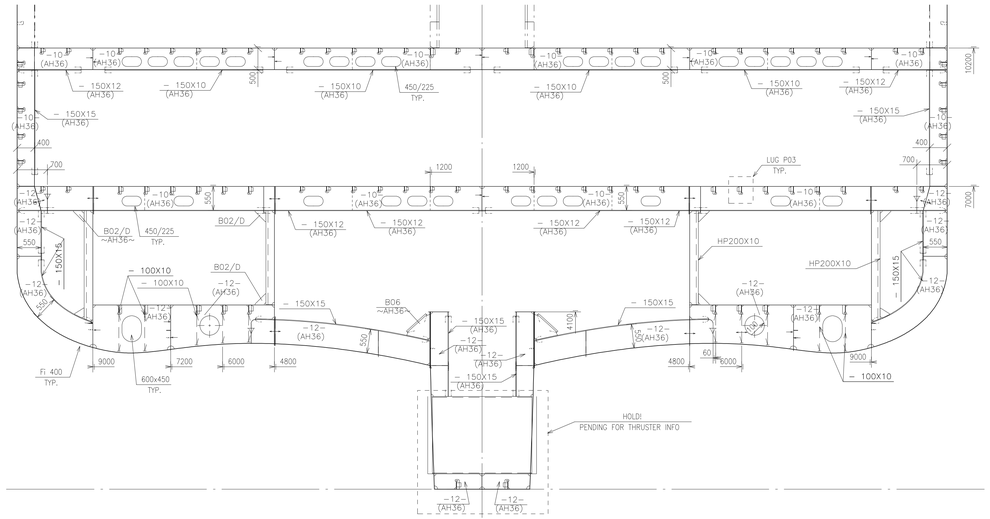
PROJECT: LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP

YARD DWG. NO.: 01-210-300 / 318064

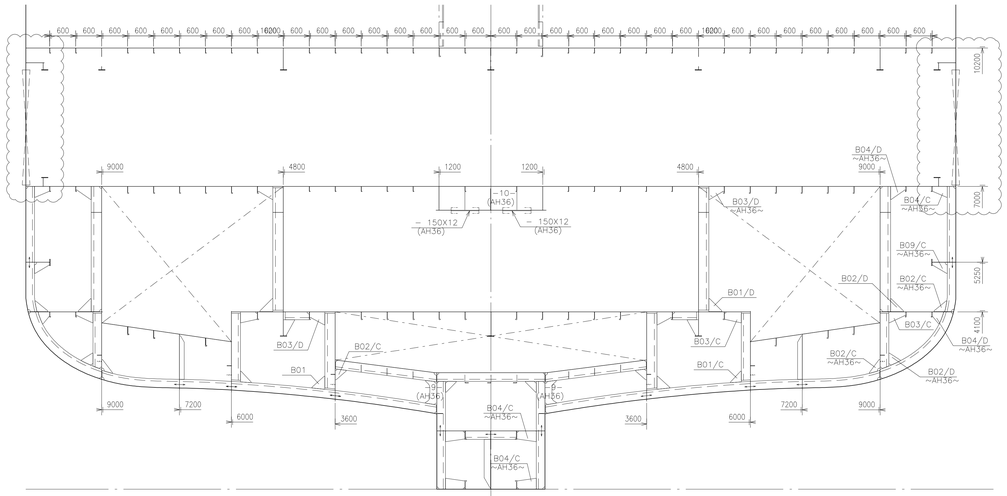
REPLACEMENT FOR: –

TITLE: AFT SHIP

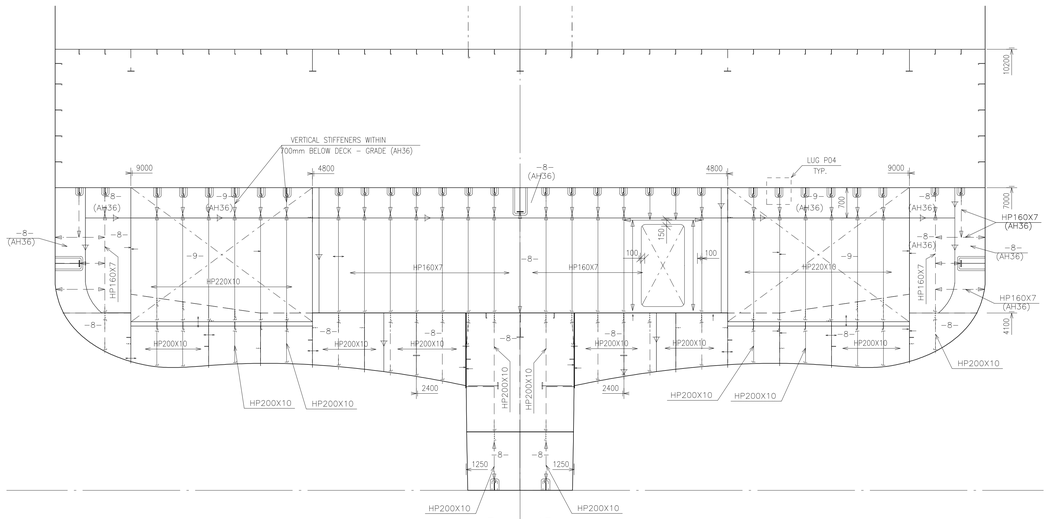
CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:50	A0	7 of 9



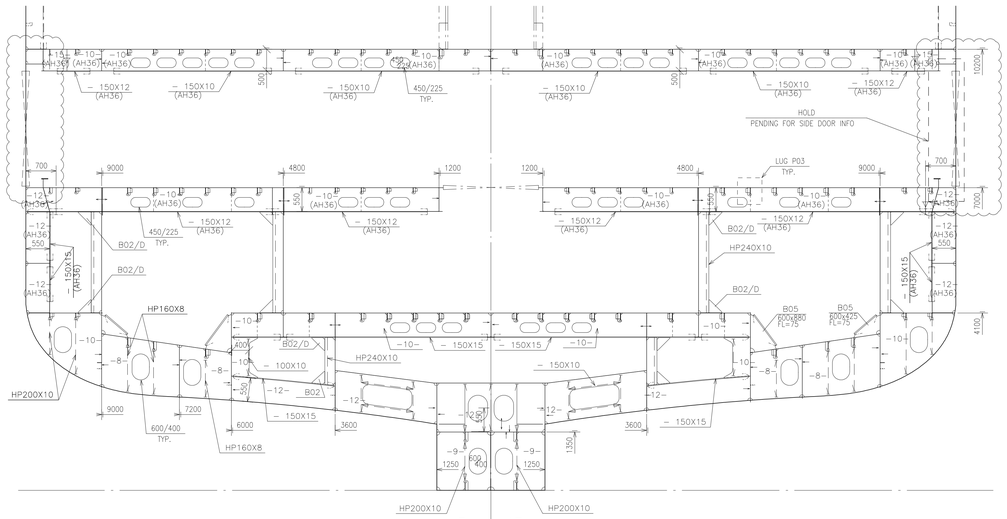
Frame 11



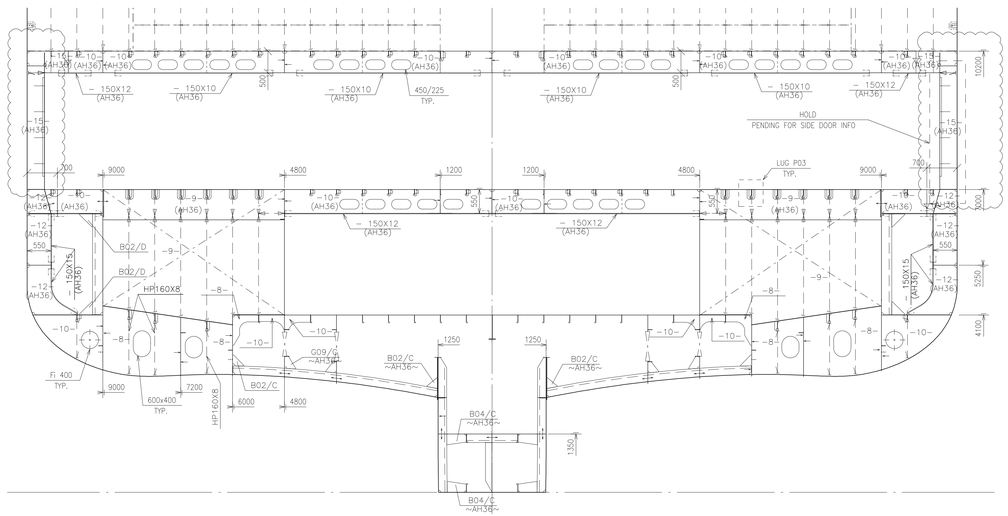
Frame 16



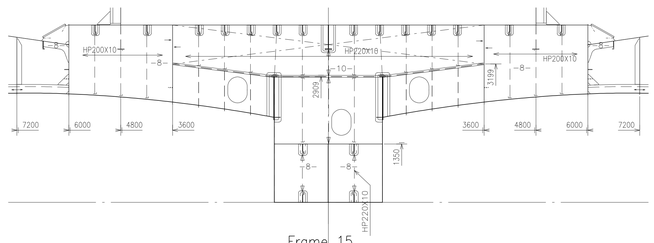
Frame 13



Frame 17



Frame 14



Frame 15

E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	11.07.2018	MDCON	SNL	PEMA
REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK	APP.

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN | YARD: BRODOSPLIT

LMG MARIN AS DRAWING NO.: 369005-DW-210-N-LMG-00001

PROJECT NO. | DOC TYPE | NO. | DISC. CODE | ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.

OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures

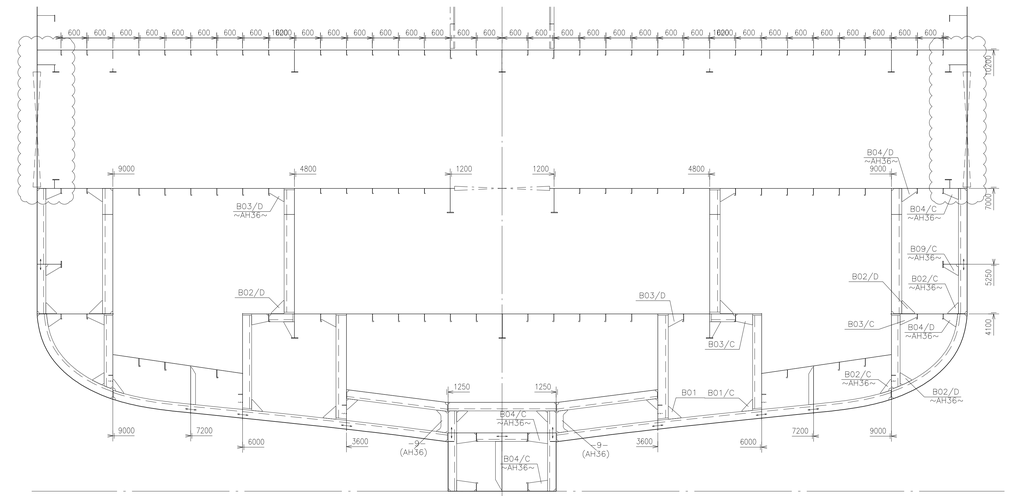
PROJECT: LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP

YARD DWG. NO.: 01-210-300 / 318064

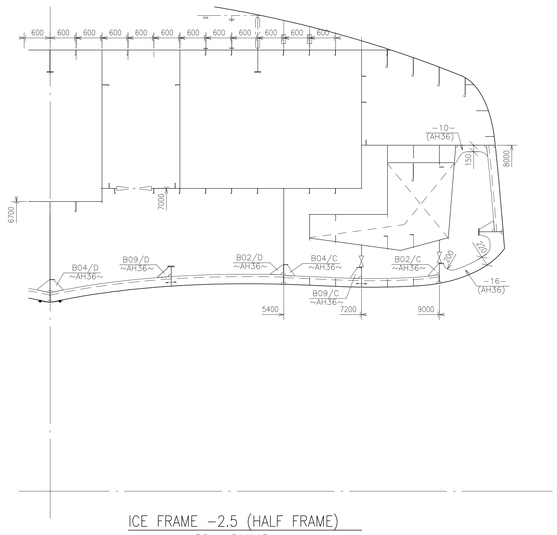
REPLACEMENT FOR: –

TITLE: AFT SHIP

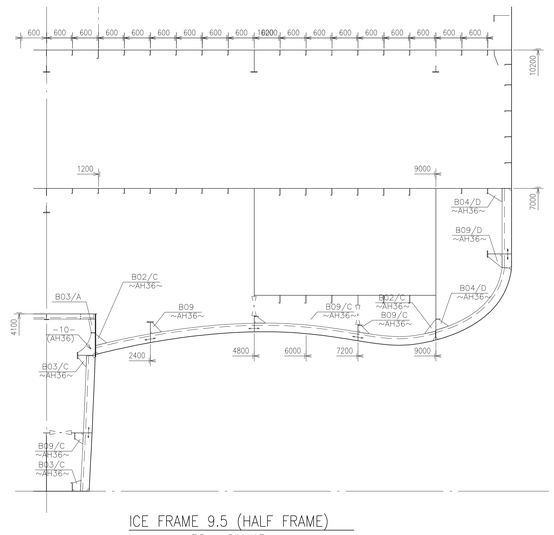
CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:50	A0	8 of 9



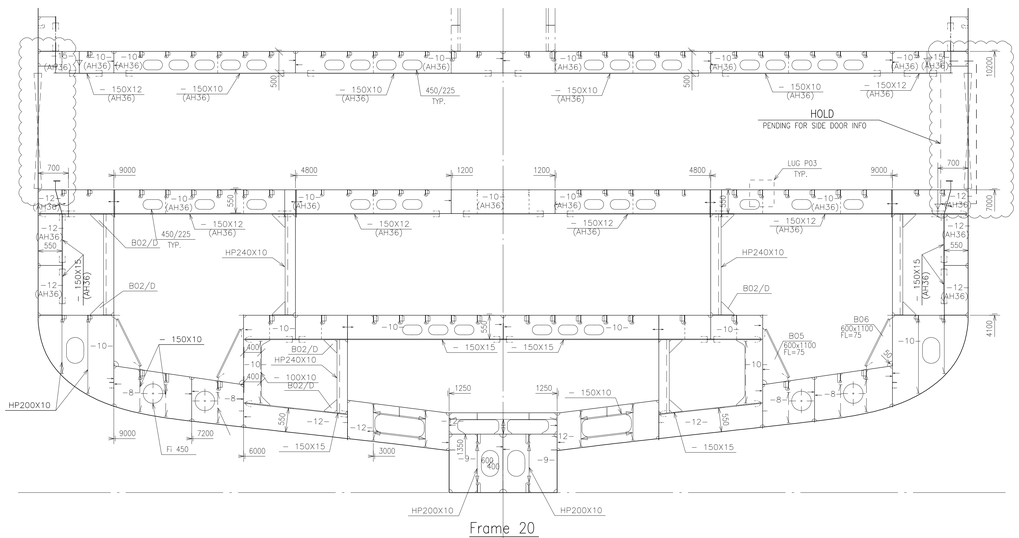
Frame 19



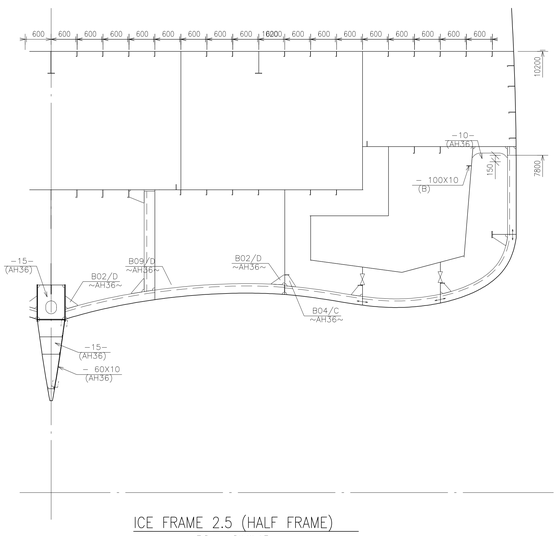
ICE FRAME −2.5 (HALF FRAME)
PS – SIMILAR



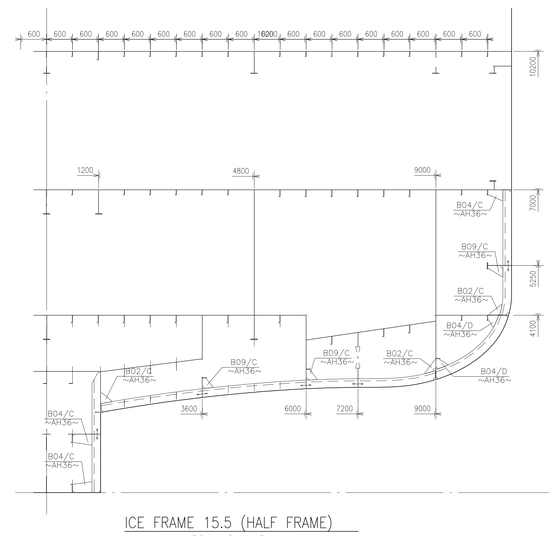
ICE FRAME 9.5 (HALF FRAME)
PS – SIMILAR



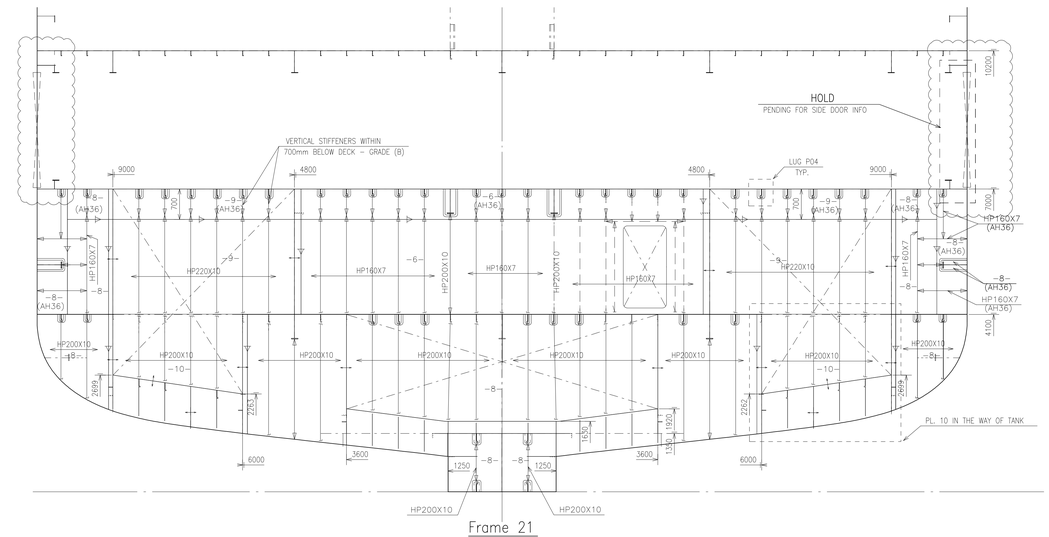
Frame 20



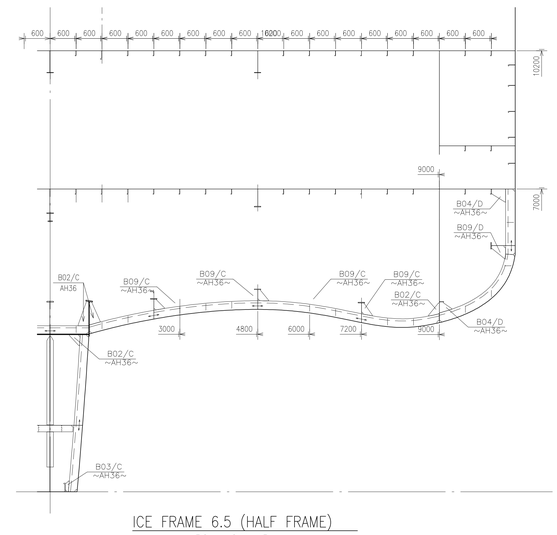
ICE FRAME 2.5 (HALF FRAME)
PS – SIMILAR



ICE FRAME 15.5 (HALF FRAME)
PS – SIMILAR



Frame 21



ICE FRAME 6.5 (HALF FRAME)
PS – SIMILAR

REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK	APP.
E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	11.07.2018	MICCON	SNL	PEMA

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN | YARD: BRODOSPLIT

OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures.

LMG MARIN AS DRAWING NO.: 369005-DW-210-N-LMG-00001

PROJECT NO. | DOC TYPE | SY. NO. | DOC. CODE | ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.

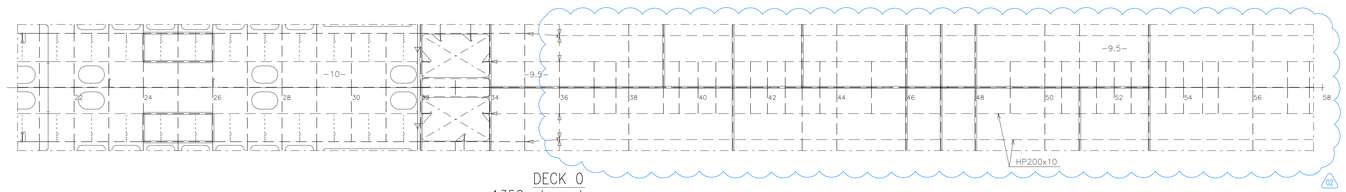
PROJECT: LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP

YARD DWG. NO.: 01-210-300 / 318064

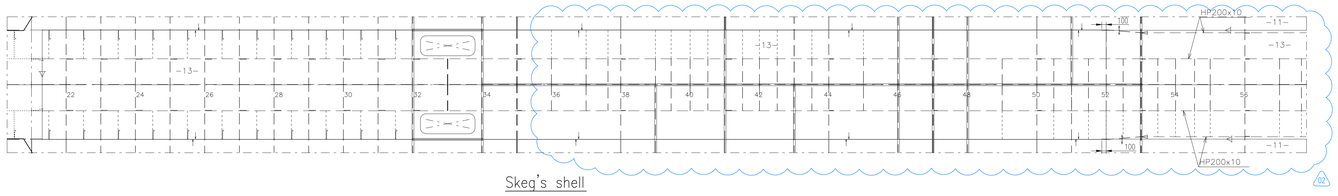
REPLACEMENT FOR: –

TITLE: AFT SHIP

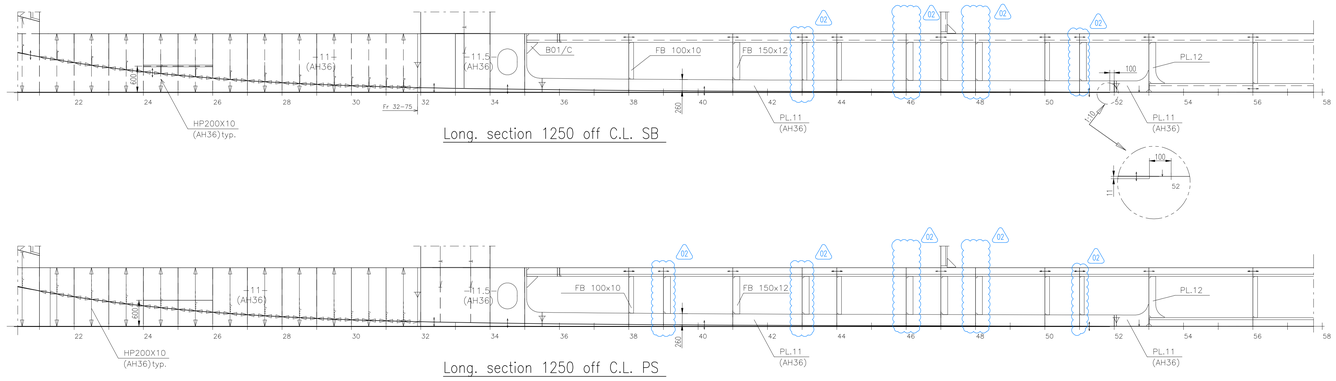
CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:50	A0	9 of 9



DECK 0
1350 above base

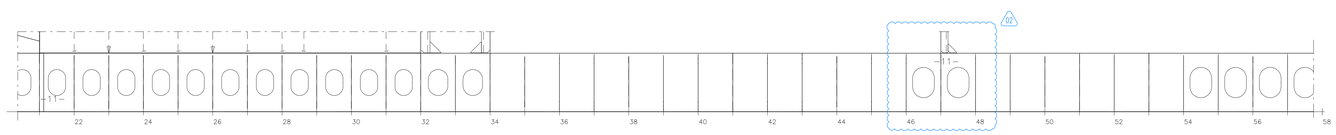


Skeg's shell

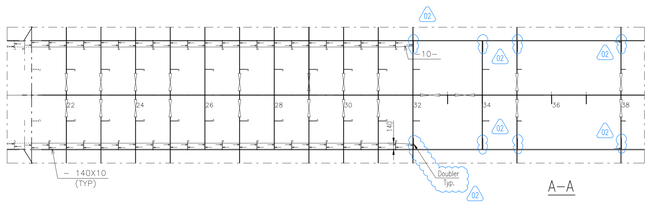


Long. section 1250 off C.L. SB

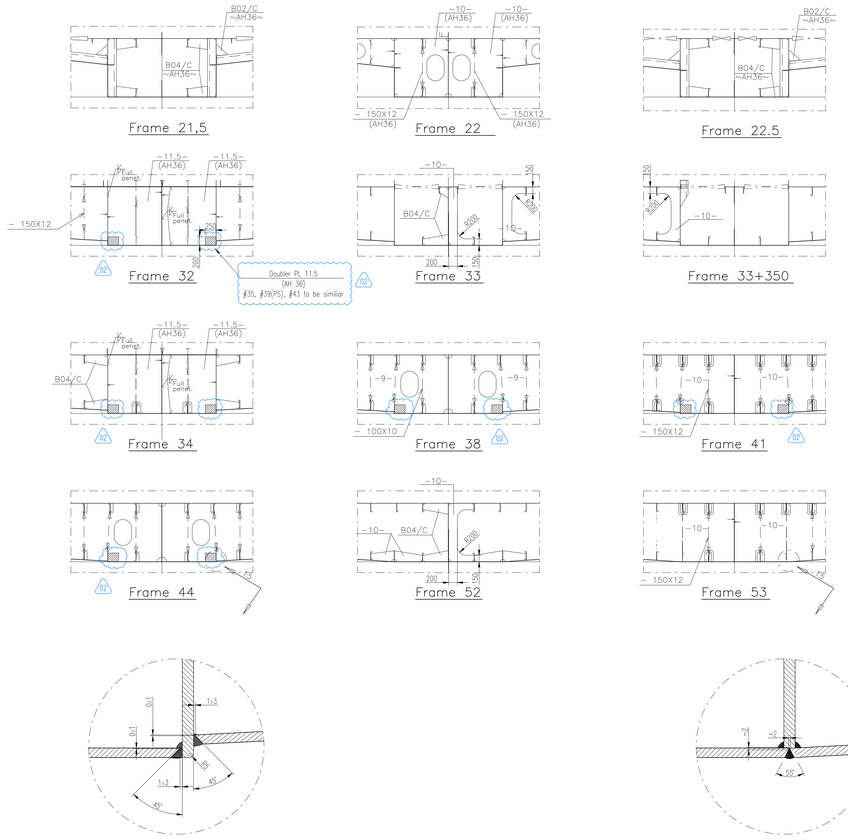
Long. section 1250 off C.L. PS



Long. section at CL



A-A



MARKING OF STIFFENER ENDS

- sniped ends (flat bar)
- sniped ends (bulb bar)
- sniped ends (angle bar)
- ends with bckt's
- welded ends
- welded ends with bckt's

NOTES:
1. ALL MATERIALS IN WAY OF ICEBELT TO BE AH-36, SEE SHELL EXPANSION FOR DETAILS.
2. EXTERNAL & EXPOSED MATERIAL ABOVE ICE BELT AND IN SUPERSTRUCTURE TO BE AH-36. SEE MATERIAL GRADE PLAN FOR DETAILS.
3. ALL OTHER MATERIALS THAN MENTIONED IN NOTE 1&2 ARE TO BE NORMAL STRENGTH MATERIAL WITH GRADE A.
4. DETAILS ARE SHOWN IN THE TYPICAL STRUCTURAL DETAILS DRAWING
5. WELD REQUIREMENTS ARE SUMMARIZED IN WELDING TABLE
6. ALL MEASUREMENTS ARE IN MM UNLESS OTHWISE NOTED

PROJECT REFFERENCES:
369005-DW-101-C-LMG-00001 GENERAL ARRANGEMENT rev.13
369005-DW-200-N-LMG-00001 STRUCTURAL DEFINITION PLAN rev.06
369005-DW-200-N-LMG-00002 MATERIAL GRADE PLAN rev.C
369005-DW-200-N-LMG-00003 TYPICAL STRUCTURAL DETAILS rev.C
369005-DW-230-N-LMG-00001 MIDSHIP SECTION rev.06
369005-DW-230-N-LMG-00002 PROFILE AND DECKS PLAN rev.07
369005-DW-230-N-LMG-00003 SHELL EXPANSION & FRAMING PLAN rev.B
369005-DW-236-N-LMG-00001 TRANSVERSE SECTIONS rev.04
369005-DW-237-N-LMG-00001 LONGITUDINAL SECTIONS rev.04

E					
D					
02	REVISED ACCORDING TO YARD'S & CLASS COMMENTS	02.10.2018	TANI	HLE	MAGO
B	REVISED ACCORDING TO YARD'S COMMENTS	15.08.2018	Midcon	HLE	MAGO
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	29.06.2018	MST.	HLE	PEMA
REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN
YARD: BRODOSPLIT
OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures

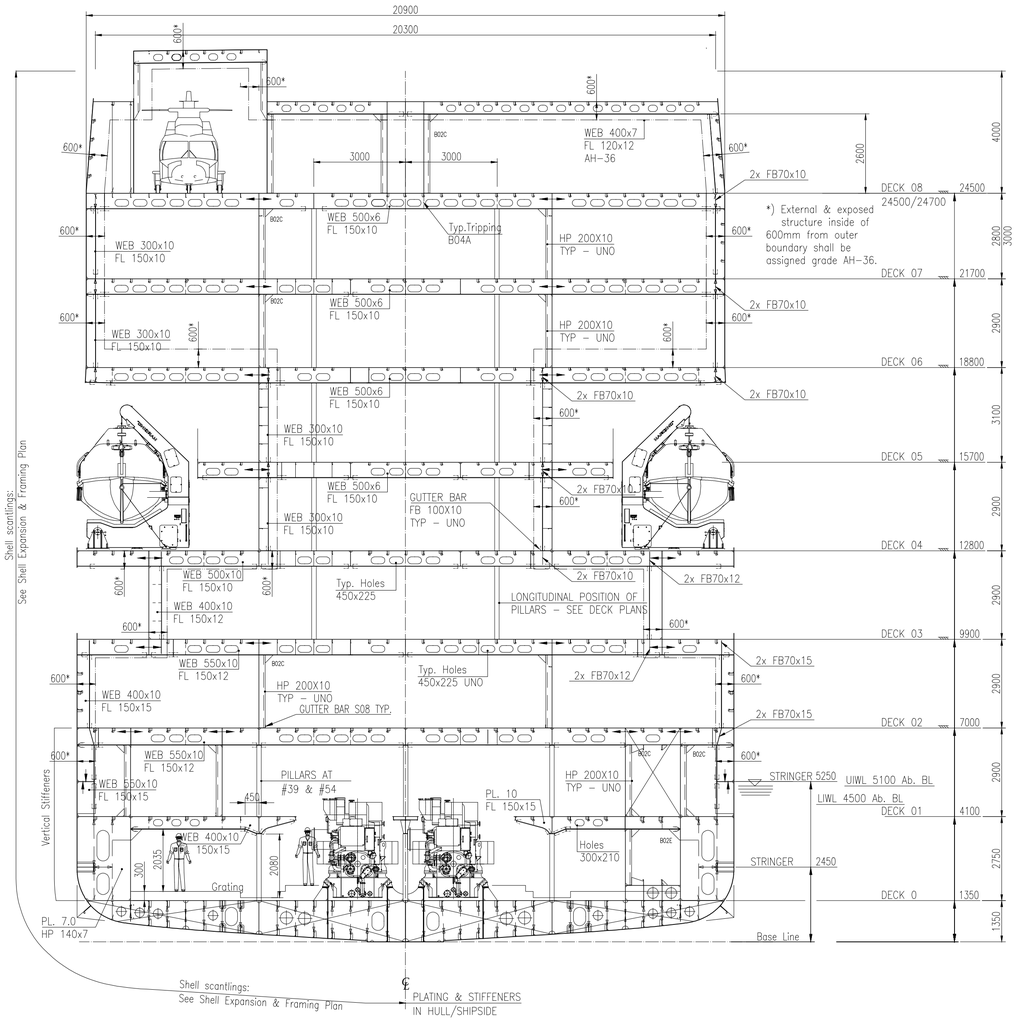
LMG MARIN AS DRAWING NO.: 369005-DW-210-N-LMG-00002
PROJECT NO. | DOC TYPE | BY NO. | DISC CODE | ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.

PROJECT: LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487
EXPEDITION SHIP

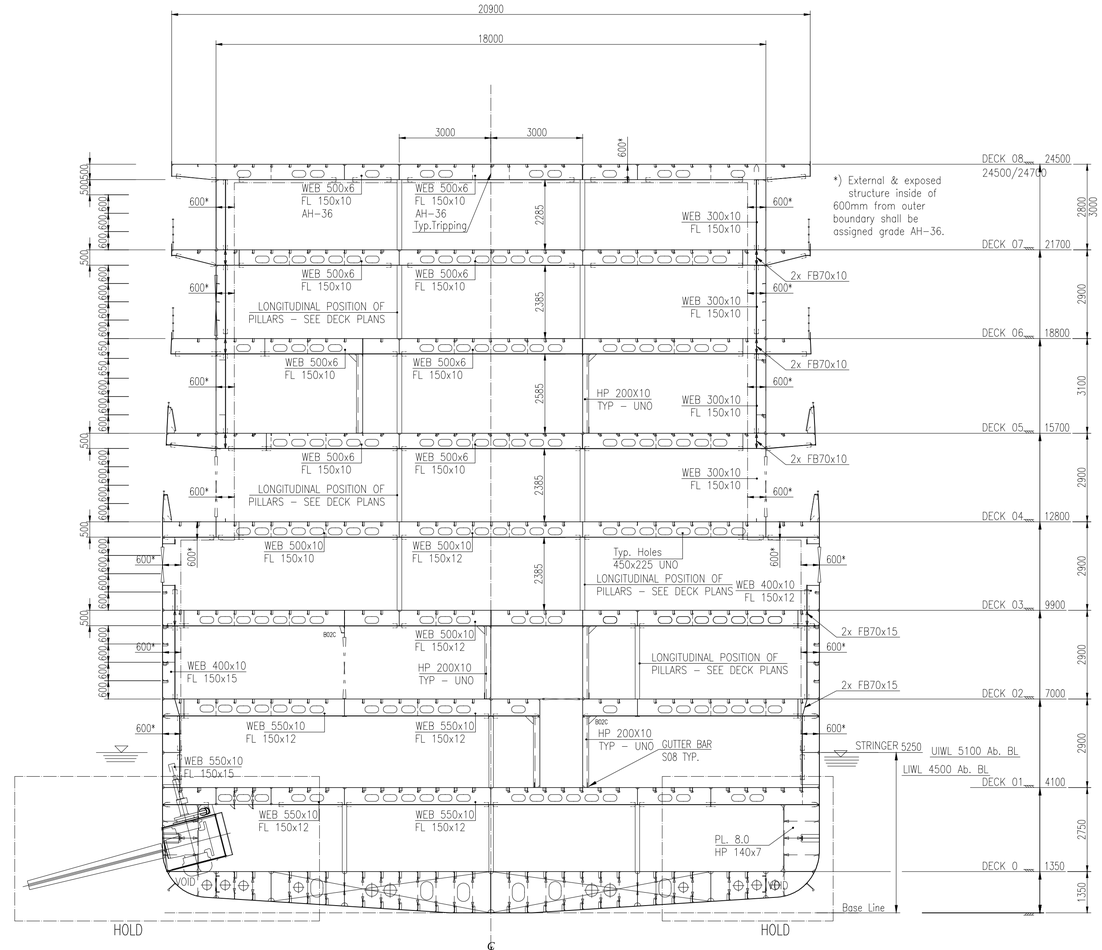
YARD DWG. NO.: 01-210-301 / 318065
REPLACEMENT FOR: -

TITLE: SKEG STRUCTURE

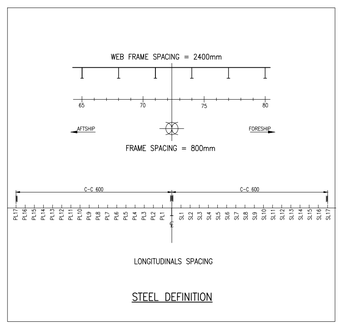
CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:50	A0	1 of 1

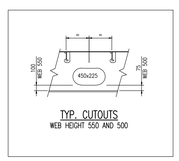


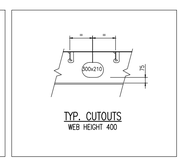
WEB FRAME #38
SEEN FROM AFT



WEB FRAME #71
SEEN FROM AFT







NOTES:

1. ALL MATERIALS IN WAY OF ICEBELT TO BE AH-36, SEE SHELL EXPANSION FOR DETAILS.
2. EXTERNAL & EXPOSED MATERIAL ABOVE ICE BELT AND IN SUPERSTRUCTURE TO BE AH-36. SEE MATERIAL GRADE PLAN FOR DETAILS.
3. ALL OTHER MATERIALS THAN MENTIONED IN NOTE 1&2 ARE TO BE NORMAL STRENGTH MATERIAL WITH GRADE A.
4. DETAILS ARE SHOWN OF STANDARD STRUCTURAL DETAILS DRAWING
5. WELD REQUIREMENTS ARE SUMMARIZED IN WELDING TABLE

PROJECT REFERENCES:

369005-DW-101-C-LMG-00001 GENERAL ARRANGEMENT
369005-DW-200-N-LMG-00003 TYPICAL STRUCTURAL DETAILS
369005-DW-230-N-LMG-00002 PROFILE AND DECKS PLAN
369005-DW-230-N-LMG-00003 SHELL EXPANSION & FRAMING PLAN
369005-DW-236-N-LMG-00001 TRANSVERSE SECTIONS
369005-DW-237-N-LMG-00001 LONGITUDINAL SECTIONS
369005-DW-200-N-LMG-00002 MATERIAL GRADE PLAN
369005-DW-200-N-LMG-00004 WELDING TABLE

REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN
YARD: BRODOSPLIT BRODOGRADILIŠTE BRODOGRADNJA SPLIT d.d.
OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures

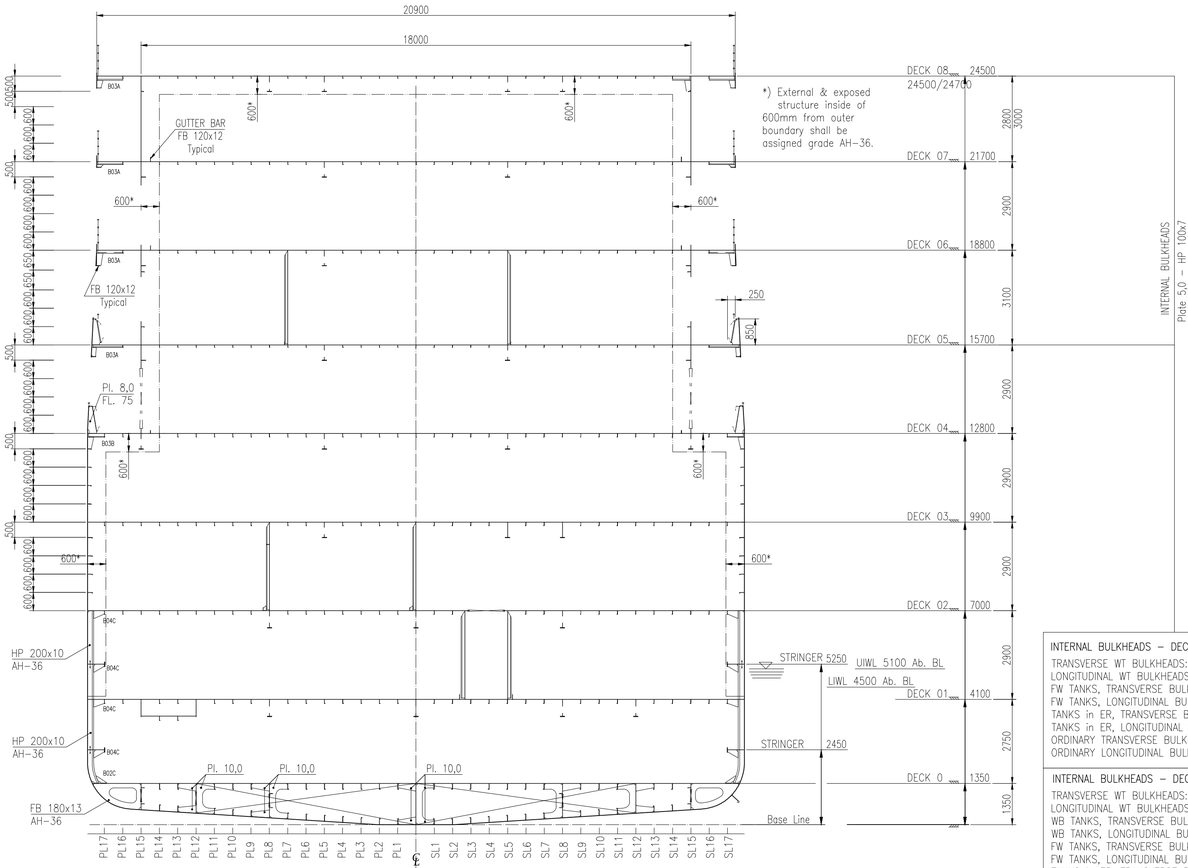
LMG MARIN AS DRAWING NO.
369005-DW-230-N-LMG-00001
PROJECT NO. | DOC. TYPE | SFI NO. | DISC. CODE | ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.

PROJECT
LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487
EXPEDITION SHIP

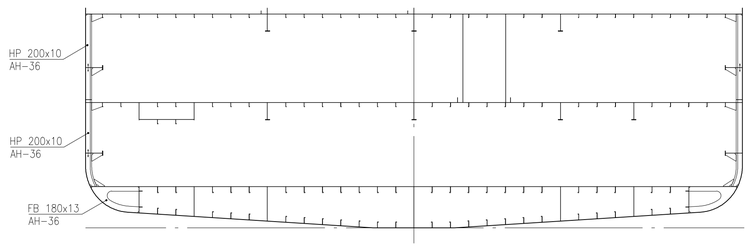
YARD DWG. NO.
01-230-301 / 318067
REPLACEMENT FOR:
–

TITLE
MIDSHIP SECTION

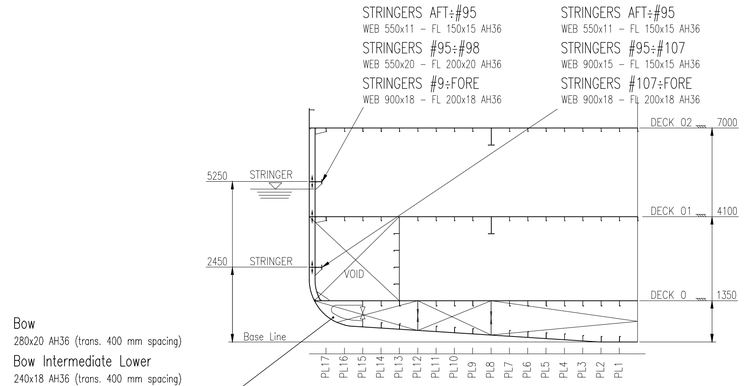
CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:100	A1	1 of 3



ORDINARY FRAME #73
SEEN FROM AFT



ICE FRAME #73+400
SEEN FROM AFT



ICE FRAME (HALF FRAME)
SEEN FROM AFT, SB SIMILAR

FOR COMPLETE ICEBELT, SEE SHELL EXPANSION DRAWING.

Bow
Pl. 20.0 AH36 - FB280x20 AH36 (trans. 400 mm spacing, max span 1650
Bow Intermediate Icebelt
Pl. 18.0 AH36 - FB280x20 AH36 (trans. 400 mm spacing)
Bow Intermediate Lower
Pl. 14.0 AH36 - HP 200x10 AH36 (trans. 400 mm spacing)
Bow Intermediate Bottom
Pl. 13.0 AH36 - HP 200x10 AH36 (long. 600 mm spacing)

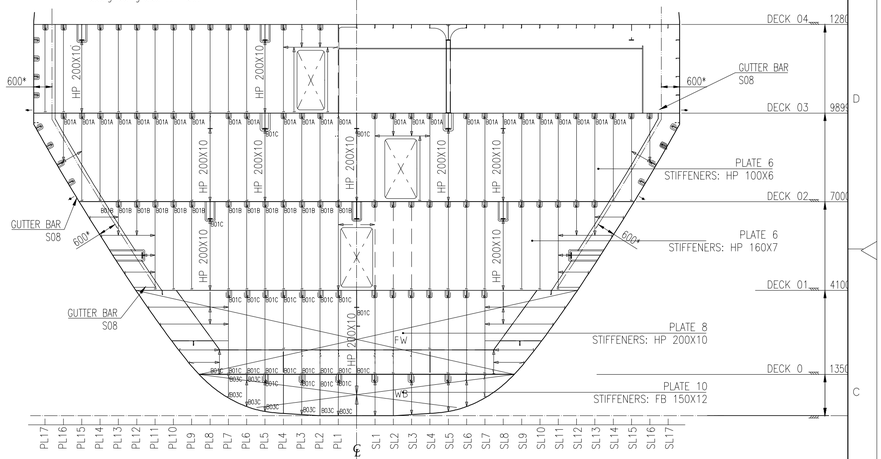
Midbody Icebelt
Pl. 13.0 AH36 - HP 200x10 AH36 (trans. 400 mm spacing)
Midbody Lower
Pl. 10.0 AH36 - HP 200x10 AH36 (trans. 400 mm spacing)

Stern Icebelt
Pl. 13.0 - HP 200x10 AH36 (trans. 400 spacing) for l(max)=2,1m
Pl. 13.0 - HP 220x11 AH36 (trans. 400 spacing) for l(max)=2,85m

Stern Lower
Pl. 11.0 - HP 200x10 AH36 (trans. 400 mm spacing)

Midbody Bottom / Stern Bottom
No additional strengthening for ice loads

*) External & exposed structure inside of 600mm from outer boundary shall be assigned grade AH-36.



BHD #120
SEEN FROM AFT

INTERNAL BULKHEADS - DECK 01

TRANSVERSE WT BULKHEADS: PLATE 6,0 - STIFFENERS; HP 160X7
LONGITUDINAL WT BULKHEADS: PLATE 7,0 - STIFFENERS; HP 160X7
FW TANKS, TRANSVERSE BULKHEADS: PLATE 7,0 - STIFFENERS HP 200X10
FW TANKS, LONGITUDINAL BULKHEADS: PLATE 9,0 - STIFFENERS HP 220X10
TANKS in ER, TRANSVERSE BULKHEADS: PLATE 7,0 - STIFFENERS HP 180X8
TANKS in ER, LONGITUDINAL BULKHEADS: PLATE 9,0 - STIFFENERS HP 200X10
ORDINARY TRANSVERSE BULKHEADS: PLATE 6,0 - STIFFENERS; HP 120X6
ORDINARY LONGITUDINAL BULKHEADS: PLATE 7,0 - STIFFENERS; HP 120X6

INTERNAL BULKHEADS - DECK 0

TRANSVERSE WT BULKHEADS: PLATE 6,0 - STIFFENERS; HP 200X10
LONGITUDINAL WT BULKHEADS: PLATE 7,0 - STIFFENERS; HP 200X10
WB TANKS, TRANSVERSE BULKHEADS: PLATE 10,0 - STIFFENERS HP 220X10
WB TANKS, LONGITUDINAL BULKHEADS: PLATE 11,0 - STIFFENERS HP 220X10
FW TANKS, TRANSVERSE BULKHEADS: PLATE 8,0 - STIFFENERS HP 200X10
FW TANKS, LONGITUDINAL BULKHEADS: PLATE 10,0 - STIFFENERS HP 200X10
TANKS in ER, TRANSVERSE BULKHEADS: PLATE 8,0 - STIFFENERS HP 200X10
TANKS in ER, LONGITUDINAL BULKHEADS: PLATE 10,0 - STIFFENERS HP 200X10
ORDINARY TRANSVERSE BULKHEADS: PLATE 6,0 - STIFFENERS; HP 140X7
ORDINARY LONGITUDINAL BULKHEADS: PLATE 7,0 - STIFFENERS; HP 140X7

INTERNAL BULKHEADS - DOUBLE BOTTOM

TRANSVERSE WT BULKHEADS: PLATE 10 - STIFFENERS; FB 150X12
LONGITUDINAL WT BULKHEADS: PLATE 11,0 - STIFFENERS; FB 150X12
ORDINARY BULKHEADS: PLATE 9,0 - STIFFENERS FB 100X10

INTERNAL BULKHEADS
PLATING & STIFFENERS

REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN
YARD: BRODOSPLIT
OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures

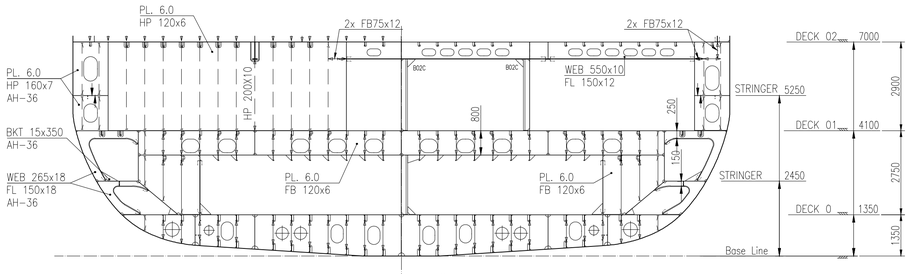
LMG MARIN AS DRAWING NO.
369005-DW-230-N-LMG-00001
PROJECT NO. | DOC. TYPE | SFI NO. | DISC. CODE | ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.

PROJECT
LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487
EXPEDITION SHIP

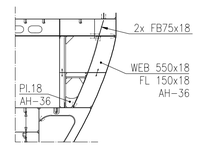
YARD DWG. NO.
01-230-301 / 318067
REPLACEMENT FOR:
-

TITLE
MIDSHIP SECTION

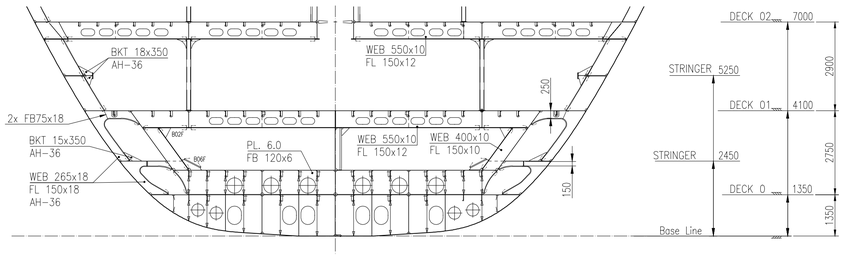
CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:100	A1	2 of 3



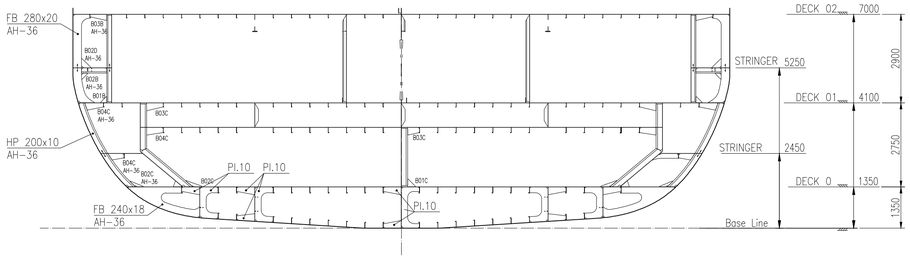
WEB FRAME #101
SEEN FROM AFT



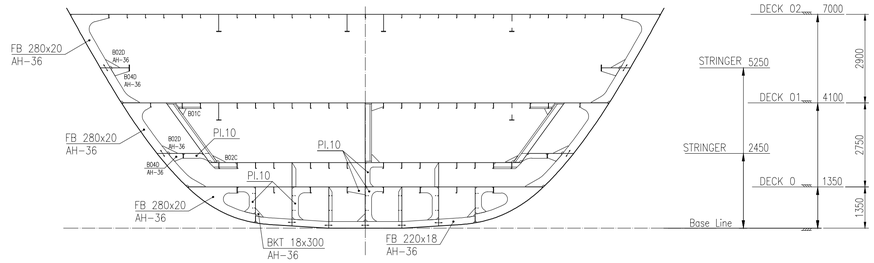
WEB FRAME #107
SEEN FROM AFT



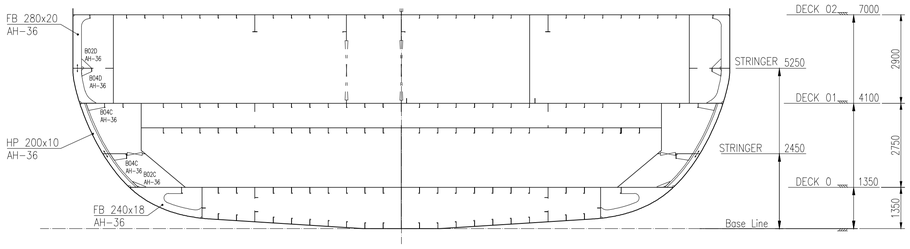
WEB FRAME #116
SEEN FROM AFT



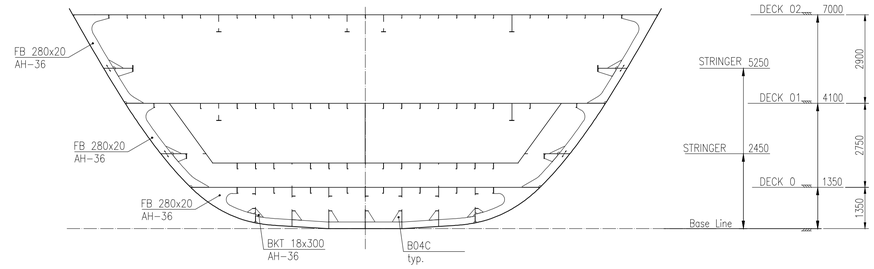
ORDINARY FRAME #102
SEEN FROM AFT



ORDINARY FRAME #117
SEEN FROM AFT



ICE FRAME #102+400
SEEN FROM AFT



ICE FRAME #117+400
SEEN FROM AFT

REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN
YARD: BRODOSPLIT
OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures

LMG MARIN AS DRAWING NO.
369005-DW-230-N-LMG-00001
PROJECT NO. | DOC. TYPE | SFI NO. | DISC. CODE | ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.

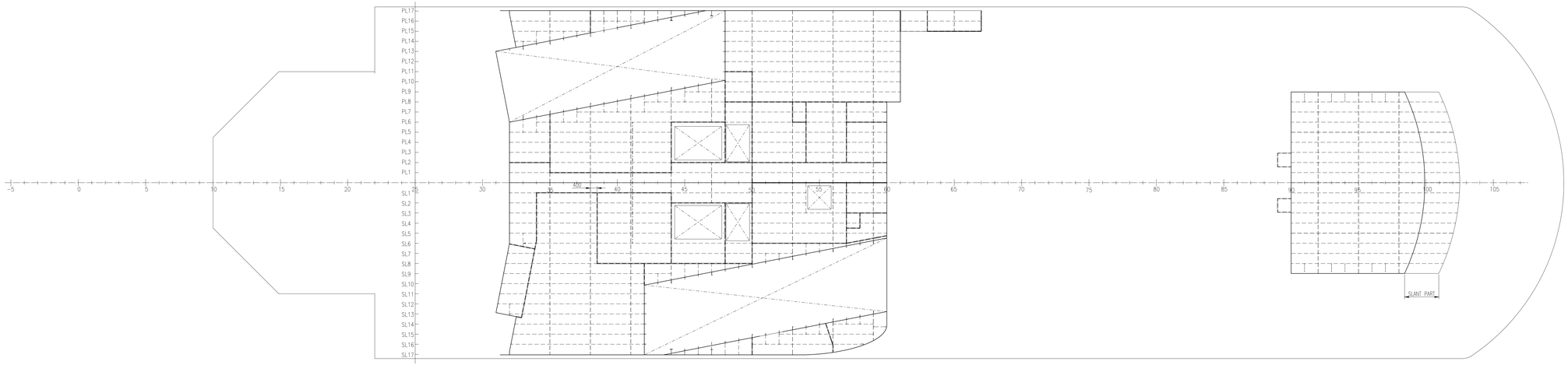
PROJECT
LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487
EXPEDITION SHIP

YARD DWG. NO.
01-230-301 / 318067

REPLACEMENT FOR:
–

TITLE
MIDSHIP SECTION

CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:100	A1	3 of 3

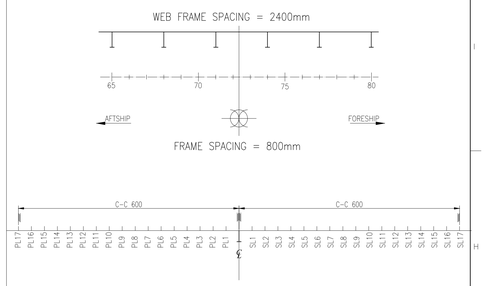


ROOF TOP

28500/27100 ABOVE BL.

DECK PLATING-UNO	PL. 5,5 AH-36 (Plating not exposed to weather to be NV-A)
STIFFENERS-UNO	HP 80x6 AH-36 (Stiffener connected to material not exposed to weather to be NV-A)
TRANSVERSE FRAMES-UNO	WEB 400x7 - FL 120x12 AH-36 (Girder connected to material not exposed to weather to be NV-A)
LONGITUDINAL GIRDERS-UNO	WEB 400x7 - FL 120x12 AH-36 (Girder connected to material not exposed to weather to be NV-A)
INTERNAL BHDS BELOW	PL. 5,0 AH-36 - HP 100x7 AH-36 - HP 200x10 AH-36 iwo girders *
EXTERNAL BHDS BELOW	PL. 5,0 AH-36 - HP 120x6 AH-36 - W300x10/FL150x10 AH-36 iwo girders

* Grade AH-36 only applicable for first 600mm from exposed deck/bhd



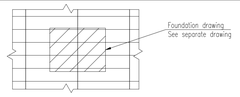
STEEL DEFINITION

PILLARS ABOVE DECK

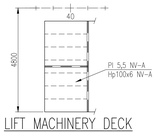
PILLARS ABOVE & BELOW DECK

PILLARS BELOW DECK

PILLARS

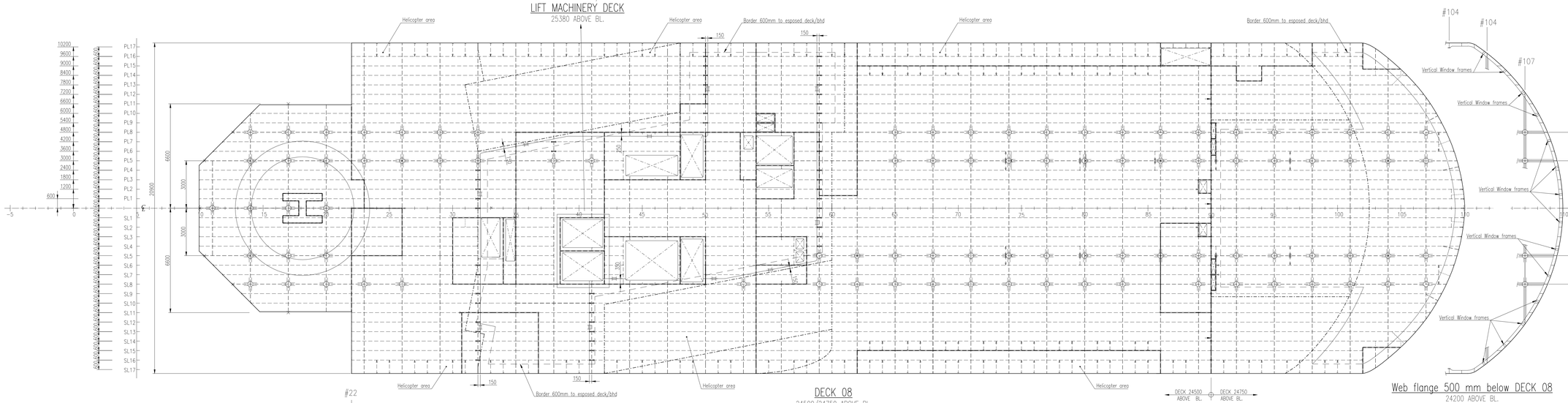


Hatched areas on decks are pending input for deck equipment



LIFT MACHINERY DECK

25380 ABOVE BL.



PROJECT REFERENCES:

369005-DW-107-C-LMG-00001 GENERAL ARRANGEMENT
369005-DW-200-N-LMG-00003 TYPICAL STRUCTURAL DETAILS
369005-DW-102-Y-LMG-00005 CAPACITY PLAN
369005-DW-200-N-LMG-00002 MATERIAL GRADE PLAN
369005-DW-200-N-LMG-00004 WELDING TABLE
369005-DW-210-N-LMG-00001 AFT SHIP
369005-DW-230-N-LMG-00001 MIDSHIP SECTION
369005-DW-330-N-LMG-00003 SHELL EXPANSION & FRAMING PLAN
369005-DW-236-N-LMG-00001 TRANSVERSE SECTIONS
369005-DW-237-N-LMG-00001 LONGITUDINAL SECTIONS
369005-DW-240-N-LMG-00001 FORE SHIP
369005-DW-253-N-LMG-00001 WHEELHOUSE STRUCTURE

SUPPLIERS REFERENCES:

Pending

NOTES:

1. Materials labeled AH shall have yield strength not less than 355 N/mm².
2. Materials labeled A shall have yield strength not less than 235 N/mm².
3. Welding to be in accordance with guidelines presented in Welding Plan.
4. Material grade to be in accordance with requirements listed in Material Grade Plan.
5. Material exposed to external temperature to be assigned AH-36.

DECK 08

24500/24750 ABOVE BL.

Web flange 500 mm below DECK 08

24200 ABOVE BL.

	In the helicopter area		Outside of the helicopter area	Deck 24750 abv BL
DECK PLATING-UNO		PL. 8,0 AH-36	PL. 5,5 AH-36	PL. 5,5 AH-36
STIFFENERS-UNO		HP 140x7 AH-36	HP 80x6 AH-36	HP 80x6 AH-36
TRANSVERSE GIRDERS-UNO	WEB 300x8 - FL 150x10 AH-36	WEB 500x7 - FL 150x10 AH-36	WEB 500x7 - FL 150x10 AH-36	WEB 500x6 - FL 150x10 AH-36
LONGITUDINAL GIRDERS-UNO	WEB 300x10 - FL 150x15 AH-36	WEB 500x7 - FL 150x10 AH-36	WEB 500x7 - FL 150x10 AH-36	WEB 500x6 - FL 150x10 AH-36
INTERNAL BHDS BELOW		PL. 5,0 AH-36 - HP 100x7 AH-36 - HP 200x10 AH-36 iwo girders *	PL. 5,0 AH-36 - HP 100x7 AH-36 - HP 200x10 AH-36 iwo girders *	PL. 5,0 AH-36 - HP 100x7 AH-36 - HP 200x10 AH-36 iwo girders *
EXTERNAL BHDS BELOW		PL. 5,0 AH-36 - HP 120x6 AH-36 - W300x10/FL150x10 AH-36 iwo girders	PL. 5,0 AH-36 - HP 120x6 AH-36 - W300x10/FL150x10 AH-36 iwo girders	PL. 6,0 AH-36 - HP 100x6 AH-36 - W300x10/FL150x10 AH-36 iwo girders
PILLARS BELOW		Ø139,7x8 NV-A		

* Grade AH-36 only applicable for first 600mm from exposed deck/bhd

REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK	APP.
E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN

YARD: BRODOSPLIT

OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures.

LMG MARIN AS DRAWING NO.: 369005-DW-230-N-LMG-00002

PROJECT NO. | DOC TYPE | SFI NO. | DISC. CODE | ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.

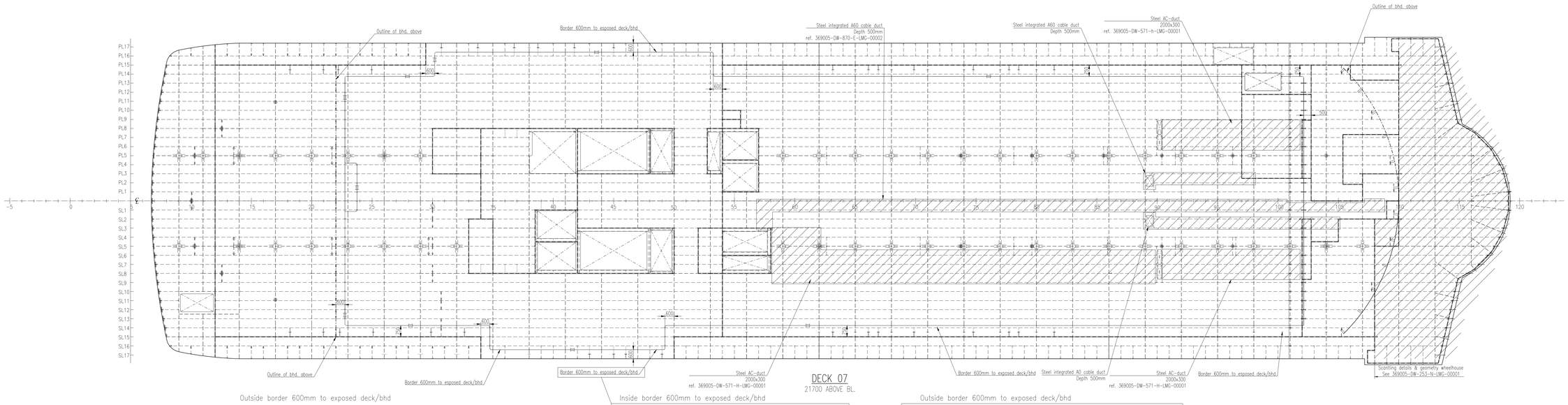
PROJECT: LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP

YARD DWG. NO.: 01-230-302 / 318068

REPLACEMENT FOR: -

TITLE: PROFILE AND DECK PLAN

CAD TOOL: ACAD 2015 | PRIMARY SCALE: 1:100 | SHEET SIZE: A0 | SHEET: 1 of 7

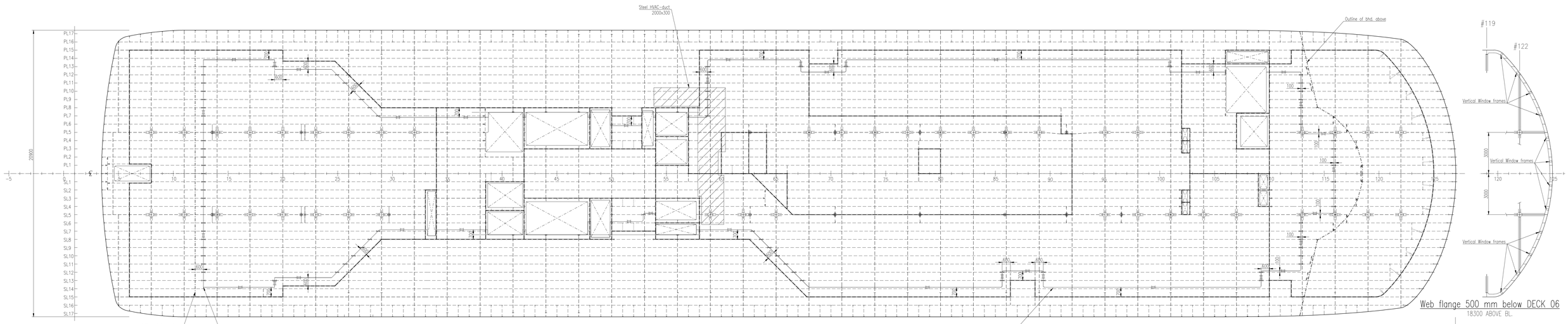


DECK 07

21700 ABOVE BL.

	Outside border 600mm to exposed deck/bhd	Inside border 600mm to exposed deck/bhd	Outside border 600mm to exposed deck/bhd
DECK PLATING–UNO	PL. 5,5 AH–36	PL. 5,0 NV–A	PL. 5,5 AH–36
STIFFENERS–UNO	HP 80x6 AH–36	HP 80x6 NV–A	HP 80x6 AH–36
TRANSVERSE FRAMES–UNO	WEB 500x6 – FL 150x10 AH–36	WEB 500x6 – FL 150x10 NV–A	WEB 500x6 – FL 150x10 AH–36
LONGITUDINAL GIRDERS–UNO	WEB 500x6 – FL 150x15 AH–36	WEB 500x6 – FL 150x15 NV–A	WEB 500x6 – FL 150x15 AH–36
INTERNAL BHDS BELOW		PL. 5,0 NV–A – HP 100x6 NV–A – HP 200x10 NV–A iwo girders	PL. 5,0 AH–36 – HP 100x6 AH–36 – HP 200x10 AH–36 iwo girders *
EXTERNAL BHDS BELOW	PL. 6,0 AH–36 – HP 120x6 AH–36– W300x10/FL150x10 AH–36 iwo girders		PL. 6,0 AH–36 – HP 120x6 AH–36 – W300x10/FL150x10 AH–36 iwo girders
PILLARS BELOW		ø139,7x8 NV–A	

* Grade AH–36 only appliccable for first 600mm from exposed deck/bhd



DECK 06

18800 ABOVE BL.

Web flange 500 mm below DECK 06

18300 ABOVE BL.

	Inside border 600mm to exposed deck/bhd	Outside border 600mm to exposed deck/bhd
DECK PLATING–UNO	PL. 5,0 NV–A	PL. 5,5 AH–36
STIFFENERS–UNO	HP 80x6 NV–A	HP 80x6 AH–36
TRANSVERSE FRAMES–UNO	WEB 500x6 – FL 150x10 NV–A	WEB 500x6 – FL 150x10 AH–36
LONGITUDINAL GIRDERS–UNO	WEB 500x6 – FL 150x10 NV–A	WEB 500x6 – FL 150x10 AH–36
INTERNAL BHDS BELOW	PL. 5,0 NV–A – HP 100x6 NV–A – HP 200x10 NV–A iwo girders	PL. 5,0 AH–36 – HP 100x6 AH–36 – HP 200x10 AH–36 iwo girders *
EXTERNAL BHDS BELOW		PL. 6,0 AH–36 – HP 120x6 AH–36 – W300x10/FL150x10 AH–36 iwo girders
PILLARS BELOW	ø139,7x8 NV–A	

* Grade AH–36 only appliccable for first 600mm from exposed deck/bhd

REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN | YARD: BRODOSPLIT

LMG MARIN AS DRAWING NO.: 369005-DW-230-N-LMG-00002

PROJECT NO.	DOC TYPE	SFI NO.	DISC ORIGINATOR CODE	SEQUENTIAL NO.
369005	DW	230	N	00002

OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures

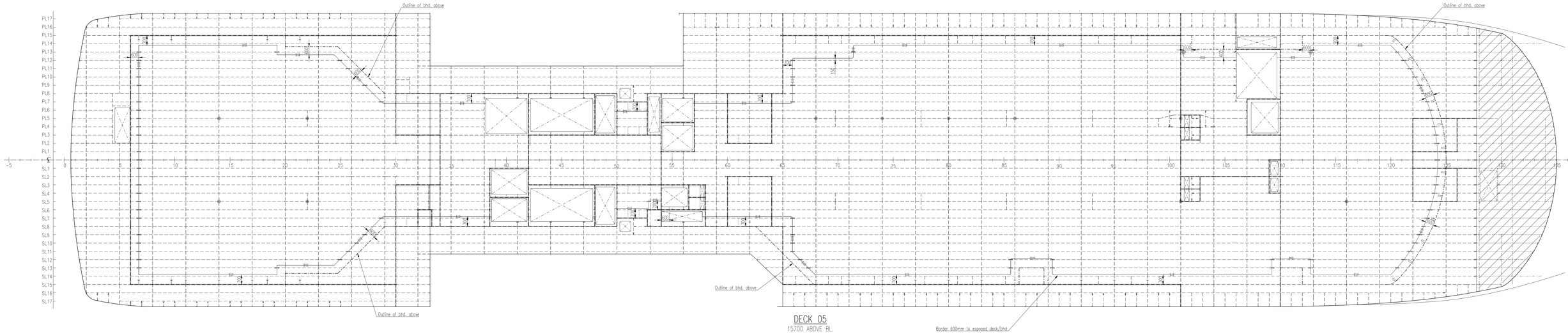
LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487
EXPEDITION SHIP

YARD DWG. NO.: 01-230-302 / 318068

REPLACEMENT FOR: –

TITLE: PROFILE AND DECK PLAN

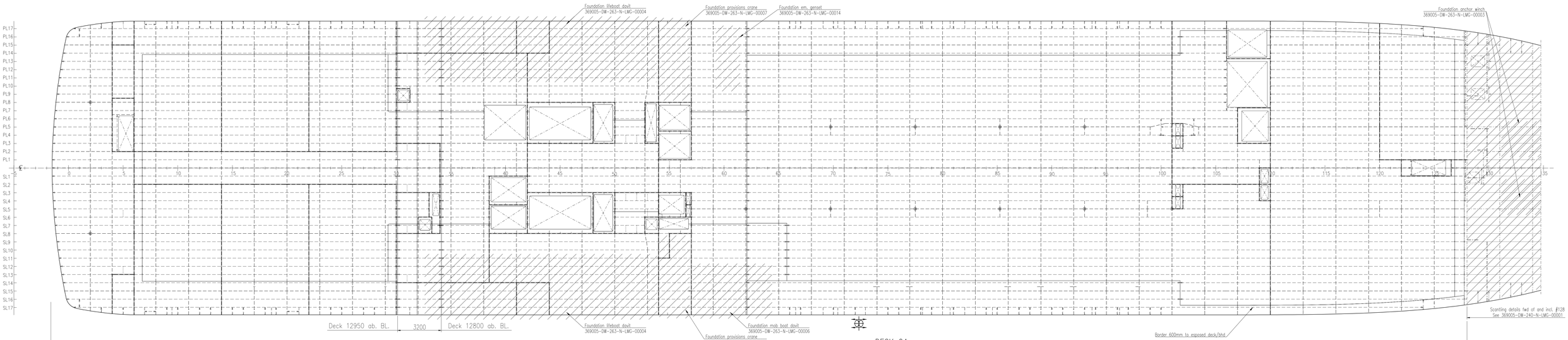
CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:100	A0	2 of 7



DECK 05
15700 ABOVE BL.

	Inside border 600mm to exposed deck/bhd	Outside border 600mm to exposed deck/bhd	
DECK PLATING–UNO	PL. 5,0 NV–A	PL. 5,5 AH–36	
STIFFENERS–UNO	HP 80x6 NV–A	HP 80x6 AH–36	
TRANSVERSE FRAMES–UNO	WEB 500x6 – FL 150x10 NV–A	WEB 500x6 – FL 150x10 AH–36	
LONGITUDINAL GIRDERS–UNO	WEB 500x6 – FL 150x10 NV–A	WEB 500x6 – FL 150x10 AH–36	See foreship drwg. for details
INTERNAL BHDS BELOW	PL. 5,0 NV–A – HP 100x6 NV–A – HP 200x10 NV–A iwo girders	PL. 5,0 AH–36 – HP 100x6 AH–36 – HP 200x10 AH–36 iwo girders *	
EXTERNAL BHDS BELOW		PL. 6,5 AH–36 – HP 120x6 AH–36 – W300x10/FL150x10 AH–36 iwo girders	
PILLARS BELOW	ø168,3x10		

* Grade AH–36 only appliccable for first 600mm from exposed deck/bhd



DECK 04
12800 ABOVE BL.

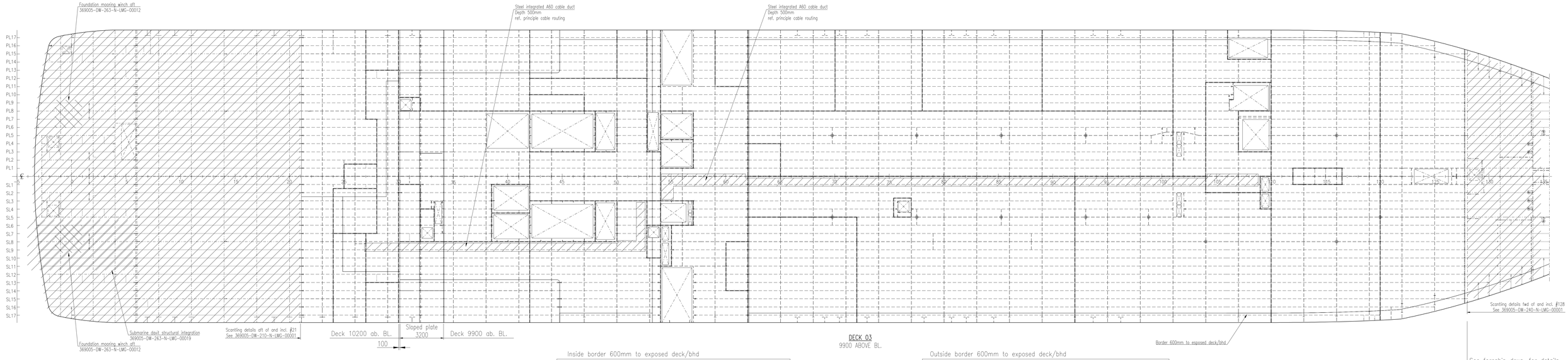
	Inside border 600mm to exposed deck/bhd	Outside border 600mm to exposed deck/bhd	
DECK PLATING–UNO	PL. 6,0 NV–A	PL. 6,0 AH–36	
STIFFENERS–UNO	HP 120x6 NV–A	HP 120x6 AH–36	
TRANSVERSE FRAMES–UNO	WEB 500x10 – FL 150x10 NV–A	WEB 500x10 – FL 150x10 AH–36	
LONGITUDINAL GIRDERS–UNO	WEB 500x10 – FL 150x12 NV–A	WEB 500x10 – FL 150x12 AH–36	
INTERNAL BHDS BELOW	PL. 5,0 NV–A – HP 100x6 NV–A – HP 200x10 NV–A iwo girders	PL. 5,0 AH–36 – HP 100x6 AH–36 – HP 200x10 AH–36 iwo girders *	See foreship drwg. for details
EXTERNAL BHDS BELOW		See shell expansion for details	
PILLARS BELOW	ø193,7x10 NV–A		

* Grade AH–36 only appliccable for first 600mm from exposed deck/bhd

REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK	APP.
E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN
YARD: BRODOSPLIT BRODOGRADNJA d.d.
LMG MARIN AS DRAWING NO.: 369005–DW–230–N–LMG–00002
PROJECT NO. | DOC. TYPE | SFI NO. | DISC. CODE | ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.
OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures
YARD DWG. NO.: 01–230–302 / 318068
REPLACEMENT FOR: –
CAD TOOL: ACAD 2015 | PRIMARY SCALE: 1:100 | SHEET SIZE: A0 | SHEET: 3 of 7
LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487
EXPEDITION SHIP
TITLE: PROFILE AND DECK PLAN



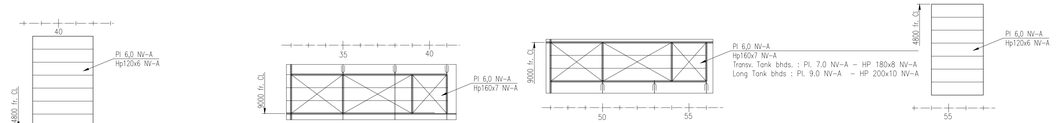
DECK 03
9900 ABOVE BL.

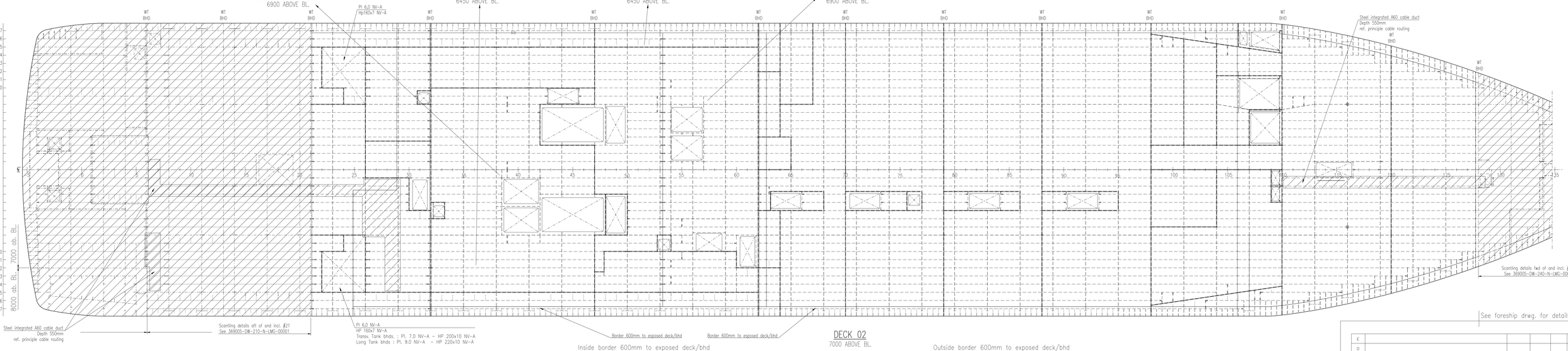
	Inside border 600mm to exposed deck/bhd	Outside border 600mm to exposed deck/bhd
DECK PLATING–UNO	PL. 6,0 NV–A	PL. 6,0 AH–36
STIFFENERS–UNO	HP 120x6 NV–A	HP 120x6 AH–36
TRANSVERSE FRAMES–UNO	WEB 500x10 – FL 150x10 NV–A	WEB 500x10 – FL 150x10 AH–36
LONGITUDINAL GIRDERS–UNO	WEB 500x10 – FL 150x12 NV–A	WEB 500x10 – FL 150x12 AH–36
INTERNAL BHDS BELOW	PL. 6,0 NV–A (7,0 AH36 for bhd's of funnel) – HP 100x6 NV–A – HP 200x10 NV–A iwo girders	PL. 6,0 NV–A (7,0 AH36 for bhd's of funnel) – HP 100x6 AH–36 – HP 200x10 AH–36 iwo girders *
EXTERNAL BHDS BELOW		See shell expansion for details
PILLARS BELOW	ø139,7x10 (Hold)	ø139,7x10 (Hold)

See aftship drwg. for details

See foreship drwg. for details

* Grade AH–36 only applicable for first 600mm from exposed deck/bhd





DECK 02
7000 ABOVE BL.

	Inside border 600mm to exposed deck/bhd	Outside border 600mm to exposed deck/bhd
DECK PLATING–UNO	PL. 6,0 NV–A	PL. 6,0 AH–36
STIFFENERS–UNO	HP 120x6 NV–A	HP 120x6 AH–36
TRANSVERSE FRAMES–UNO	WEB 550x10 – FL 150x12 NV–A	WEB 550x10 – FL 150x12 AH–36
LONGITUDINAL GIRDERS–UNO	WEB 550x10 – FL 150x15 NV–A	WEB 550x10 – FL 150x15 AH–36
NON WT BHDS BELOW	Non–WT bhds. : Pl. 7,0 (6,0 for transv. bhds) NV–A – HP120x6 NV–A – HP 200x10 NV–A iwo girders	Non–WT bhds. : Pl. 7,0 (6,0 for transv. bhds) AH–36 – HP120x6 AH–36 – HP 200x10 AH–36 iwo girders
TRANSV. WT BHDS BELOW	Transv. WT bhds. : Pl. 6,0 NV–A – HP160x7 NV–A – HP 200x10 NV–A iwo girders, Tank bhds. : Pl. 7,0 NV–A – HP 180x8 NV–A	Transv. WT bhds. : Pl. 6,0 AH–36 – HP160x7 AH–36 – HP 200x10 AH–36 iwo girders
LONG WT BHDS BELOW	Long. WT bhds. : Pl. 7,0 NV–A – HP160x7 NV–A – HP 200x10 NV–A iwo girders, Tank bhds. : Pl. 9.0 NV–A – HP 200x10 NV–A	Long. WT bhds. : Pl. 7,0 AH–36 – HP160x7 AH–36 – HP 200x10 AH–36 iwo girders
EXTERNAL BHDS BELOW		See shell expansion for details
PILLARS BELOW	ø139,7x10 (Hold)	ø139,7x10 (Hold)

See aftship drwg. for details

See foreship drwg. for details

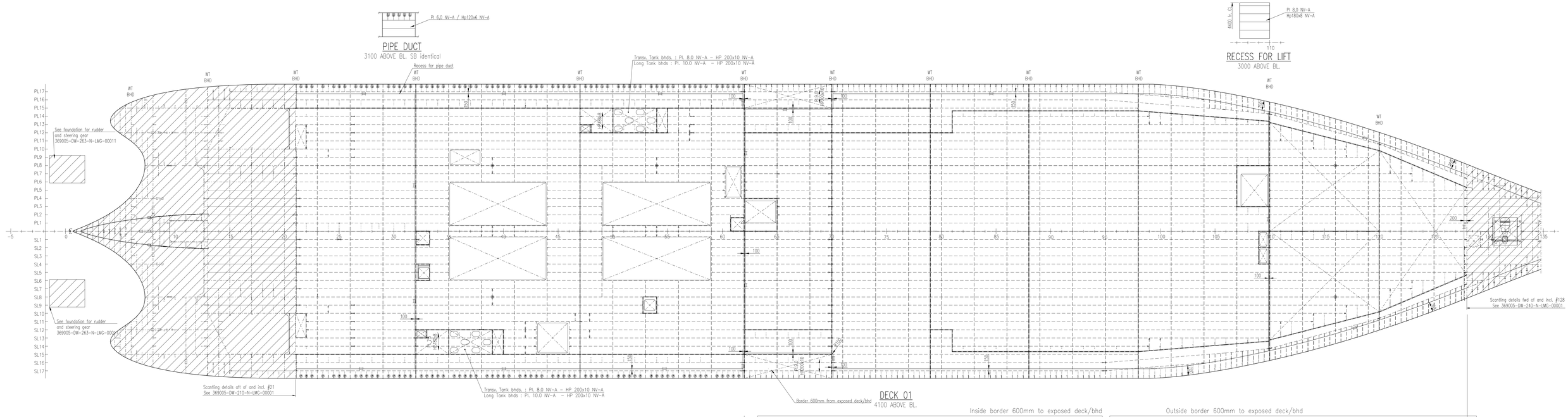
REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK	APP.
E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN
YARD: BRODOSPLIT
LMG MARIN AS DRAWING NO.: 369005-DW-230-N-LMG-00002
PROJECT NO. | DOC. TYPE | SYS. NO. | DISC. CODE | ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.

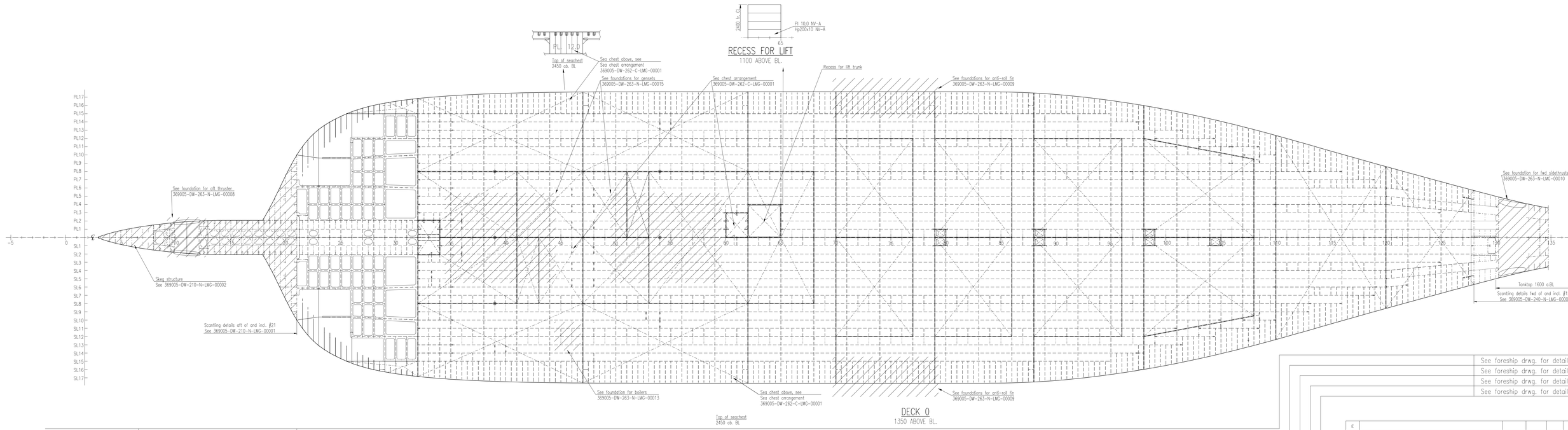
OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures
PROJECT: LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP
YARD DWG. NO.: 01-230-302 / 318068
REPLACEMENT FOR: –
TITLE: PROFILE AND DECK PLAN

CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:100	A0	4 of 7



			Inside border 600mm to exposed deck/bhd	Outside border 600mm to exposed deck/bhd
DECK PLATING–UNO	See aftship drwg. for details	PL. 8.0 NV-A aft of #62	PL. 6.0 NV-A from #62 to #110, PL.7.5 NV-A forw. of #110	PL. 6.0 AH-36
STIFFENERS–UNO	See aftship drwg. for details		HP 120x6 NV-A aft of #70, HP 140x7 NV-A forw. of #70	HP 120x6 AH-36aft of #70, HP 140x7 AH-36 forw. of #70
TRANSVERSE FRAMES–UNO	See aftship drwg. for details	WEB 400x10 – FL 150x15 ** (iwo engine rooms)	WEB 550x10 – FL 150x12 NV-A	WEB 550x10 – FL 150x12 AH-36
LONGITUDINAL GIRDERS–UNO	See aftship drwg. for details		WEB 550x10 – FL 150x15 NV-A	WEB 550x10 – FL 150x15 AH-36
NON WT BHDS BELOW	See aftship drwg. for details		Non-WT bhds. : Pl. 7,0 (6,0 for transv. bhds) NV-A – HP 140x7 NV-A – HP 200x10 NV-A iwo girders	Non-WT bhds. : Pl. 7,0 (6,0 for transv. bhds) AH-36 – HP140x7 AH-36 – HP 200x10 AH-36 iwo girders
TRANSV WT BHDS BELOW	See aftship drwg. for details		Transv. WT bhds. : Pl. 6,0 NV-A – HP200x10 NV-A	Transv. WT bhds. : Pl. 8,0 AH-36 – HP200x10 AH-36
LONG WT BHDS BELOW	See aftship drwg. for details		WT bhds. : Pl. 8.0 NV-A – HP200x10 NV-A, WB Tank bhds. : Pl. 11,0 NV-A – HP220x10 NV-A	WT bhds. : Pl. 8.0 AH-36 – HP200x10 AH-36, WB Tank bhds. : Pl. 11,0 AH-36 – HP 220x10 AH-36
EXTERNAL BHDS BELOW	See aftship drwg. for details			See shell expansion for details
PILLARS BELOW	See aftship drwg. for details		ø139,7x10 (Hold)	ø139,7x10 (Hold)

** 600mm from exposed deck/bhd to be grade AH-36



DECK PLATING–UNO	See aftship drwg. for details	PL. 9,5 NV-A #32÷70; PL. 8,5 NV-A #70÷110; PL. 9,5 NV-A #110÷128	See foreship drwg. for details
STIFFENERS–UNO	See aftship drwg. for details	HP 200x10 NV-A	See foreship drwg. for details
TRANSVERSE FLOORS–UNO	See aftship drwg. for details	Non-WT floors: Pl. 9,0 NV-A – FB 100x10 NV-A WT floors: Pl. 10,0 NV-A – FB 150x12 NV-A	See foreship drwg. for details
LONGITUDINAL GIRDERS–UNO	See aftship drwg. for details	Non-WT floors: Pl. 9,0 NV-A – FB 100x10 NV-A WT floors: Pl. 11,0 NV-A – FB 150x12 NV-A	See foreship drwg. for details

REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN
YARD: BRODOSPLIT
OWNER: Quark Expeditions – The Leader in Polar Adventures

LMG MARIN AS DRAWING NO.: 369005-DW-230-N-LMG-00002

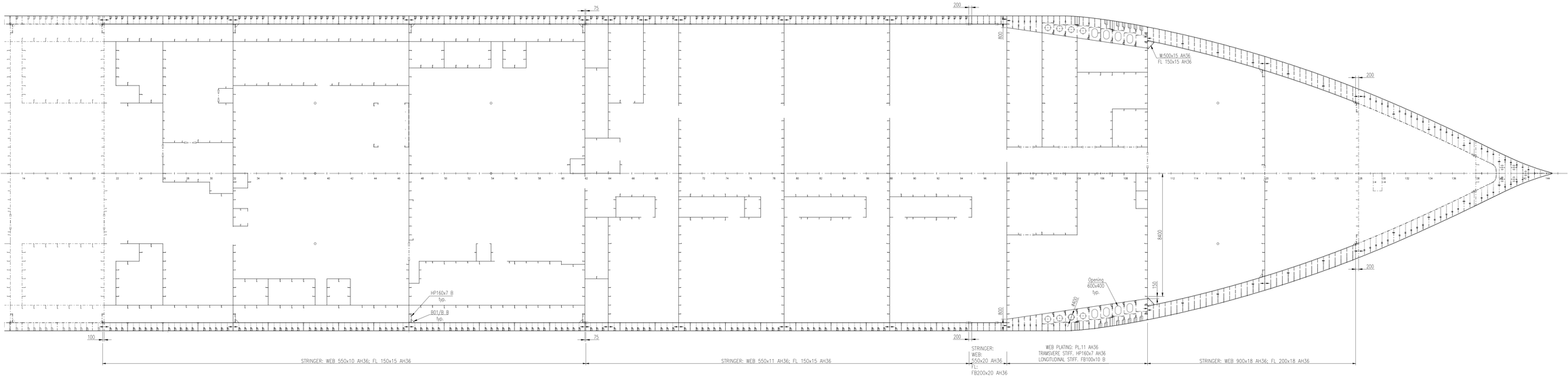
PROJECT NO. | DOC TYPE | SFI NO. | DISC ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.

YARD DWG. NO.: 01-230-302 / 318068
REPLACEMENT FOR: –

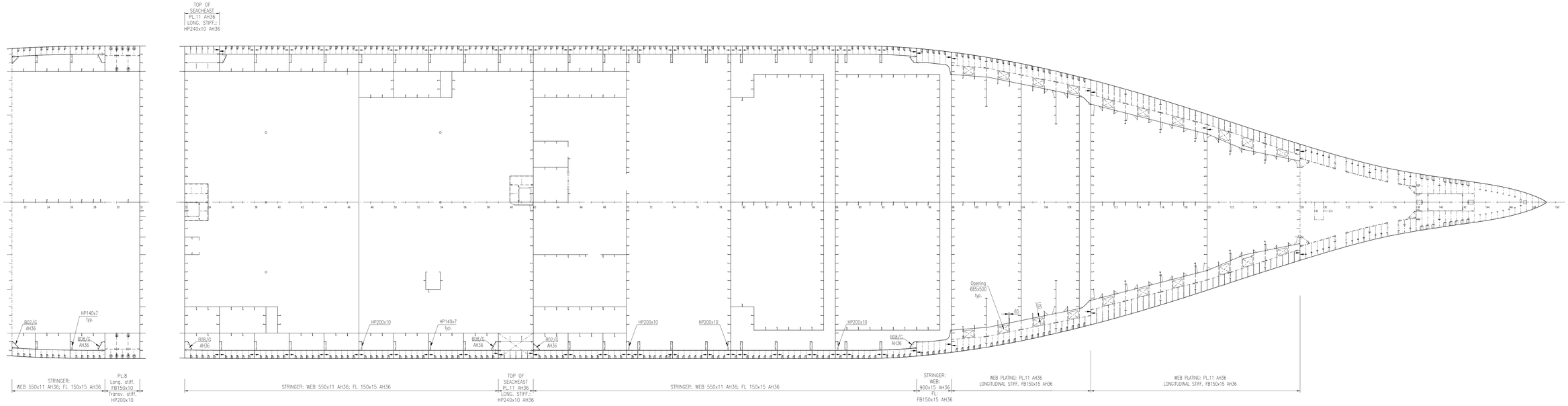
TITLE: LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP

PROFILE AND DECK PLAN

CAD TOOL: ACAD 2015 | PRIMARY SCALE: 1:100 | SHEET SIZE: A0 | SHEET: 5 of 7



STRINGER 02
5250 ABOVE BL.



STRINGER 01
3100 ABOVE BL.

STRINGER 01
2450 ABOVE BL.

REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN
YARD: BRODOSPLIT BRODOGRADILIŠTE D.D.
OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures.

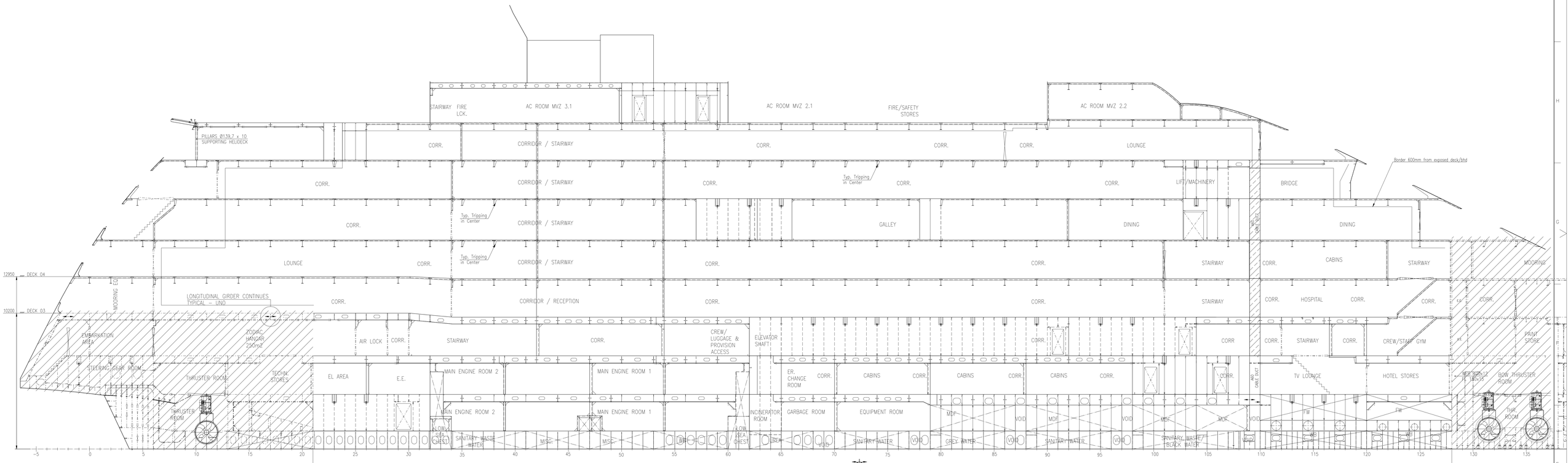
LMG MARIN AS DRAWING NO.: 369005-DW-230-N-LMG-00002
(PROJECT NO. | DOC TYPE | SY. NO. | DISC. CODE | ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.)

PROJECT: LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487
EXPEDITION SHIP

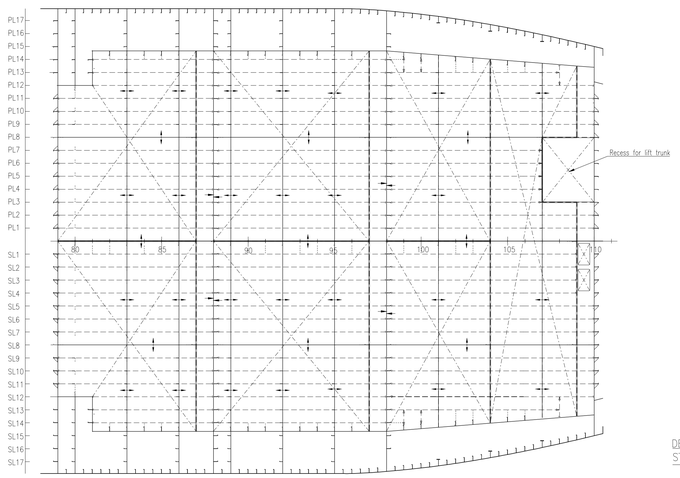
YARD DWG. NO.: 01-230-302 / 318068
REPLACEMENT FOR: –

TITLE: PROFILE AND DECK PLAN

CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:100	A0	6 of 7

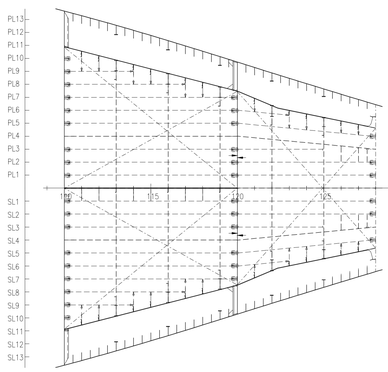


PROFILE CL



DECK PLATING–UNO	PL. 7.5
STIFFENERS–UNO	HP 180x8

TOP OF MGO TANKS
3300 ABOVE BL.



DECK PLATING–UNO	PL. 7.5
STIFFENERS–UNO	HP 200x10

BOTTOM OF TANKS
2150 ABOVE BL.

REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN
YARD: BRODOSPLIT
OWNER: Quark Expeditions – The Leader in Polar Adventures

LMG MARIN AS DRAWING NO.
369005–DW–230–N–LMG–00002

PROJECT NO. | DOC TYPE | SYS NO. | DISC CODE | ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.

PROJECT
LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487
EXPEDITION SHIP

YARD DWG. NO.
01–230–302 / 318068

REPLACEMENT FOR:
–

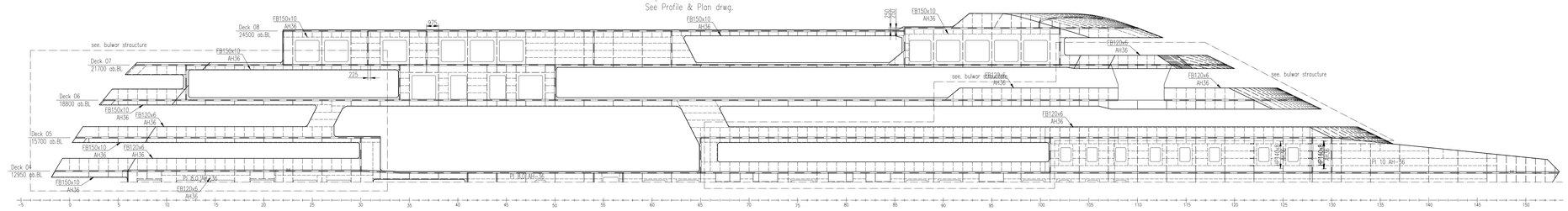
TITLE
PROFILE AND DECK PLAN

CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:100	A0	7 of 7

SUPESTRUCTURE – SIDE VIEW (SB)

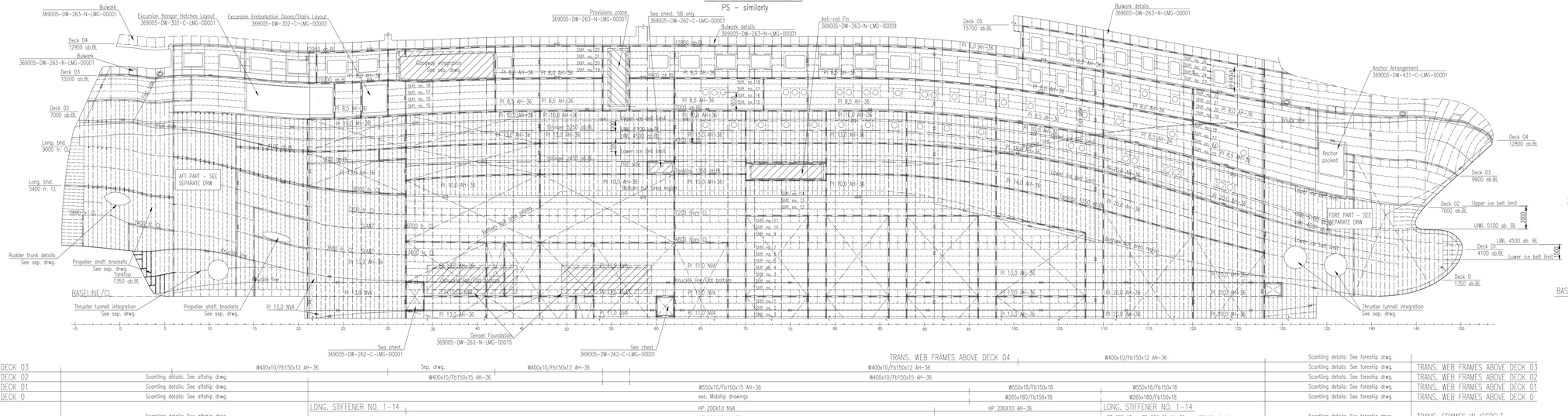
PS – similarly

For plate & stiffener details:
See Profile & Plan drwg.



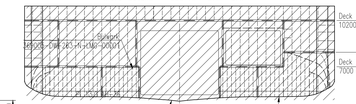
SHELL EXPANSION SB

PS – similarly

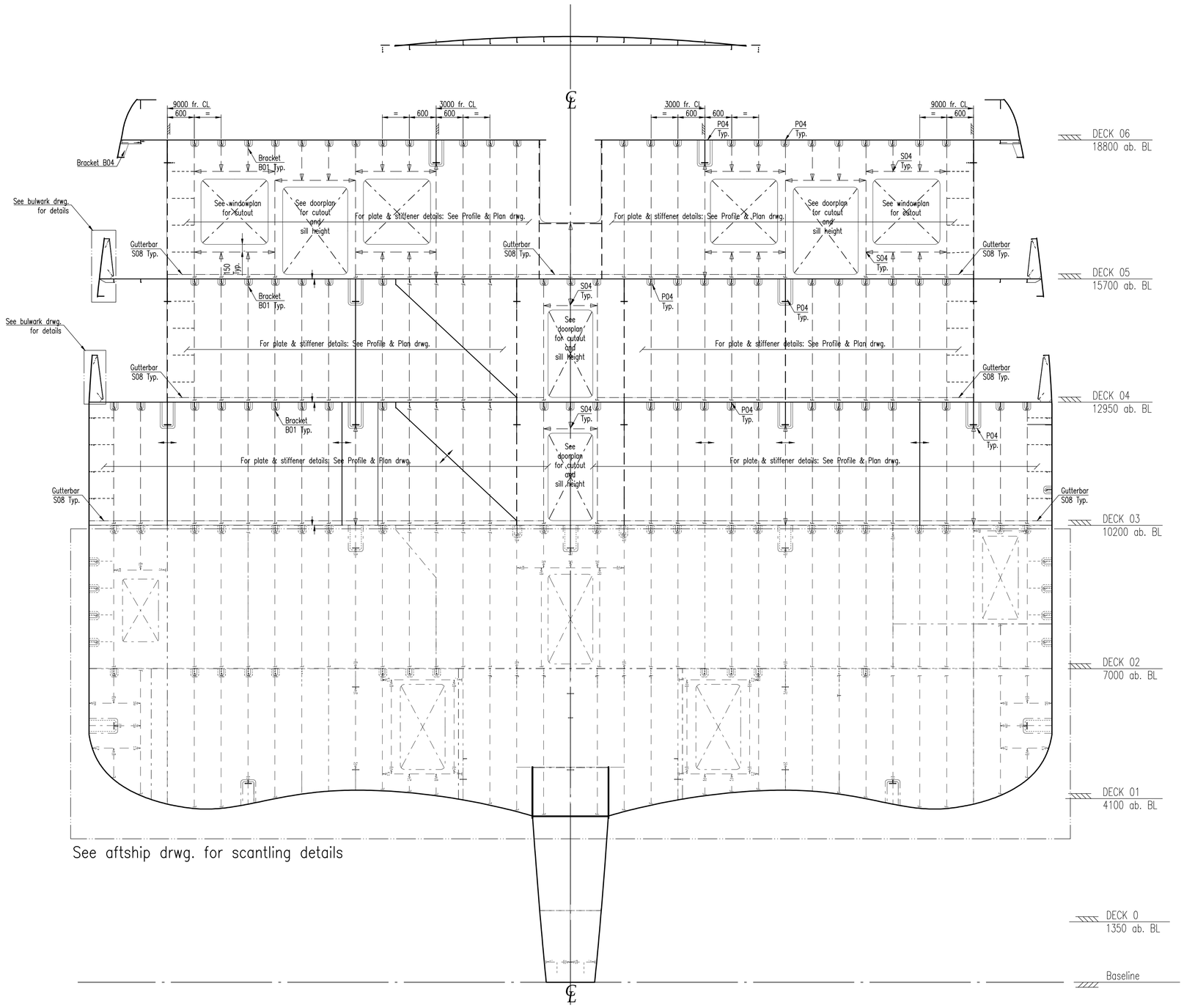


TRANSOM

More details – see AFT SHIP drw



| | | |



Transverse frame #6
Seen from aft

MAIN DIMENSIONS

LENGTH OVER ALL	abt. 127.97 m
LENGTH BETWEEN P.P.	115.58 m
MOULDED BEAM	21.50 m
DEPTH, MOULDED	7.00 m
DRAUGHT MAX	5.25 m
DESIGN DRAUGHT	5.10 m

CLASS

DNVGL +1A, PC-(6)(-20), PASSENGER SHIP, EO, COMF (V2)(C2)PAX, (V3)(C3)CREW, CLEAN, RECYCLABLE, TMON, BIS, ECA(Sox-A), HELDK(S,H,F) LFL(2)

PROJECT REFERENCES:

369005-DW-101-C-LMG-00001 GENERAL ARRANGEMENT
369005-DW-102-Y-LMG-00005 CAPACITY PLAN
369005-DW-200-N-LMG-00003 TYPICAL STRUCTURAL DETAILS
369005-DW-200-N-LMG-00004 WELDING TABLE
369005-DW-230-N-LMG-00002 PROFILE AND DECKS PLAN
369005-DW-230-N-LMG-00003 SHELL EXPANSION & FRAMING PLAN
369005-DW-237-N-LMG-00001 LONGITUDINAL SECTIONS
369005-DW-262-C-LMG-00001 SEA CHEST ARRANGEMENT
369005-DW-263-N-LMG-00001 BULWARK STRUCTURE

SUPPLIERS REFERENCES:

SUPPLIER NAME: -

REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN | YARD: BRODOSPLIT

LMG MARIN AS DRAWING NO.: 369005-DW-236-N-LMG-00001

PROJECT NO.	DOC. TYPE	SFI NO.	DISC. CODE	ORIGINATOR CODE	SEQUENTIAL NO.
369005	DW	236	N	LMG	00001

OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures

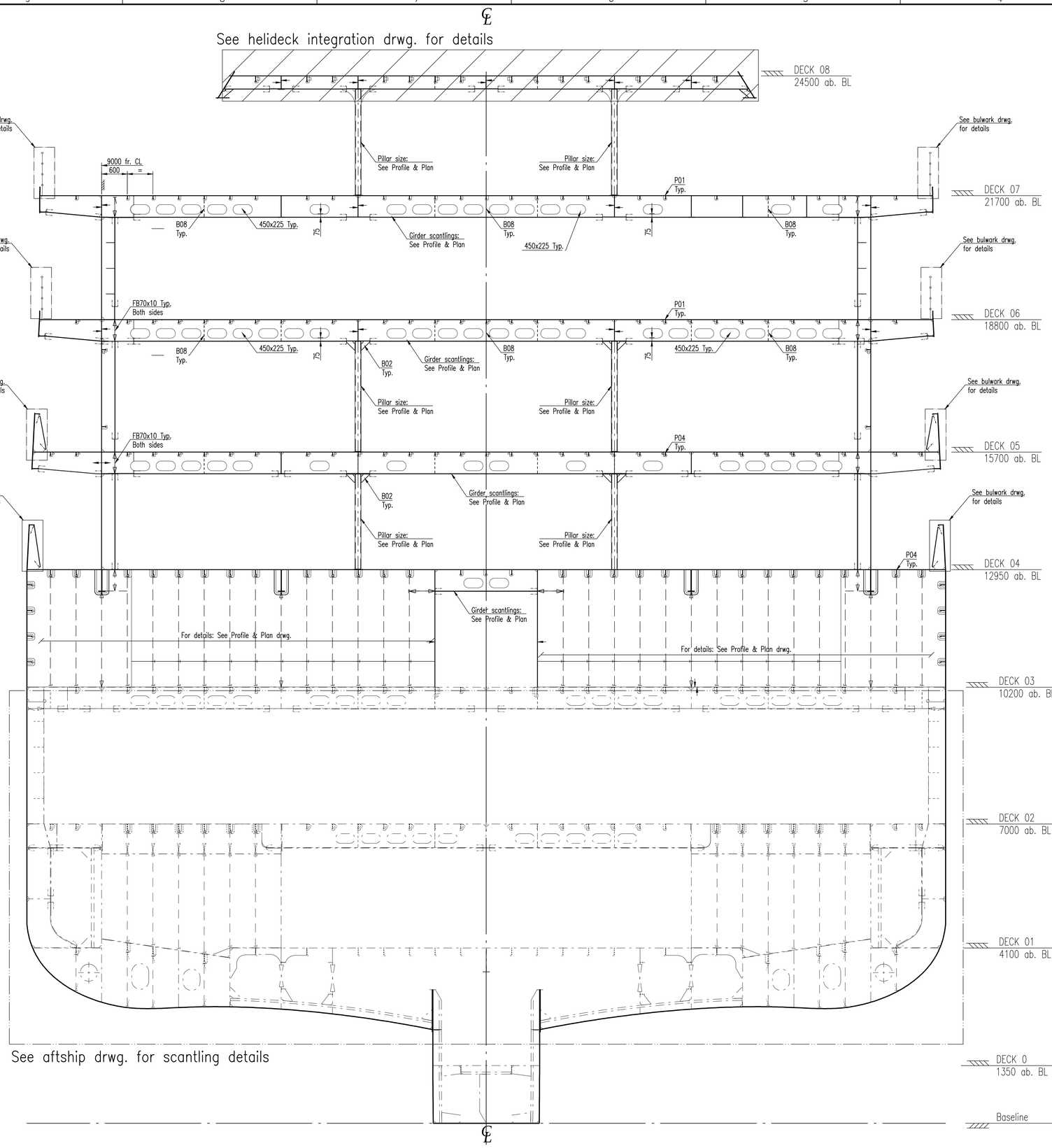
PROJECT: LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP

YARD DWG. NO.: 01-230-304 / 318070

REPLACEMENT FOR: -

TITLE: TRANSVERSE SECTIONS

CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:50	A1	1 of 11



Transverse frame #14 (Webframe)
Seen from aft

REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN

YARD: BRODOSPLIT

OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures

LMG MARIN AS DRAWING NO.
369005-DW-236-N-LMG-00001
PROJECT NO. | DOC. TYPE | SFI NO. | DISC. CODE | ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.

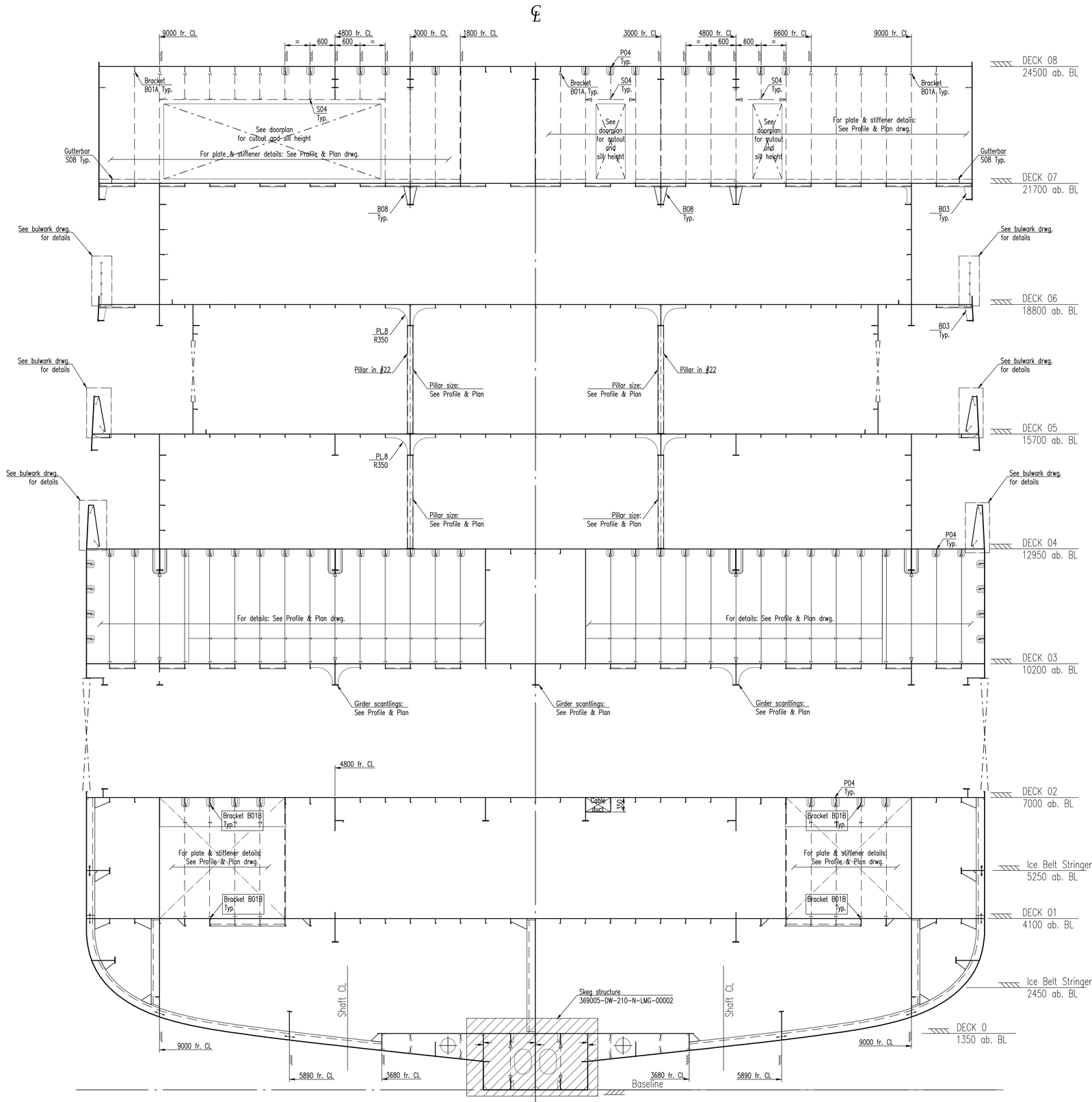
PROJECT
LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487
EXPEDITION SHIP

YARD DWG. NO.
01-230-304 / 318070

REPLACEMENT FOR:
–

TITLE
TRANSVERSE SECTIONS

CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:50	A1	2 of 11



℄

Transverse frame #22 (Ordinary frame)
Seen from aft

REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN

YARD: BRODOSPLIT BRODOGRADILIŠTE INDUSTRIJA BRODOVA SPLIT d.d.

LMG MARIN AS DRAWING NO.: 369005-DW-236-N-LMG-00001

PROJECT NO. | DOC. TYPE | SFI NO. | DISC. CODE | ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.

OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures

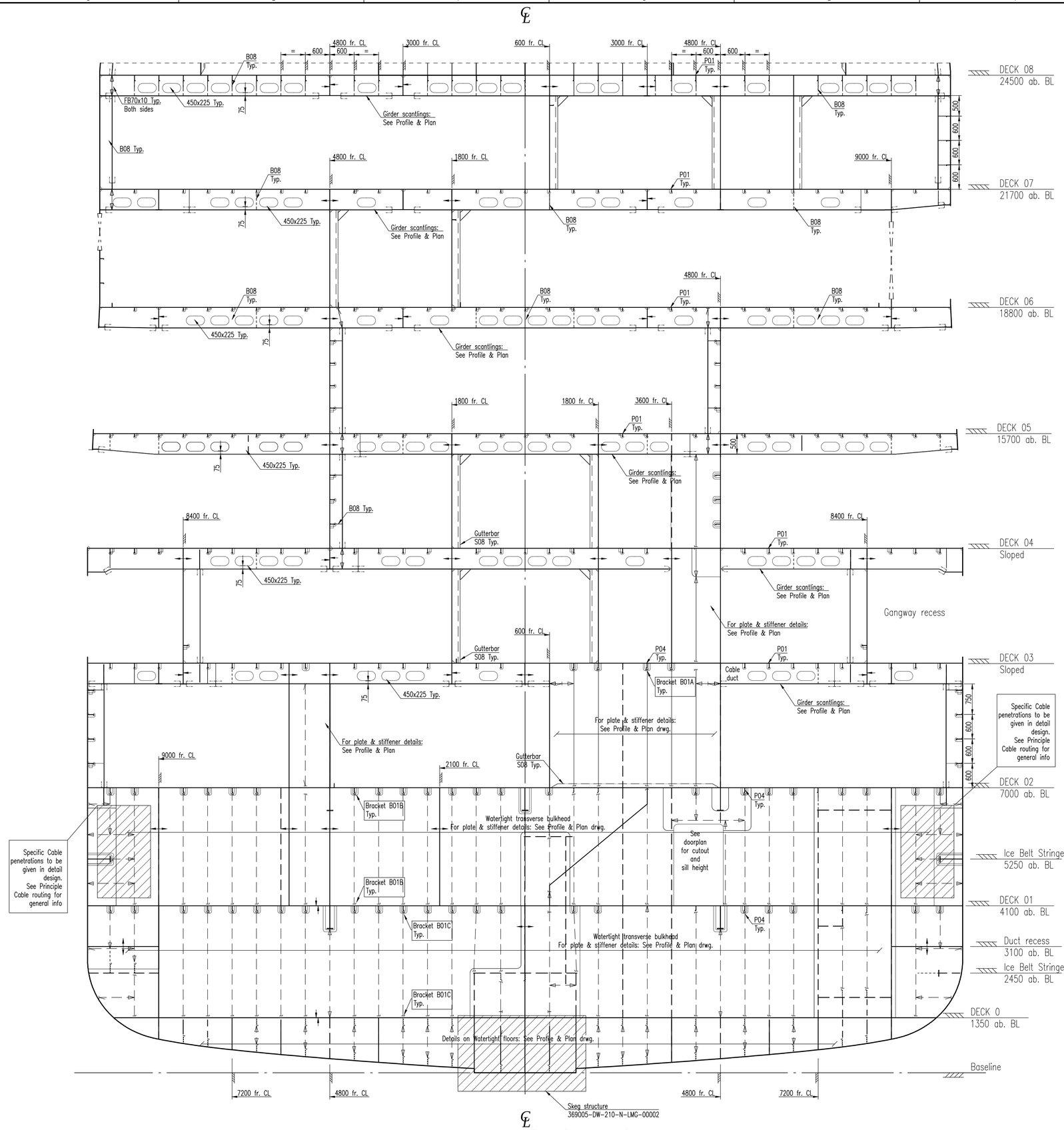
PROJECT: LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP

YARD DWG. NO.: 01-230-304 / 318070

REPLACEMENT FOR: –

TITLE: TRANSVERSE SECTIONS

CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:50	A1	3 of 11



℄

Transverse frame #32 (Webframe)
Seen from aft

REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN

YARD: BRODOSPLIT

LMG MARIN AS DRAWING NO.

369005-DW-236-N-LMG-00001

PROJECT NO.	DOC. TYPE	SFI NO.	DISC. CODE	ORIGINATOR CODE	SEQUENTIAL NO.
369005	DW	236	N	LMG	00001

OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures

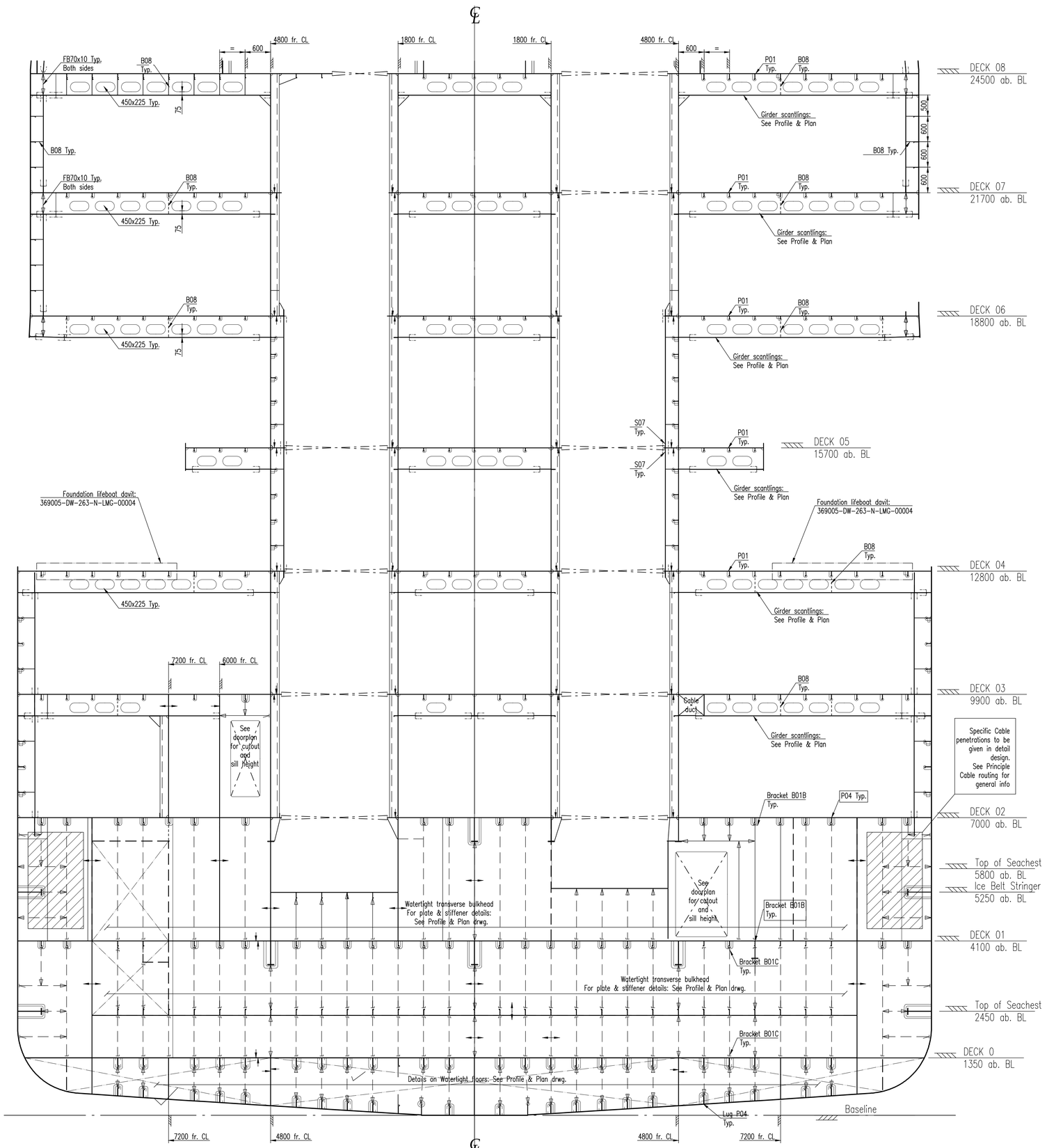
PROJECT: LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487
EXPEDITION SHIP

YARD DWG. NO.: 01-230-304 / 318070

REPLACEMENT FOR: –

TITLE: TRANSVERSE SECTIONS

CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:50	A1	4 of 11



℄
Transverse frame #47 (Webframe)
Seen from aft

REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN

YARD: BRODOSPLIT

LMG MARIN AS DRAWING NO.: 369005-DW-236-N-LMG-00001

PROJECT NO.	DOC. TYPE	SFI NO.	DISC. CODE	ORIGINATOR CODE	SEQUENTIAL NO.
369005	DW	236	N	LMG	00001

OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures

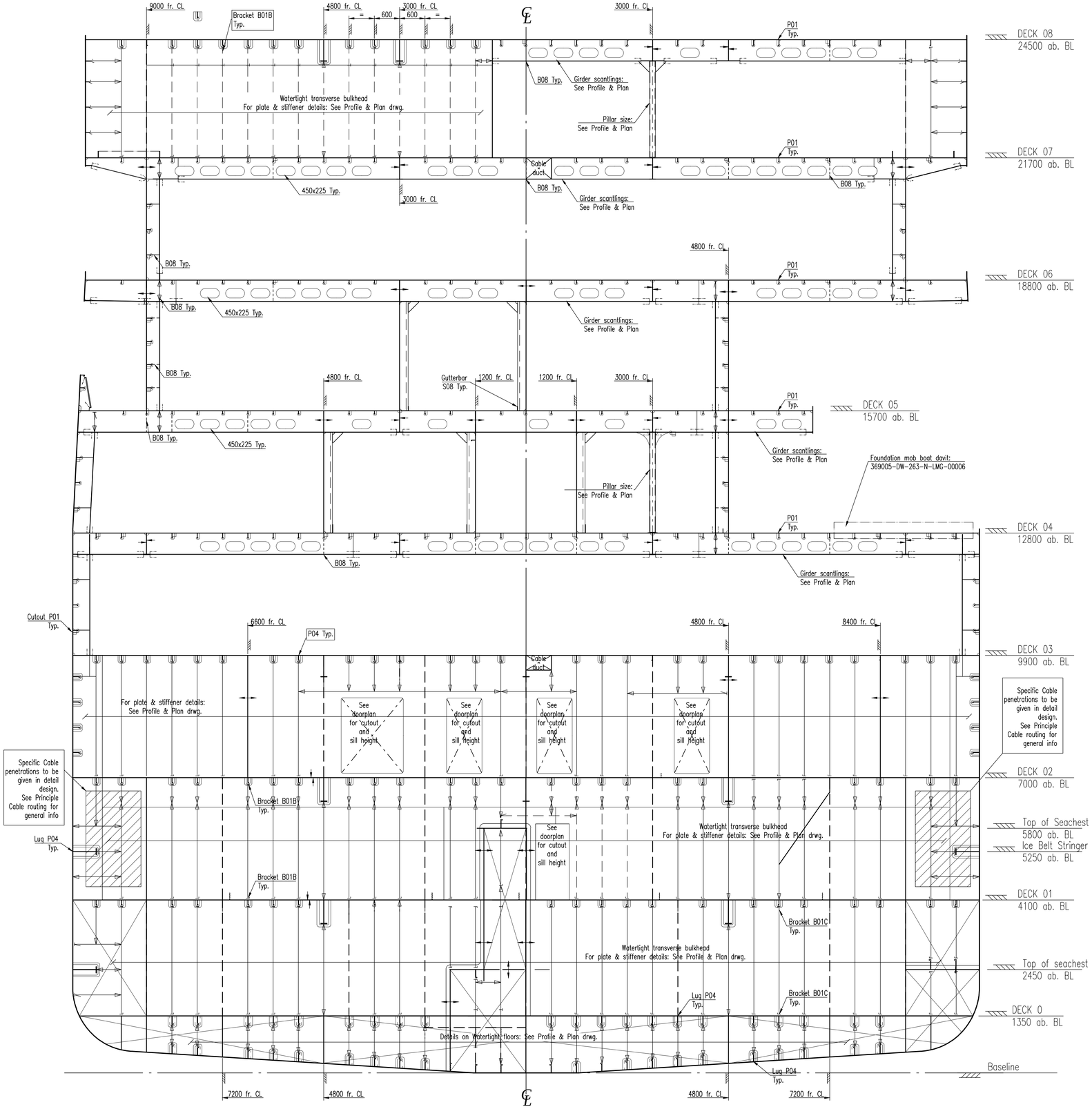
PROJECT: LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP

YARD DWG. NO.: 01-230-304 / 318070

REPLACEMENT FOR: –

TITLE: TRANSVERSE SECTIONS

CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:50	A1	5 of 11



Transverse frame #62 (Webframe)
Seen from aft

REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN

YARD: BRODOSPLIT BRODOGRADILIŠTE INDUSTRIJA BRODOVA GRUP D.D.

LMG MARIN AS DRAWING NO.: 369005-DW-236-N-LMG-00001

PROJECT NO.	DOC. TYPE	SFI NO.	DISC. CODE	ORIGINATOR CODE	SEQUENTIAL NO.

OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures

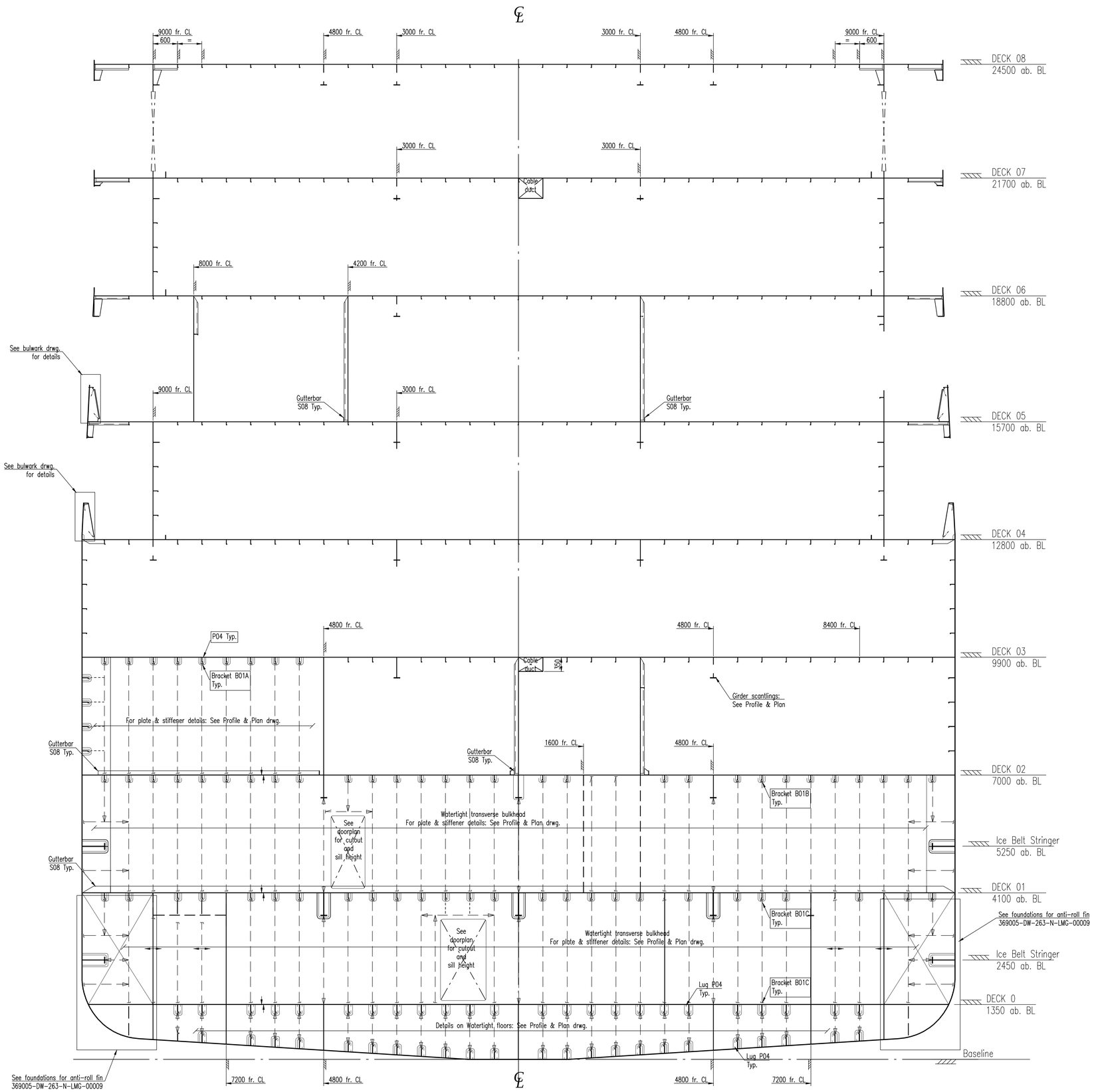
PROJECT: LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP

YARD DWG. NO.: 01-230-304 / 318070

REPLACEMENT FOR: –

TITLE: TRANSVERSE SECTIONS

CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:50	A1	6 of 11



Transverse frame #70 (Ordinary frame)
Seen from aft

REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN
YARD: BRODOSPLIT BRODOGRADILIŠTE INDUSTRIJA BROD d.d.

LMG MARIN AS DRAWING NO.
369005-DW-236-N-LMG-00001
PROJECT NO. | DOC. TYPE | SFI NO. | DISC. CODE | ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.

OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures

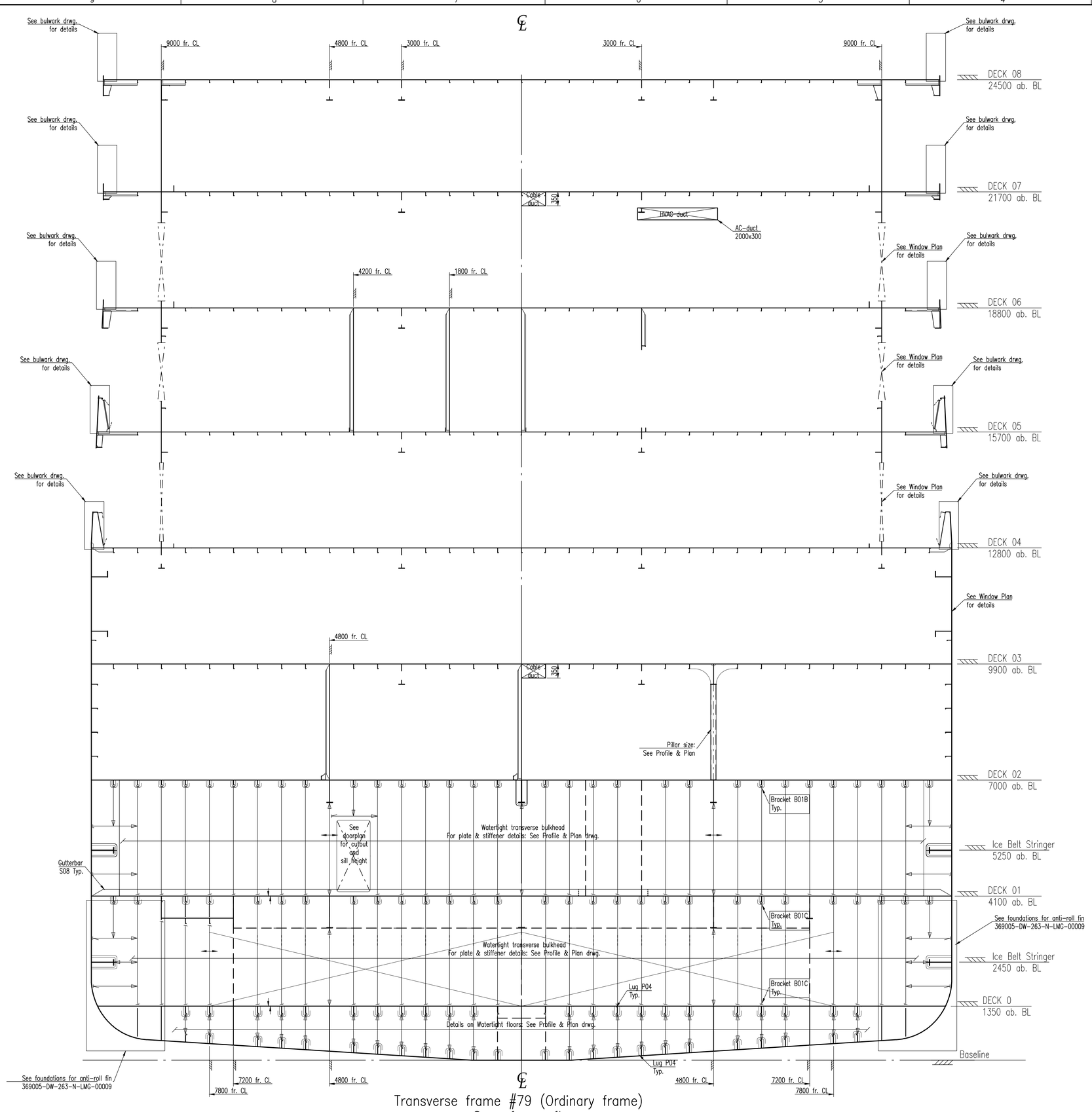
PROJECT
LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487
EXPEDITION SHIP

YARD DWG. NO.
01-230-304 / 318070

REPLACEMENT FOR:
–

CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:50	A1	7 of 11

TITLE
TRANSVERSE SECTIONS



Transverse frame #79 (Ordinary frame)
Seen from aft

REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN

YARD: BRODOSPLIT BRODOGRADEVNA INDUSTRIJA SPLIT d.d.

OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures

LMG MARIN AS DRAWING NO.
369005-DW-236-N-LMG-00001

PROJECT NO.	DOC. TYPE	SFI NO.	DISC. CODE	ORIGINATOR CODE	SEQUENTIAL NO.

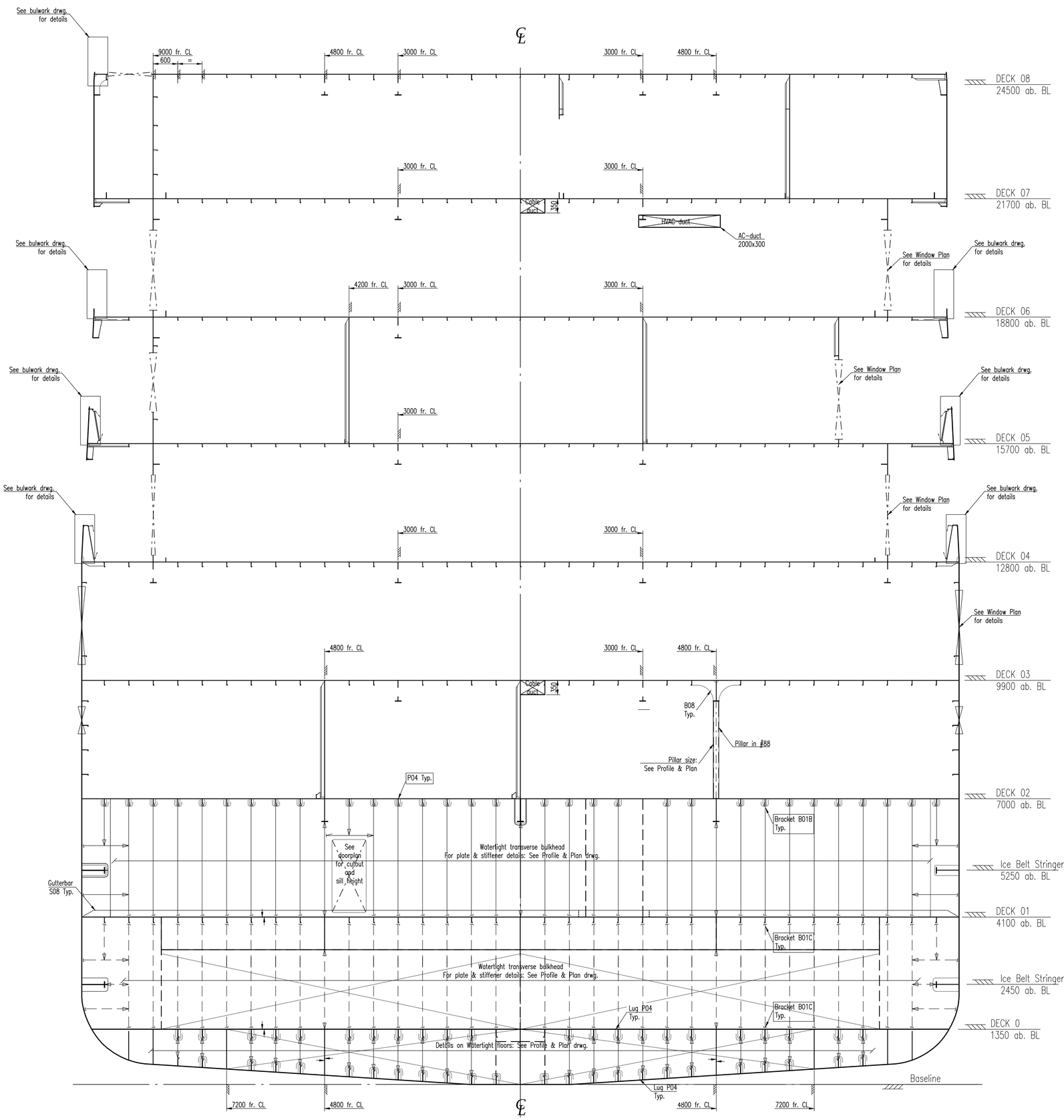
PROJECT
LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487
EXPEDITION SHIP

YARD DWG. NO.
01-230-304 / 318070

REPLACEMENT FOR:
–

CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:50	A1	8 of 11

TITLE
TRANSVERSE SECTIONS



Transverse frame #88 (Ordinary frame)
Seen from aft

E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA
REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN

YARD: BRODOSPLIT

LMG MARIN AS DRAWING NO.
369005-DW-236-N-LMG-00001
PROJECT NO. | DOC. TYPE | SFI NO. | DISC. CODE | ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.

OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures

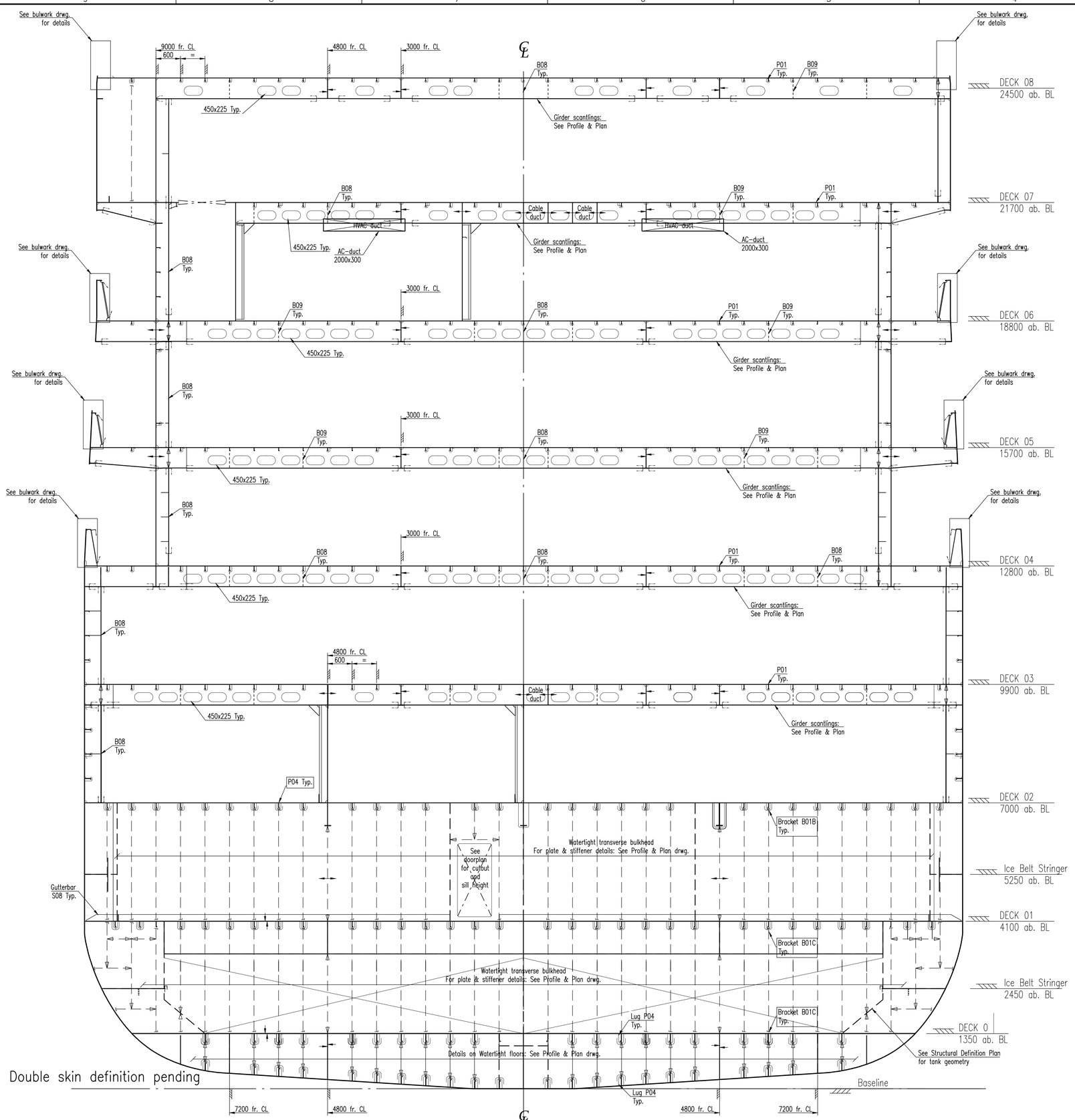
PROJECT
LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487
EXPEDITION SHIP

YARD DWG. NO.
01-230-304 / 318070

REPLACEMENT FOR:
-

TITLE
TRANSVERSE SECTIONS

CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:50	A1	9 of 11



Transverse frame #98 (Webframe)
Seen from aft

REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN

YARD: BRODOSPLIT

LMG MARIN AS DRAWING NO.: 369005-DW-236-N-LMG-00001

PROJECT NO. | DOC. TYPE | SFI NO. | DISC. CODE | ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.

OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures

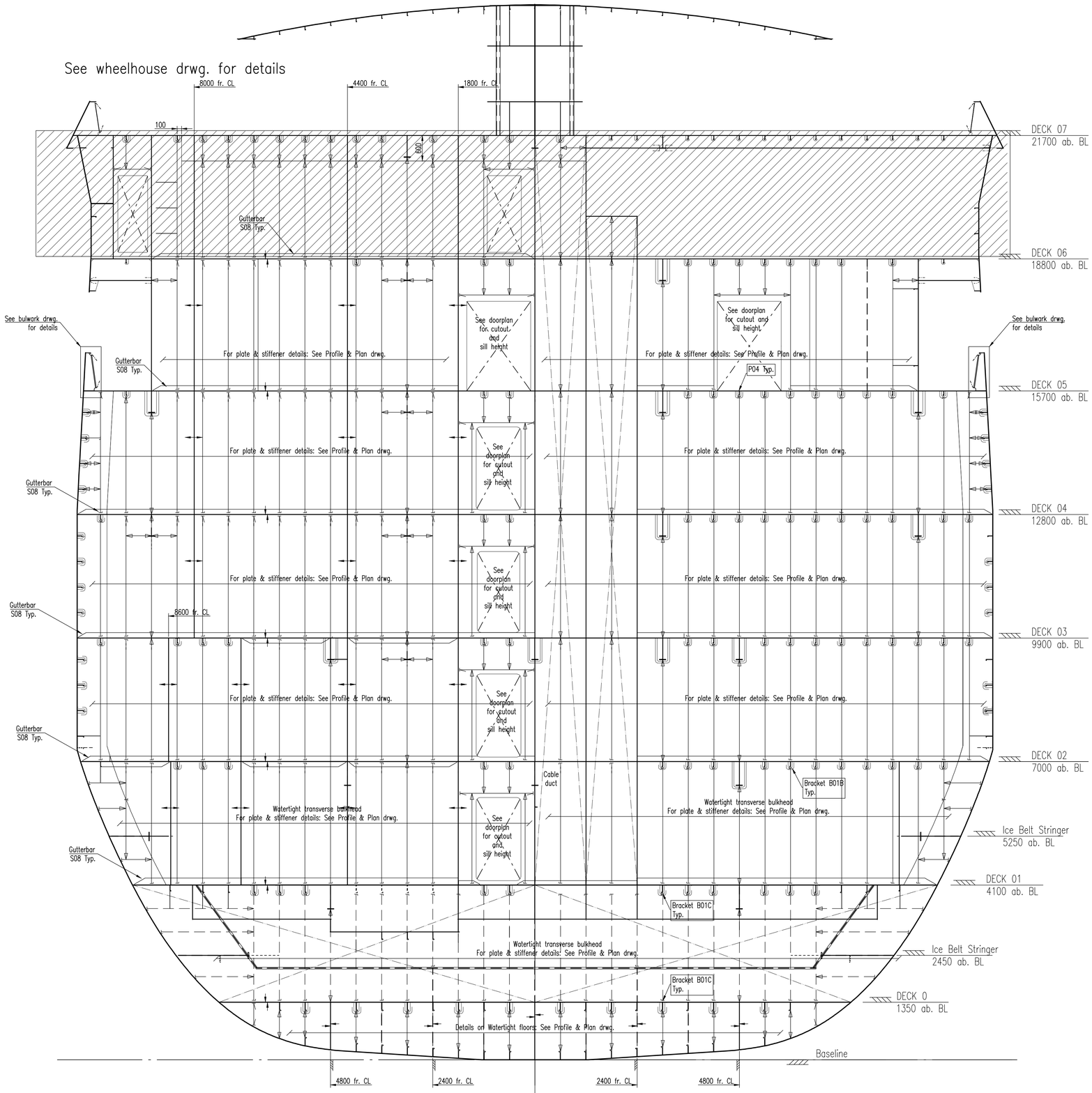
PROJECT: LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487
EXPEDITION SHIP

YARD DWG. NO.: 01-230-304 / 318070

REPLACEMENT FOR: –

TITLE: TRANSVERSE SECTIONS

CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:50	A1	10 of 11



℄

Transverse frame #110 (Webframe)
Seen from aft

REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN

YARD: BRODOSPLIT BRODOGRADEVNA INDUSTRIJA SPLIT d.d.

LMG MARIN AS DRAWING NO.: 369005-DW-236-N-LMG-00001

PROJECT NO. | DOC. TYPE | SFI NO. | DISC. CODE | ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.

OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures

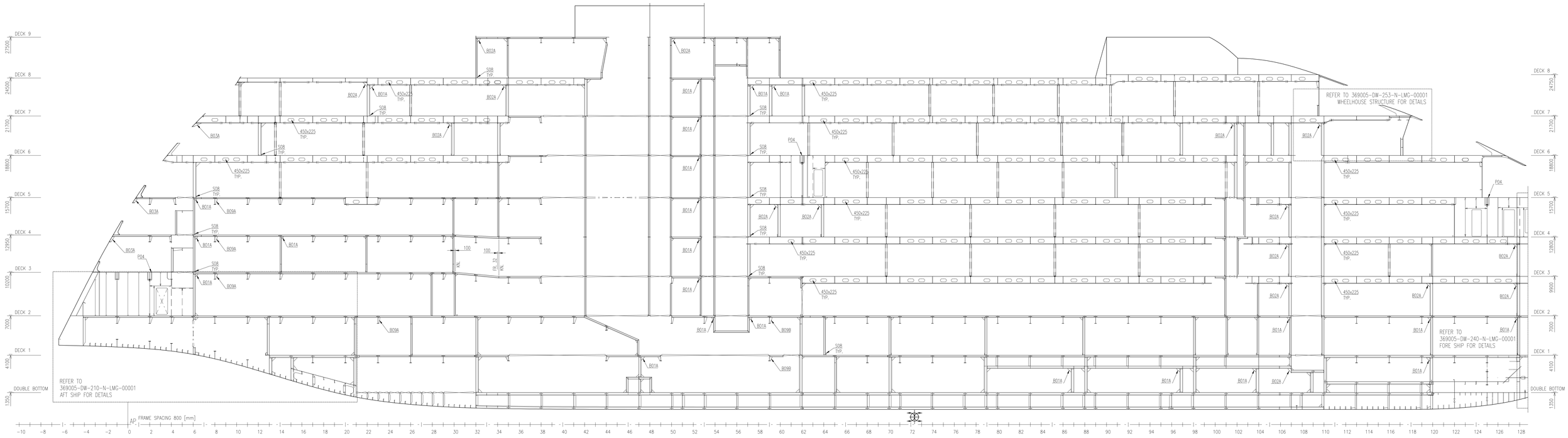
PROJECT: LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487
EXPEDITION SHIP

YARD DWG. NO.: 01-230-304 / 318070

REPLACEMENT FOR: –

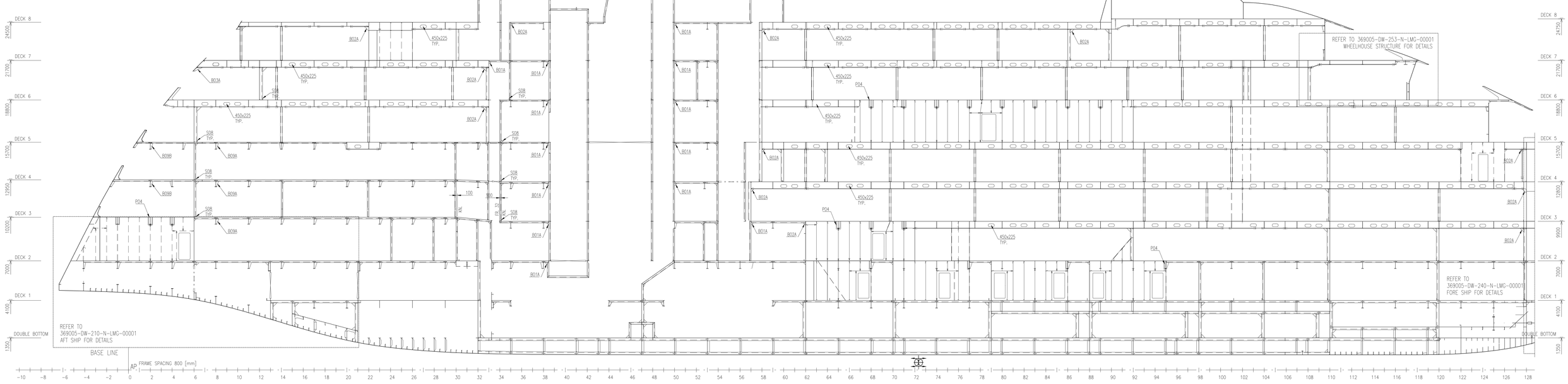
TITLE: TRANSVERSE SECTIONS

CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:50	A1	11 of 11



LONGITUDINAL SECTION 3000 f.CL PS

SEEN TOWARDS PORT



MAIN DIMENSIONS

LENGTH OVER ALL	abt. 127.97 m
LENGTH BETWEEN P.P.	115.58 m
MOULDED BEAM	21.50 m
DEPTH, MOULDED	7.00 m
DRAUGHT SCANTLING	5.25 m
DESIGN DRAUGHT	5.10 m
FRAME SPACING	0.80 m

CAPACITY

PASSENGER CAPACITY	200 persons
CREW/STAFF CAPACITY	116 persons
PASSENGER CABINS	97 x 2P cabins
	6 x 1P cabins
STAFF CABINS	40 x 2P cabins
	15 x 1P cabins
CREW CABINS	11 x 1P cabins
	5 x 2P cabins

CLASS

DNVGL +1A, PC-(6)(-20), PASSENGER SHIP, E0, COMF (V2)(C2)PAX, (V3)(C3)CREW, CLEAN, RECYCLABLE, TMON, BIS, ECA(Sox-A), HELDK(S,H,F) LFL(2)

SRtP

FLAG

Marshall Islands

PROJECT REFERENCES:

369005-DW-101-C-LMG-00001 GENERAL ARRANGEMENT
369005-DW-200-N-LMG-00003 TYPICAL STRUCTURAL DETAILS
369005-DW-200-N-LMG-00004 WELDING TABLE
369005-DW-210-N-LMG-00001 AFT SHIP
369005-DW-210-N-LMG-00002 SKEG STRUCTURE
369005-DW-230-N-LMG-00001 MIDSHIP SECTION
369005-DW-230-N-LMG-00002 PROFILE AND DECKS PLAN
369005-DW-230-N-LMG-00003 SHELL EXPANSION & FRAMING PLAN
369005-DW-236-N-LMG-00001 TRANSVERSE SECTIONS
369005-DW-237-N-LMG-00001 LONGITUDINAL SECTIONS
369005-DW-240-N-LMG-00001 FORE SHIP
369005-DW-252-N-LMG-00001 MAIN RADAR AND SIGNAL MAST
369005-DW-253-N-LMG-00001 WHEELHOUSE STRUCTURE
369005-DW-101-C-LMG-00001 GENERAL ARRANGEMENT
369005-DW-513-C-LMG-00001 INTERIOR DOOR PLAN
369005-DW-514-C-LMG-00001 EXTERIOR DOOR PLAN
369005-DW-515-C-LMG-00001 WINDOW PLAN

NOTES:

1. REFER TO 369005-DW-230-N-LMG-00002 PROFILE AND DECKS PLAN AND 369005-DW-230-N-LMG-00001 MIDSHIP SECTION FOR SCANTLINGS FOR DECKS, BULKHEADS AND PILLARS. ONLY BRACKET DIMENSIONS AND DIMENSIONS THAT ARE NOT TYPICAL ARE SHOWN ON THIS DWG.
2. REFER TO 369005-DW-200-N-LMG-00003 TYPICAL STRUCTURAL DETAILS FOR DETAILS ON BRACKET AND GUTTER CONNECTIONS
3. REFER TO DOOR PLAN AND WINDOW PLAN FOR DETAIL OF CUTOUTS SHOWN IN BHDS

REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN, BRODOSPLIT
OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures.

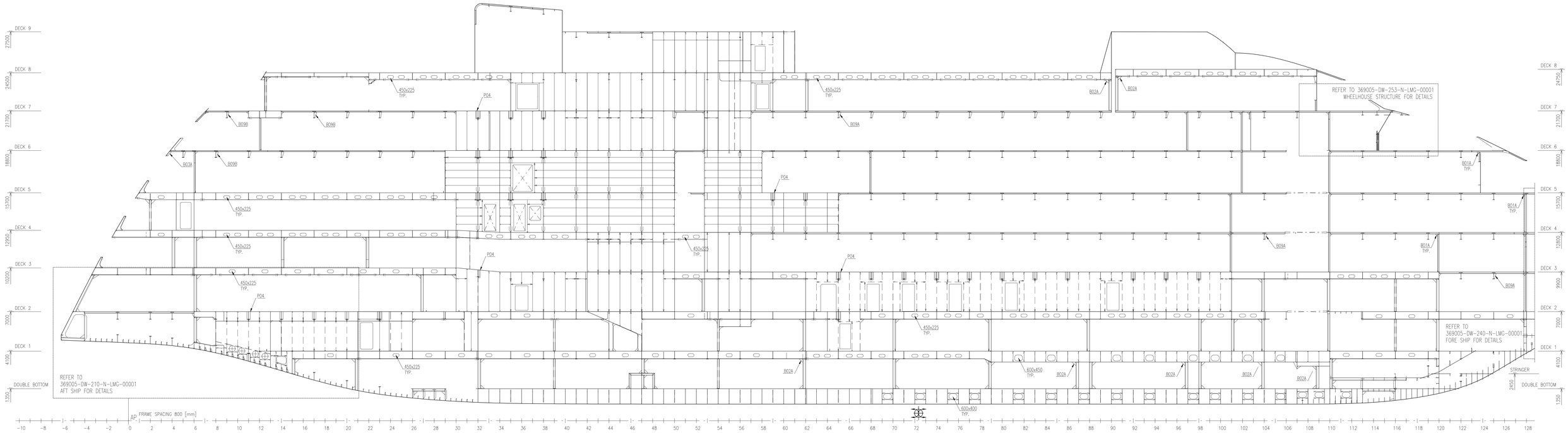
LMG MARIN AS DRAWING NO.: 369005-DW-237-N-LMG-00001
PROJECT NO. | DOC. TYPE | SO NO. | DISC. CODE | ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.

PROJECT: LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP

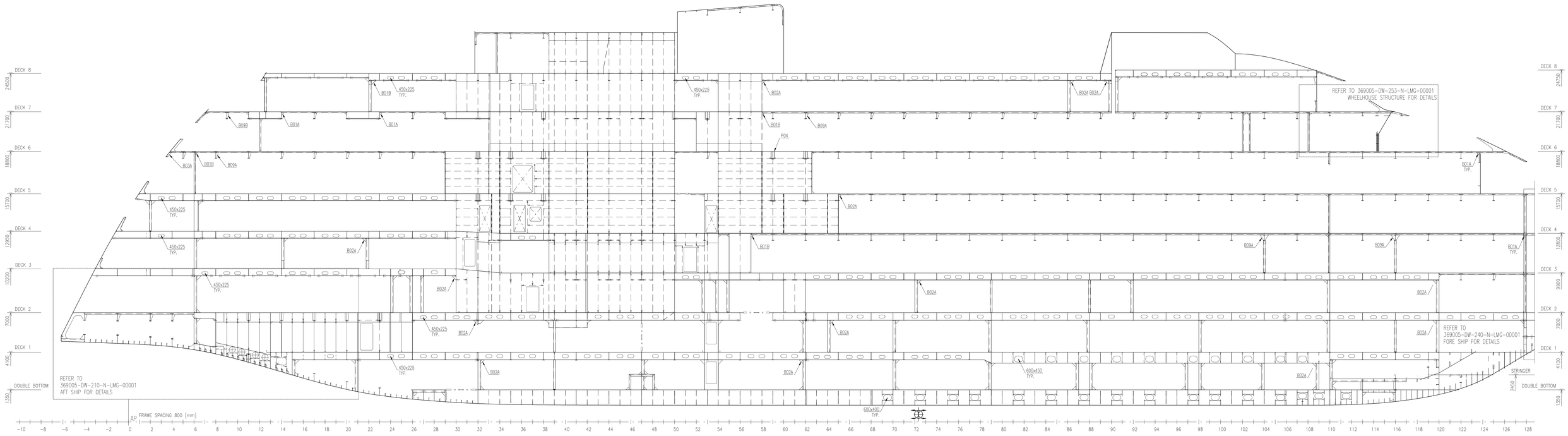
YARD DWG. NO.: 01-230-305 / 318071
REPLACEMENT FOR: --

CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:100	A0	1 of 3

TITLE: LONGITUDINAL SECTIONS



LONGITUDINAL SECTION 4800 f.CL PS
SEEN TOWARDS PORT



LONGITUDINAL SECTION 4800 f.CL SB
SEEN TOWARDS PORT

REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

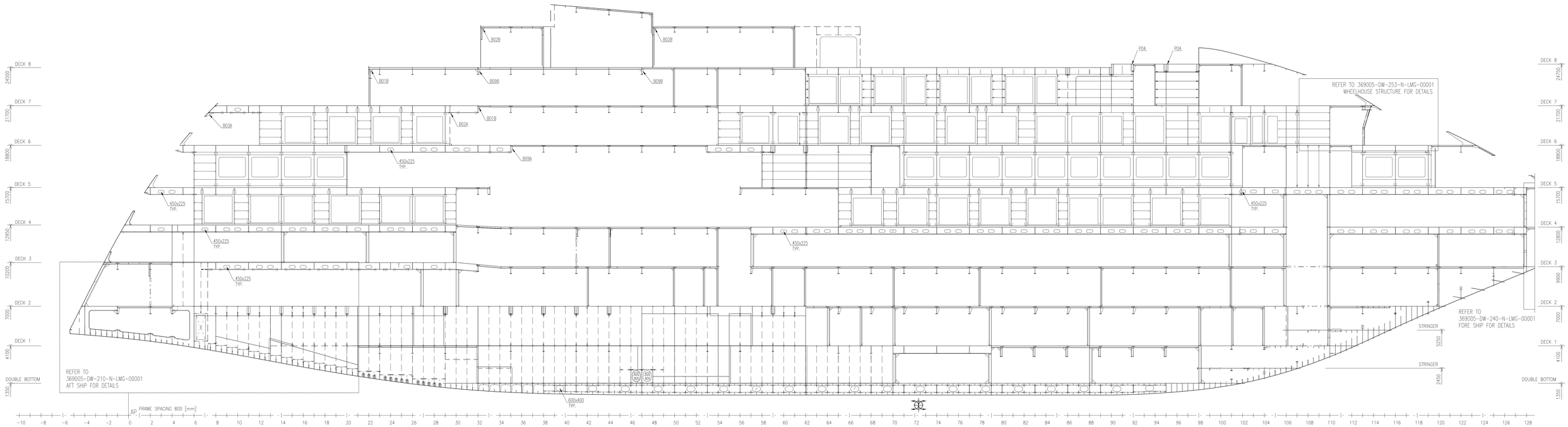
DESIGNER: LMG MARIN
YARD: BRODOSPLIT BRODOGRADILIŠTE D.D.
OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures
YARD DWG. NO.: 01-230-305 / 318071
REPLACEMENT FOR: –

LMG MARIN AS DRAWING NO.: 369005-DW-237-N-LMG-00001
PROJECT NO. | DOC. TYPE | SFI NO. | DISC. CODE | ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.

PROJECT: LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP

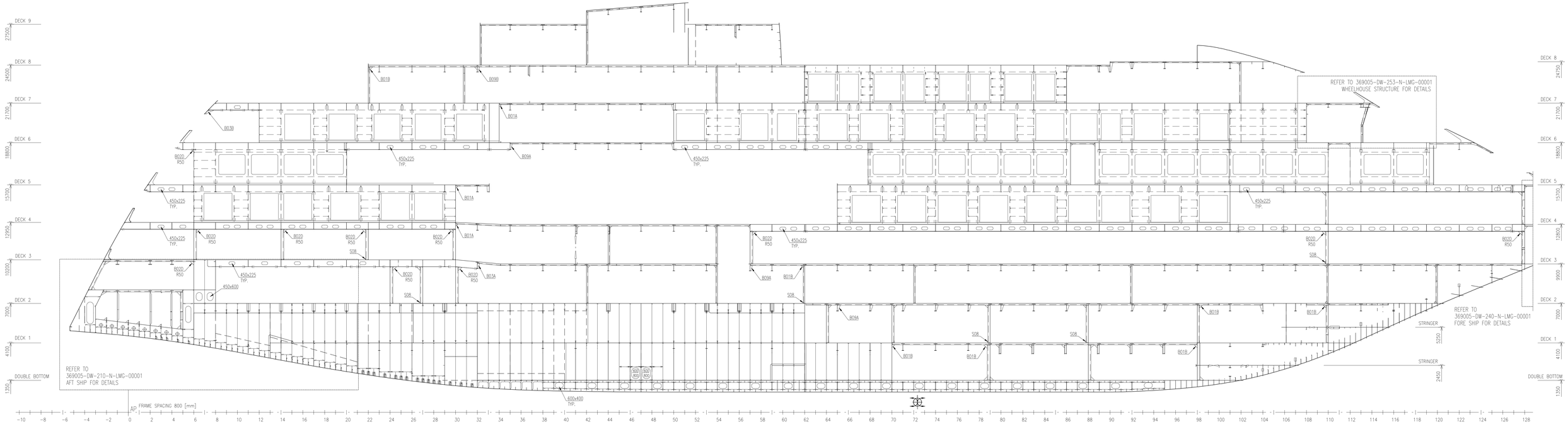
TITLE: LONGITUDINAL SECTIONS

CAD TOOL: ACAD 2015 | PRIMARY SCALE: 1:100 | SHEET SIZE: A0 | SHEET: 2 of 3



LONGITUDINAL SECTION 9000 f.CL PS

SEEN TOWARDS PORT



LONGITUDINAL SECTION 9000 f.CL SB

SEEN TOWARDS PORT

REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK	APP.
E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN

YARD: BRODOSPLIT

LMG MARIN AS DRAWING NO.: 369005-DW-237-N-LMG-00001

PROJECT NO. | DOC TYPE | NO. | DISC CODE | ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.

OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures

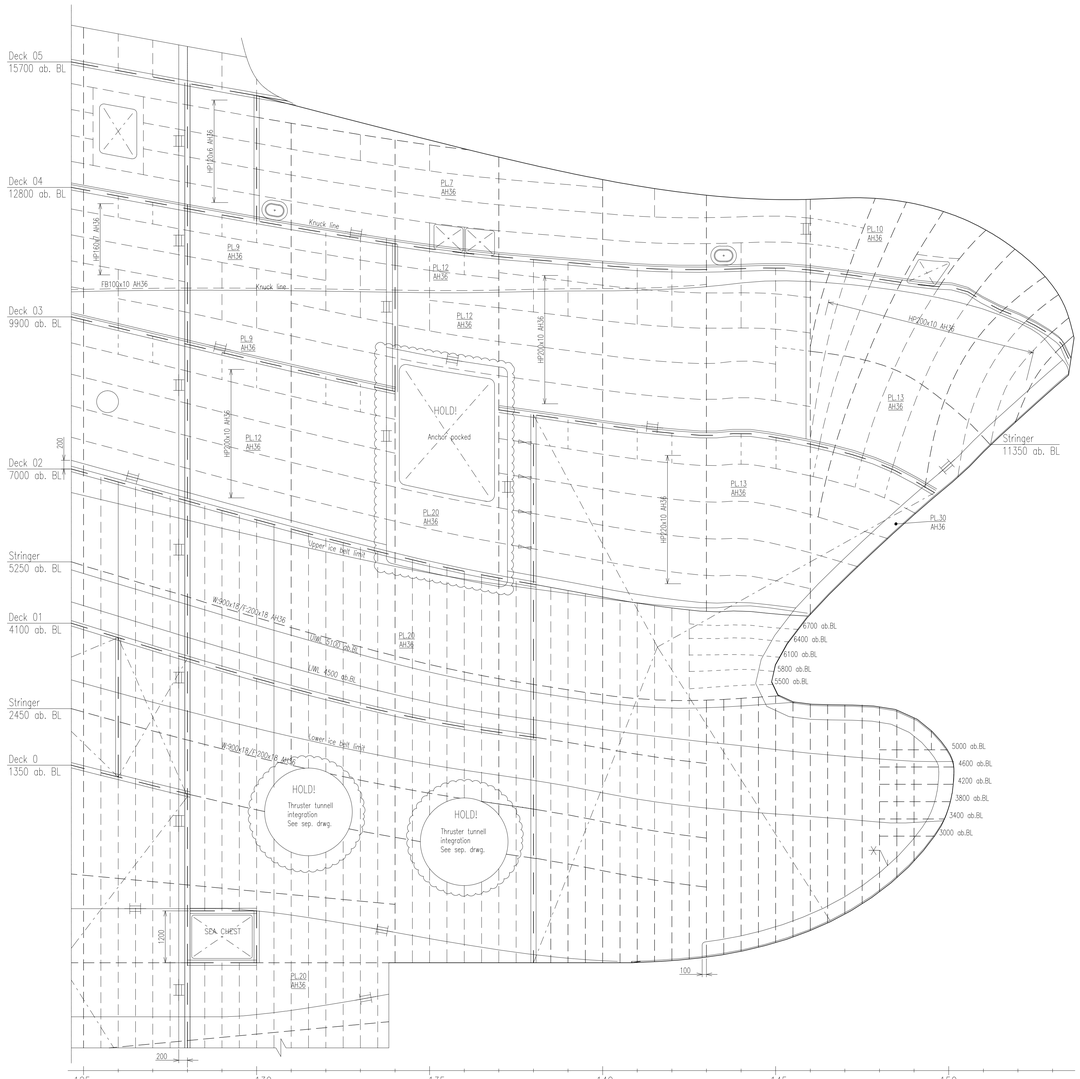
PROJECT: LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP

YARD DWG. NO.: 01-230-305 / 318071

REPLACEMENT FOR: –

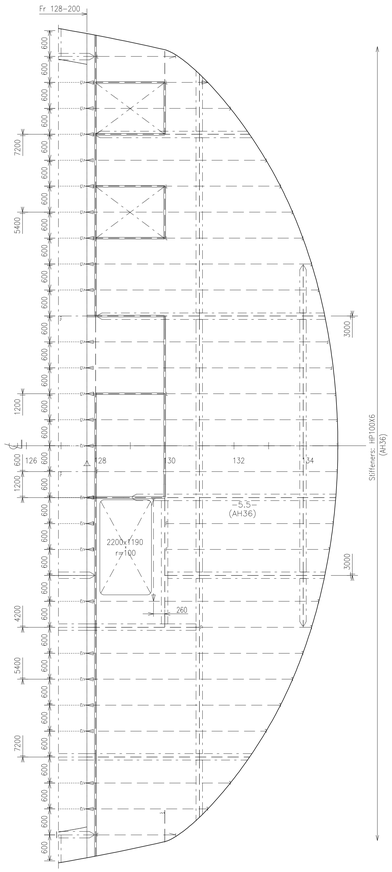
TITLE: LONGITUDINAL SECTIONS

CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:100	A0	3 of 3



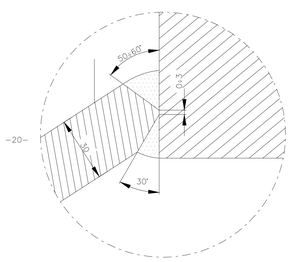
VERT. WEB FRAMES ABOVE DECK 04	W400x10/Fb100x12 AH36	
VERT. WEB FRAMES ABOVE DECK 03	W500x10/Fb150x12 AH36	W500x10/Fb200x12 AH36
VERT. WEB FRAMES ABOVE DECK 02	W500x10/Fb150x12 AH36	W500x10/Fb200x12 AH36
VERT. WEB FRAMES ABOVE DECK 01	W550x18/Fb150x18 AH36	
VERT. WEB FRAMES ABOVE DECK 0	W550x18/Fb150x18 AH36	
VERT. STIFFENERS (0÷7000 ab.BL)	W.265x15/F.100x15 AH36	

SHELL EXPANSION SB
PS – SIMILARLY

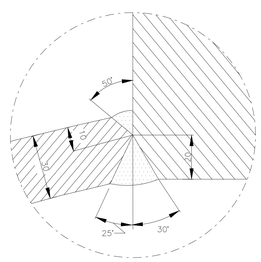


DECK 05
15700 above base

det."X1"
1:1



det."X2"
1:1



MARKING OF STIFFENER ENDS

- sniped ends (flat bar)
- sniped ends (bulb bar)
- sniped ends (angle bar)
- ends with bckt's
- welded ends
- welded ends with bckt's

NOTES:
1. ALL MATERIALS TO BE NV-NS UNLESS NOTED OTHERWISE
2. DETAILS ARE SHOWN ON STANDARD STRUCTURAL DETALS DRAWING
3. DRAWING COMPATIBLE WITH GA rev.A

PROJECT REFERENCES:
369005-DW-101-C-LMG-00001 GENERAL ARRANGEMENT
369005-DW-200-N-LMG-00001 STEEL DEFINITION PLAN
369005-DW-200-N-LMG-00002 MATERIAL GRADE PLAN
369005-DW-200-N-LMG-00003 TYPICAL STRUCTURAL DETAILS
369005-DW-230-N-LMG-00001 MIDSHIP SECTION
369005-DW-230-N-LMG-00002 PROFILE AND DECKS PLAN
369005-DW-230-N-LMG-00003 SHELL EXPANSION & FRAMING PLAN
369005-DW-236-N-LMG-00001 TRANSVERSE SECTIONS
369005-DW-237-N-LMG-00001 LONGITUDINAL SECTIONS

REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	11.07.2018	MICCON	SNL	PEMA

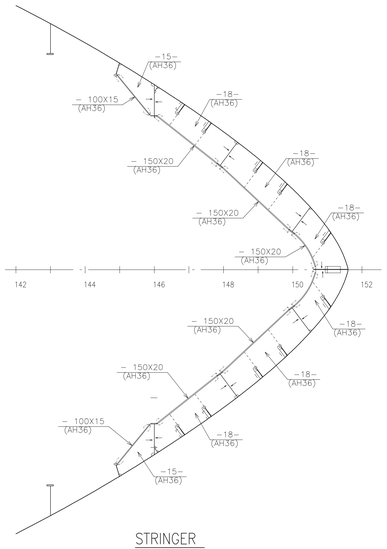
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS, THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN
YARD: BRODOSPLIT
LMG MARIN AS DRAWING NO.: 369005-DW-240-N-LMG-00001

PROJECT NO.	DOC TYPE	SFI NO.	DISC CODE	ORIGINATOR CODE	SEQUENTIAL NO.
369005	DW	240	N	LMG	00001

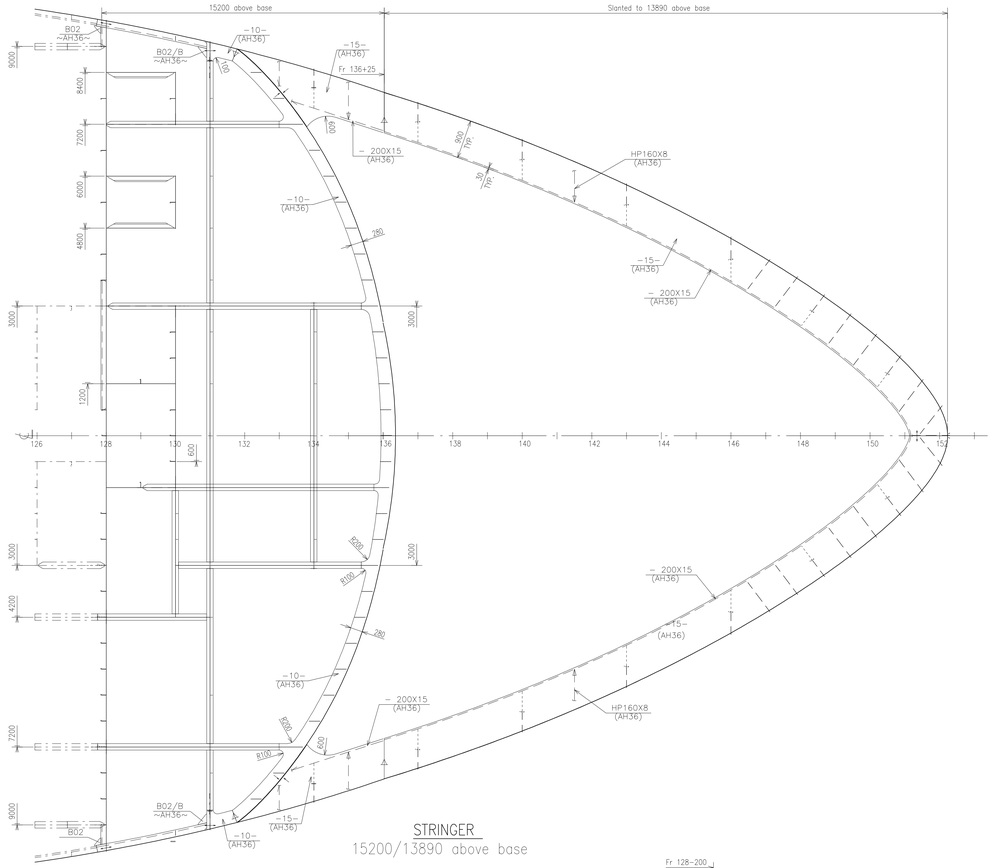
OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures
PROJECT: LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP
YARD DWG. NO.: 01-240-300 / 318072
REPLACEMENT FOR: –
TITLE: FORE SHIP

CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:50	A0	1 of 8



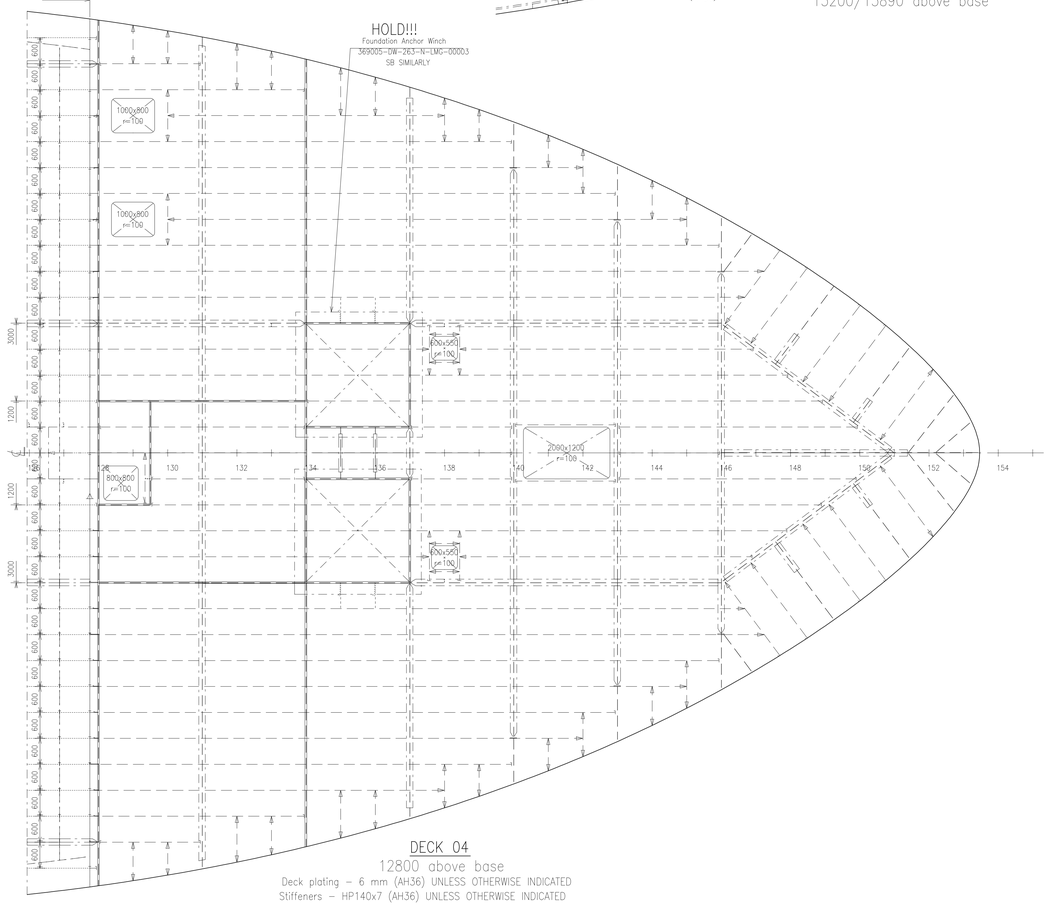
STRINGER

11350 above base



STRINGER

15200/13890 above base

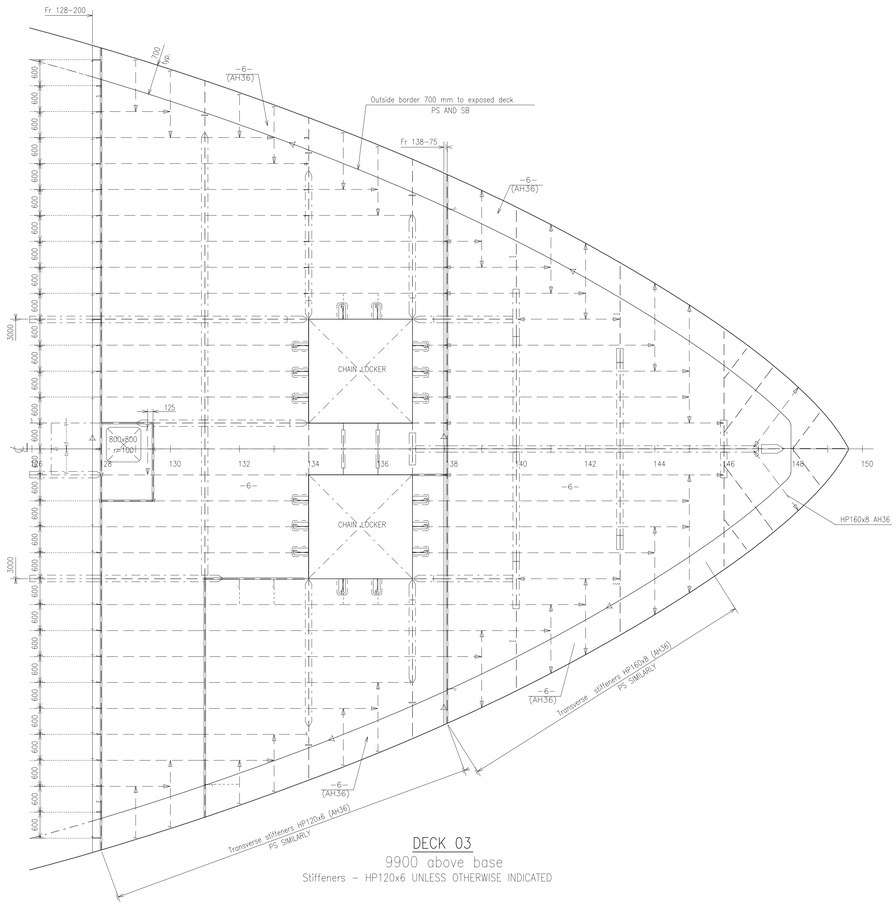


DECK 04

12800 above base

Deck plating − 6 mm (AH36) UNLESS OTHERWISE INDICATED

Stiffeners − HP140x7 (AH36) UNLESS OTHERWISE INDICATED



DECK 03

9900 above base

Stiffeners − HP120x6 UNLESS OTHERWISE INDICATED

REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	11.07.2018	MIDCON	SNL	PEMA

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN

YARD: BRODOSPLIT

OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures

LMG MARIN AS DRAWING NO.: 369005-DW-240-N-LMG-00001

PROJECT NO. | DOC TYPE | SFI NO. | DOC ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.

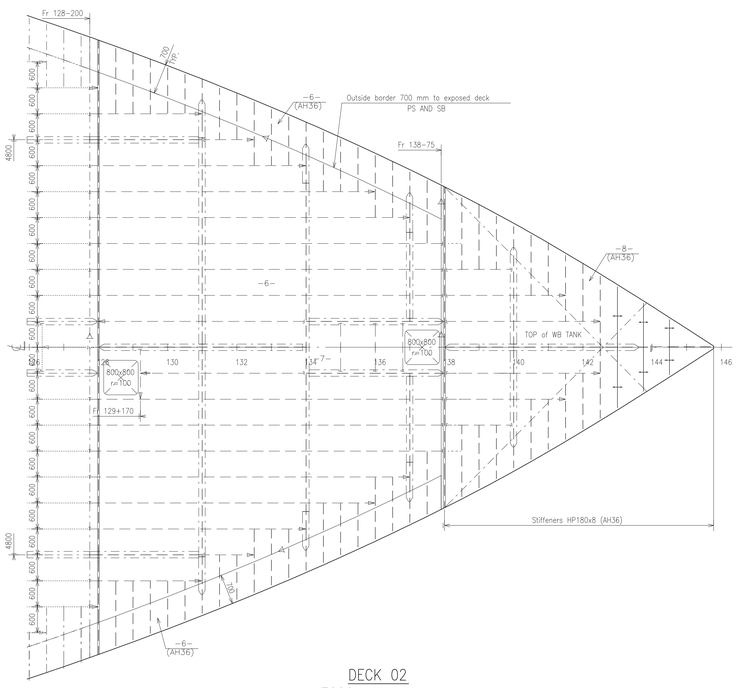
PROJECT: LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP

YARD DWG. NO.: 01-240-300 / 318072

REPLACEMENT FOR: –

TITLE: FORE SHIP

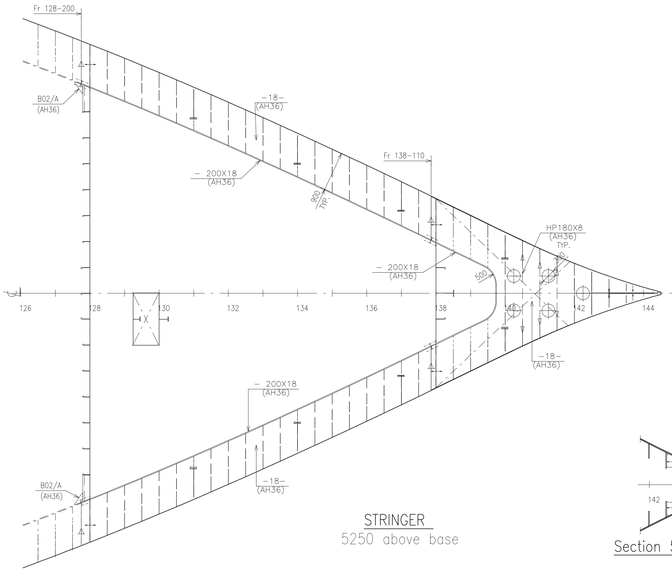
CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:50	A0	2 of 8



DECK 02

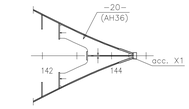
7000 above base

Stiffeners - HP120x6 UNLESS OTHERWISE INDICATED

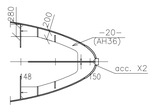


STRINGER

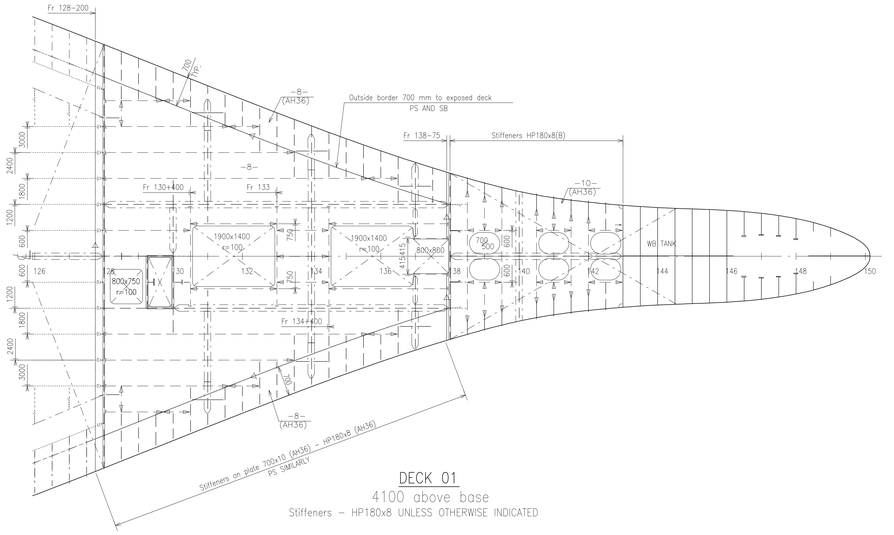
5250 above base



Section 5800 ab.BL



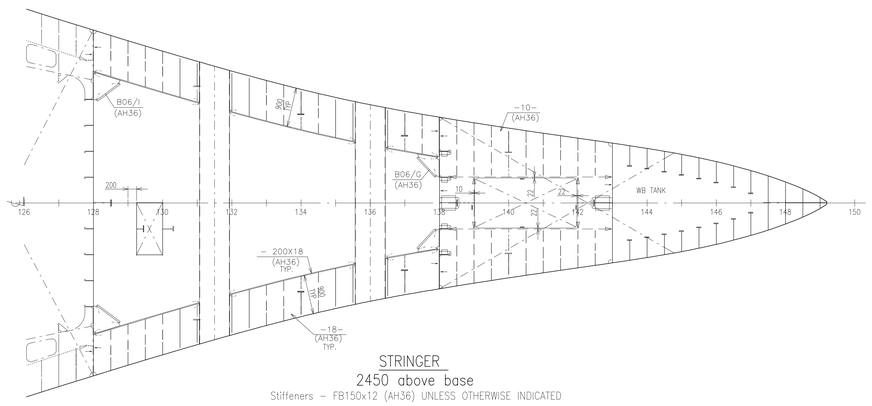
Section 4200 ab.BL



DECK 01

4100 above base

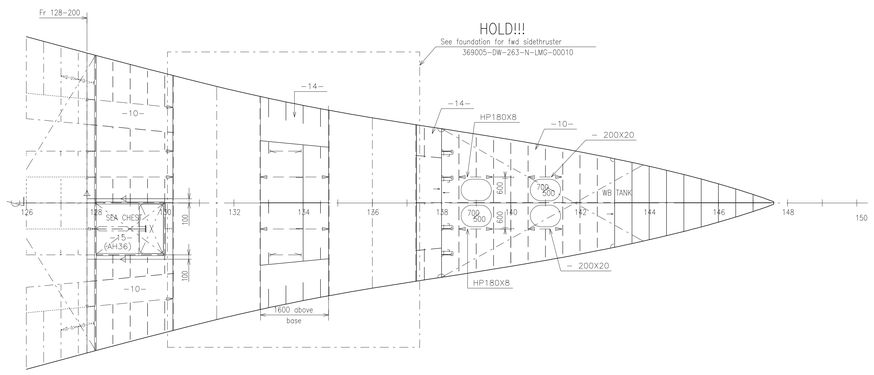
Stiffeners - HP180x8 UNLESS OTHERWISE INDICATED



STRINGER

2450 above base

Stiffeners - FB150x12 (AH36) UNLESS OTHERWISE INDICATED



DECK 0

1350 above base

Stiffeners - HP200x10 UNLESS OTHERWISE INDICATED

E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	11.07.2018	MICCON	SNL	PEMA
REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK	APP.

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN

YARD: BRODOSPLIT

LMG MARIN AS DRAWING NO.

369005-DW-240-N-LMG-00001

PROJECT NO. | DOC TYPE | SFI NO. | DISC CODE | ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.

OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures

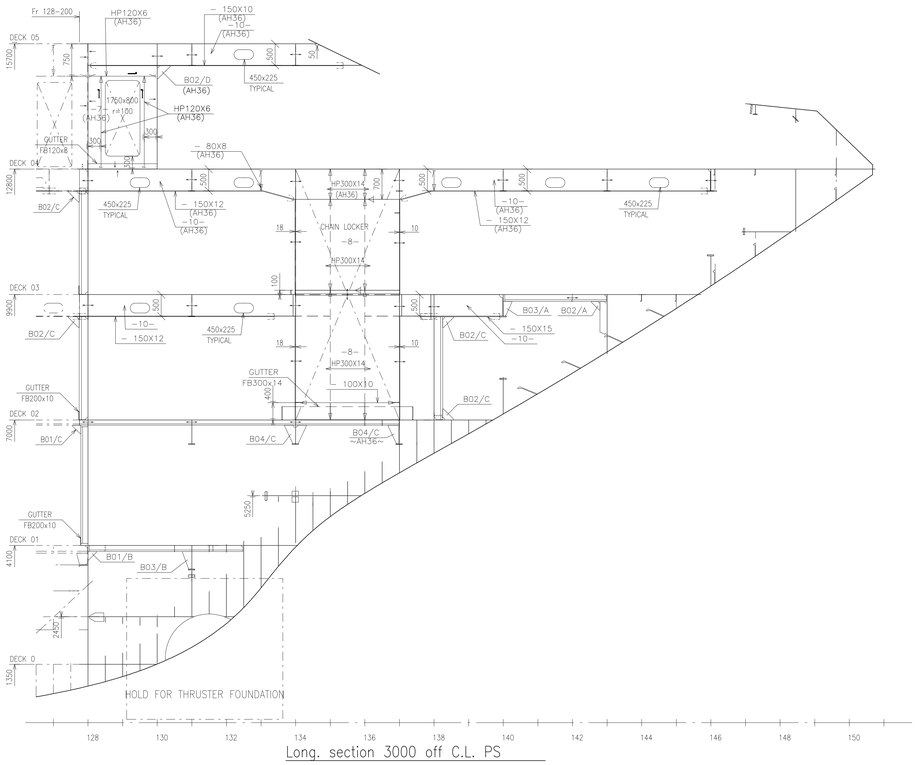
PROJECT: LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP

YARD DWG. NO.: 01-240-300 / 318072

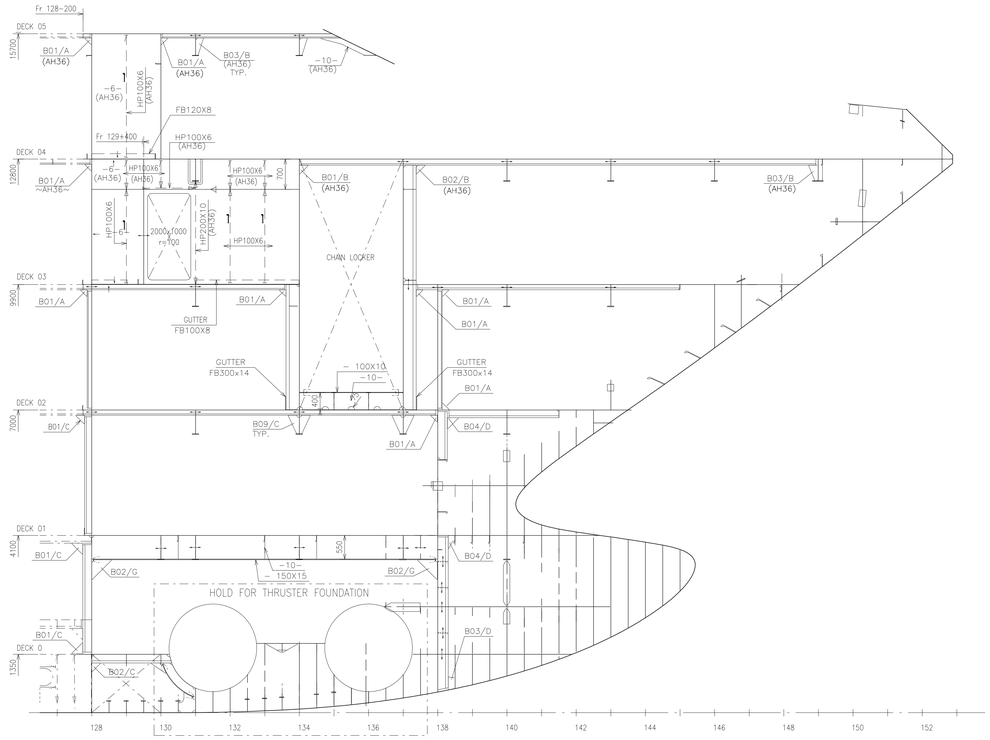
REPLACEMENT FOR: -

TITLE: FORE SHIP

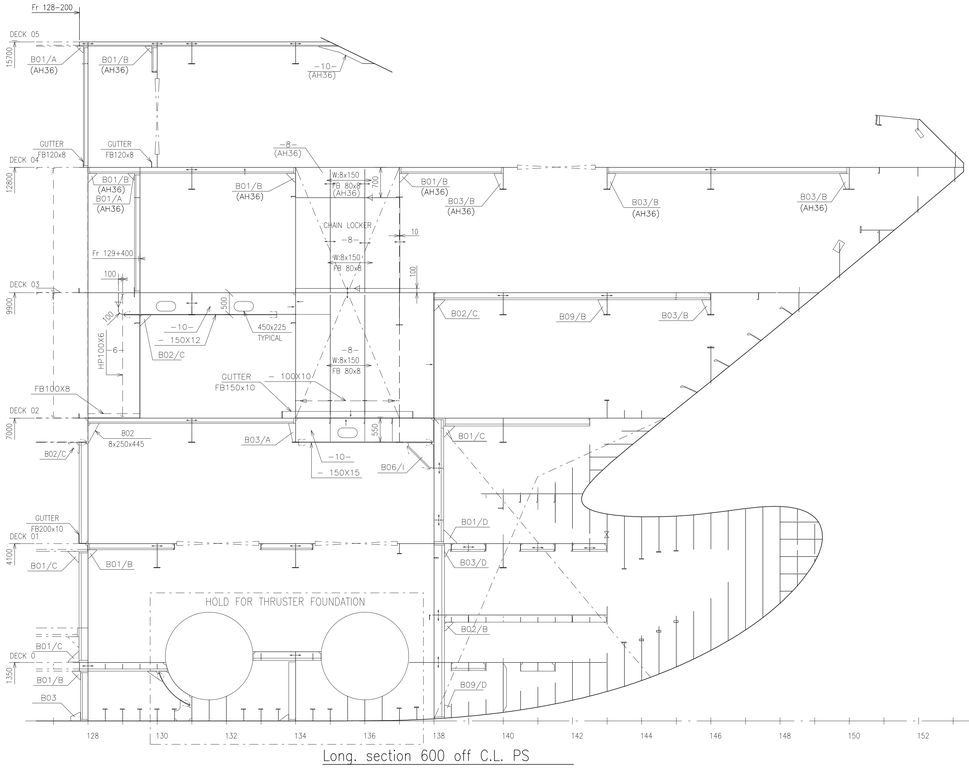
CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:50	A0	3 of 8



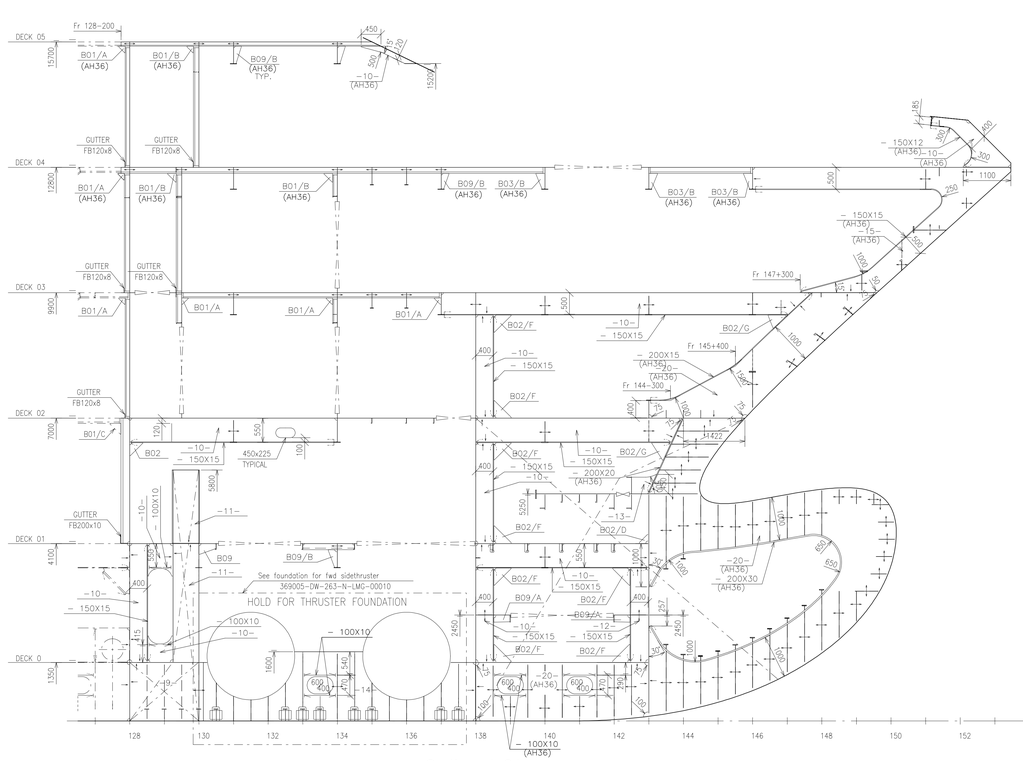
Long. section 3000 off C.L. PS



Long. section 1200 off C.L. PS



Long. section 600 off C.L. PS



Section at C.L.

E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	11.07.2018	MICCON	SNL	PEMA
REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK	APP.

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN

YARD: BRODOSPLIT BRODOGRADNJA D.D.

LMG MARIN AS DRAWING NO.: 369005-DW-240-N-LMG-00001

PROJECT NO. | DOC TYPE | SFI NO. | DISC CODE | ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.

OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures

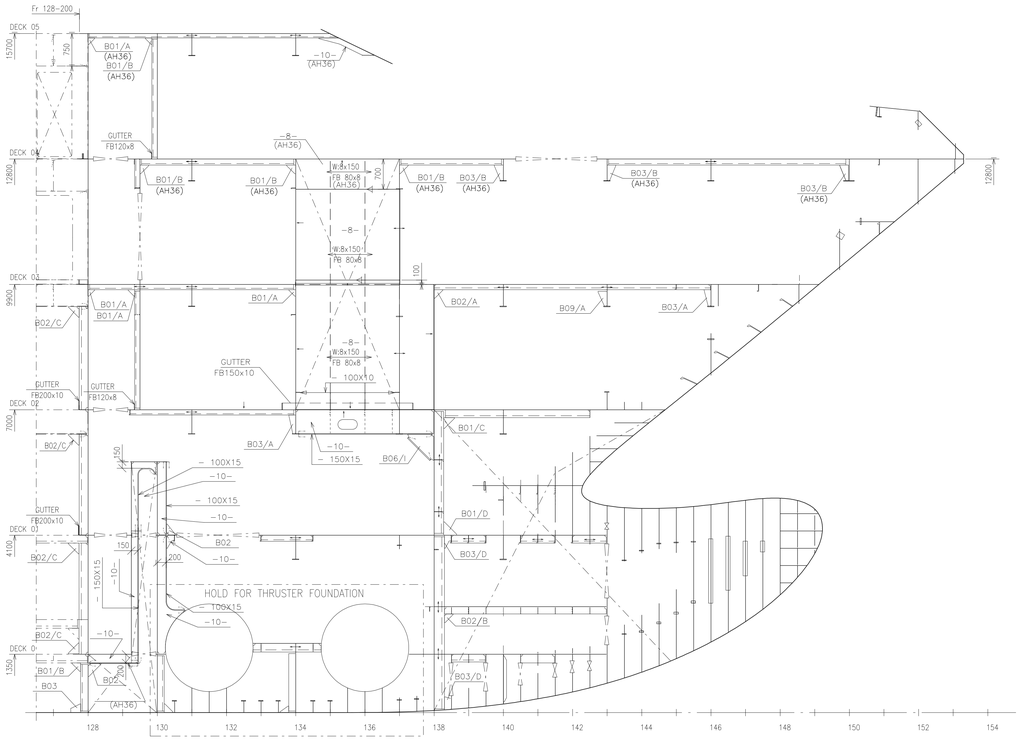
PROJECT: LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP

YARD DWG. NO.: 01-240-300 / 318072

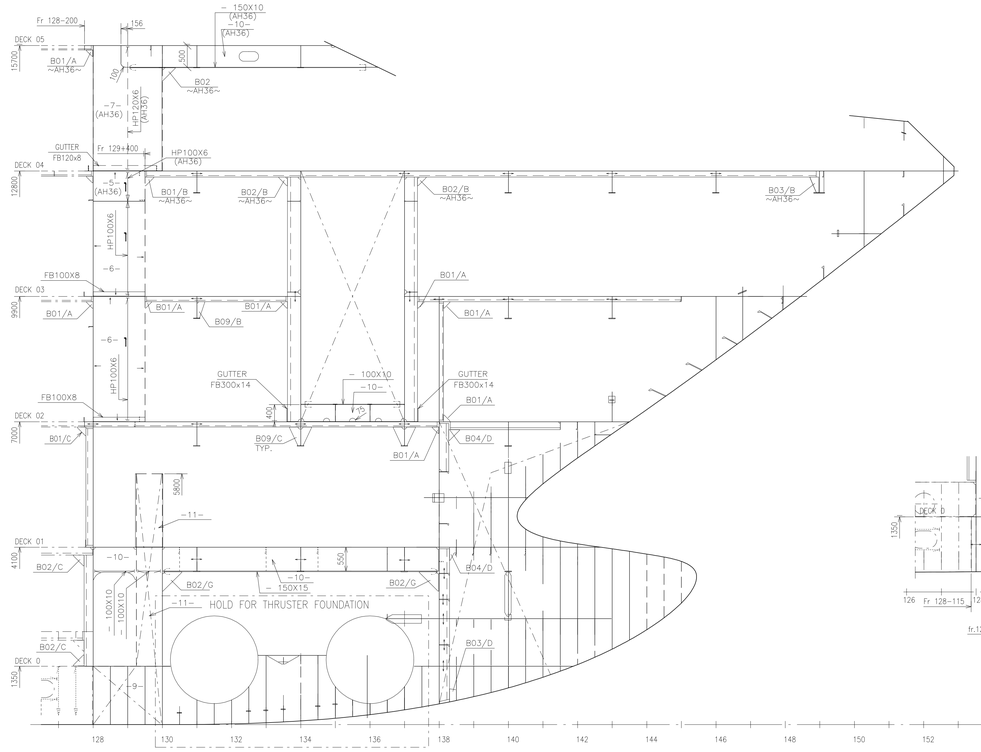
REPLACEMENT FOR: –

TITLE: FORE SHIP

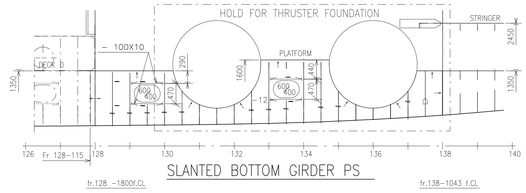
CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:50	A0	4 of 8



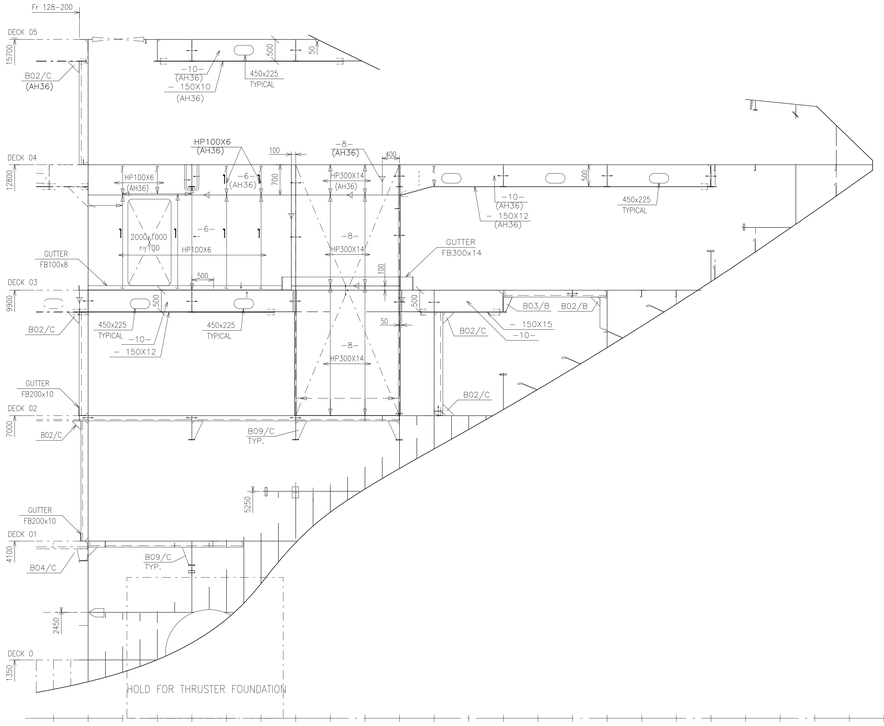
Long. section 600 off C.L. SB



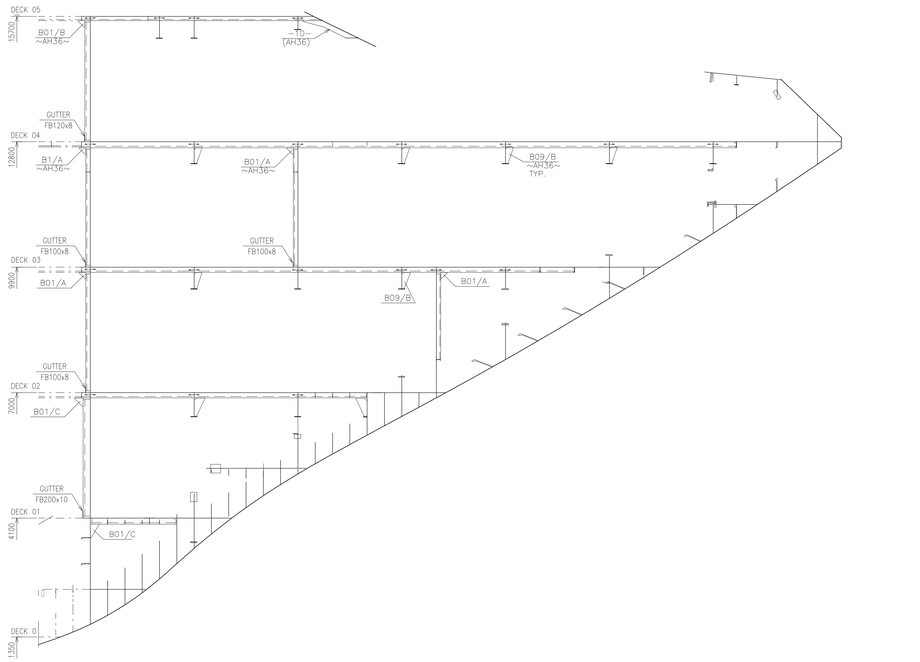
Long. section 1200 off C.L. SB



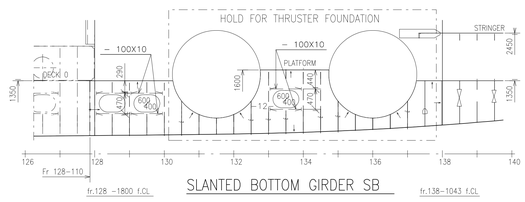
SLANTED BOTTOM GIRDER PS



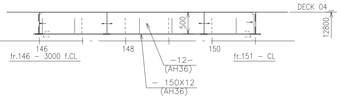
Long. section 3000 off C.L. SB



Long. section 3600 off C.L. SB/(PS)



SLANTED BOTTOM GIRDER SB



SLANTED DECK GIRDER SB/(PS)

REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	11.07.2018	MICCON	SNL	PEMA

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN | YARD: BRODOSPLIT

LMG MARIN AS DRAWING NO.: 369005-DW-240-N-LMG-00001

PROJECT NO. | DOC. TYPE | DT. NO. | DISC. CODE | ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.

OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures.

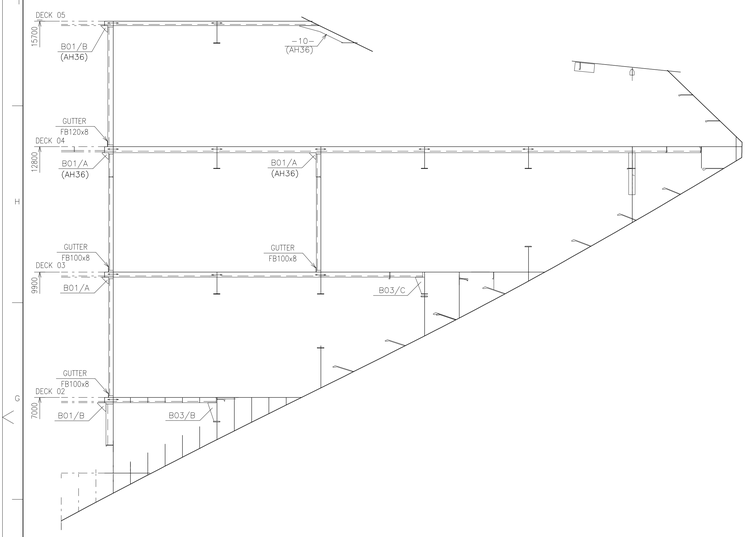
PROJECT: LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP

YARD DWG. NO.: 01-240-300 / 318072

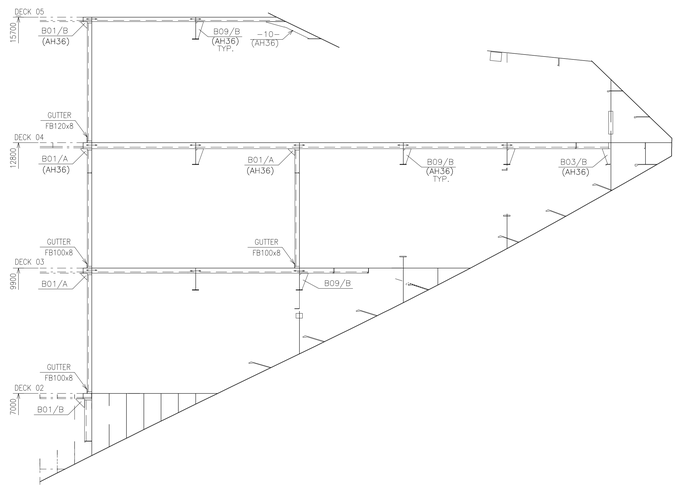
REPLACEMENT FOR: -

TITLE: FORE SHIP

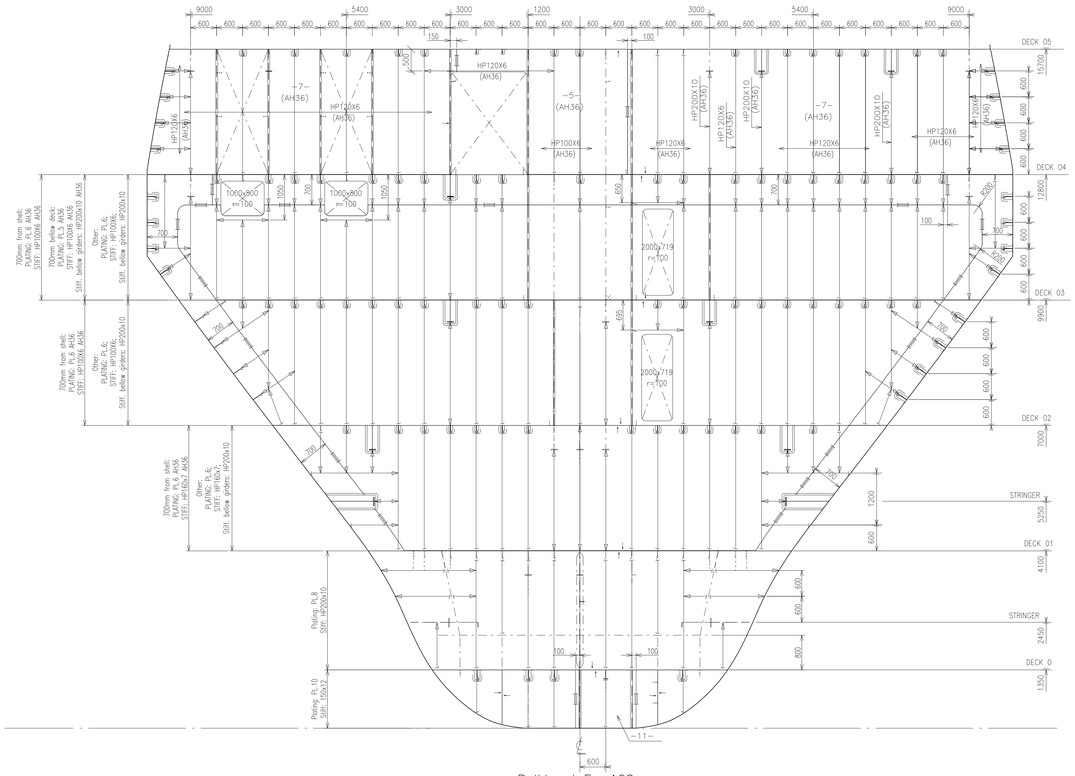
CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:50	A0	5 of 8



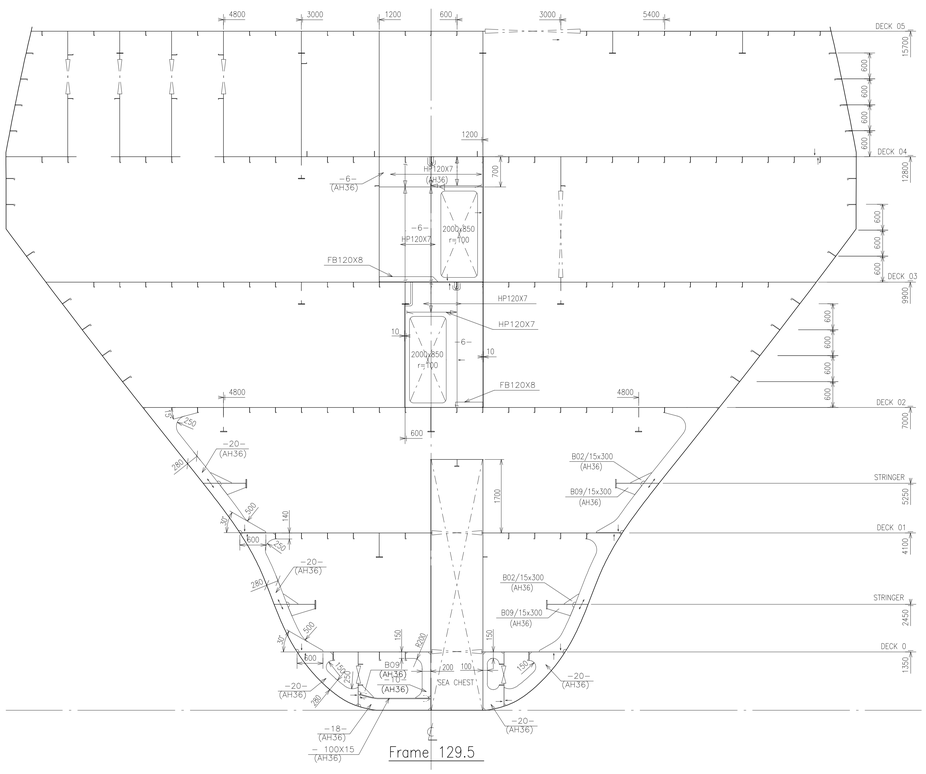
Long. section 5400 off C.L. SB/(PS)



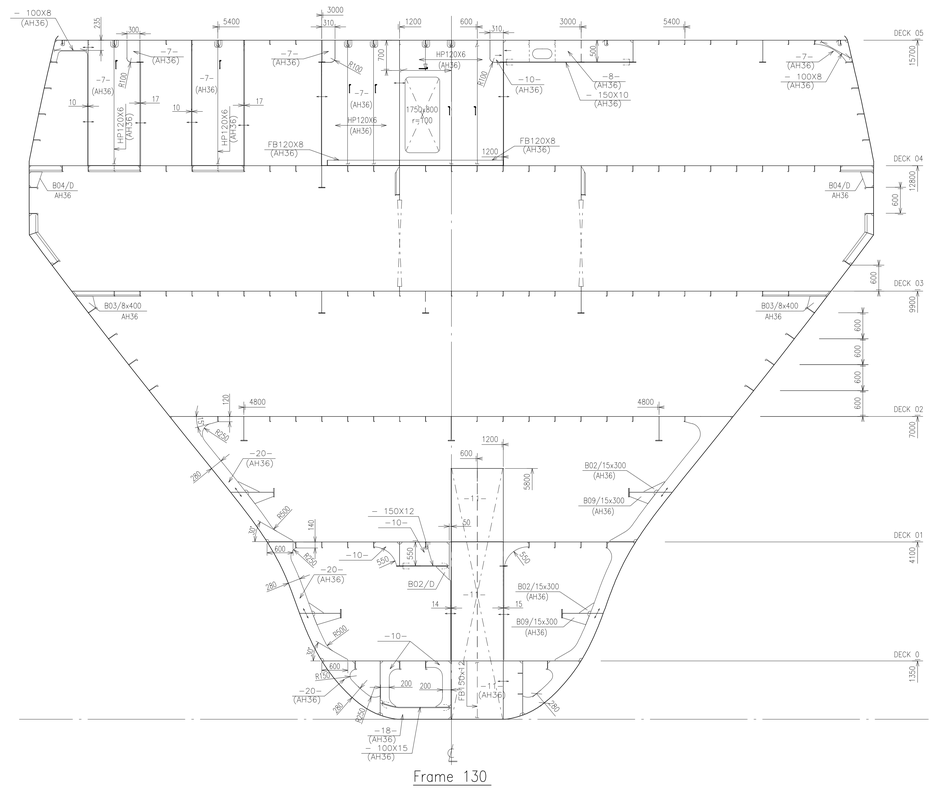
Long. section 6000 off C.L. SB/(PS)



Bulkhead Fr. 128



Frame 129.5



Frame 130

E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	11.07.2018	MICCON	SNL	PEMA
REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK	APP.

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER: LMG MARIN

YARD: BRODOSPLIT BRODOGRADNJA D.D.

LMG MARIN AS DRAWING NO.: 369005-DW-240-N-LMG-00001

PROJECT NO. | DOC TYPE | SFI NO. | DISC CODE | ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.

OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures

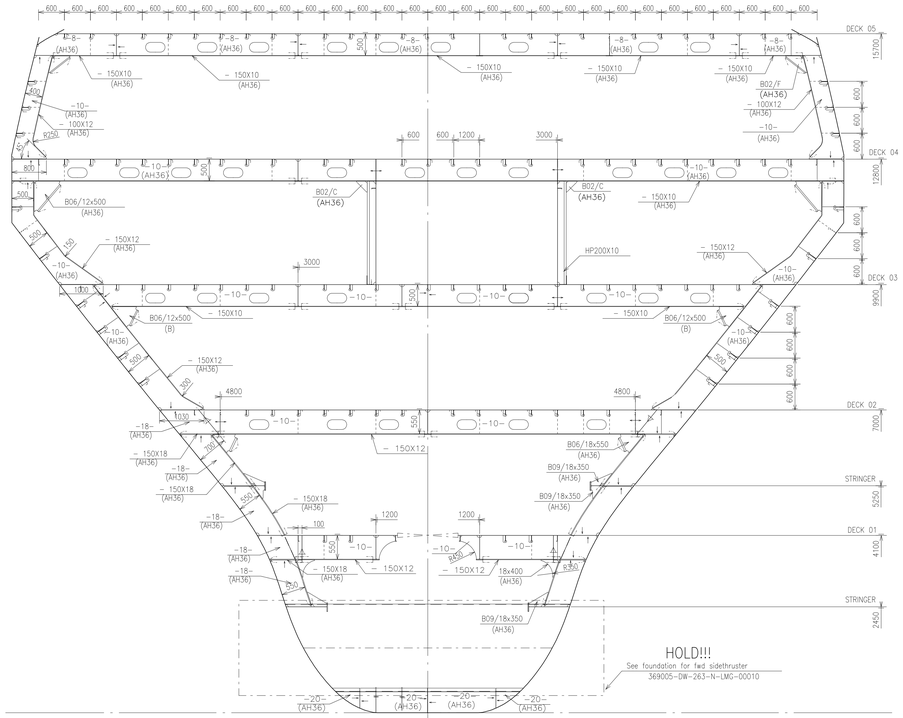
PROJECT: LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP

YARD DWG. NO.: 01-240-300 / 318072

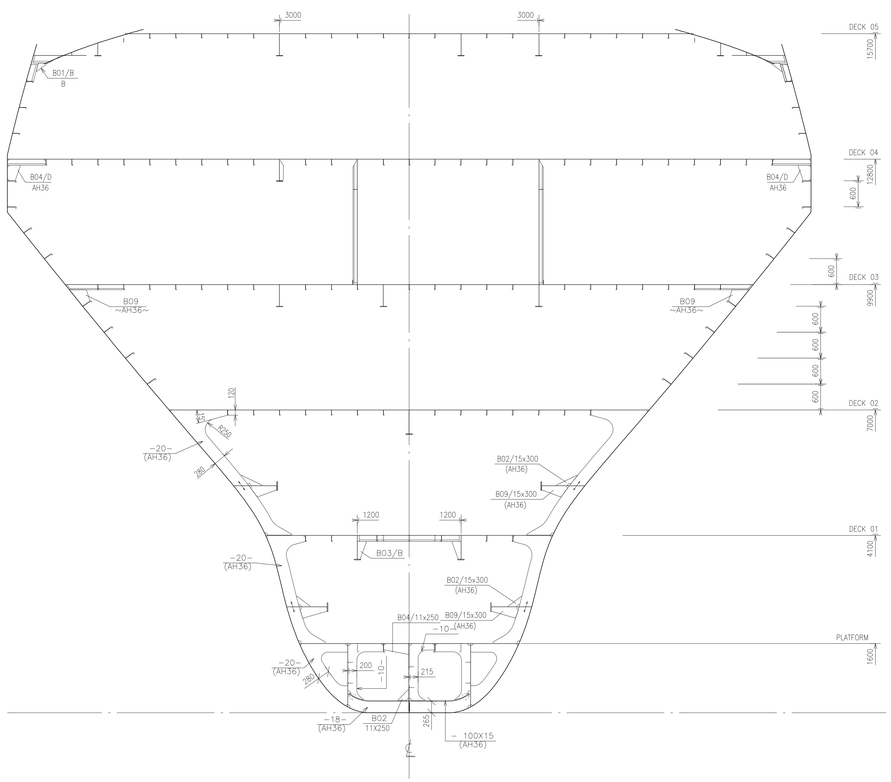
REPLACEMENT FOR: -

TITLE: FORE SHIP

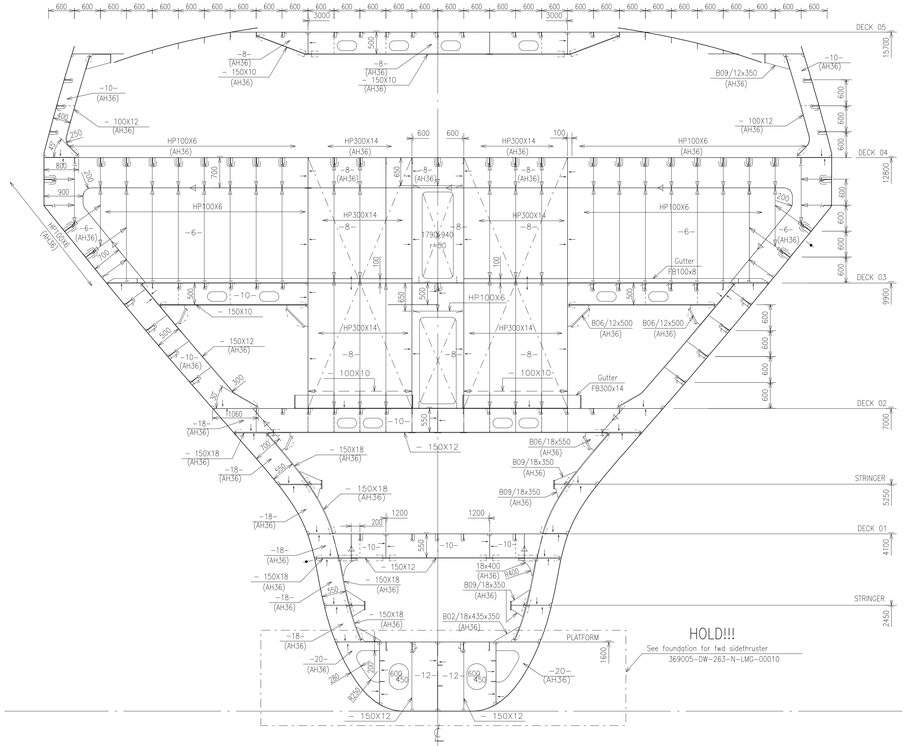
CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:50	A0	6 of 8



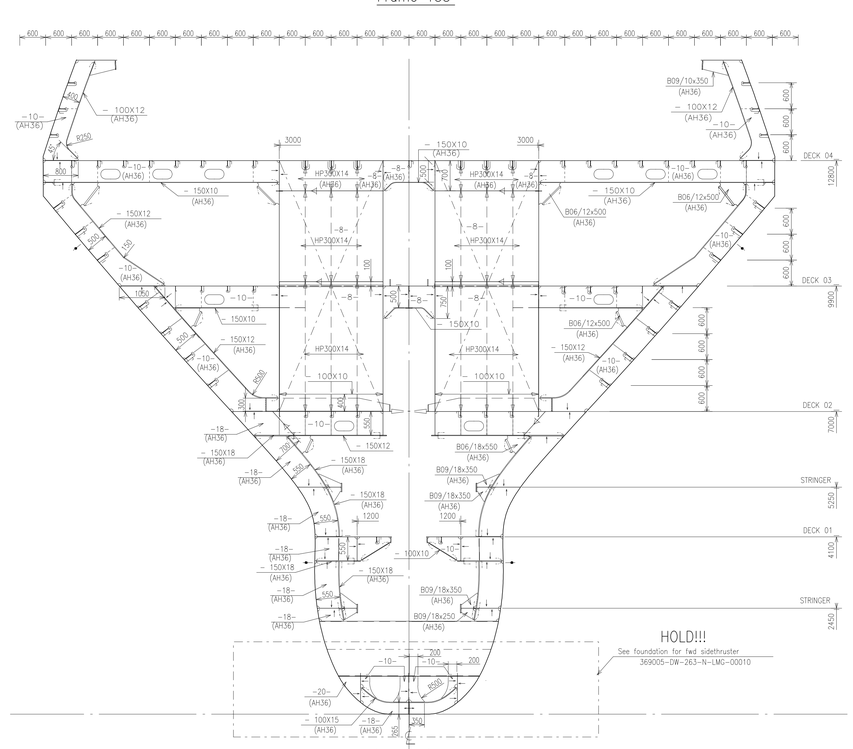
Frame 131



Frame 133



Frame 134



Frame 137

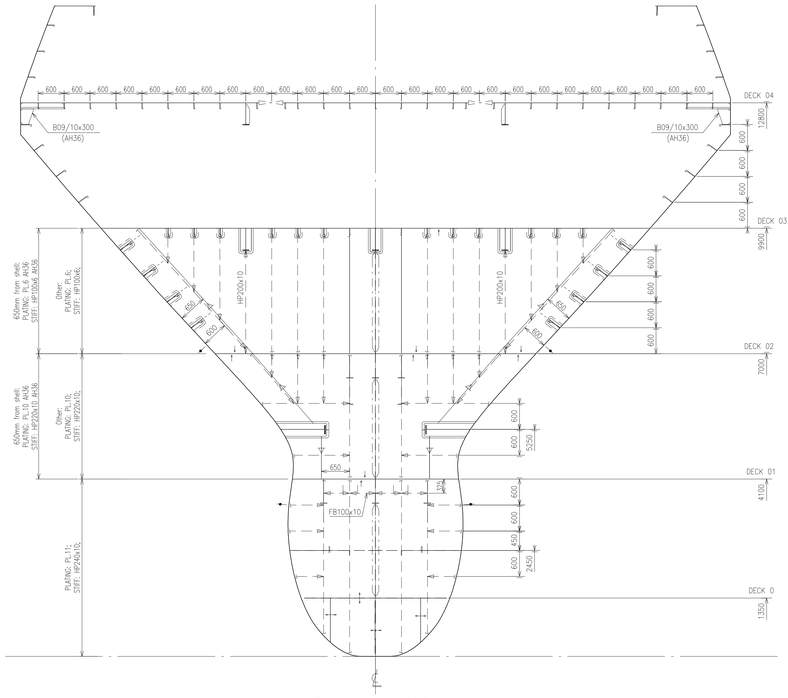
E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	11.07.2018	MDCON.	SNL	PEMA
REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

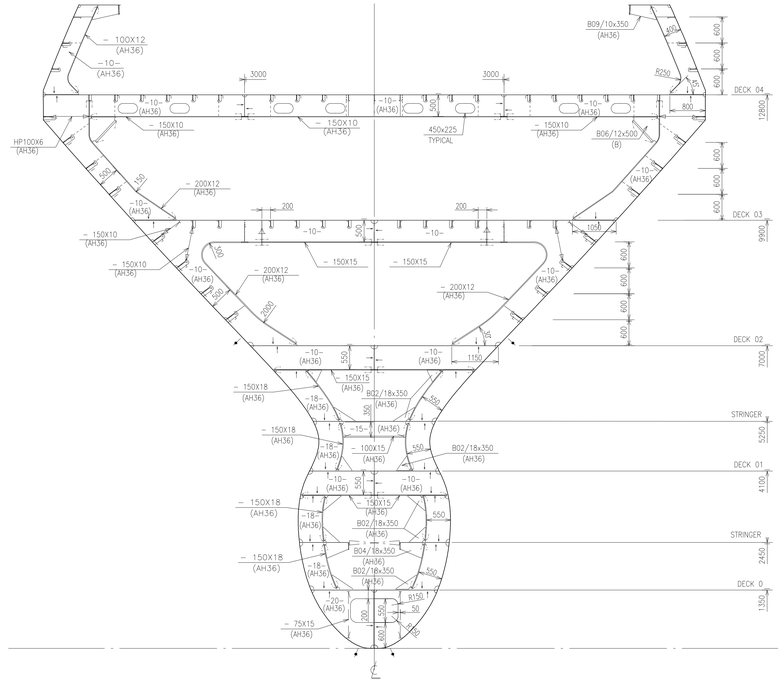
DESIGNER: LMG MARIN
YARD: BRODOSPLIT
LMG MARIN AS DRAWING NO.: 369005-DW-240-N-LMG-00001
PROJECT NO. | DOC TYPE | SFI NO. | DISC. CODE | ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.

OWNER: Quark Expeditions — The Leader in Polar Adventures
PROJECT: LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP
YARD DWG. NO.: 01-240-300 / 318072
REPLACEMENT FOR: –
TITLE: FORE SHIP

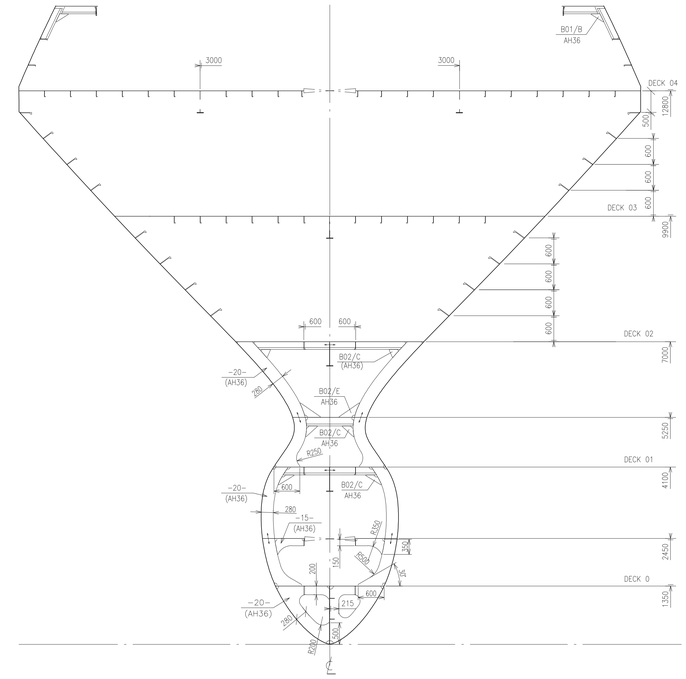
CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:50	A0	7 of 8



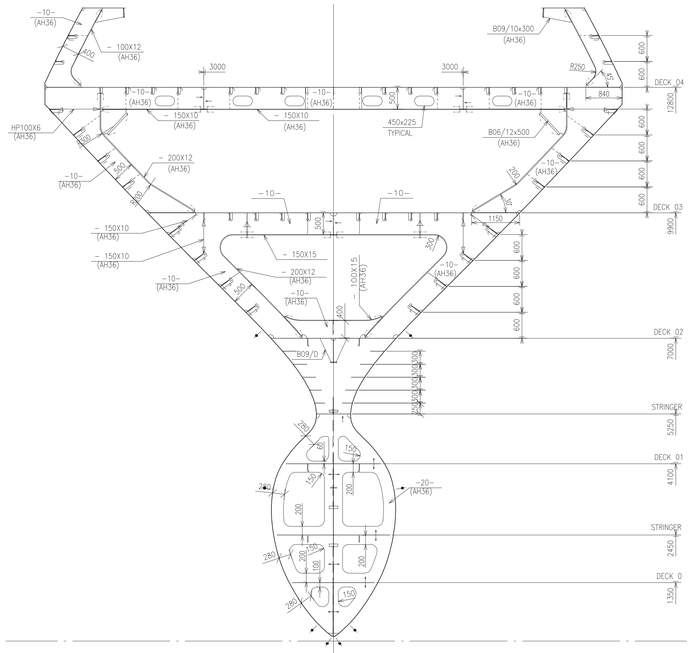
Bulkhead Fr. 138



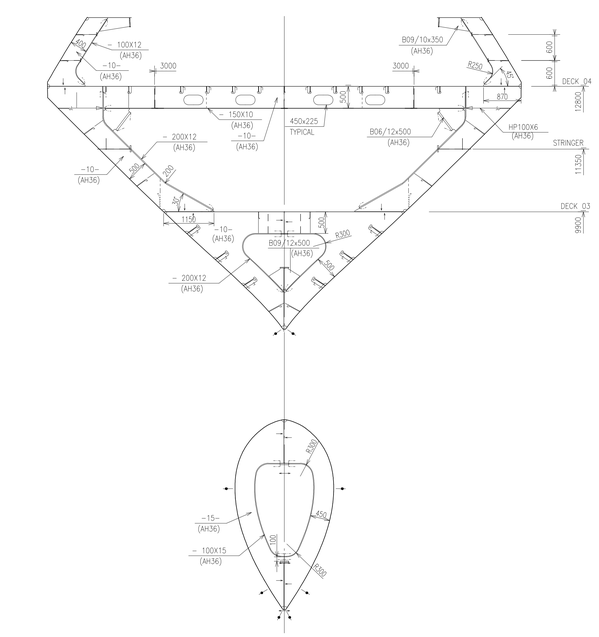
Frame 140



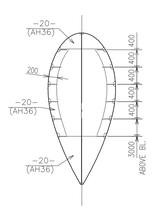
Frame 141+400



Frame 143



Frame 146



Frame 148+400

REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK	APP.
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	11.07.2018	MIDCON	SNL	PEMA

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

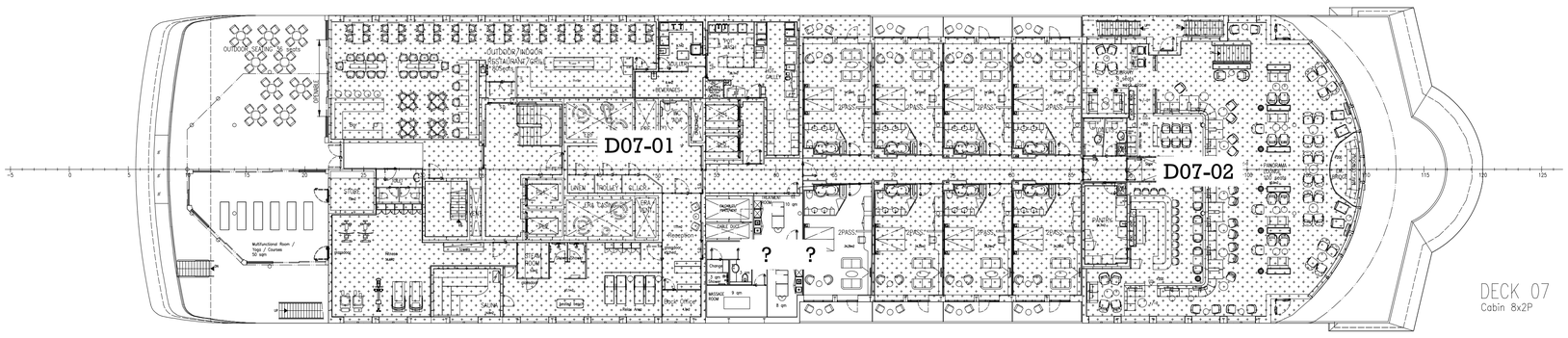
DESIGNER: LMG MARIN
YARD: BRODOSPLIT
OWNER: Quark Expeditions® The Leader in Polar Adventures.

LMG MARIN AS DRAWING NO.: 369005-DW-240-N-LMG-00001
(PROJECT NO. | DOC TYPE | SFI NO. | DISC. CODE | ORIGINATOR CODE | SEQUENTIAL NO.)

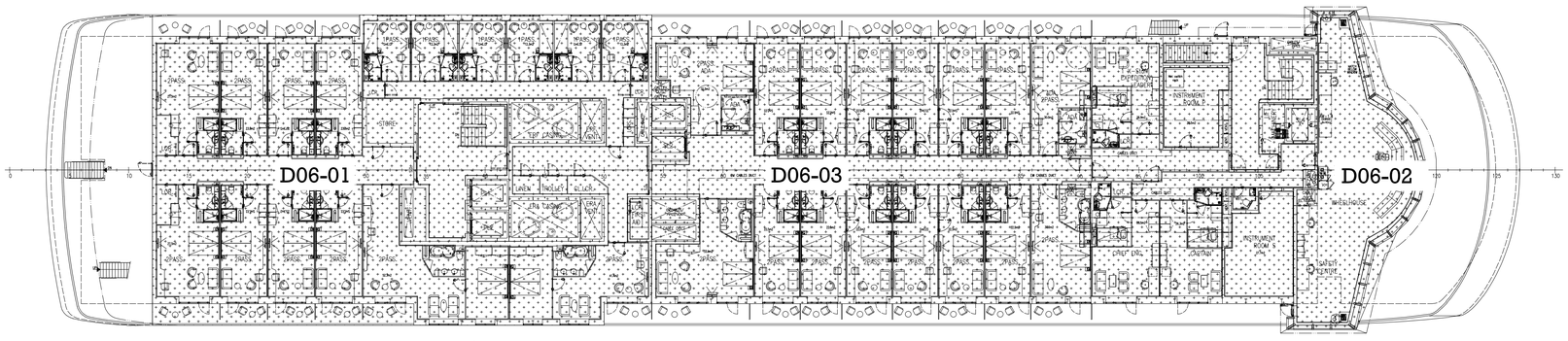
PROJECT: LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP

YARD DWG. NO.: 01-240-300 / 318072
REPLACEMENT FOR: –
TITLE: FORE SHIP

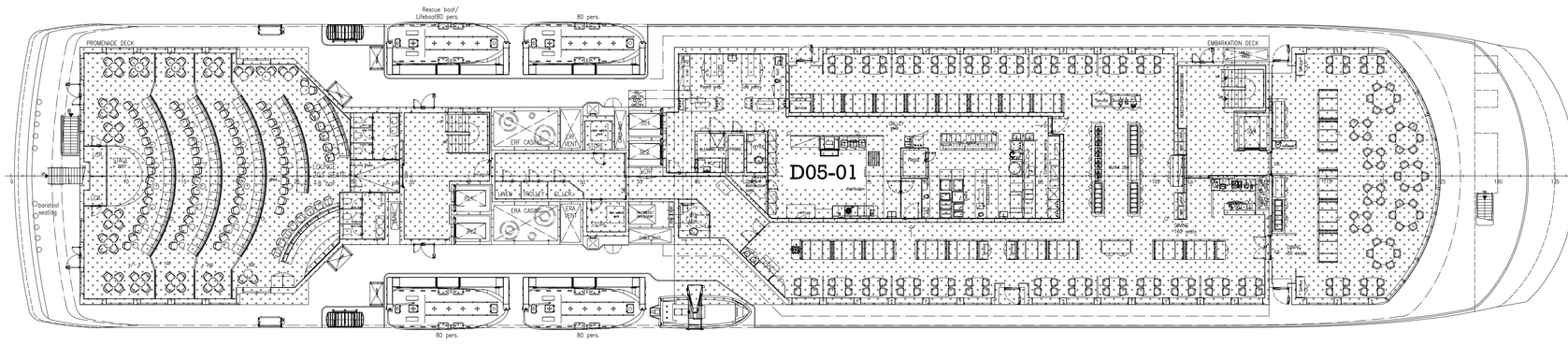
CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:50	A0	8 of 8



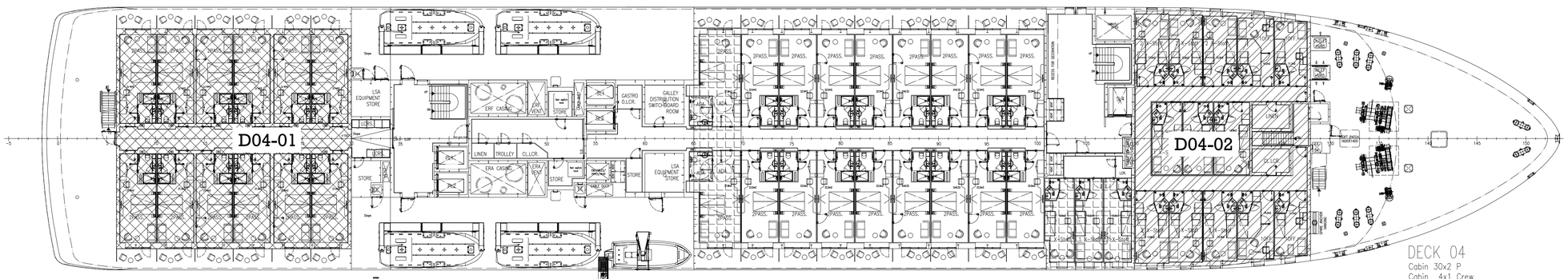
DECK 07
Cabin 8x2P



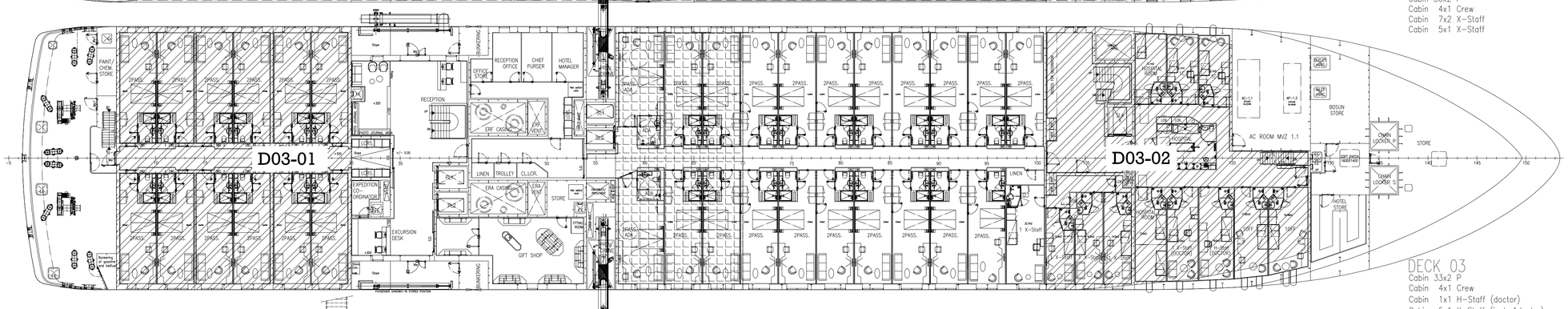
DECK 06
Cabin 26x2 P
Cabin 6x1 P
Cabin 2x1 Crew
Cabin 1x1 X-Staff



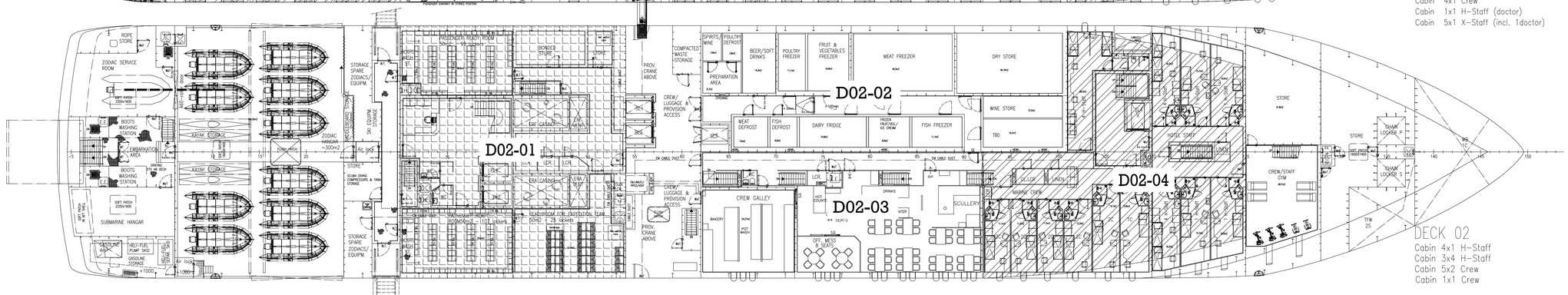
DECK 05



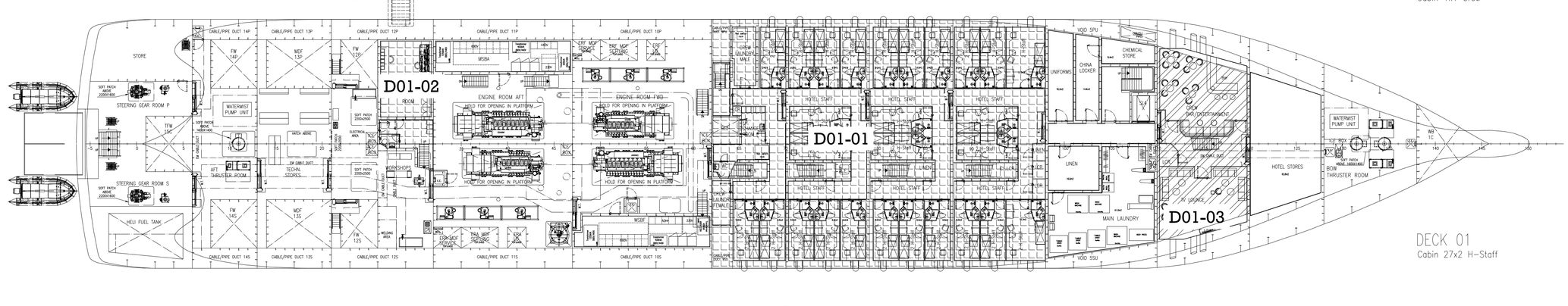
DECK 04
Cabin 30x2 P
Cabin 4x1 Crew
Cabin 7x2 X-Staff
Cabin 5x1 X-Staff



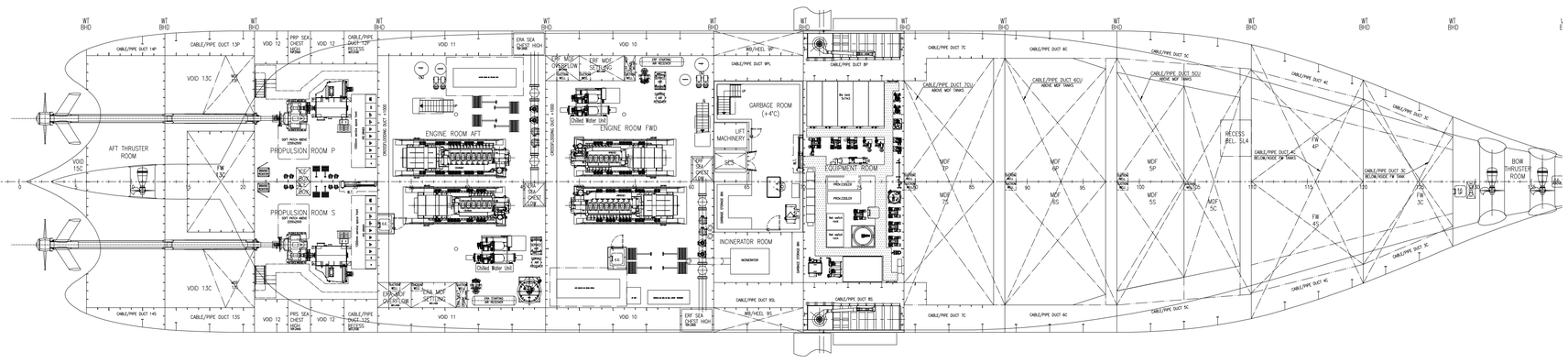
DECK 03
Cabin 33x2 P
Cabin 4x1 Crew
Cabin 1x1 H-Staff (doctor)
Cabin 5x1 X-Staff (incl. 1doctor)



DECK 02
Cabin 4x1 H-Staff
Cabin 3x4 H-Staff
Cabin 5x2 Crew
Cabin 1x1 Crew



DECK 01
Cabin 27x2 H-Staff



BELOW TANK TOP

Light Floating floor 41 kg/m2

Heavy Floating Floor 72 kg/m2

Light/Heavy depending on propeller design

Viscoelastic layer

REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
X01	ESTABLISHED FOR WEIGHT CACLULATION	04.05.2018	VOK/GAS		

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

NAVAL ARCHITECTS & ENGINEERS
LMG MARIN AS
BERGEN - NORWAY
Tel: +47 55 59 40 00
E-mail: office@lmgmarin.no
Web: www.lmgmarin.no

LMG MARIN AS DRAWING NO.
369005-DW-521-C-LMG-00001

PROJECT NO.	DOC. TYPE	SFI NO.	DISC. CODE	ORIGINATOR CODE	SEQUENTIAL NO.

CLIENT

PROJECT
LMG 200 PCS

CLIENTS DWG. NO.
–

REPLACEMENT FOR:
–

TITLE
FLOATING FLOOR

CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
ACAD 2015	1:200	A0S	1 of 1