



Mostovi III

**INTEGRIRANI
MULTIDISCIPLINARNI
PRISTUP
PROJEKTIRANJU
MOSTOVA**



UVOD

TRADICIONALNA MOSTOGRADNJA

- ❑ MOST = djelo individue – inženjera vizionara
 - ❑ Projektiranje i građenje mostova
 - ❑ Umjetnost temeljena na strukturalnoj intuiciji
 - ❑ Bez detaljnih analiza



UVOD

SUVREMENA MOSTOGRADNJA

- ❑ Multidisciplinarni pristup
 - ❑ Unapređenje znanja iz područja konstrukcija
 - ❑ Ne-inženjerski čimbenici koji utječu na razvoj projekta



UVOD

EKOLOGIJA

- ☐ Klimatske promjene
- ☐ Emisija CO₂
- ☐ Smanjenje izvora energije



UVOD

EKOLOGIJA

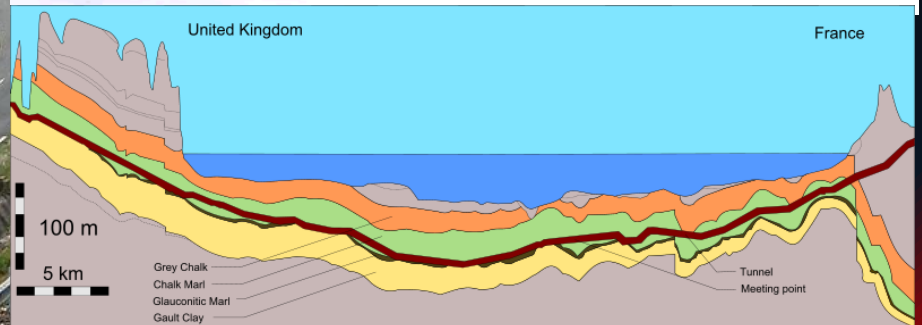
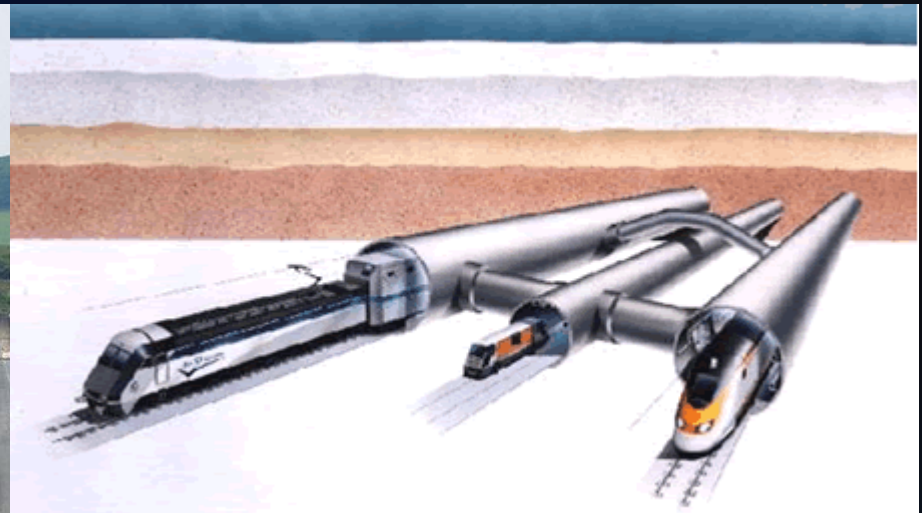
- ❑ Negativan dojam stručnjaka za prometnu infrastrukturu
 - ❑ *“Tehnokrati koji žele još betona, još asfalta”*
- ❑ Posljedica: mostovi i razvoj infrastrukture gube prioritet u političkim strategijama – iako najbrže povrate uložena sredstva



UVOD

POLITIKA

- ❑ Odlični projekti napušteni ili odgođeni na neodređeno vrijeme
 - ❑ *Donosioci odluka/političari traže brze rezultate (izbori)*
- ❑ Primjer: Tunel ispod Kanala La Manche (1880. g. prve ideje)



UVOD

POLITIKA

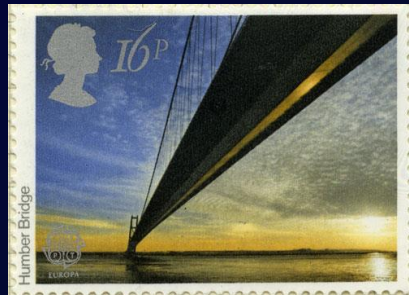
- ❑ Odlični projekti napušteni ili odgođeni na neodređeno vrijeme
 - ❑ *Donosioci odluka/političari traže brze rezultate (izbori)*
- ❑ Primjer: Čvrsti prijelaz Storebaelt (50-ak godina rasprave)



UVOD

□ Međutim, jednom kad se sagrađe mostovi postaju

- Znamenitosti
- Simbol tehnologije
- Kulturna baština



MULTIDISCIPLINIRANI PRISTUP

- ❑ Inovacije = rezultat interakcije između različitih disciplina
- ❑ Multidisciplinirani integrirani pristup planiranja i provedba projekta
 - ❑ Nove ideje i razvitak
 - ❑ Smanjenje troškova, materijala, vremena
 - ❑ Povećanje sigurnosti, kvalitete



MULTIDISCIPLINIRANI PRISTUP

SIGURNOST

**GOSPODARENJE
RIZIKOM**

INDUSTRIJA

**TROŠKOVI
ŽIVOTNOG VIJEKA**

**GOSPODARENJE
GRAĐEVINOM**

PRIRODNI IZVORI

**PROJEKTIRANJE
MOSTOVA**

POLITIKA

KLIMA – CO₂

ESTETIKA

OKOLIŠ

ISKUSTVO

Faze razvoja projekta



**TIJEK
RAZVOJA
PROJEKTA
NIJE
STROGO
LINEARAN**



Faze razvoja projekta

Generalni plan, politički procesi

Koncept i studija izvodljivosti

Političke odluke

Planiranje – detaljno

Projekt

Građenje

Održavanje

Uklanjanje građevine

- Socio-ekonomski aspekti
- Promet i okoliš
- Estetika
- Tehnički zahtjevi
- Skice i koncept

Faze razvoja projekta

Generalni plan, politički procesi

Koncept i studija izvodljivosti

Političke odluke

Planiranje – detaljno

Projekt

Građenje

Održavanje

Uklanjanje građevine

- Organizacija
- Strategija
gospodarenja
- Financiranje

Faze razvoja projekta

Generalni plan, politički procesi

Koncept i studija izvodljivosti

Političke odluke

Planiranje – detaljno

Projekt

Građenje

Održavanje

Uklanjanje građevine

- Studija rizika, navigacija
- Strategija natječaja
- Idejno rješenje
- Utjecaj na okoliš
- Strategija očuvanja trajnosti
- Analiza troškova životnog vijeka
- Estetika

Faze razvoja projekta

Generalni plan, politički procesi

Koncept i studija izvodljivosti

Političke odluke

Planiranje – detaljno

Projekt

Građenje

Održavanje

Uklanjanje građevine

- Ostvarivanje strategije
- Ciljevi projekta

Faze razvoja projekta

Generalni plan, politički procesi

Koncept i studija izvodljivosti

Političke odluke

Planiranje – detaljno

Projekt

Građenje

Održavanje

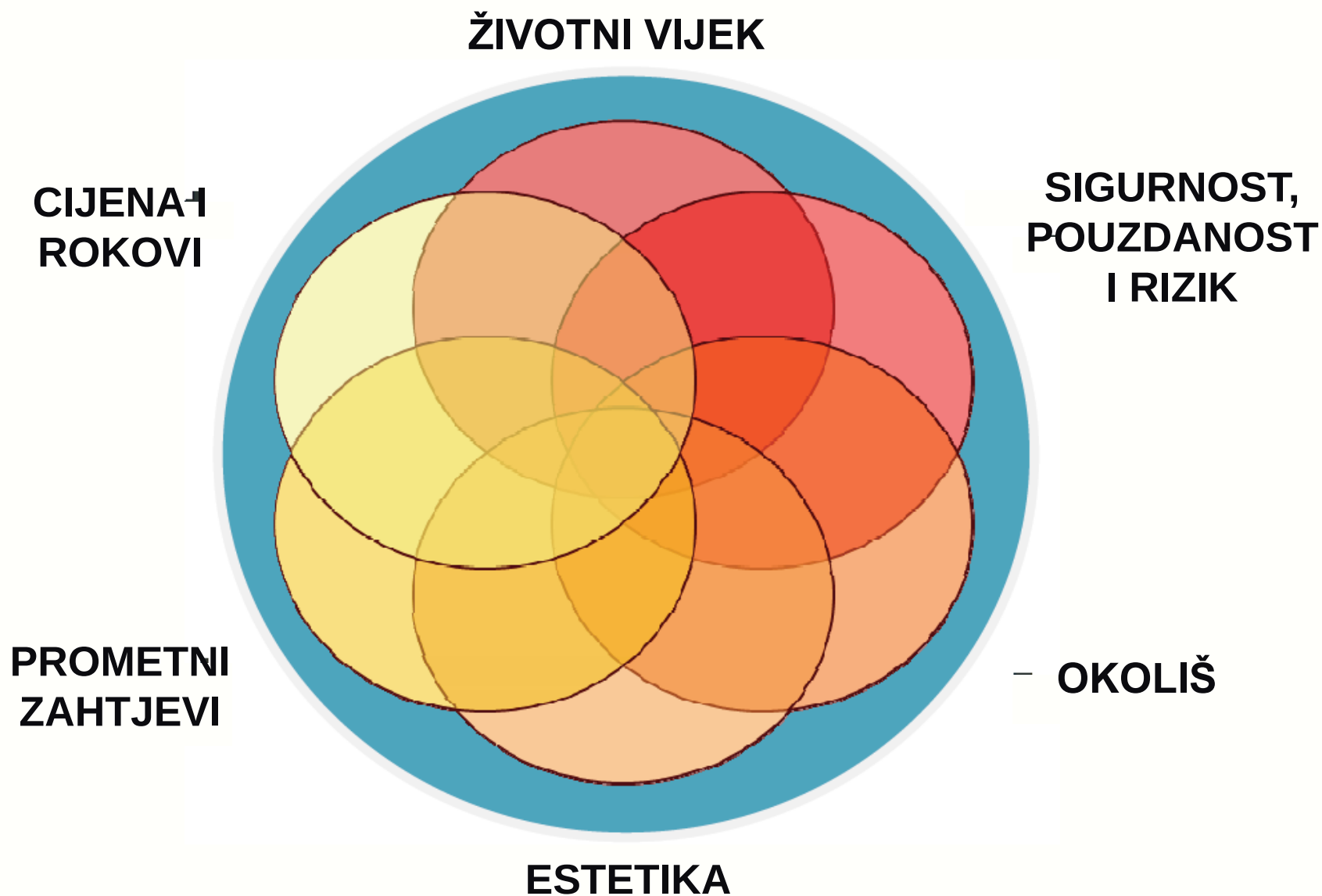
Uklanjanje građevine

▪ Realizacija projekta

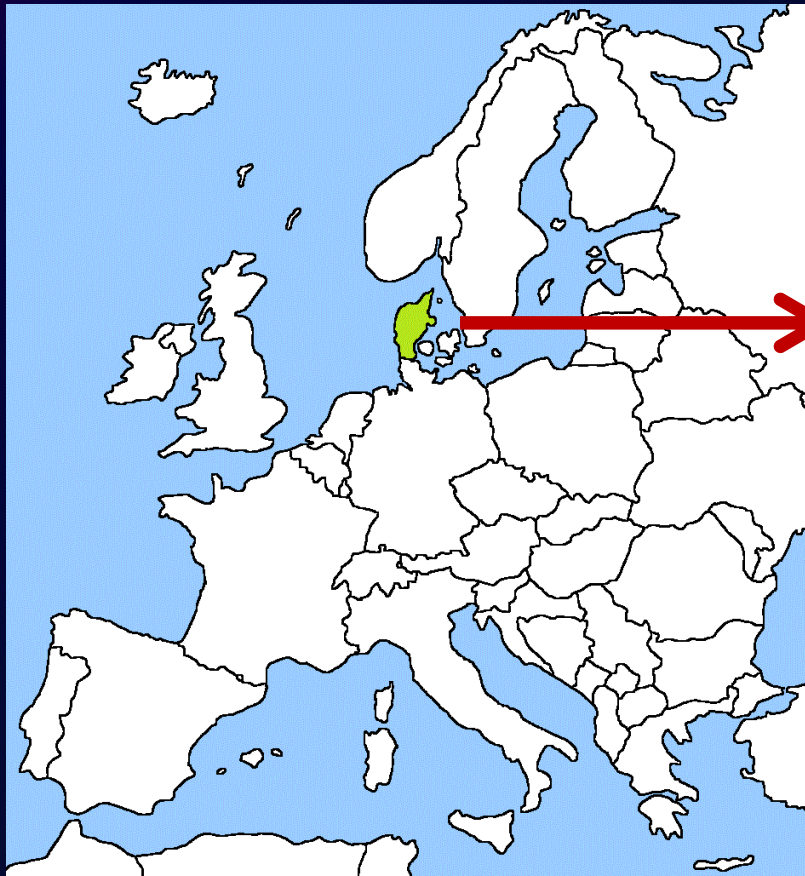
Utjecaj odluka i troškova tijekom faza projekta



INTEGRIRANI MULTIDISCIPLINARNI PRISTUP



VELIKI PRIJELAZI U SJEVERNOJ EUROPI



1. VELIKI BELT – između istočne i zapadne Danske (1988. – 1998.)
2. ORESUND - između Danske i Švedske (1993. – 2001.)
3. FEHMARN BELT – između Danske i Njemačke (u fazi projektiranja)

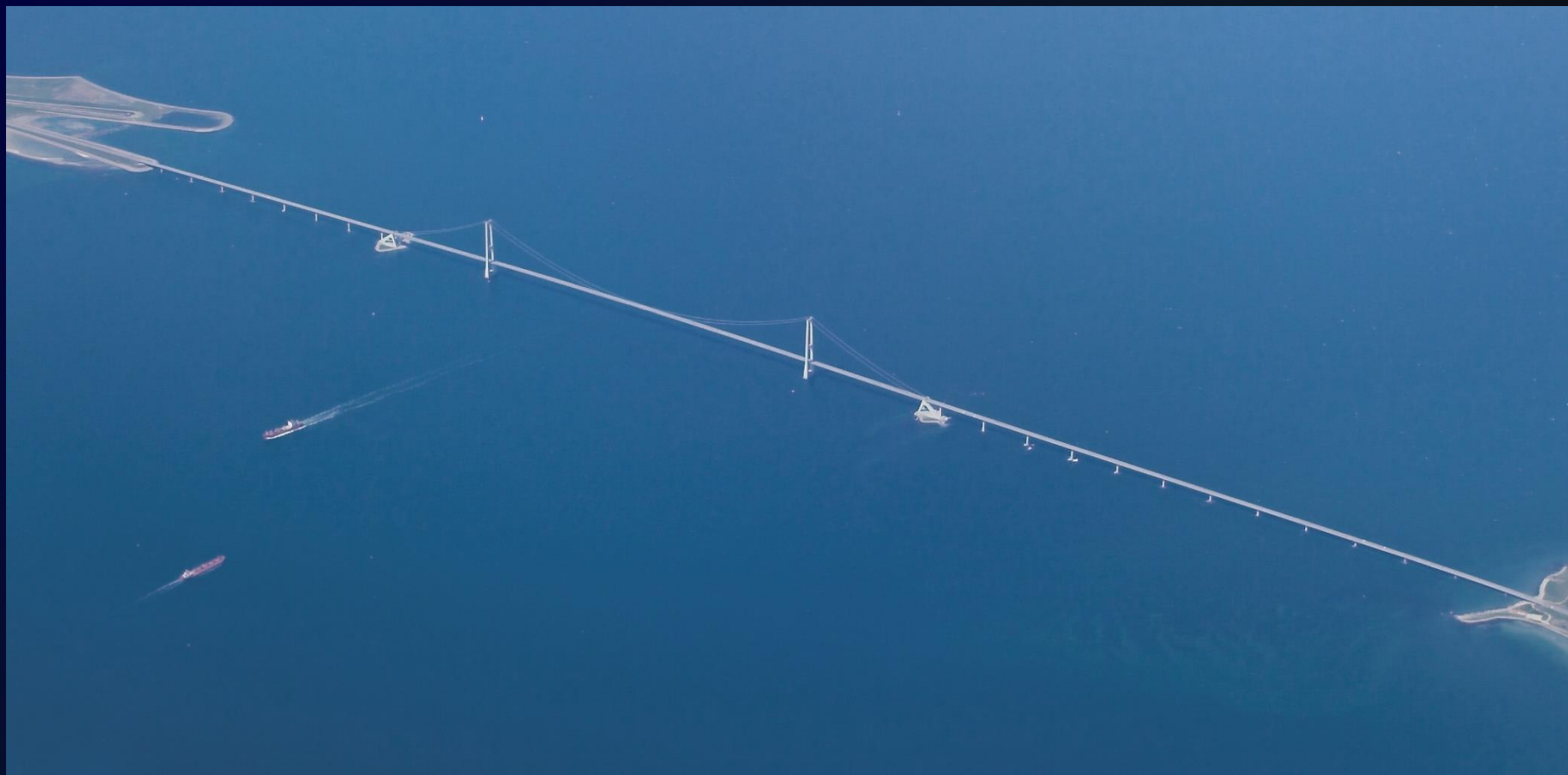
VELIKI PRIJELAZI U SJEVERNOJ EUROPI

- ❑ Duljine: 16 – 20 km
- ❑ Premošćuju plovne puteve Sjevernog i Baltičkog mora
- ❑ Različita svrha i zahtjevi
- ❑ Različiti uvjeti temeljenja



Veliki Belt

- ❑ Danska nacionalna veza između istoka i zapada
- ❑ Relativno duboko more
- ❑ Prijelaz preko otoka i međunarodnog plovnog kanala



Oresund

- ❑ Međunarodni tranzitni pravac (sjever- jug)
 - ❑ Povezuje Skandinavske zemlje sa središnjom Europom
 - ❑ Veza između metropola Kopenhagen - Malmo
- ❑ Relativno plitko more
- ❑ Prijelaz preko otoka



Fehmarn Belt

- ❑ Međunarodni tranzitni pravac (sjever- jug)
 - ❑ Veza između Danske i Njemačke
- ❑ Duboko more
- ❑ Prijelaz preko međunarodnog plovnog puta bez otoka na trasi



VELIKI BELT – ISTOČNI MOST

- ❑ Lijepa konstrukcija skladno uklopljena u danski okoliš
- ❑ Glavni raspon: 1,624 m



VELIKI BELT – ISTOČNI MOST

PILON

- ☐ Suradnja inženjera i arhitekata
- ☐ Potpuno ovješeno rasponske konstrukcije – bez poprečne grede
 - ☐ Bolji estetski dojam
 - ☐ Veći otvor slobodnog profila



VELIKI BELT – ISTOČNI MOST

RASPONSKA KONSTRUKCIJA

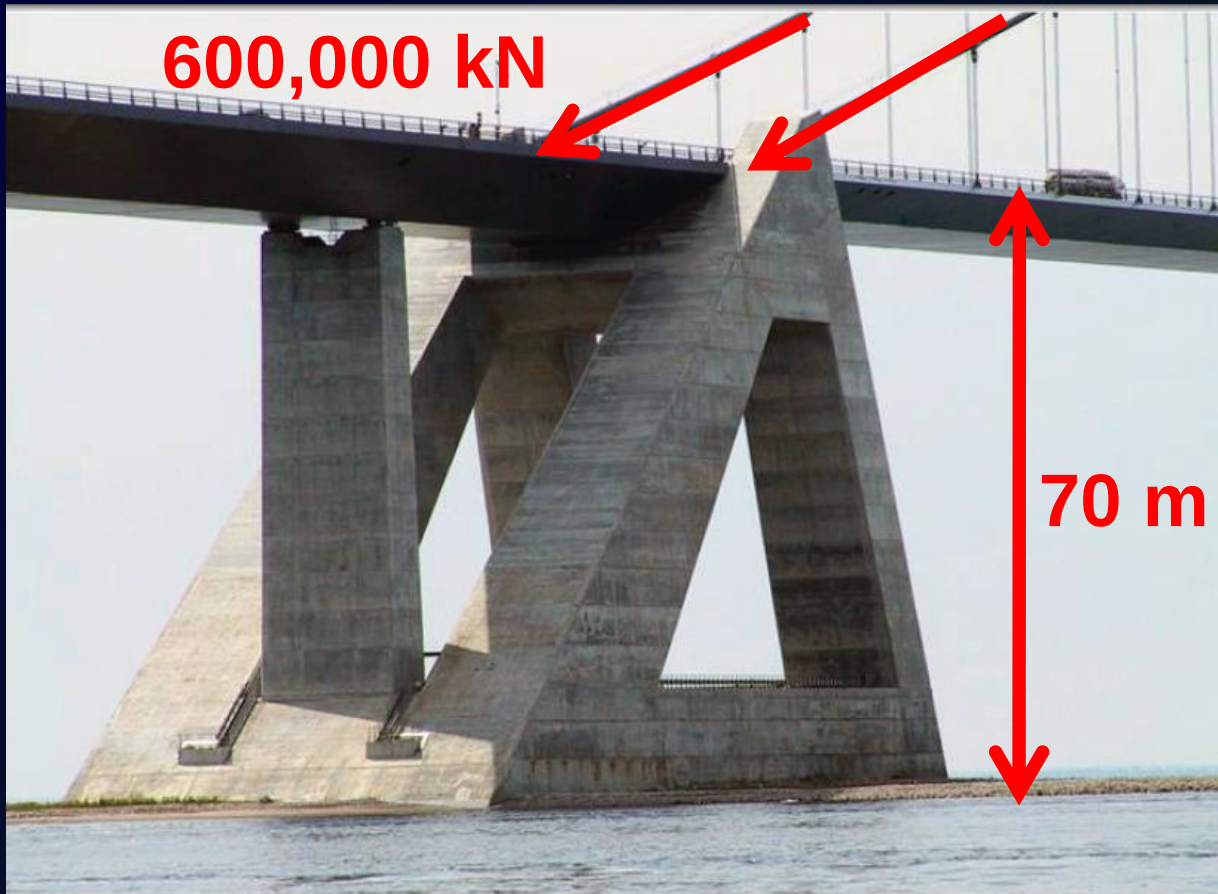
- ❑ Vitka, čelična konstrukcija aerodinamičnog poprečnog presjeka
- ❑ Kontinuitet bez zglobova - smanjen broj prijelaznih naprava i ležajeva
- ❑ Suradnja konstruktera, arhitekata i stručnjaka za održavanje



VELIKI BELT – ISTOČNI MOST

SIDERNI BLOKOVI

- ❑ Suradnja konstruktora, arhitekata, stručnjaka za održavanje i geotehničara



*Kako usidriti užad,
a da se ne
sagradi
betonska
grdosija koja će
narušiti
elegantnu
višeću
strukturu...*

*...uz razumne
troškove ?*

VELIKI BELT – ISTOČNI MOST

SIDERNI BLOKOVI

- ❑ Raščlanjenje konstrukcije prema metodi “*OBLIK SLIJEDI FUNKCIJU*” i metodi građenja



*Kako usidriti užad,
a da se ne
sagradi
betonska
grdosija koja će
narušiti
elegantnu
višeću
strukturu...*

*...uz razumne
troškove ?*

VELIKI BELT – ISTOČNI MOST

SIDERNI BLOKOVİ

- ❑ Donji dio: betonski sanduk ispunjen pijeskom s morskog dna
 - ❑ Jeftino dobivena potrebna težina
 - ❑ Odstranjenjem pijeska – veća protočnost kroz kanal Strobealt – riješen problem eko-zajednice ribama



VELIKI BELT – ISTOČNI MOST

SIDERNI BLOKOVI

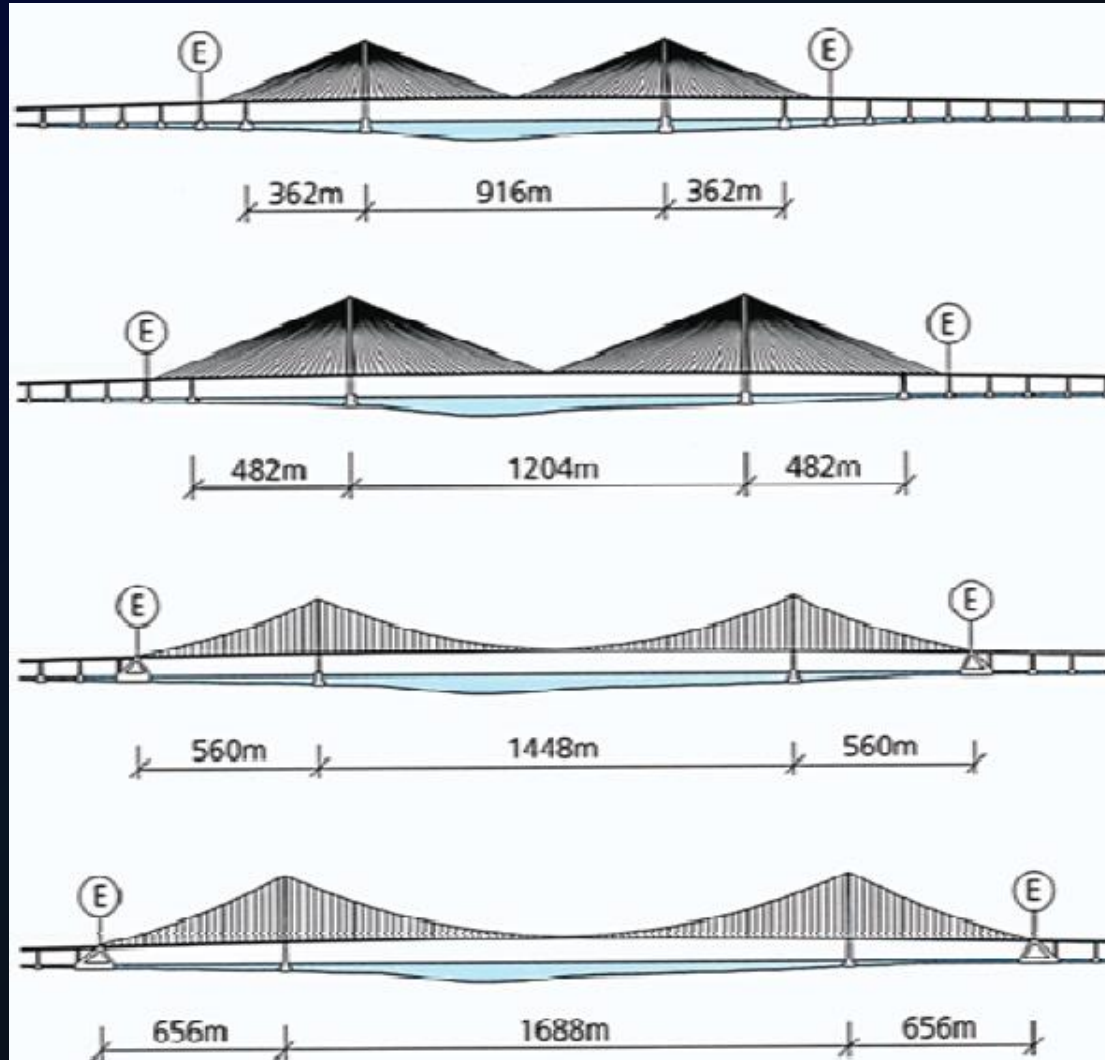
- ❑ Tijelo sidra trokutastog oblika = 2 kosa stupa
 - ❑ Razdioba sila s užadi u sidreni blok
 - ❑ Sandučasti poprečni presjek – užad dostupna pregledu



VELIKI BELT – ISTOČNI MOST

OPTIMALIZACIJA RASPONA

- ☐ Određivanje optimalne duljine glavnog raspona najzahtjevniji zadatak
- ☐ Parametri:
 - ☐ Međunarodni plovni put
 - ☐ Cijena
 - ☐ Metode građenja
 - ☐ Nosiva struktura
 - ☐ Temeljenje
 - ☐ Održavanje
 - ☐ Estetika
 - ☐ Utjecaj na okoliš
- ☐ Optimalni raspon: 900 – 1700 m



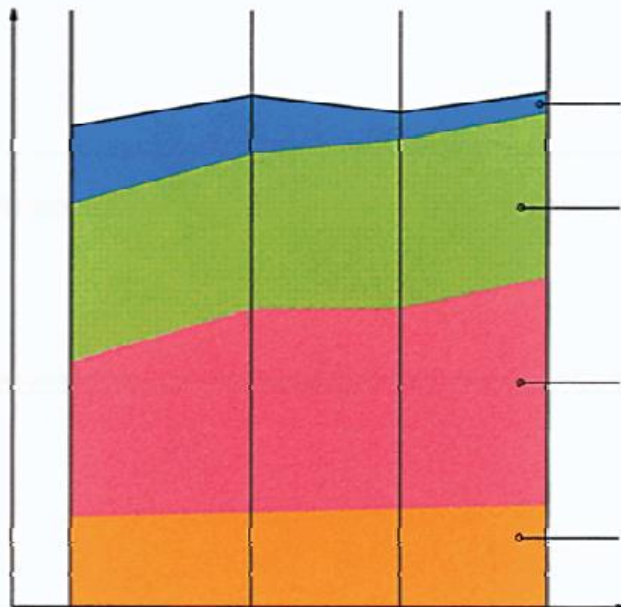
VELIKI BELT – ISTOČNI MOST

OPTIMALIZACIJA RASPONA

- Povećanje cijene zbog povećanja raspona nadomješteno smanjenim troškovima prilagodbe plovnog puta i zaštite od udara broda (umjetni grebeni)

Cijena

900 1200 1400 1700



Parametri:

Prilagodba plovnog puta, umjetni grebeni

Donji ustroj

Gornji ustroj

Priprema gradilišta, oprema mosta

Glavni raspon (m)

VELIKI BELT – ISTOČNI MOST

OPTIMALIZACIJA RASPONA

- ❑ Provjera sigurnosti plovnog profila – virtualna simulacija
 - ❑ Korišten “Model domene”
 - ❑ Usporedba sa slobodnim profilom ispod nadvožnjaka
 - ❑ Minimalni potreban raspon: 1,500 m (za jednake uvjete plovidbe)
- ❑ Optimalizacija rizika i cijene



MOST ORESUND

- ❑ Stroga ekološka ograničenja pri gradnji mosta: ne ugrožavanje života rijetkih vrsta na otoku Saltholm
- ❑ Gradnja mosta u blizini 2 grada i zračne luke
 - ❑ Brza gradnja sa što manje zadiranja u okoliš – montaža predgotovljenih elemenata



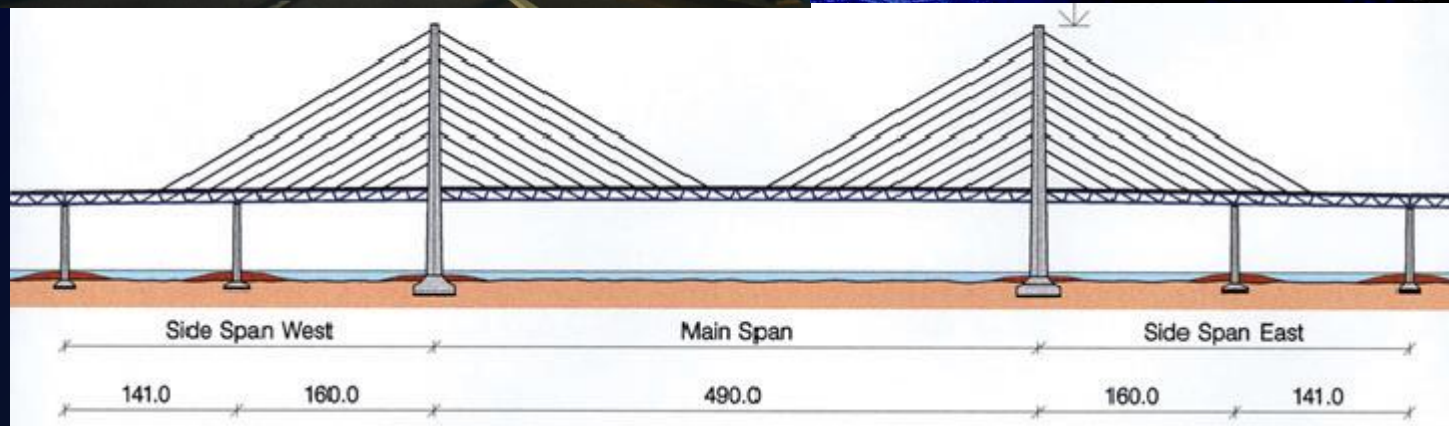
MOST ORESUND

- ❑ Ovješeni most glavnog raspona od 490 m
- ❑ Optimalizacija vremena građenja i cijene te estetike mosta



MOST ORESUND

□ Raspored zatega: harfa – estetski najbolji dojam



MOST ORESUND

- ❑ Projektiranje – do faze idejnog projekta
- ❑ Mogućnost izvođačima optimalizacije u fazi izvedbenog projekta, izrade predgotovljenih elemenata i građenja



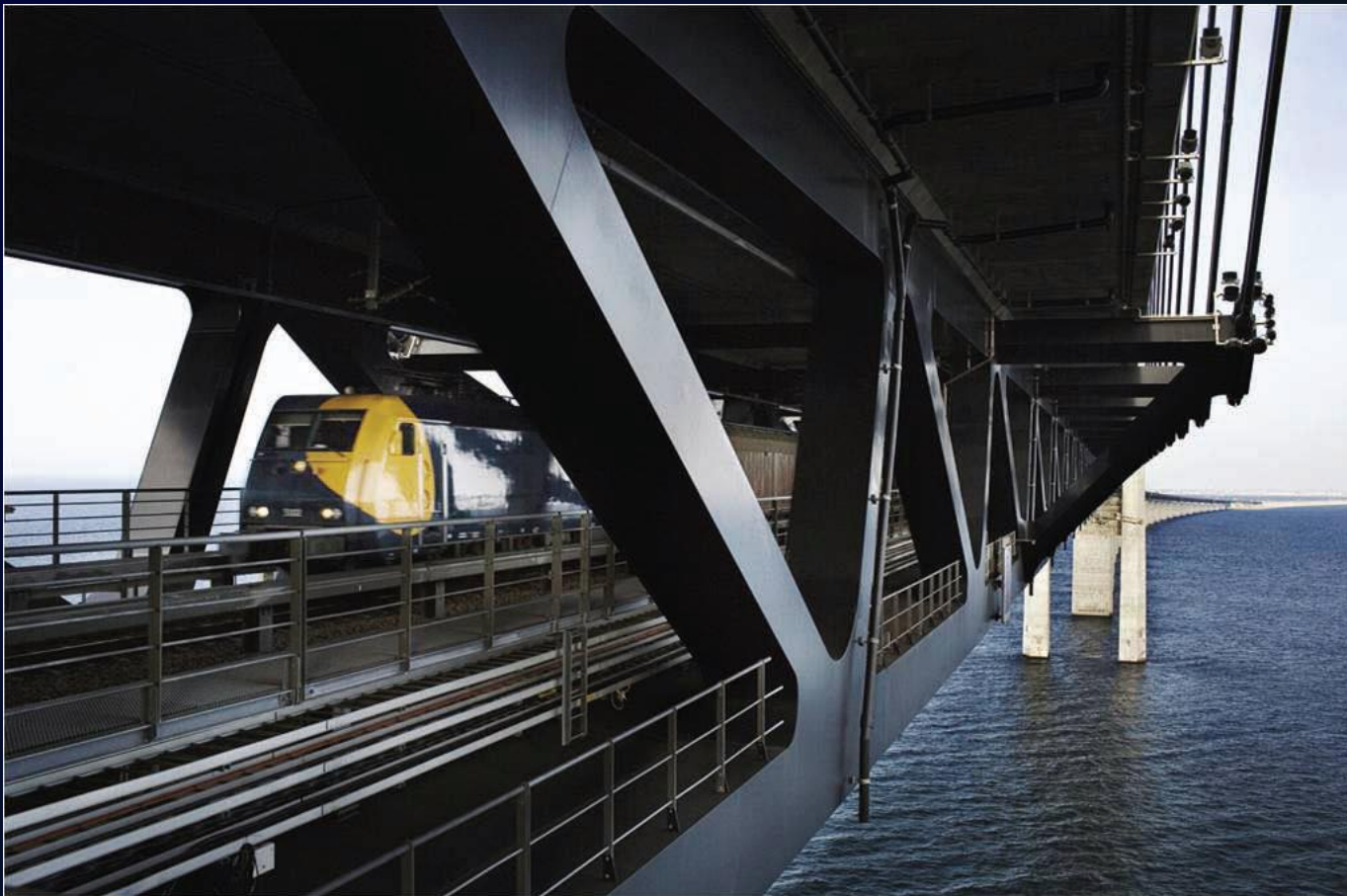
MOST ORESUND

- ❑ Predgotovljeni elementi betonskih kesona i stupova te spregnute rasponske konstrukcije raspona 144 m



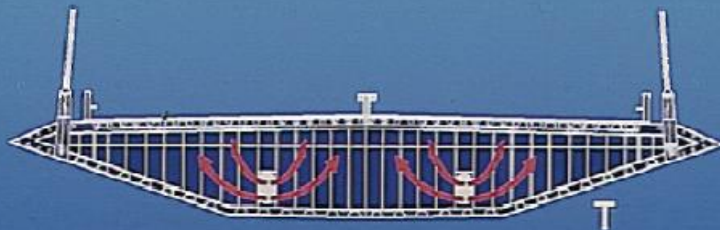
MOST ORESUND

- ❑ Rešetkasta rasponska konstrukcija – promet u 2 razine
 - ❑ Gore: cestovni
 - ❑ Dolje: željeznica

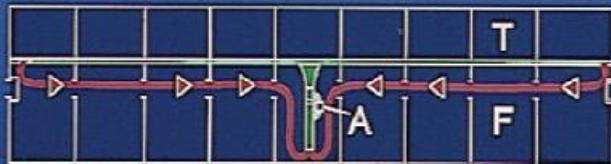


MOST ORESUND

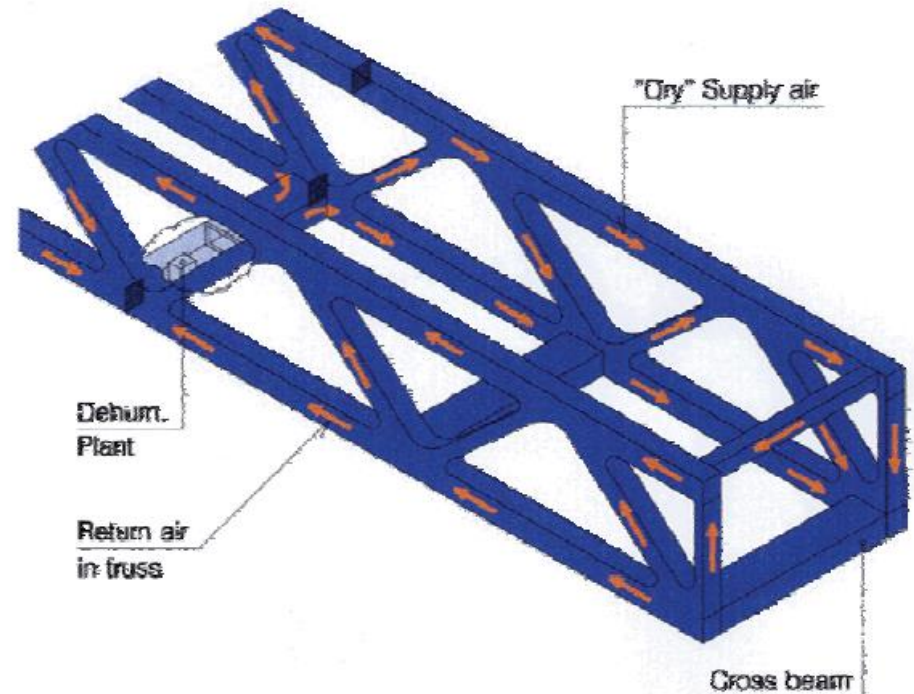
- ❑ Elementi rešetke = sandučasti elementi
 - ❑ Efikasnije održavanje - sustav isušivanja zraka kao antikorozijska zaštita
 - ❑ Povoljnije za okoliš i radnike, ali i jeftinije od bojanja



Dehumidification section



T: Trough as air ducts
A: Dehumidifying unit
F: Free airflow



FEHRMAN BELT

- ❑ Dansko-njemački ugovor o gradnji prijelaza potpisan 3. rujna 2008.
- ❑ Faza planiranja i projektiranja: 2007. – 2013.
- ❑ Predviđeno vrijeme izgradnje 2018.



FEHRMAN BELT

ZAHTJEVI I OGRANIČENJA PROJEKTA

- ☐ Morske struje u kanalu Fehrman
- ☐ Sigurna i neometana plovidba kanalom
 - ☐ Međunarodni plovni promet velikog intenziteta
- ☐ Minimalizirati privremene i trajne utjecaje na okoliš
- ☐ Smanjiti vrijeme i troškove građenja



FEHRMAN BELT

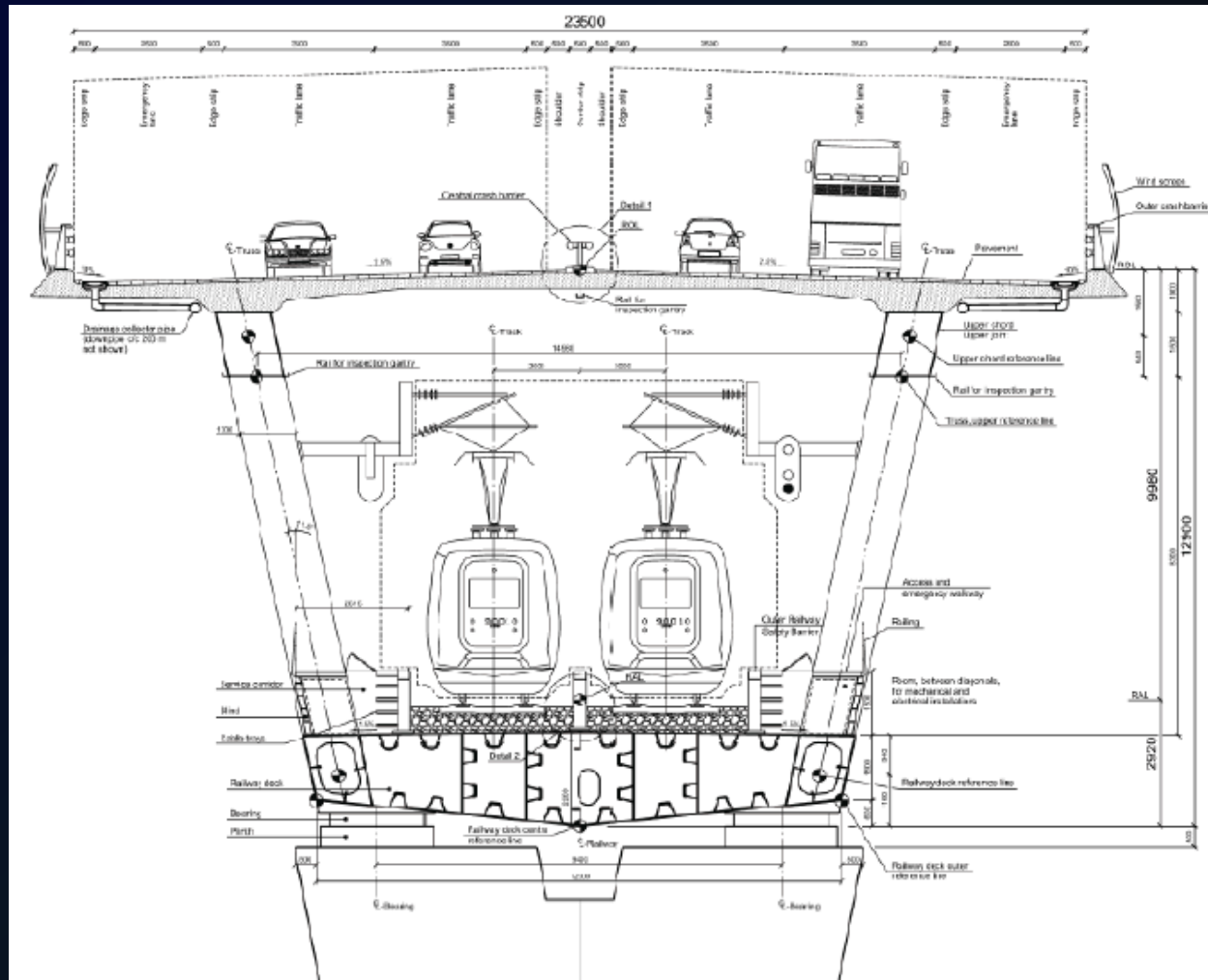
- ❑ Ovješeni most preko 5 raspona
- ❑ Rasponska konstrukcija: spregnuta rešetka slična mostu Oresund



FEHRMAN BELT

RASPONSKA KONSTRUKCIJA

- ❑ Promet u 2 razine
- ❑ Visina: 12.9 m
- ❑ Širina: 23.5 m
- ❑ Cestovni promet: 3 trake za svaki smjer
- ❑ 2-smjerni željeznički promet



FEHRMAN BELT

GRAĐENJE

- ❑ Zahtjev brze i povoljne gradnje: montaža
- ❑ Korištenje dizalice primijenjene na most Oresund i Zapadnom mostu Velikog Belta
 - ❑ Nosivost 8,700 t
- ❑ Optimalizacija predgotovljenih elemenata



FEHRMAN BELT

NAJVEĆA TEŽINA PREDGOTOVLJENIH ELEMENATA

MOST	DONJI USTROJ		GORNJI USTROJ	
	KESON	STUP	GREDA	t/m
ZAPADNI MOST (VELIKI BELT)	7,100	1,800	5,700 L=110 m	52
ISTOČNI MOST (VELIKI BELT)	4,020	2,100	2,400 L=193 m	12
ORESUND	4,900	3,700	6,800 L=140 m	42
FEHMARN (1998.)	13,500	7,500	15,000 L=240 m	62
FEHMARN (2010.)	8,300	4,600	8,600 L=200 m	43

FEHRMAN BELT

☐ Tunel



☐ Trošak: 5.1 milijarda eura

☐ Procjena: 100 milijuna eura jeftinije od mosta

☐ Razlozi:

☐ Sigurnost pomorskog prometa

☐ Utjecaj na okoliš (migracije ptica, morske struje, prirodni rezervat u blizini)

KATAR – BAHREIN

- ❑ Čvrsta veza između arapskog poluotoka (Katar) i otoka/države Bahrein
- ❑ Predviđen početak gradnje 2009. – odgođen



KATAR – BAHRAIN

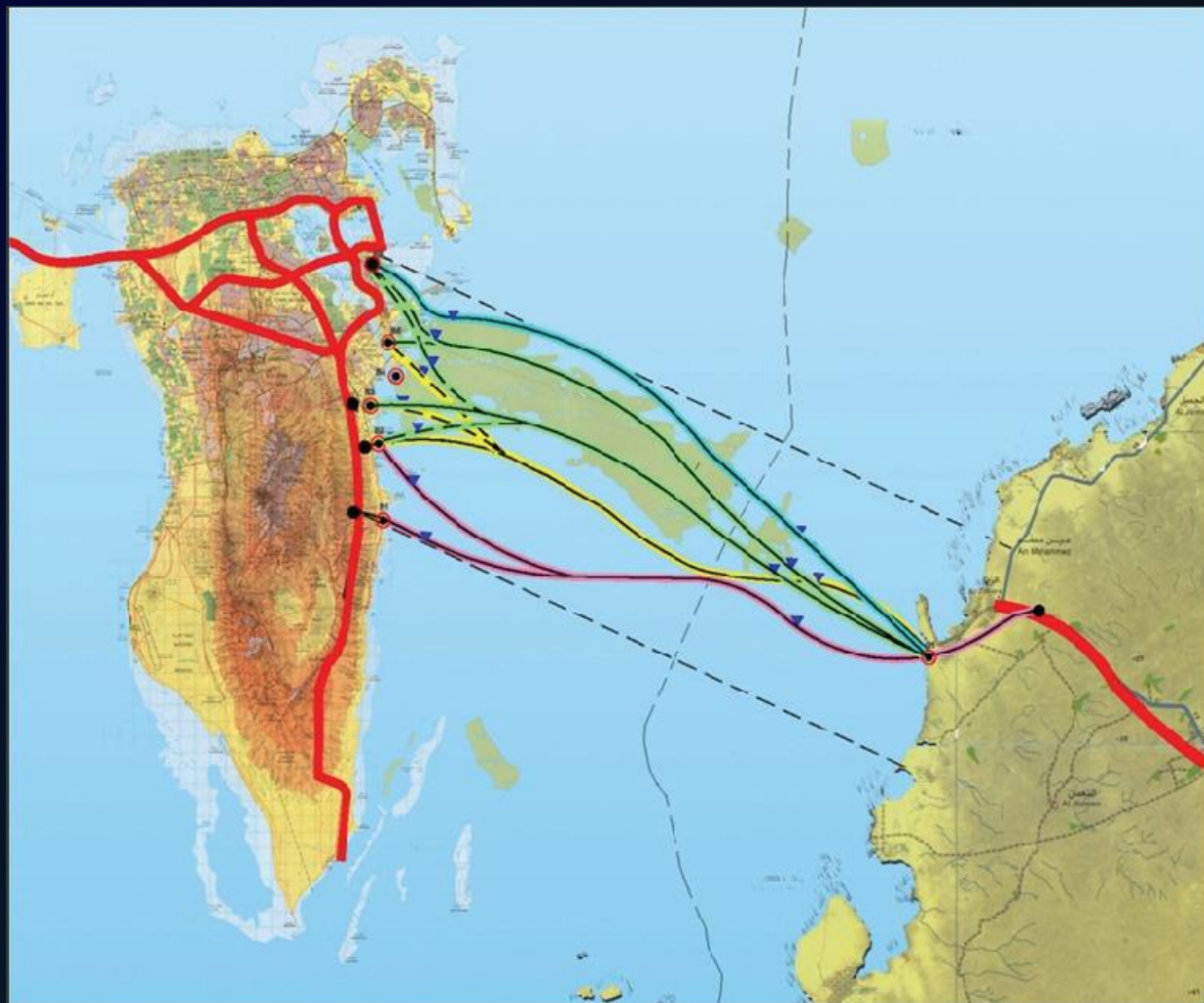
- ❑ Ukupna duljina 42 km
- ❑ Slobodni profil 250 m



KATAR – BAHRAIN

IZBOR KORIDORA I NIVELETE

- ❑ Korišten složeni model odlučivanja
- ❑ Optimalan izbor u početnoj fazi smanjuje vrijeme i troškove izazvane naknadnim promjenama na projektu
- ❑ Minimalni utjecaj na okoliš – jedan od najvažnijih kriterija

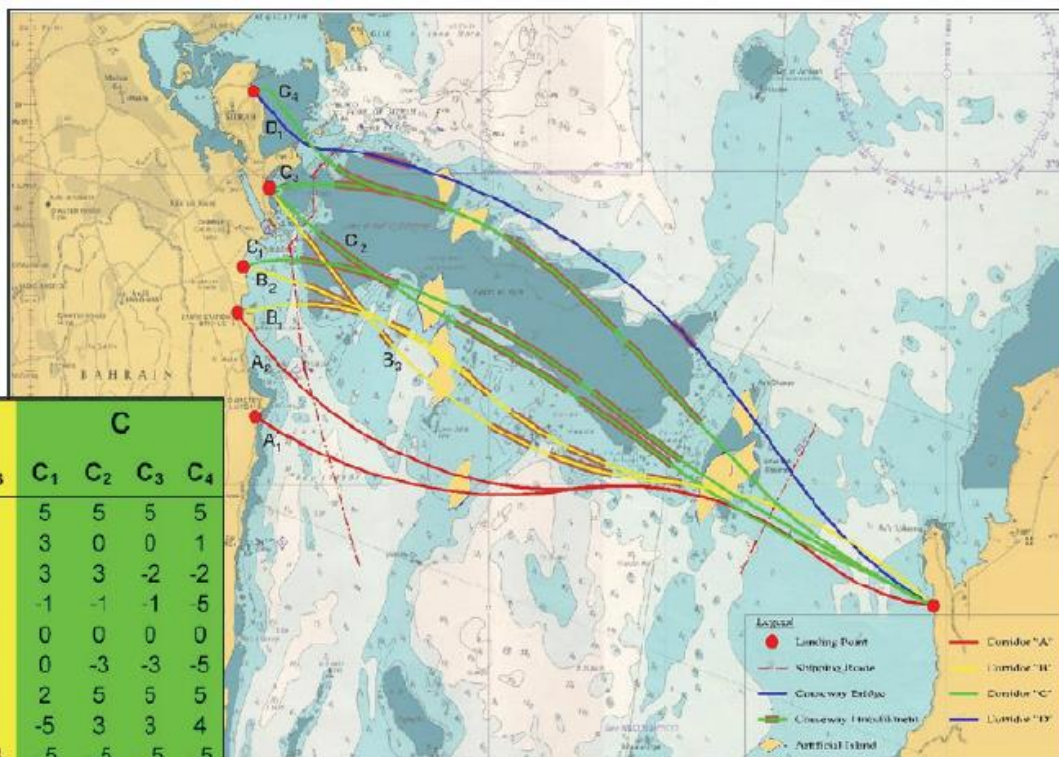


KATAR – BAHRAIN

IZBOR KORIDORA I NIVELETE

- ❑ Varijante trasa C1-C4 (zeleno) – ušteda 500 \$, ali negativno utječu na okoliš

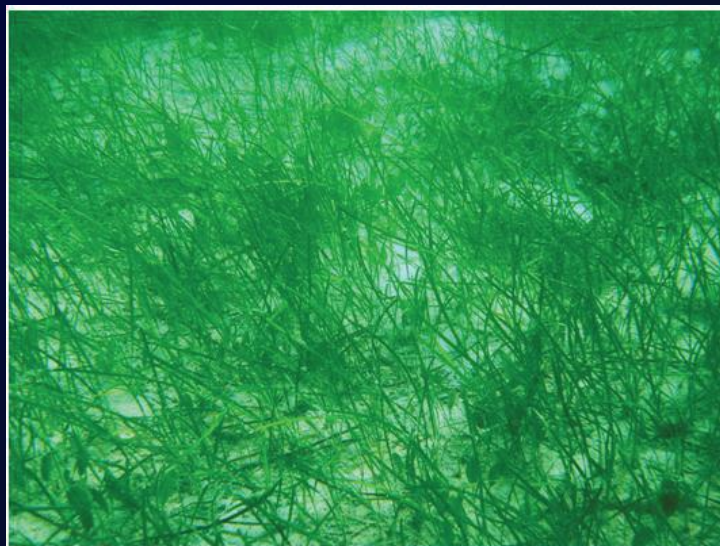
Corridor		A		B			C				
Decision Attribute	Alignment	A ₁	A ₂	B ₁	B ₂	B ₃	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	
Planning - Qatar	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Planning - Bahrain	10	4	4	4	3	0	3	0	0	1	
Planning - Fasht Al Azm (FTD)	5	-1	-1	5	5	5	3	3	-2	-2	
Physical Constraints - Bahrain	5	5	3	3	-1	-1	-1	-1	-1	-5	
Physical Constraints - Qatar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Aesthetics Alignment	5	5	3	3	0	-3	0	-3	-3	-5	
Traffic - Doha - Manamah	10	2	2	2	2	5	2	5	5	5	
Traffic - Doha - King Fahad	5	-5	-5	-5	-5	3	-5	3	3	4	
Environment - Temporary	10	0	0	-3	-3	-3	-5	-5	-5	-5	
Environment - Permanent	15	3	3	-2	-2	-2	-5	-5	-5	-5	
Cost	20	-4	-5	3	2	2	5	5	5	4	
Risk aspects	5	-1	-1	0	0	0	2	2	1	-3	
		100	90	50	140	75	100	70	95	65	10
Corridor Ranking		3		1			2				



KATAR – BAHRAIN

UTJECAJ NA OKOLIŠ

- ☐ Privremeni
- ☐ Trajni
- ☐ Najugroženije vrste:
 - ☐ Morska trava
 - ☐ Koralji
 - ☐ Ribe
 - ☐ Dugong
 - ☐ Delfini



MOST BANGABANDHU

- ❑ Veza između istočnog i zapadnog dijela Bangladeša
- ❑ Premošćuje rijeku Jamunu – jednu od najduljih i vrlo nepredvidljivu (ekstremne poplave) rijeka na svijetu



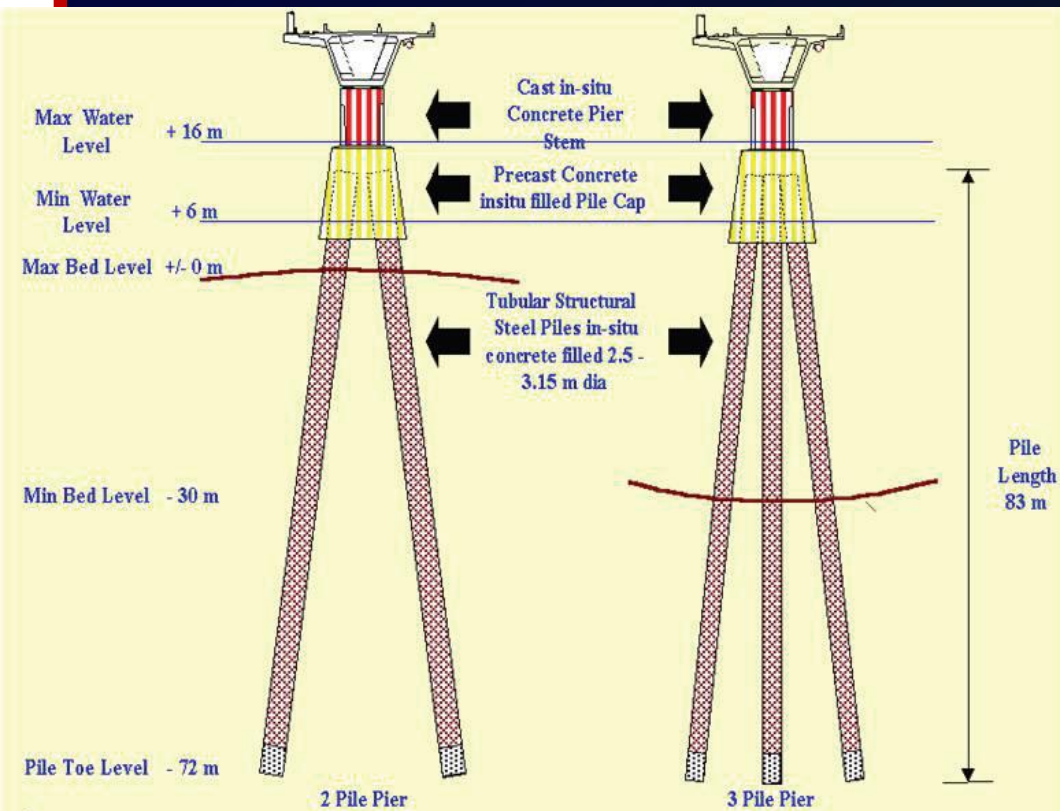
MOST BANGABANDHU

- ❑ Most izveden zahvaljujući primjeni jedinstvene kombinacije tehnologija
 - ❑ Smanjena cijena i utjecaj na okoliš
 - ❑ Povećana efikasnost i sigurnost pri izvedbi



MOST BANGABANDHU

- ❑ Temeljenje na pilonima – visina 83 m, promjera 3 m
 - ❑ Prepolovili cijenu – konačna cijena oko 500 mil. \$ (cijena temeljenja na kesonima – oko 1 milijarda \$)
 - ❑ Omogućili realizaciju projekta



NOVI MATERIJALI

- ❑ Čelik i beton – tradicionalni materijali u uporabi više od 1 st.
- ❑ U drugim industrijama čelik već zamijenjen lakšim materijalima odnosno boljim omjerom čvrstoća/vlastita težina
 - ❑ Aluminij
 - ❑ Karbonatna vlakna
 - ❑ Staklo
- ❑ Građevina: CFRP – zasad ograničena upotreba (ojačanje postojećih građevina)
 - ❑ Za širu primjenu – razvoj i iskustvo iz drugih disciplina



*Pješački most Herning, Danska
Zatege od karbonskih vlakana*

ZAKLJUČAK

- ❑ Inovacija – ne dolazi sama od sebe
 - ❑ Potreba
 - ❑ Multidisciplinirani pristup
 - ❑ Timski rad





❑ Projektni tim

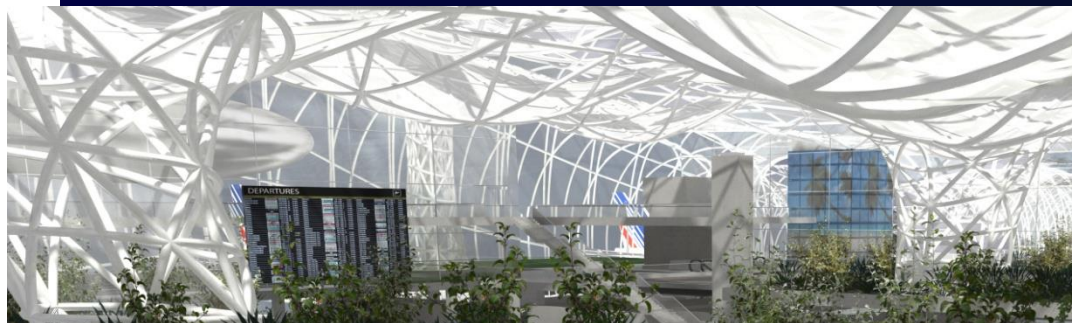
- ❑ Kreativna, entuzijastična i inspirirajući sredina
- ❑ Uključeni svi relevantni stručnjaci
- ❑ Transparentnost
- ❑ U takvoj okolini nemoguće izbjeći generiranje novih ideja i inovacije



Zračna luka Zagreb



Zračna luka Zagreb



Zračna luka Zagreb



Integrirani pristup projektiranju

- Integrirani pristup projektiranju
 - Složeno (holističko) projektiranje koje uzima u obzir sve relevantne aspekte održivosti



Integrirani pristup projektiranju

- BIM = Building information modeling
 - koncept u projektiranju koji objedinjuje sve struke u građevinarstvu i arhitekturi
 - osnova je 3D model objekta
 - vizualna reprezentacija
 - sadrži i mnoge druge informacije potrebne za izradu projektne dokumentacije, izgradnju i održavanje same građevine
 - npr. geodetske koordinate, količine materijala i elemenata, svojstva elementa (toplinska provodljivost, masa, čvrstoća...), detalji elemenata, cijene

Integrirani pristup projektiranju

- BIM software:
 - Autodesk: Revit
 - Nemetschek: Allplan
 - Trimble: Tekla
 - Bentley: AECOsim
 - ...
- Integracija:
 - Arhitektura
 - Konstrukcije
 - MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing)

Autodesk Revit Structure 2010 - [bruecke.rvt - Schnitt: Schnitt 1] Stichwort oder Frage eingeben

Start Einfügen Beschriften Ändern Tragwerkeinstellungen Architektur & Grundstück Zusammenarbeit Ansicht Verwalten Zusatzmodule Ansichten ändern

Element-eigenschaften Schnitt Schnitt Segment teilen Größe für Zuschneiden Verschieben Kopieren Drehen Spiegeln Sperren Skalierung Ähnliches platzieren Gruppe erstellen Ausgereicht einfügen Ausblenden Kopieren Überschreiben

Element Schnitt Zuschneiden Ändern Ähnliche/Gruppe Zwischenablage Grafiken anzeigen

Ansichten ändern

bruecke.rvt - Projektbrowser

- Ansichten (nach Name)
 - Tragwerkspläne (Fundamente)
 - 3D-Ansichten (3D)
 - Ansichten (Gebäudeare)
 - Nord
 - Ost
 - Süd
 - West
 - Schnitte
 - Legenden
 - Bauteillisten/Mengen
 - Pläne (alle)
 - Familien
 - Gruppen
 - Revit-Verknüpfungen

bruecke.rvt - Schnitt: Schnitt 1

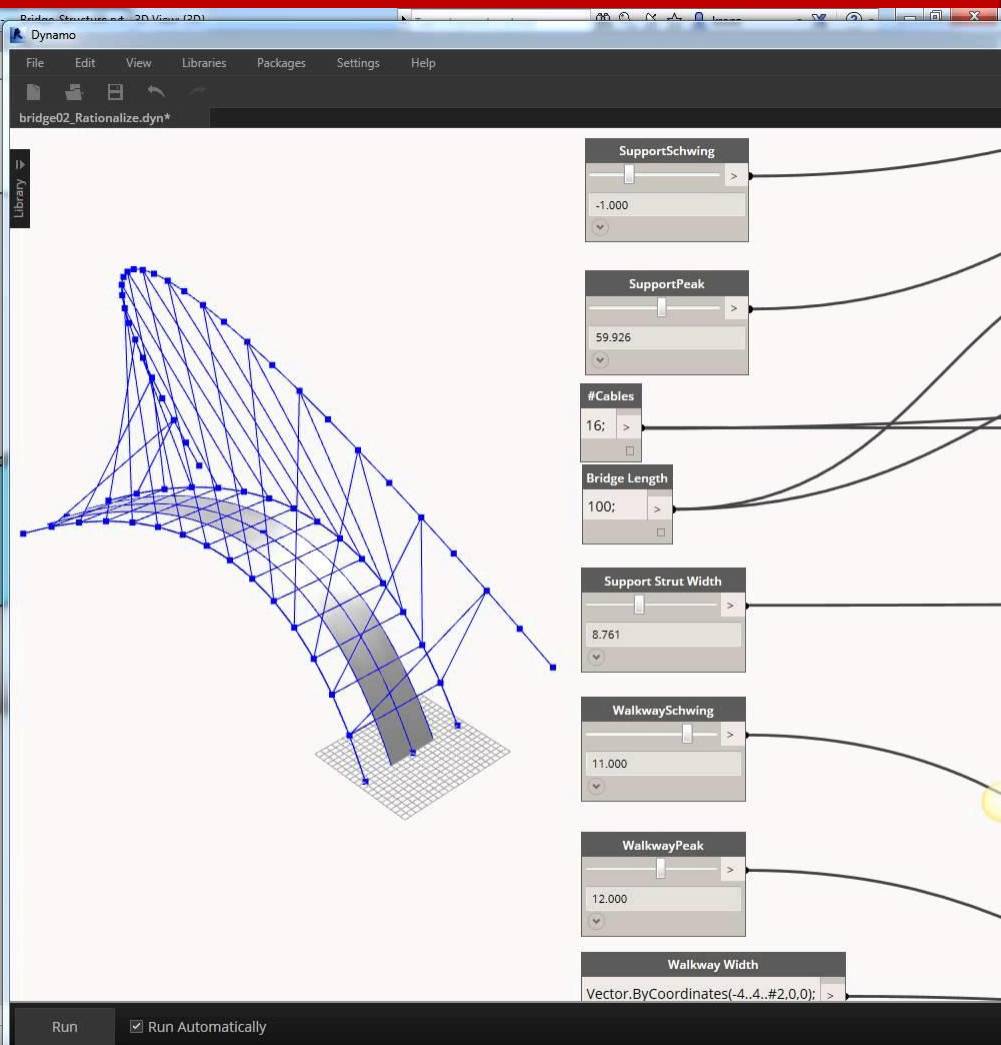
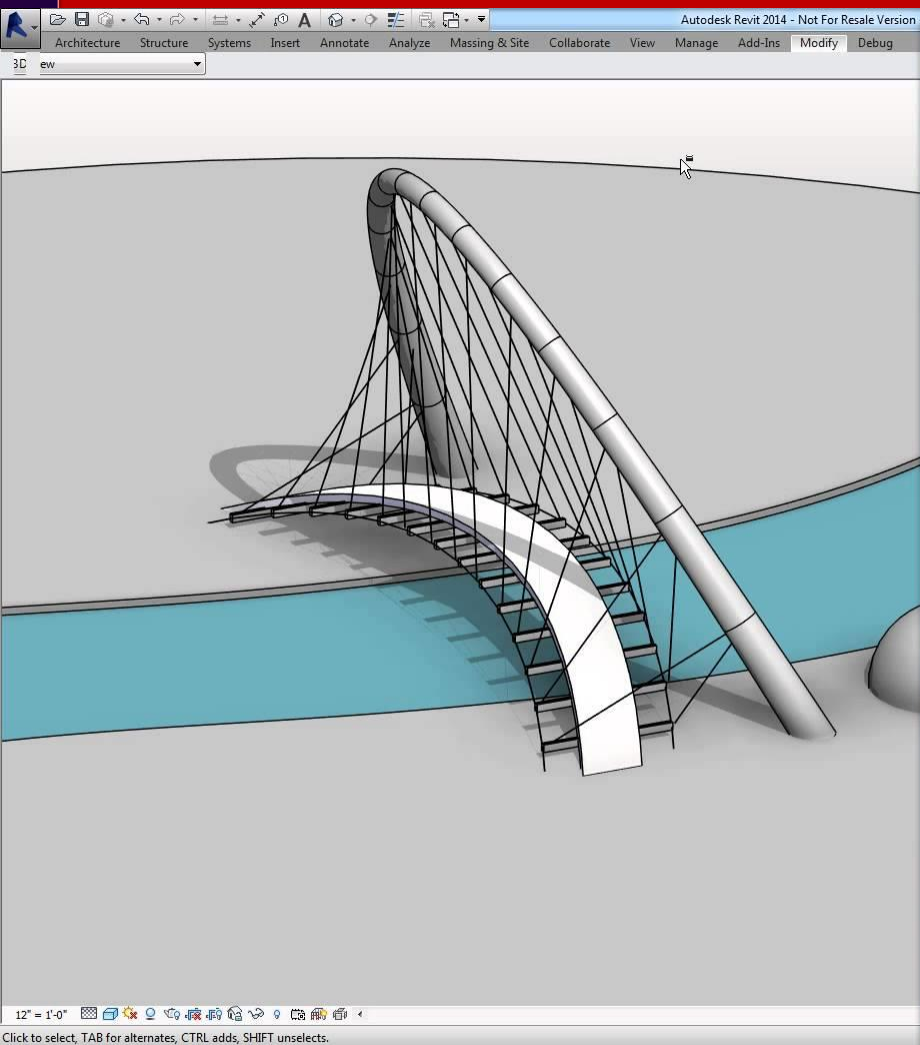
1:100

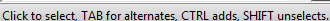
bruecke.rvt - 3D-Ansicht: (3D)

1:300

bruecke.rvt - Tragwerksplan: Fundamente

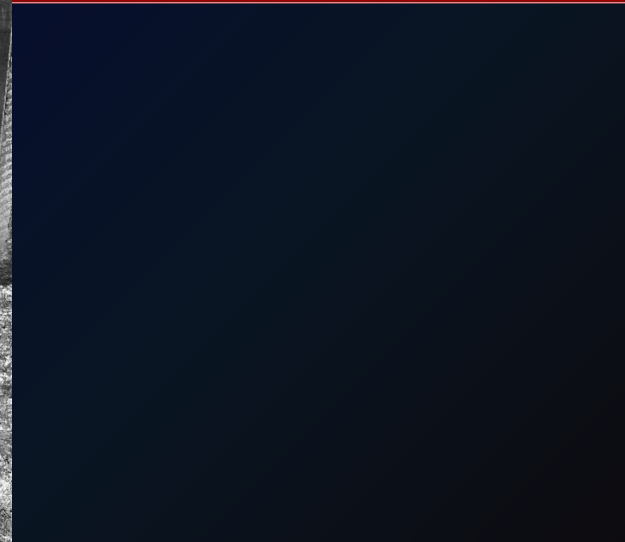
1:100







3D Laser Scan



BIM

