

Träbandsbron

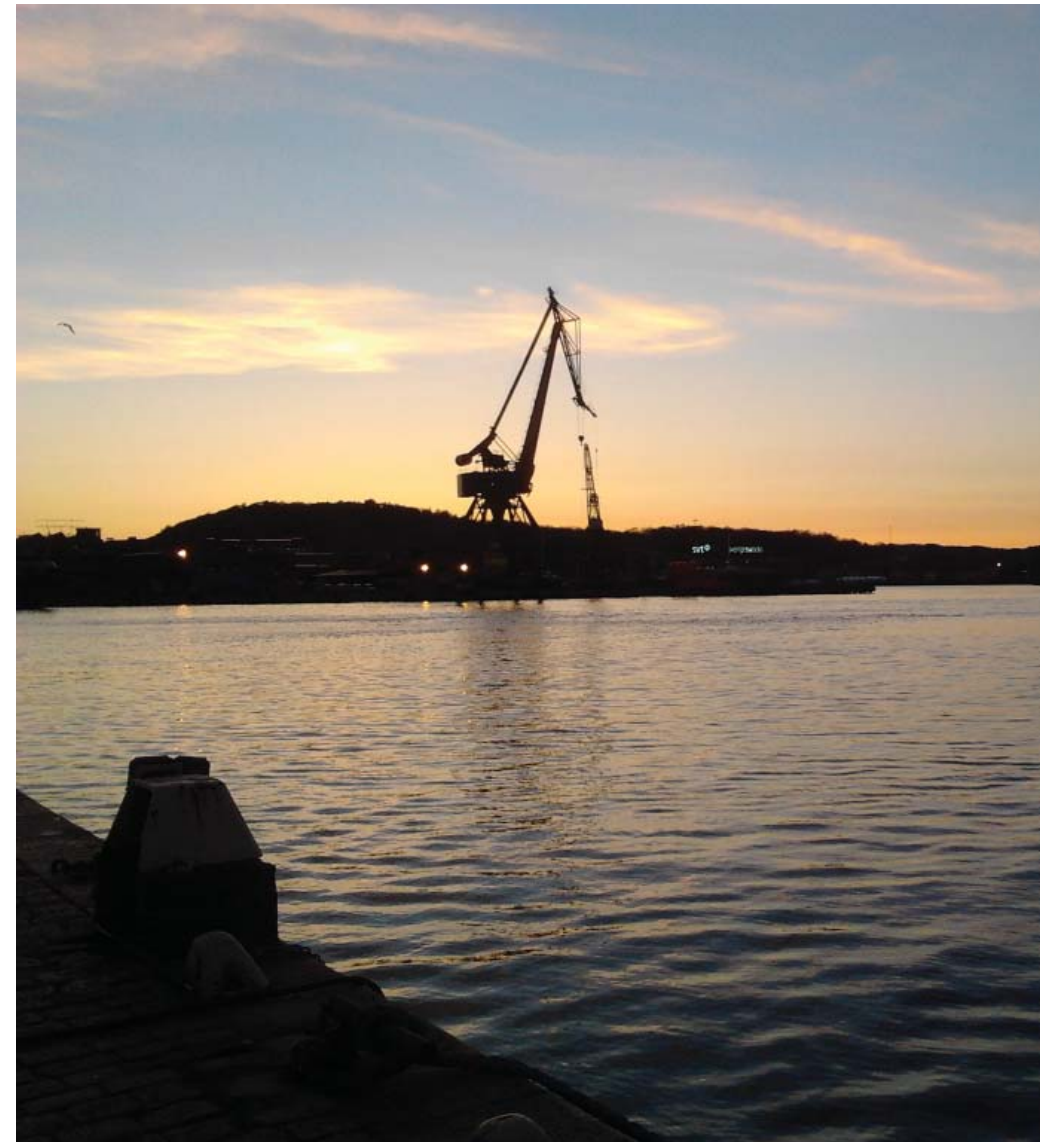
En gång- och cykel **Bro** över Göta Älv, Göteborg
Examensarbete inom Arkitektur, Hösten 2013, LissKristin Jacobsson

Abstract

Through Gothenburg city the river Göta Älv is passing and of course this gives a lot of opportunities to the city. But in some ways the river work as a barrier between the north and south side of the city. Today there is two large bridges and some ferries to use when you want to pass over the water.

The city is planning and working towards the goal to make the city a good biking city. To reach this goal more passages over the river would be a good thing to reduce the distance and instead connect the north and south sides even more. A passage that is design to suit pedestians and cyclists, make the trip enjoyable.

This master thesis presents one way of doing this. A stressed ribbon bridge in wood is designed for pedestrians and bikes. A ribbon of glulam beams are pressed together and then stretched from each shore out to the bascules, one from each side that meets in the middle of the river, connecting the city.



Innehållsförteckning

<i>Inledning</i>	<i>1</i>
Val & Vision	3
<i>Träbandsbron</i>	<i>7</i>
Stöd	15
Brodäck	23
Analys	29
Process	35
Förutsättningar	39
Referensbroar	45
<i>Referenser</i>	<i>53</i>

Alla skalor är angivna för A3-format.

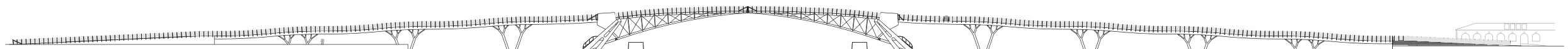
Inledning

Genom Göteborg rinner Göta Älv. Detta vatten har varit och är ännu en stor tillgång för staden. Men samtidigt delar älven göteborg i två delar och gör det svårare att nå mellan norra och södra Göteborg. Att överbrygga detta hinder samtidigt som trafiken på älven hålls igång är en fråga som det jobbas en hel del med.

En annan fråga som staden satsar intensivt på är att få fler att välja miljövänliga transportmedel. Cykelbanor, kollektivtrafik och trängselskatt är några av metoderna. Men så länge älven delar Göteborg i två delar med broar som inte lockar till promenader eller cykelturer är älven ett hinder.

Det finns ett flertal olika idéer om broar som kan länka samman staden och där vill också jag ge mitt förslag. I detta projekt utformar jag en träbro som genar över älven, sveper likt vågorna och luktar brygga efter regn.

Ett starkt band av trä som leder över älven.



Val & Vision

Förslag

Val

Var

Mellan området strax norr om stenpiren, vid casinot på södra älvstranden och varvsområdet tvärs över på norra älvstrandens strand.

Den placering leder till en effektiv sammanlänkning av de centrala stadsdelarna. Flödet av människor är stort inom och mellan de områden som den främst länkar samman. Många människor kan dra nytta av broförbindelsen och kanske ta cykeln över älven till jobbet eller fikan istället för bilen. Därför väljs denna placering som situation för utformning av bron i detta projekt.

Hur

En spännbandsbro i huvudsak trä med en broklaff av konsoltyp. Brons ändar utförs tunga för att spänna upp träbandet.

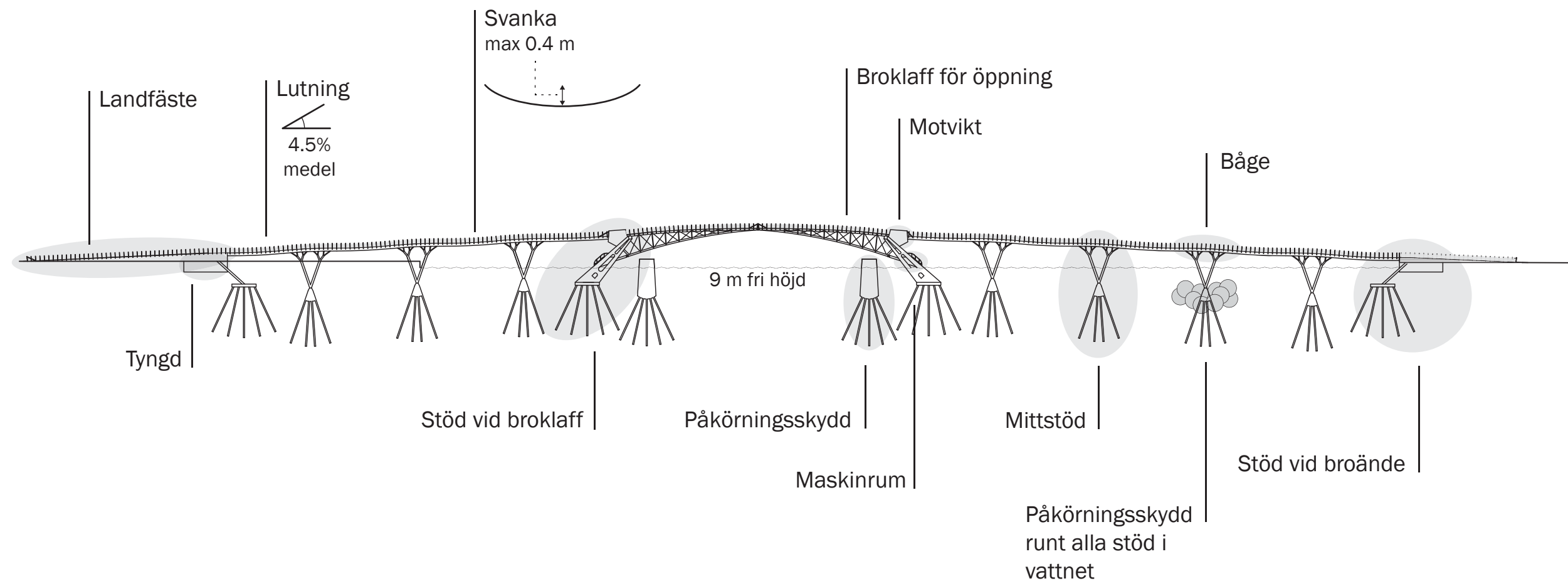
Trä är det material som upplevs mest och detta för att ge en naturlig och mild närvaro när bron passerar älvens natur. Landfästena görs i betong för att tydliggöra hur bron tar fäste i staden.

En bro som öppnar upp mot rymden samtidigt som den sveper fram över älvens vågor. Öppningen en funktionell klaff från vardera sidan.

Vem

För gående, cyklister och liknande.

Både för de som vill transportera sig miljövänligt och snabbt över älven och för de som vill promenera, njuta av utsikten och bara vara. Mötas vid brons ändar, se upp mot stjärnorna och umgås med älven.



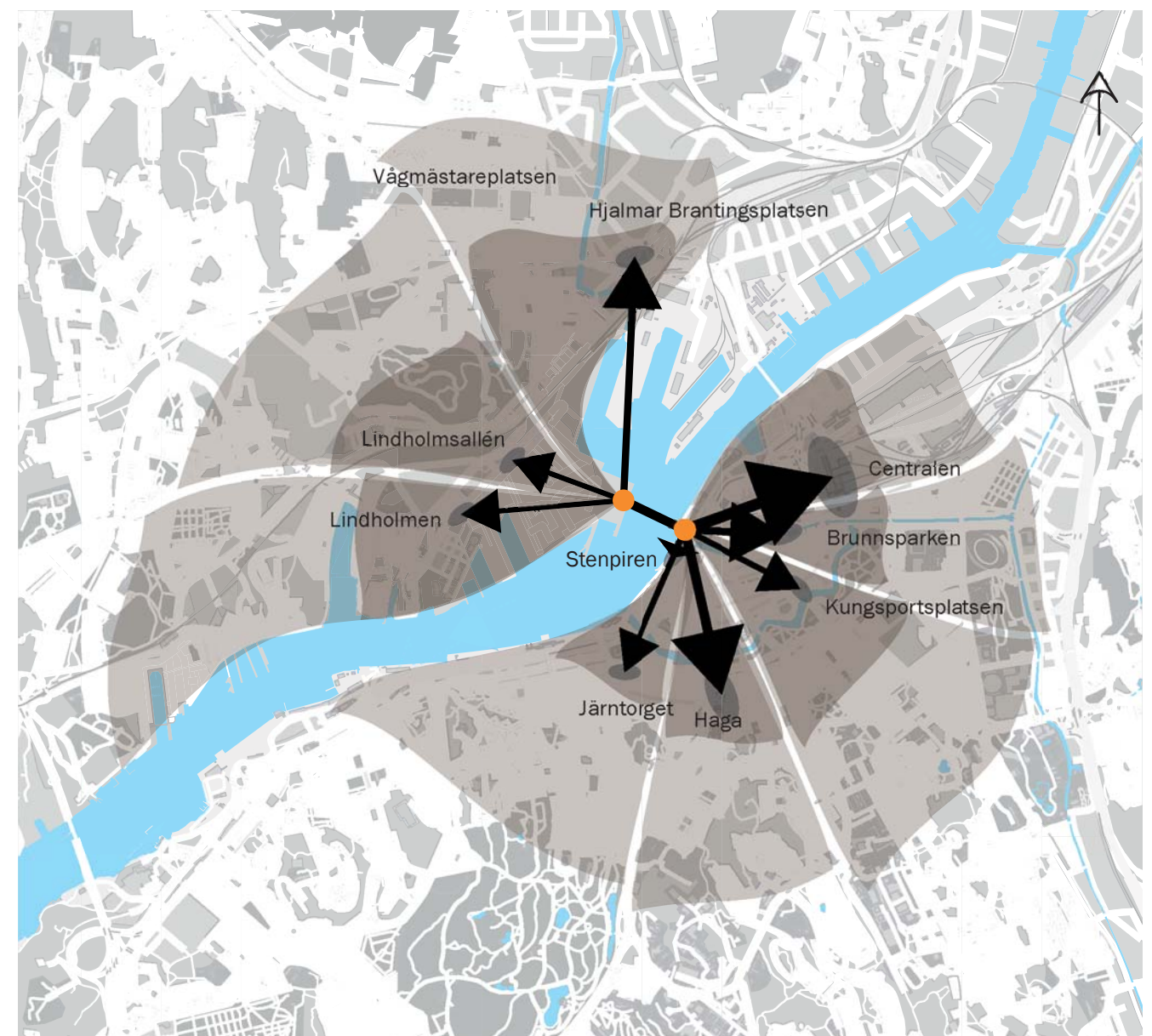
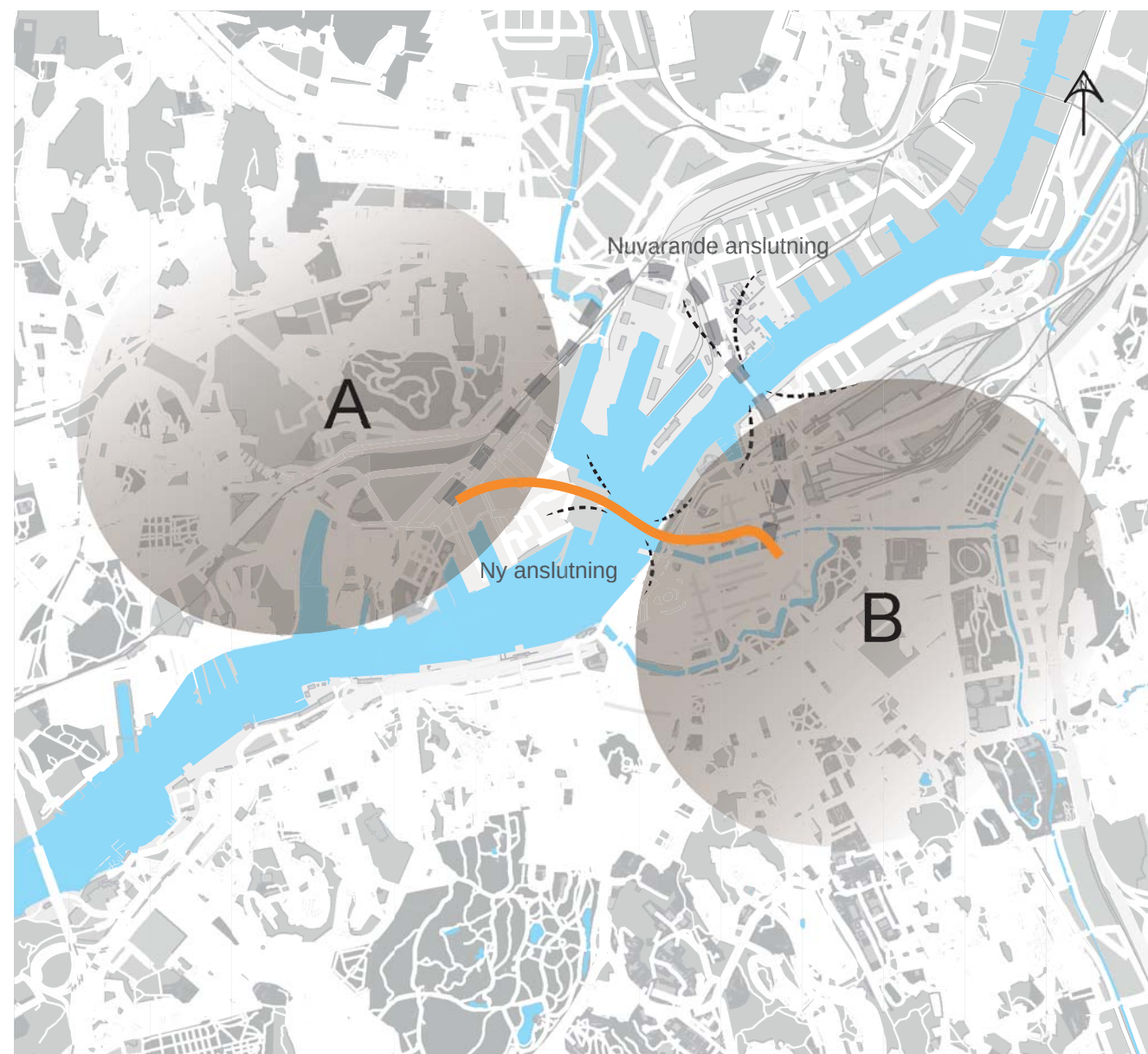
Förslag

Sammanlänkning

Alternativ 2, Packhuskajen - Götaverkens Varvsområde

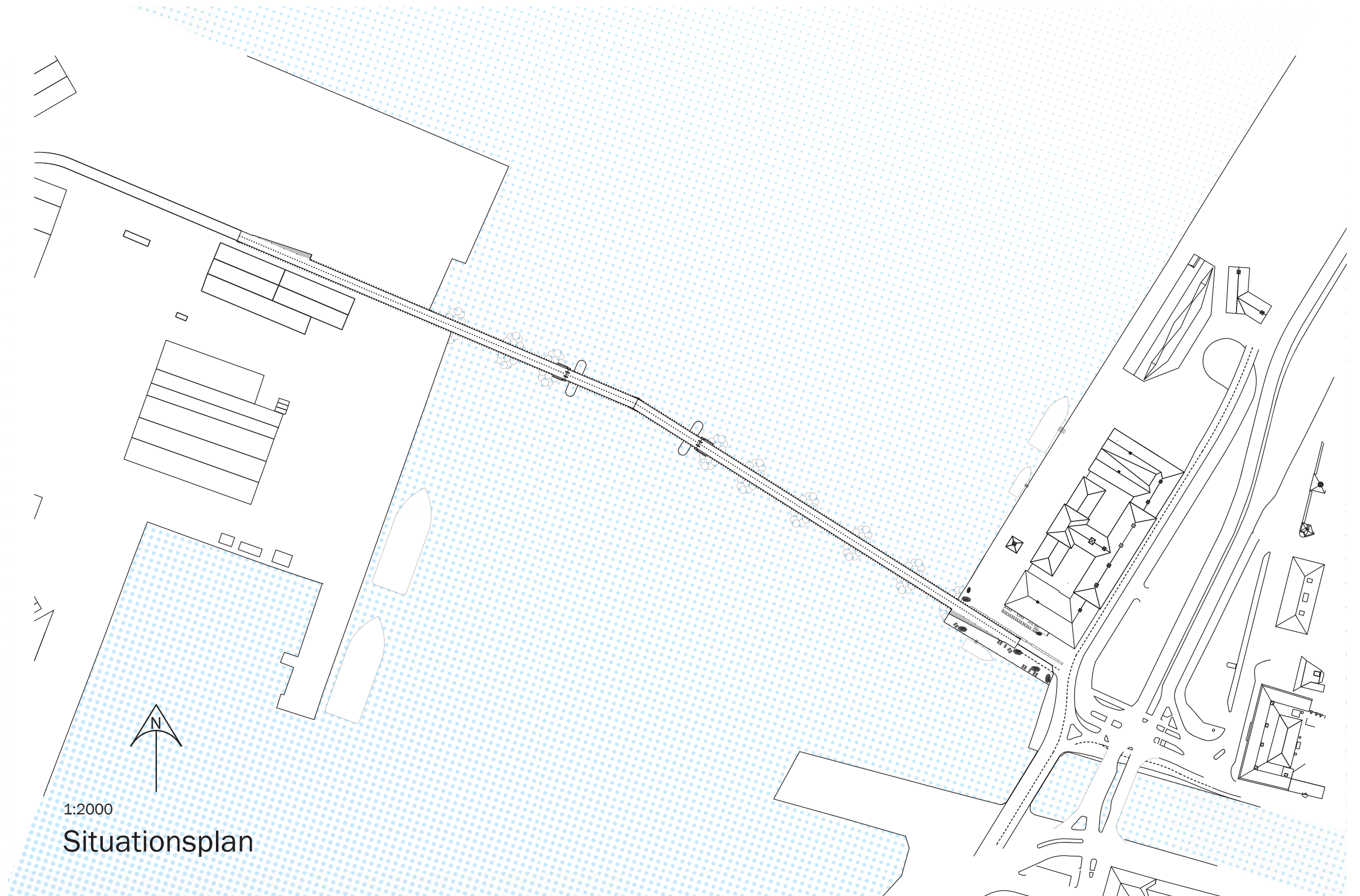
Tidsvinsten är 19 respektive 7 min för att gå eller cykla över en ny bro med denna placering jämfört med att använda Göta Älvbron. Sammanlänkningen blir en fin koppling mellan centrum och lindholmen.

Viktiga och intensiva knutpunkter i staden binds samman via den nya bron. Stora områden både på den norra och den södra sidan av älven kan dra nytta av bron och får ett helt annat läge till varandra.



Träbandsbron





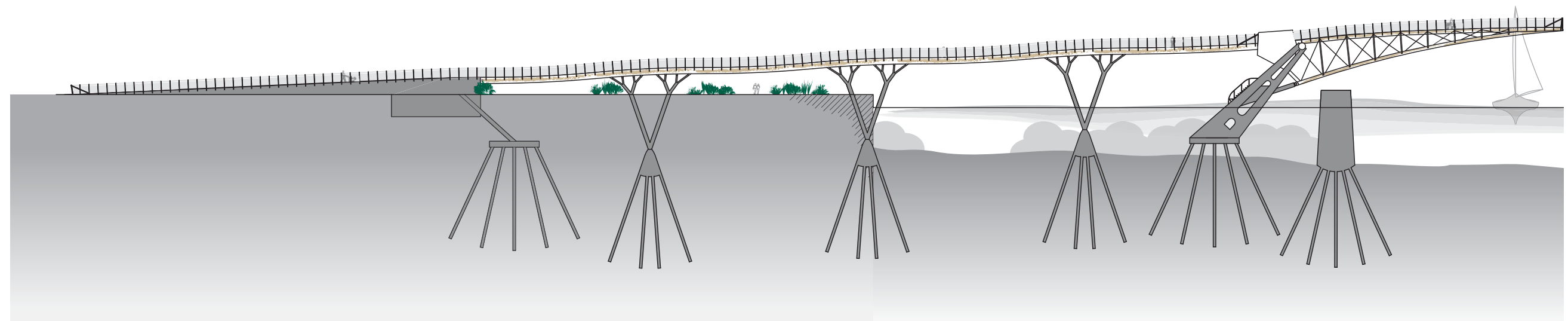
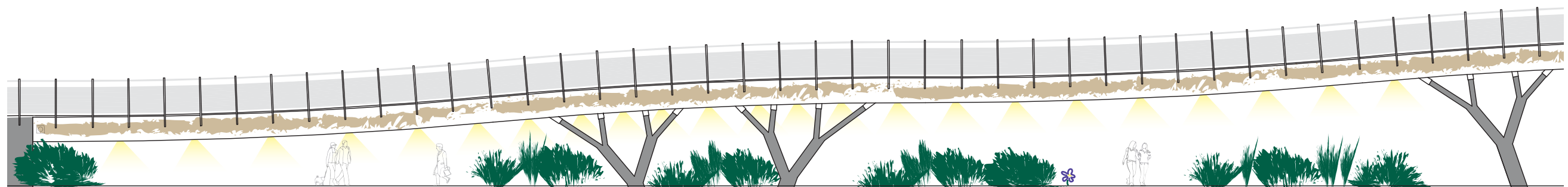
Elevationer

Elevation norr

Bron fäster vid varvsområdet, en bit in på land med ett rejält stöd. På väg ut mot älven vilar brobanan på mittstöd som låter banan böja sig mjukt över. Mellan stöden svankar bron ner för att sedan bölja över nästa stöd. Snart nås det andra ändstödet, placerat långt ut i vattnet. Här hänger en broklaff

med motvikt som sträcker sig ut mot sydöst, mot brodelen som kommer från andra sidan. Denna andra del är fäst vid kajen vid casinot. På samma sätt böjlar den ut över vattnet, något längre med fler stöd innan den når klaffen som sträcker sig mot nordväst.

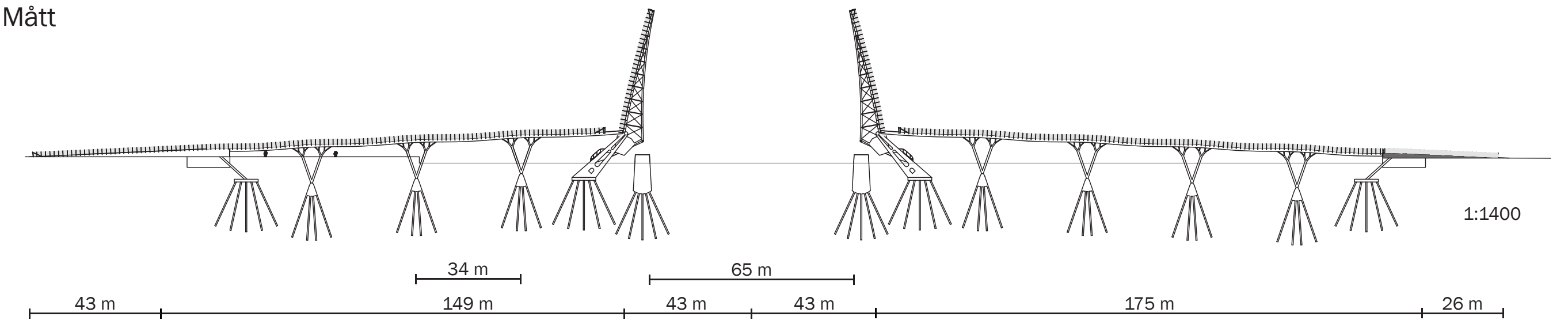
Området under bron, mellan trappan och kajkanten, fylls med planteringar av skuggtåliga växter och fin belysning så att området blir trevligt att passera. Den stora trappan och motvikten fyller ut det utrymme under bron som är för lågt att passera genom.



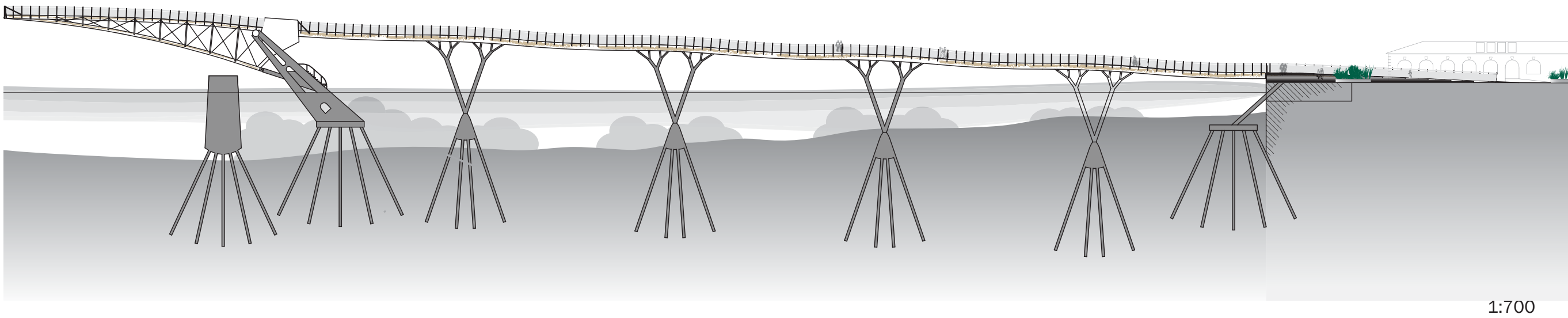
1:700

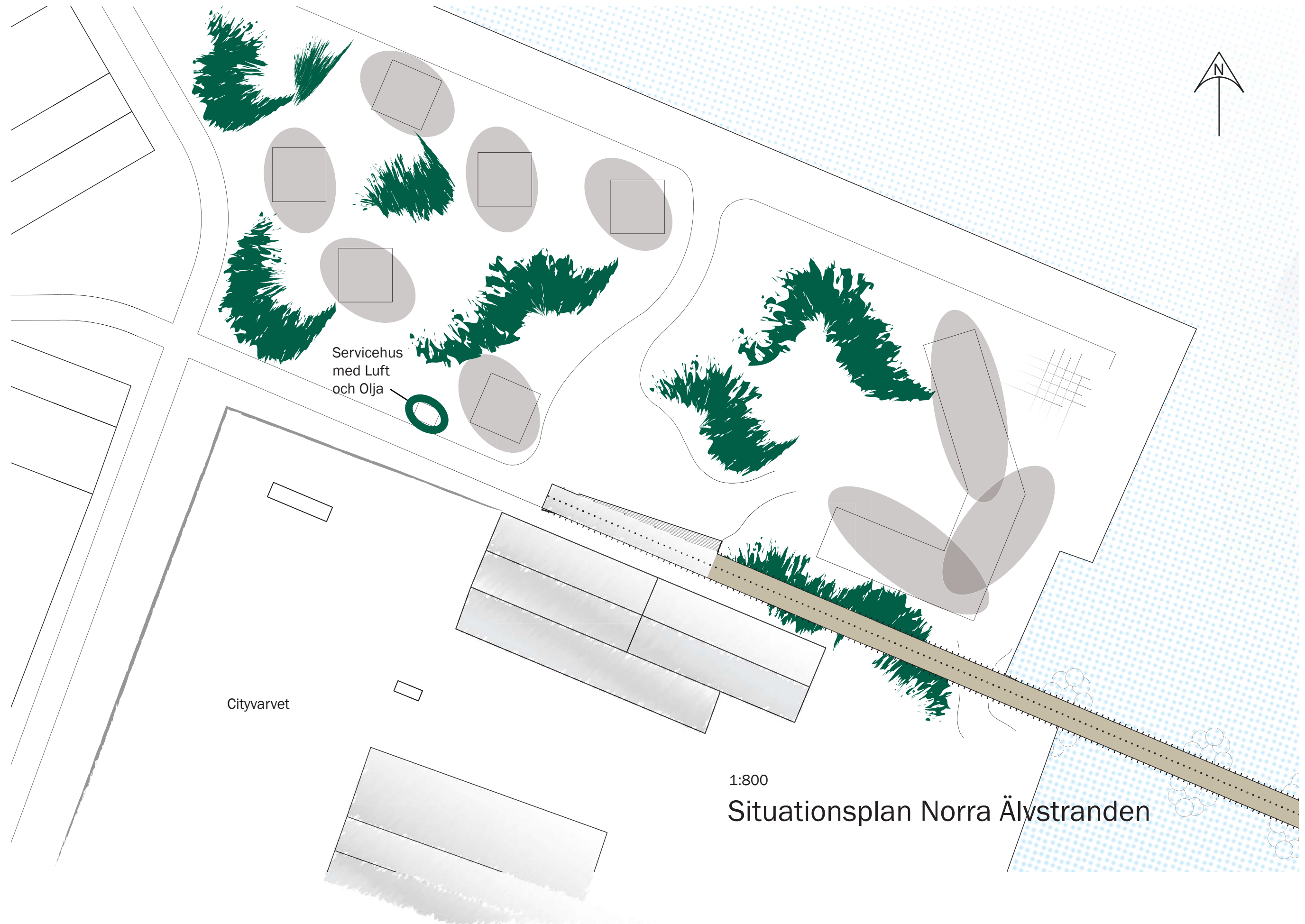
Elevationer

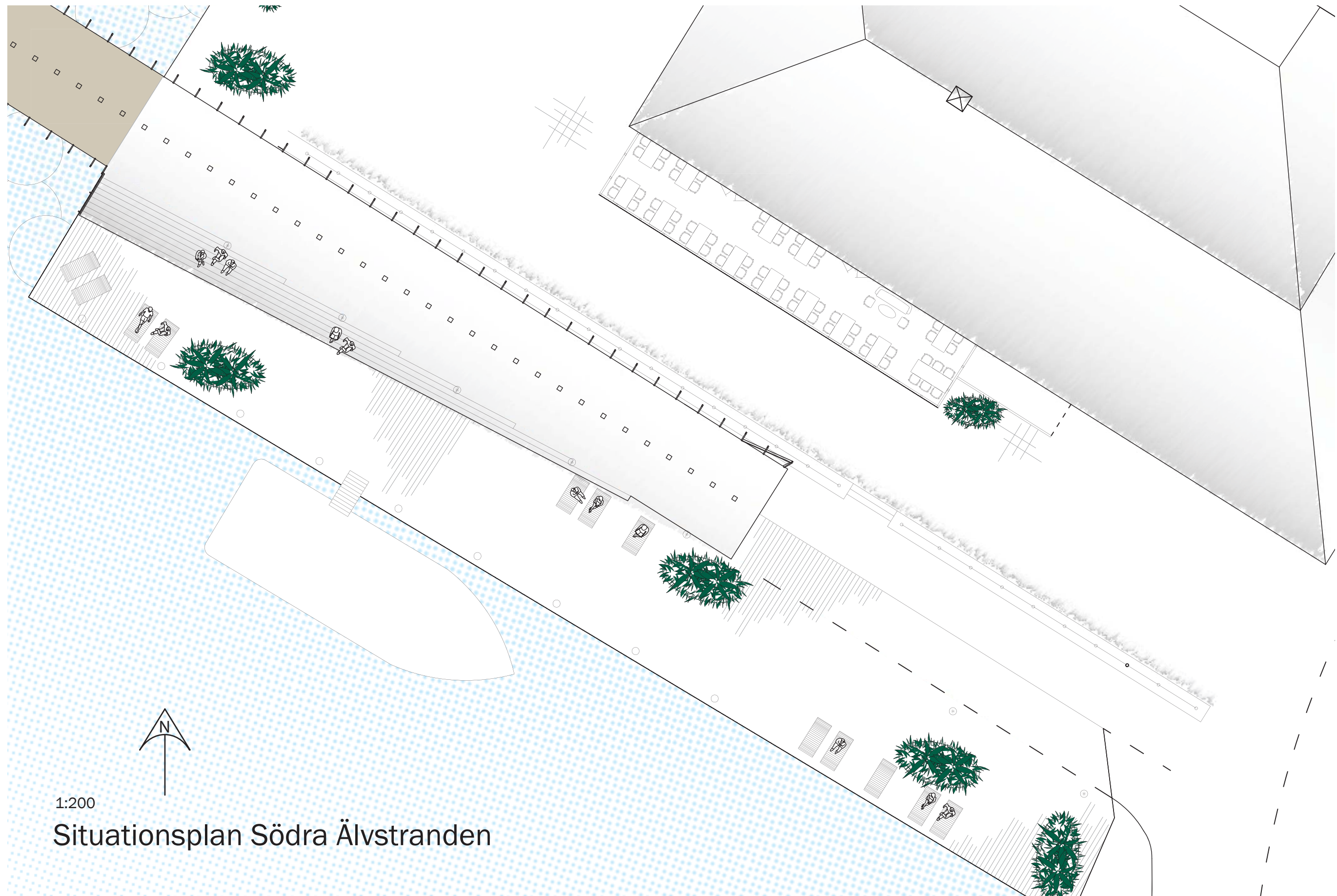
Mått



Elevation söder







1:200

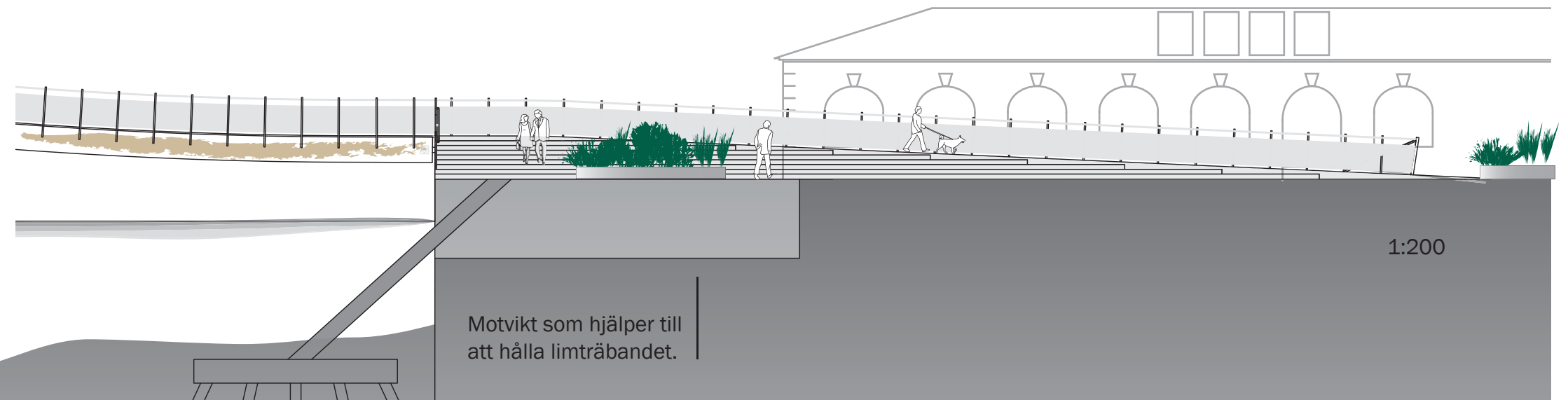
Situationsplan Södra Älvstranden

Stöd

Ändstöd

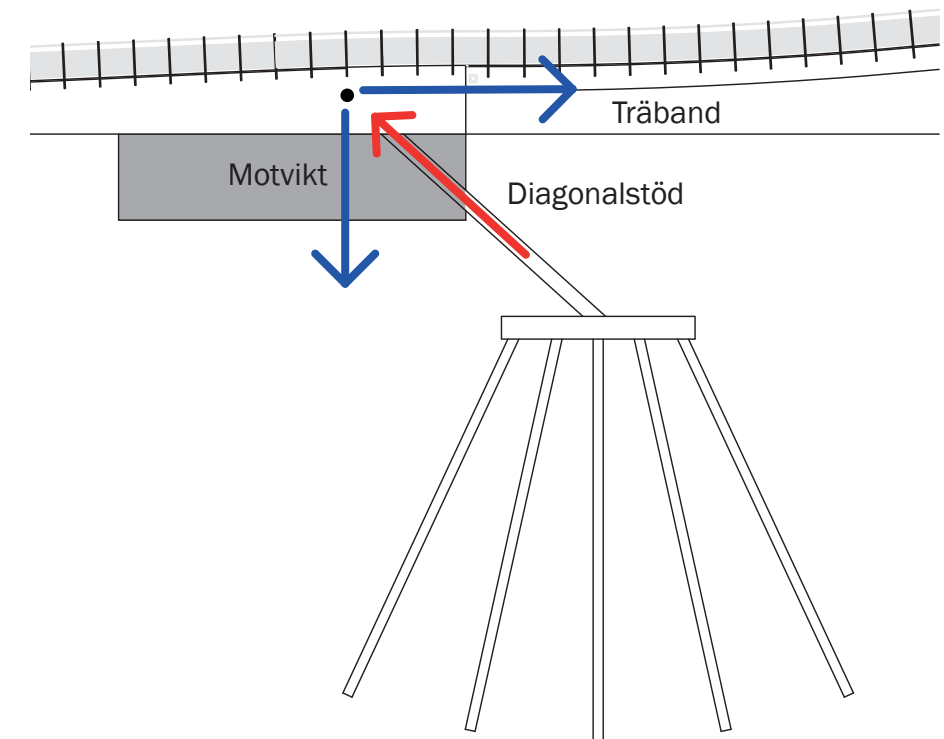
Brons båda ändar är i betong. En stor vid trappa leder upp på bron från sidan. Under brobanan och trappan som ansluter till den finns en vikt i vilken brons huvudkonstruktion, träbandet, är fäst. Till denna vikt finns också ett diagonalt stag som hjälper till att hålla träbandet på plats.

Friktionspålar stöttar en platta som stöden står på och som, här vid ändstödet, också det diagonala stödet vilar på.

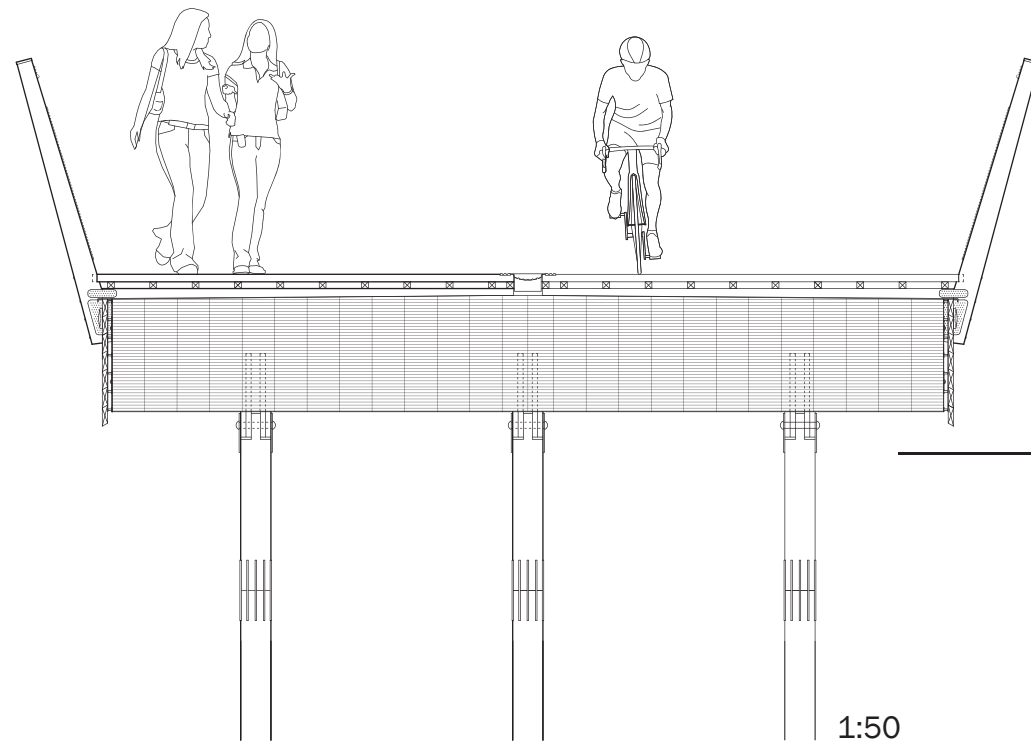


Motvikt som hjälper till att hålla limträbandet.

Krafterna i ändstödet balanserar varandra till jämvikt.

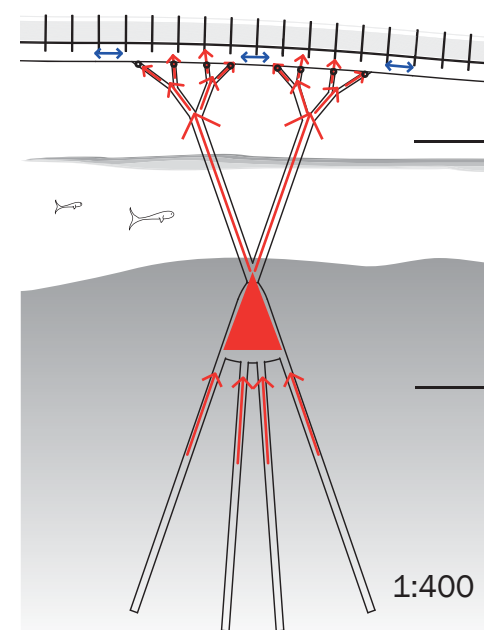


Mittstöd



Sektion

Krafter



1:50

1:400

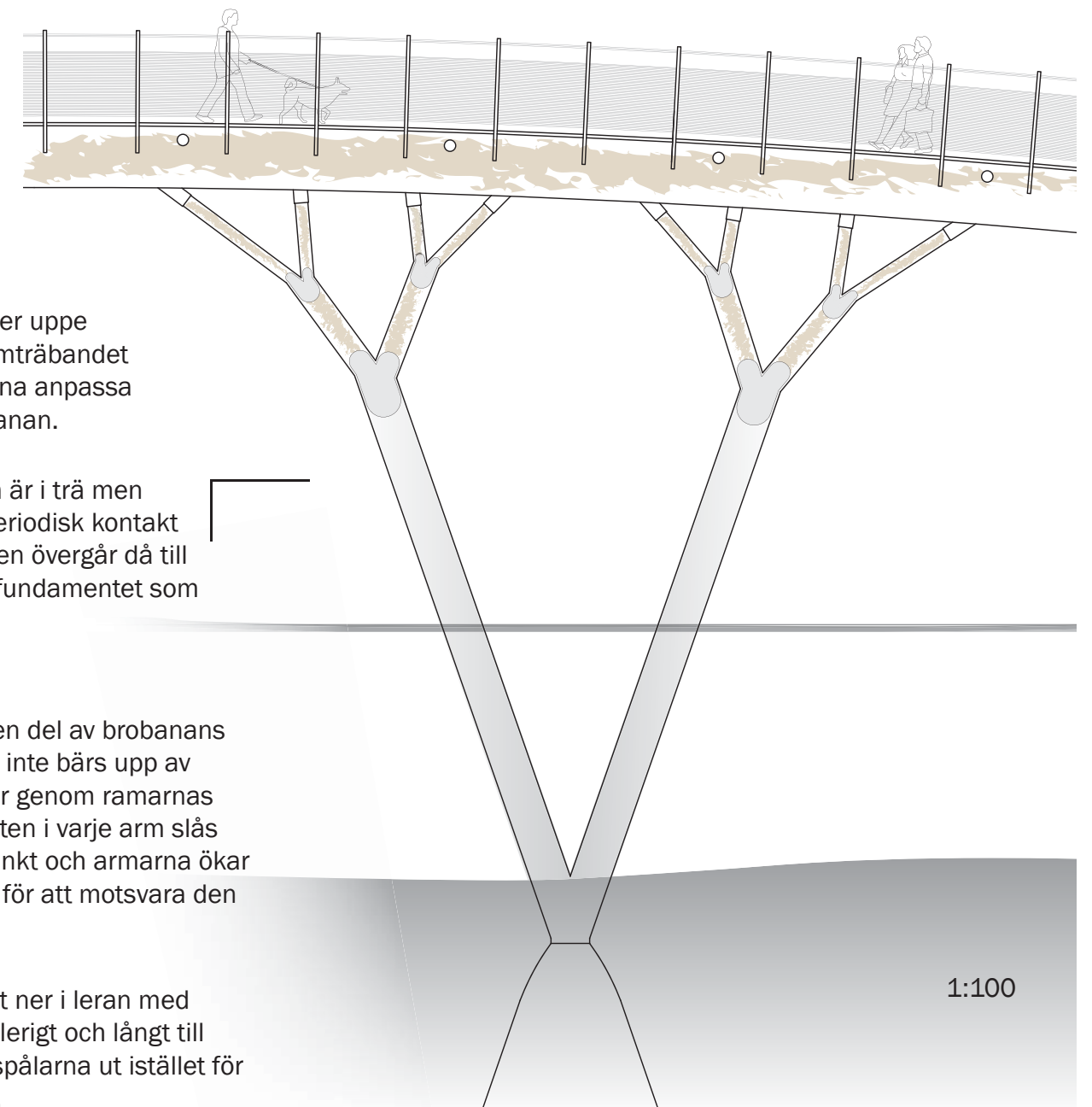
1:400

Tre par ledade ramar håller uppe brobanan. De är fästa i limträbandet via leder som låter ramarna anpassa sig efter rörelser på brobanan.

Den övre delen av stöden är i trä men längre ner är risken för periodisk kontakt med vatten stor och stöden övergår då till stål tills de möter betongfundamentet som pålarna är fästa i.

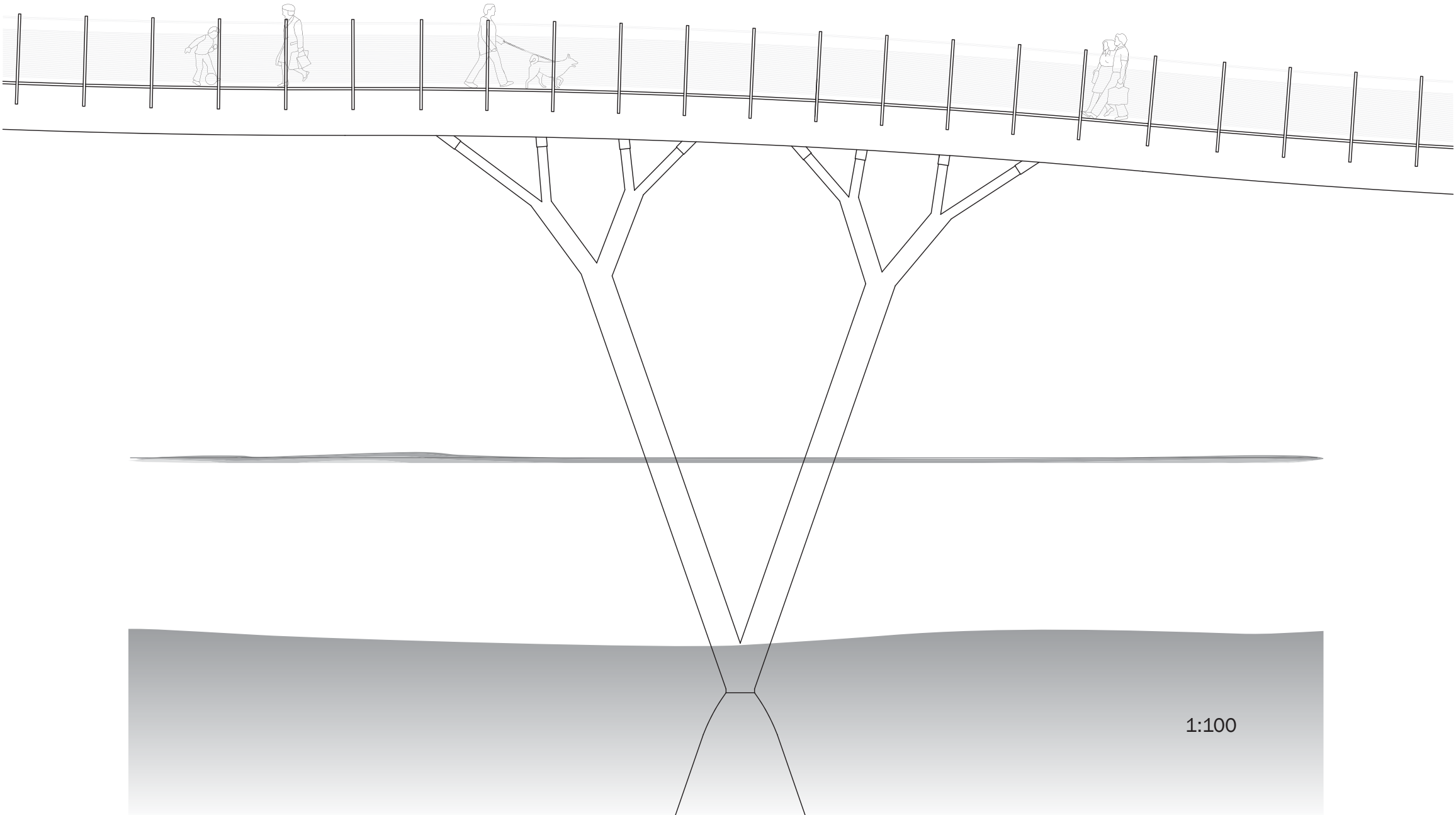
Stödets ramar tar upp den del av brobanans tyngd och last därpå som inte bärs upp av träbandet. Lasten förs ner genom ramarnas armar i tryck, → . Kraften i varje arm slås samman vid varje knutpunkt och armarna ökar i kraftighet och kapacitet för att motsvara den ökade belastningen.

Stöden grenar ut sig djupt ner i leran med pålar. Eftersom det är så lerigt och långt till fast grund sprids friktionspålarna ut istället för att försöka nå berggrund.



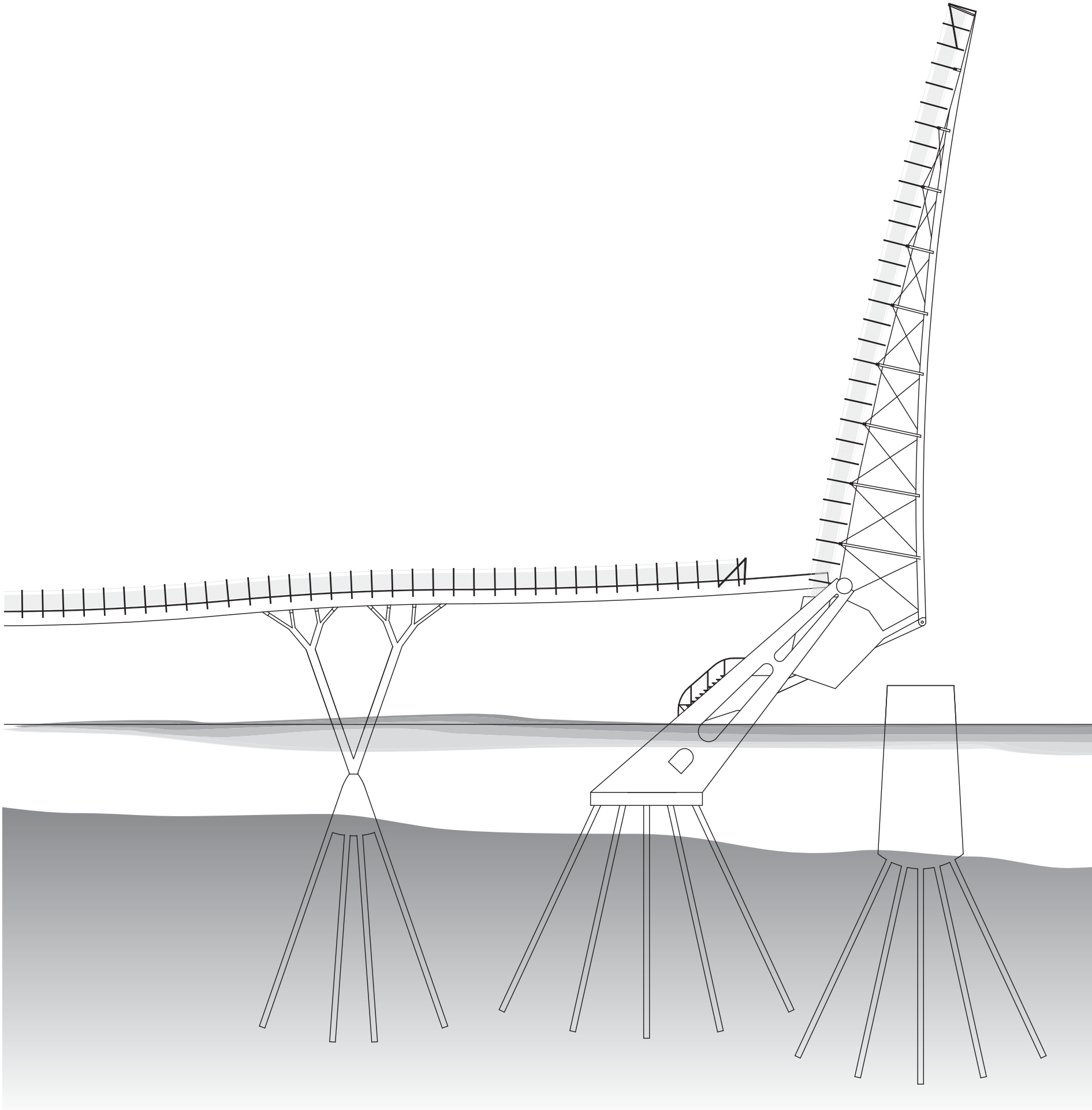
1:100

Mittstöd





Broklaff

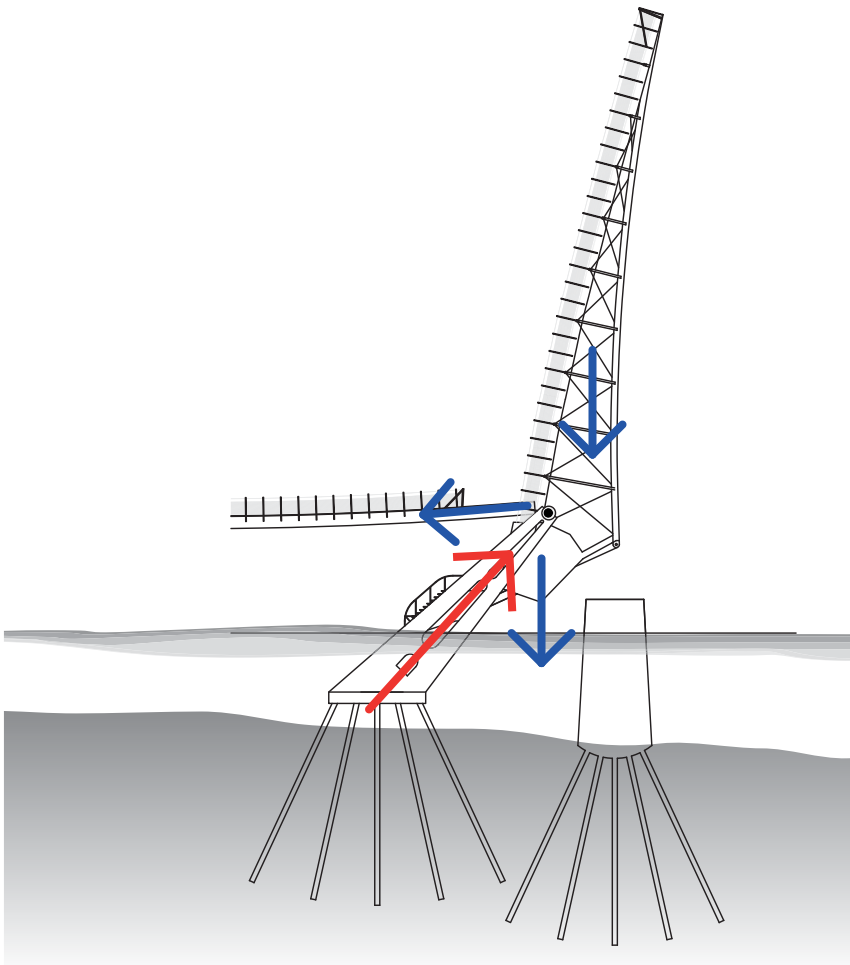


1:300

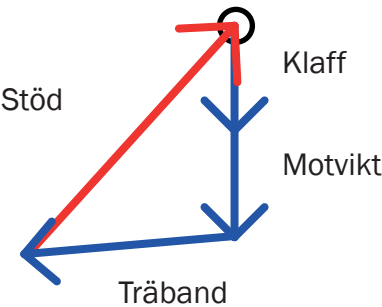
Broklaff



Den tunga motvikten är fäst i broklaffen som har en svagt välvd form.



Runt leden som broklaffen vrids runt och som broäckets träband är fäst i skapas jämvikt.

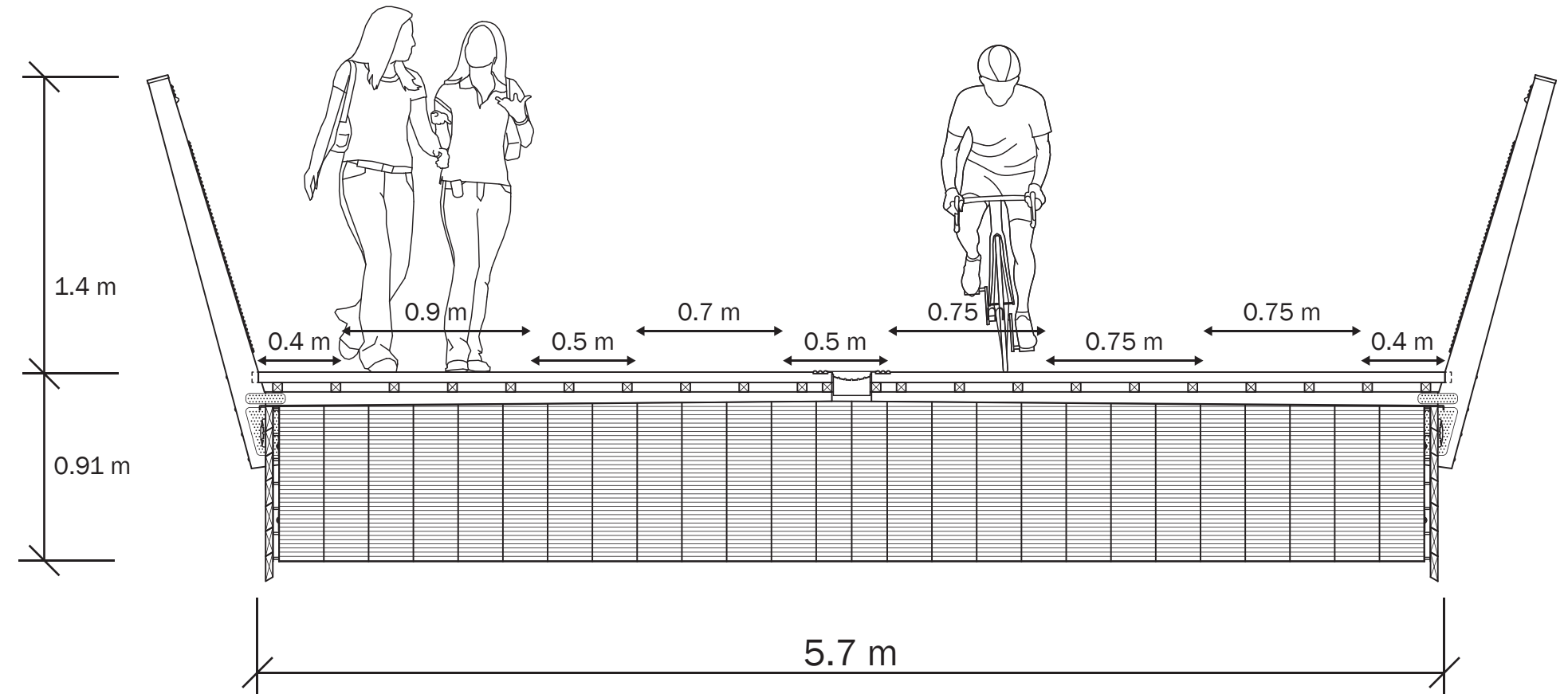


Brodäck

Dimensioner

Bron har plats för både gående och cyklister. Ytan är separerad i en yta för cyklister och en för gående för en säker passage över bron. Brodäcket är 5.7 meter brett och det är 0.91 meter tjockt. Räcket är 1.4 meter högt.

Bron är dimensionerad för att en person med barnvagn eller rullstolsburen ska kunna möta en gående samtidigt som det på cykelsidan är plats för en cyklist i vardera riktningen samt en som kör om.

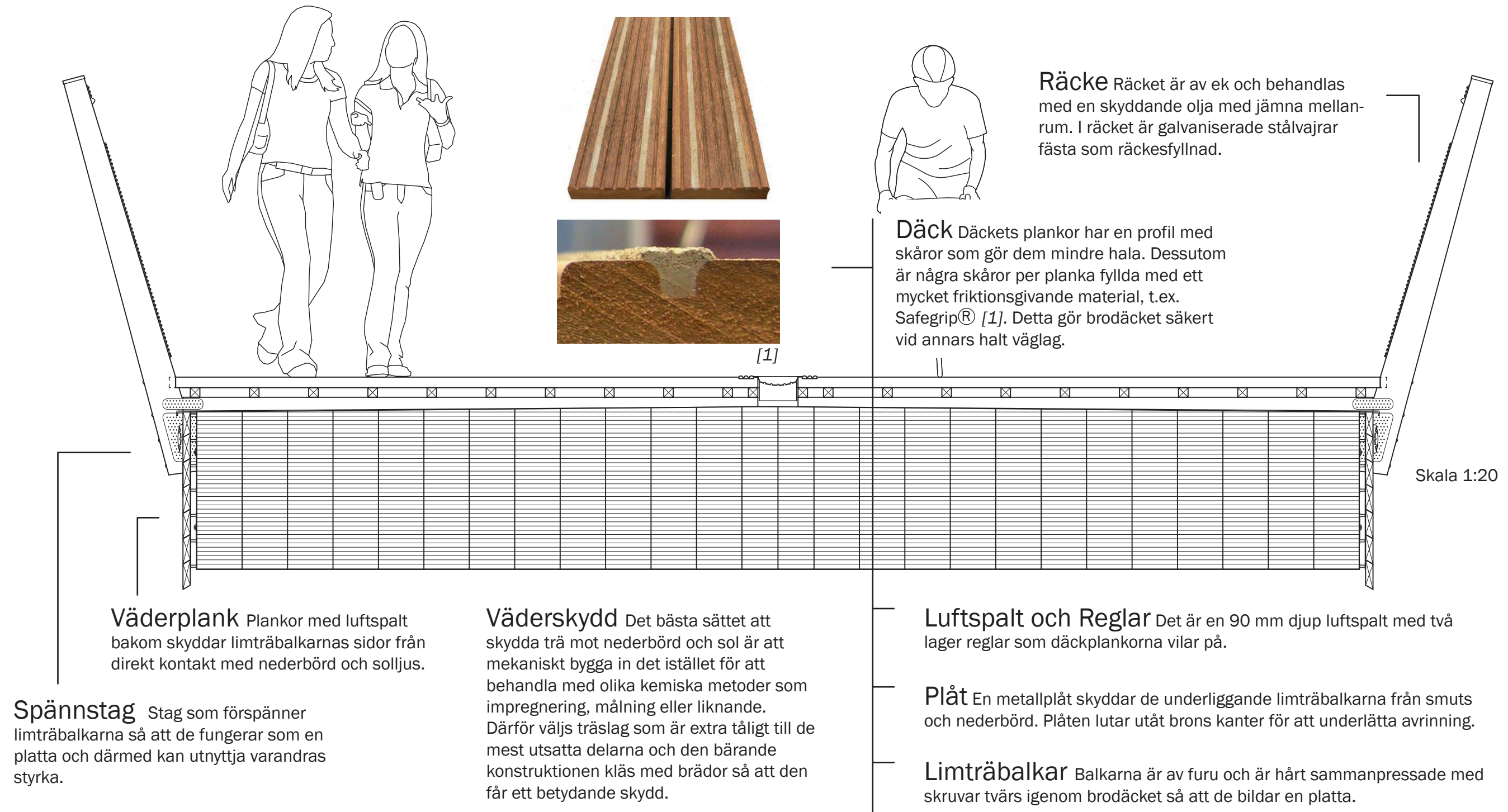


Exempel på utrymmesfördelning:



Brodäck

Sektion & material

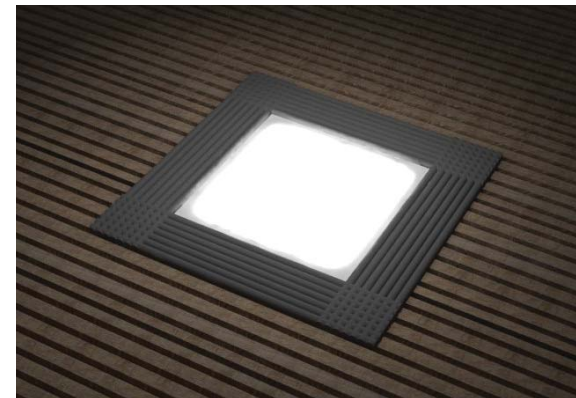
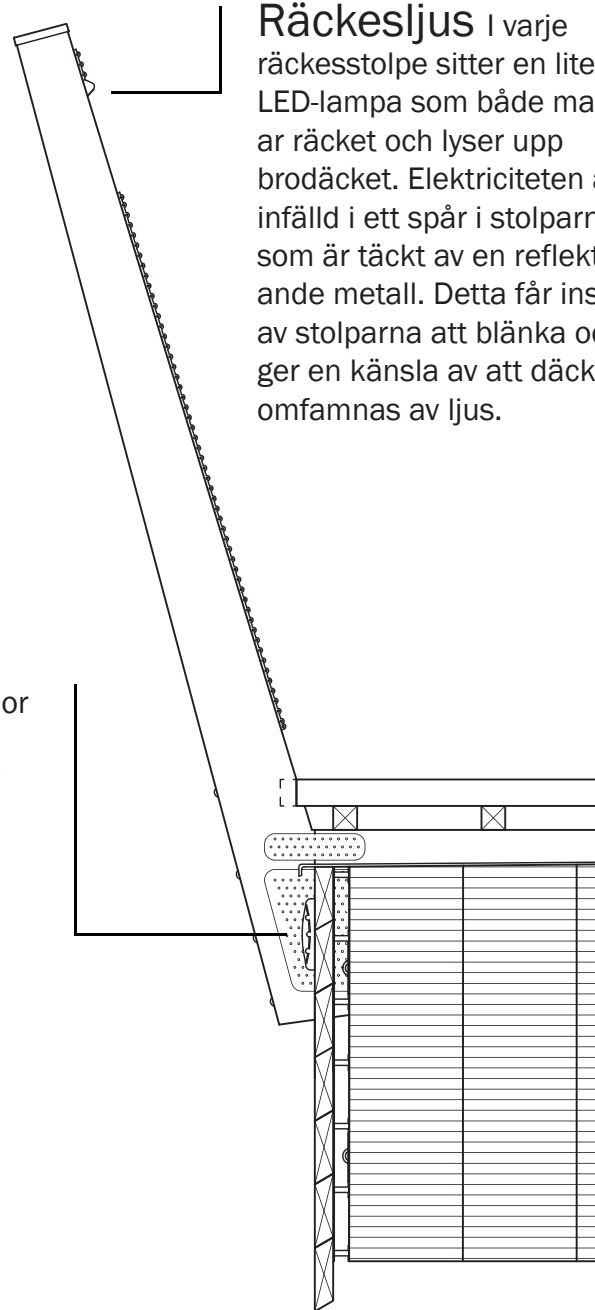
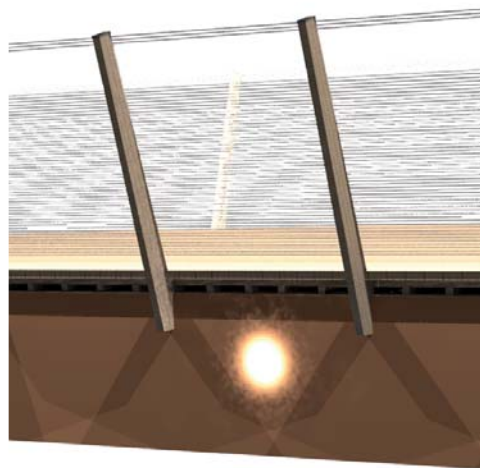


Ljus

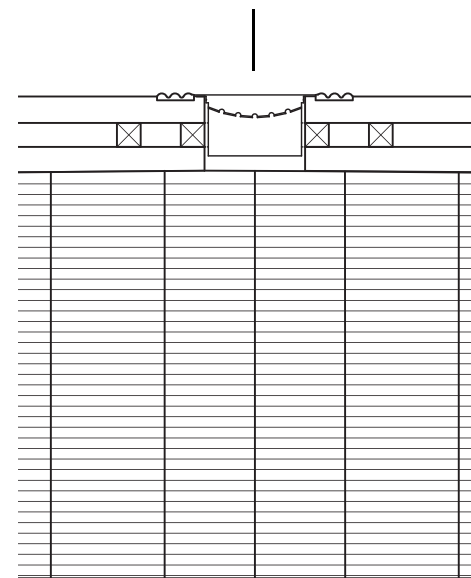


Räckesljus I varje räckesstolpe sitter en liten LED-lampa som både markerar räcket och lyser upp brodäcket. Elektriciteten är infälld i ett spår i stolparna som är täckt av en reflekterande metall. Detta får insidan av stolparna att blänka och ger en känsla av att däckets omfamnas av ljus.

Sidoljus På brons sidor finns ljuskällor som introducerar bron till omgivningen genom att lysa upp den som ett band av stjärnor som sveper över älven en mörk natt.



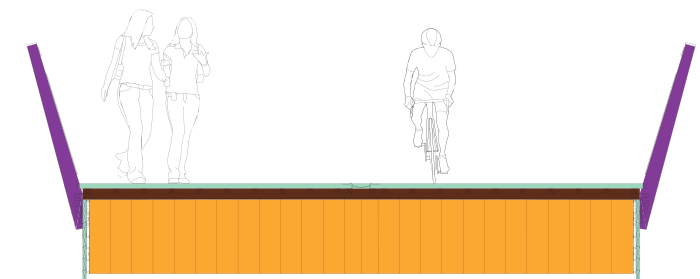
Mittljus De följer utmed bron och skapar en stig av ljus att följa över till andra sidan älven.

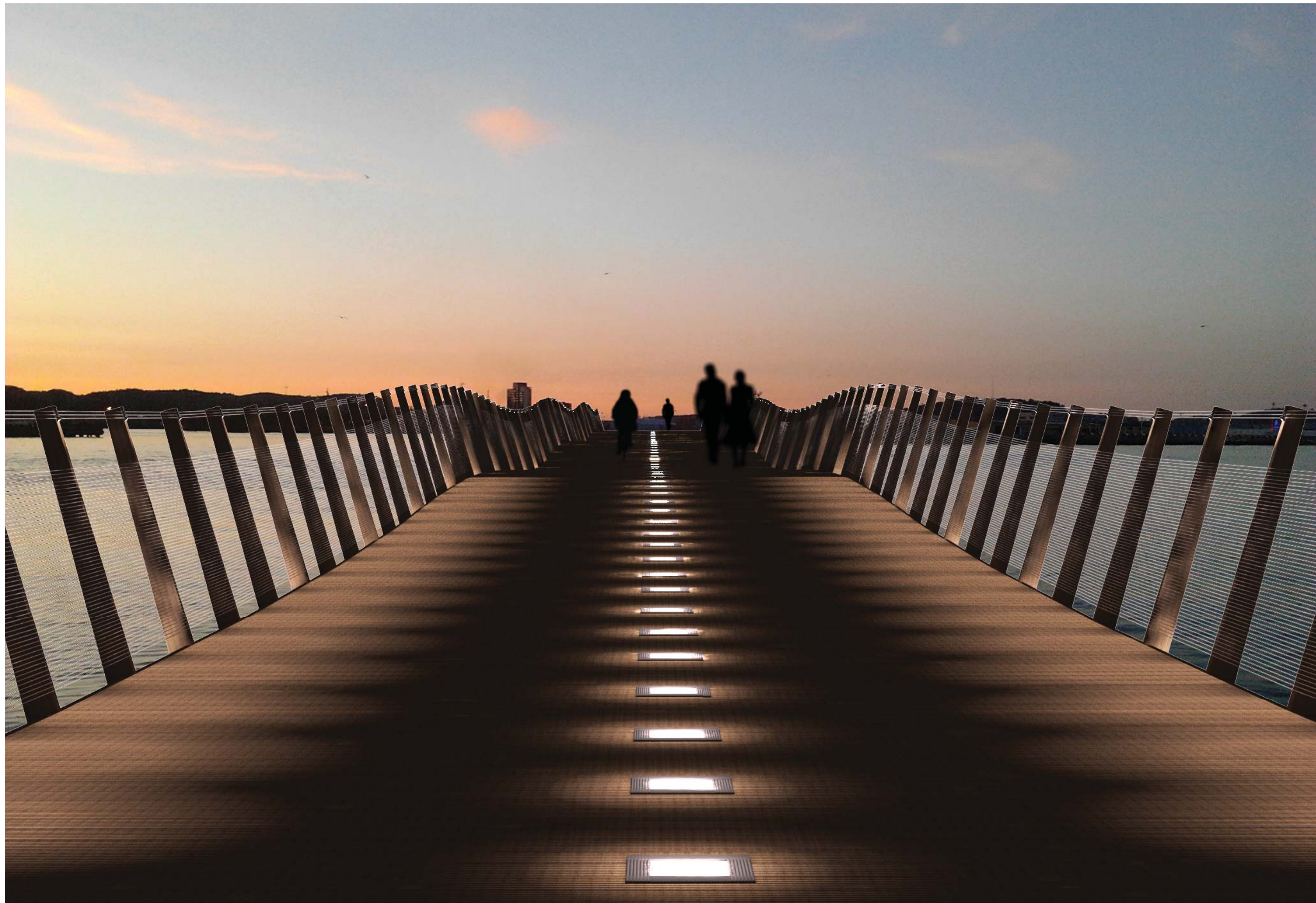


Livslängd

Bron är uppdelad i olika livscykelbitar. Slitplanken som är de mest utsatta på bron kommer behöva bytas ut med jämna mellanrum och de är därför lätta att ersätta utan att brons konstruktion påverkas. Den bärande konstruktionen, limträbalkarna är mest skyddade och får därför längst livstid.

-  Långvarig väderskyddad bärande konstruktion
-  Delvis skyddad sekundär konstruktion
-  Återkommande behandling med väderskyddande olja.
-  Högt slitage, utsatt för människor, cyklar och väder.





Analys

Analys

Placering

Alternativ 1

Stigbergstorget - Kungälvsgatan

- + Höjdskillnaden mellan de båda punkterna kan användas till en hög bro.
- + Läget knyter samman områden långt från nuvarande broar.
- De centrala delarna av Göteborg har inte så mycket nytta av denna placering.

Mellan hållplatserna:
Sannegårdshamnen - Stigbergstorget

Förflyttningstid	Gå	Cykla	Buss
Utan bro	12	64	27
Med bro	4	22	



Tre exempel på placeringar av en gång- och cykelbro över Göta älv. Det finns självklart många fler möjligheter men dessa tre är intressanta situationer mellan Älvsborgsbron i väster och Göta älvbron i öster.

Alternativ 2

Packhuskajen - Götaverkens Varvsområde
+ Knyter samman centrum med intensiva Lindholmen.

Mellan hållplatserna:
Brunnsparken - Lindholmen

Förflyttningstid	Gå	Cykla	Buss
Utan bro	39	14	10
Med bro	20	7	



Alternativ 3

Göteborgsoperan - Frihamnen - Lindholmsallén
+ Flera kortare broar knyter samman frihamnens prier och den nya stadsdel som planeras där.
- Bortsett från frihamnen har de områden som knyts samman redan en förbindelse via Göta Älvbron.

Mellan hållplatserna:
Brunnsparken - Pumpgatan

Förflyttningstid	Gå	Cykla	Buss
Utan bro	32	11	9
Med bro	20	7	



Analys

Områdesanalys

Norr om älven:

Lindholmen

Lindholmen är ett numera modernt område med stora och små företag, skolor och forskningsverksamhet mm. Att alla dessa inriktningar som kan dra nytta av varandra är samlade på ett och samma område är mycket positivt för utvecklingsklimatet i Göteborg. Självklart finns det ett intresse i att länka samman området med centrum ännu mer för att göra området än mer attraktivt. I hamnen huserar Cityvarvet som ägnar sig åt service och reparationer på fartyg. Området kan ses som väl tillslutet för att nyttja en så central plats samtidigt som varvsindustrin har en stark och viktig historisk betydelse.

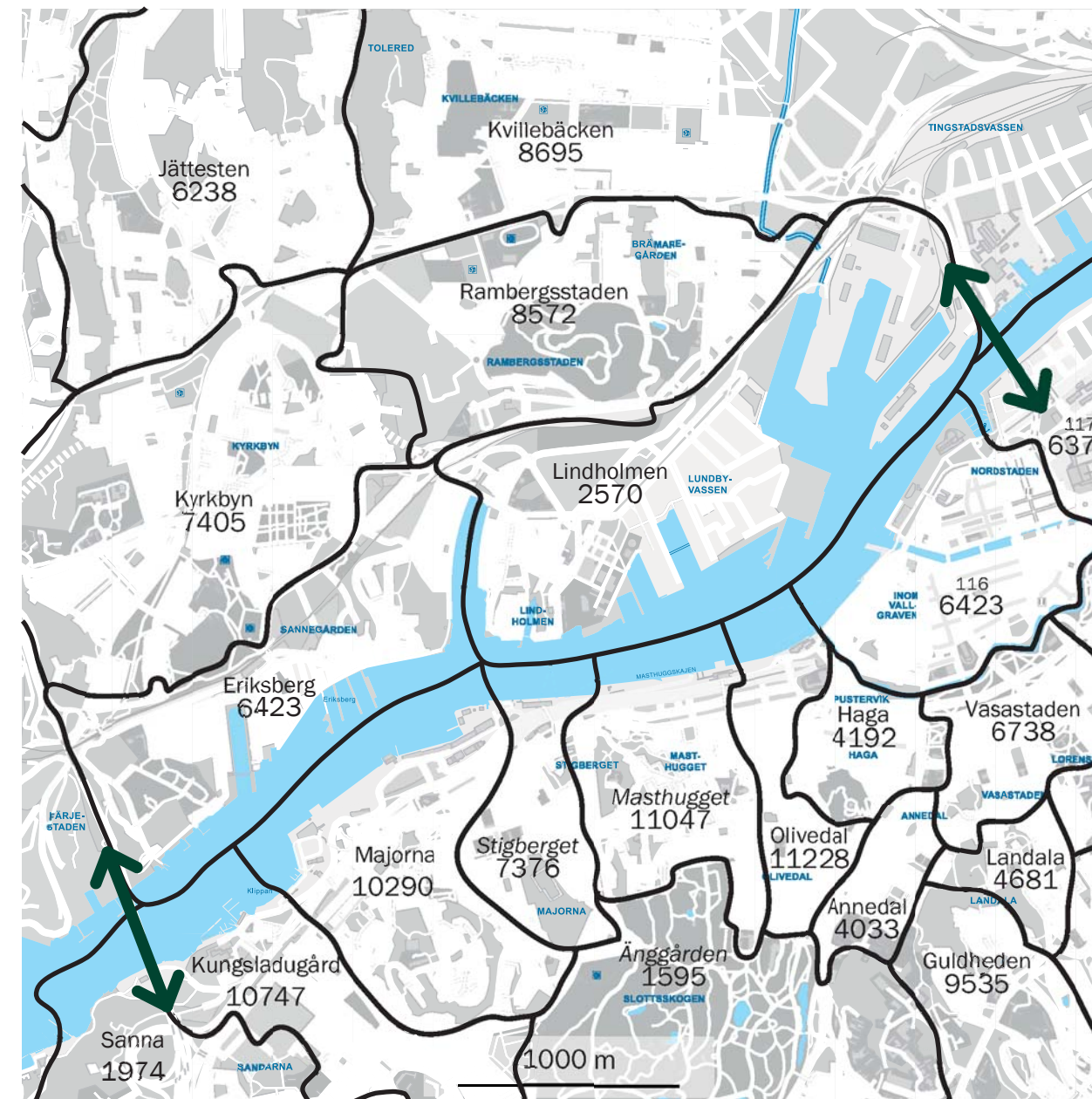
Norra Älvstranden

Den norra sidan av älvstranden har en historia av varvsindustrier och andra hamnverksamheter. Längre in på land fanns bostadsområden. Idag har stora delar av industriområdena blivit bostadsområden eller affärs och utbildningsområden. Området har en modern bebyggelse och området närmast älven är tänkt som promenadstråk. Det planeras för ännu mer älvnära boende och förtätning av staden för att området ska få en mer central karaktär och utnyttjas ordentligt. Denna utveckling ser ut att fortsätta.

Antal boende:

år 2011, i primärområden [2]

Nedan visas hur antal boende i centrala Göteborgs primärområden förhåller sig till geografiskt läge och yta.



Söder om älven:

Packhuskajen

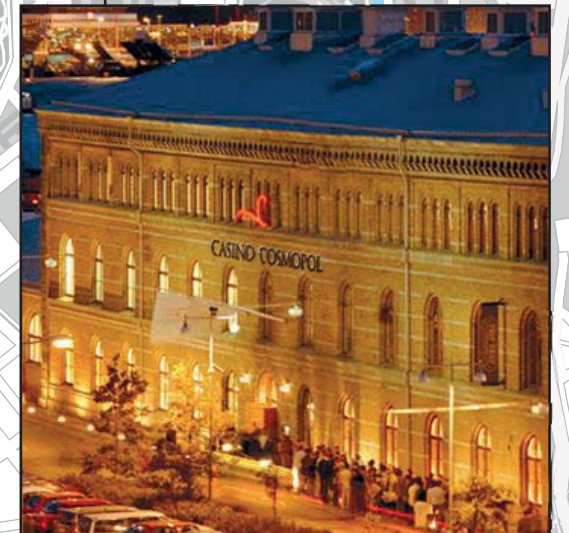
Här finns en kaj för båtar och ett casino med uteservering. Trafiksituationen mellan centrum och Packhuskajen är intensiv med många filer och många övergångsställen att passera. En förenkling av situationen behöver göras för att underlätta för gående och cyklister att nå kajen och det nya brofästet.

Intill packhuskajen ligger Stenpiren som ska rustas upp till ett mer attraktivt område. Den nya hållplatsen planeras bli en större knutpunkt.

Södra älvstranden

Klassisk stadskärnebebyggelse med tydliga shoppinggator och stort underhållningsutbud är typiskt för detta område. Utmed älven finns många mindre utnyttjade områden som verkar ödsliga samtidigt som andra är högutnyttjade till trafikstråk.

Kollektivtrafiken kommer under de kommande åren expanderas med Västlänken som ska göra det lättare att resa inom samt till och från Göteborg.



Stadskärna



Varv



Kajområde



Företag, småindustrier och utbildning

Lindholmen

Detta område har redan en intensiv samling av företag, utbildning, forskning och utvecklingsaktörer. Dessa förutsättningar kommer antagligen att låta området expandera med ännu mer kunskap.



Ny Göta Älvbro

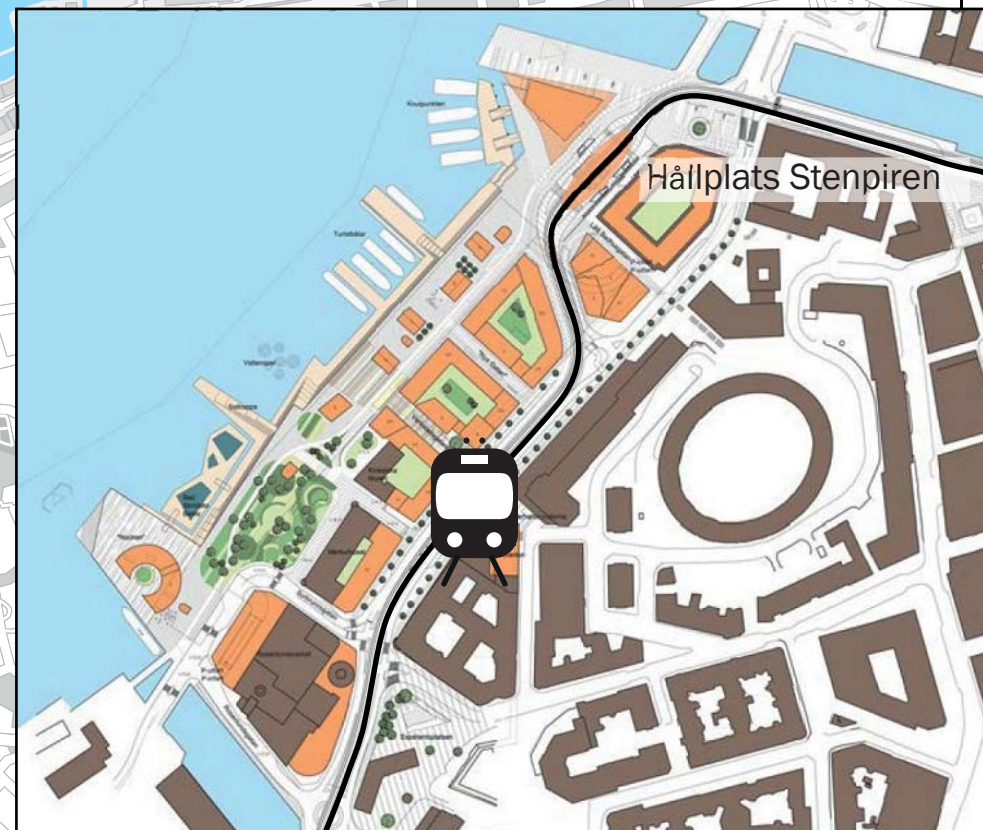
Västlänken

Ett effektivt transportsystem är nödvändigt för att hålla igång regionens tillväxt. Därför planeras kollektivtrafik under mark genom Göteborg. Några nya stationer där denna pendeltågstrafik kan nå kommer bli nya eller utvecklade knutpunkter för kommunikation i staden. Planerade stationer är vid centralstationen, Haga och Korsvägen.

Skeppsbron

Ett nytt attraktivt område med bostäder, shopping och caféer planeras för området Skeppsbron. Planerna inkluderar också en ny hållplats vid Stenpiren för spårvagn, buss och färja vilket kommer göra stenpiren till viktig nod för trafik över älven. Dessa förändringar kommer göra det lättare att nå älven och resa över den.

-  Ny eller utvidgad station
-  Ny buss-, spårvagn- och färjestation
-  ångväg runt älvstränderna.



[3]

Analys

Flöde över älven

Antal passager:

Göta Älvbron: 3500 cykelresor/sommardygn, vardag (1april-1september)
1500 cykelresor/vinterdygn, vardag (31 augusti-31mars)

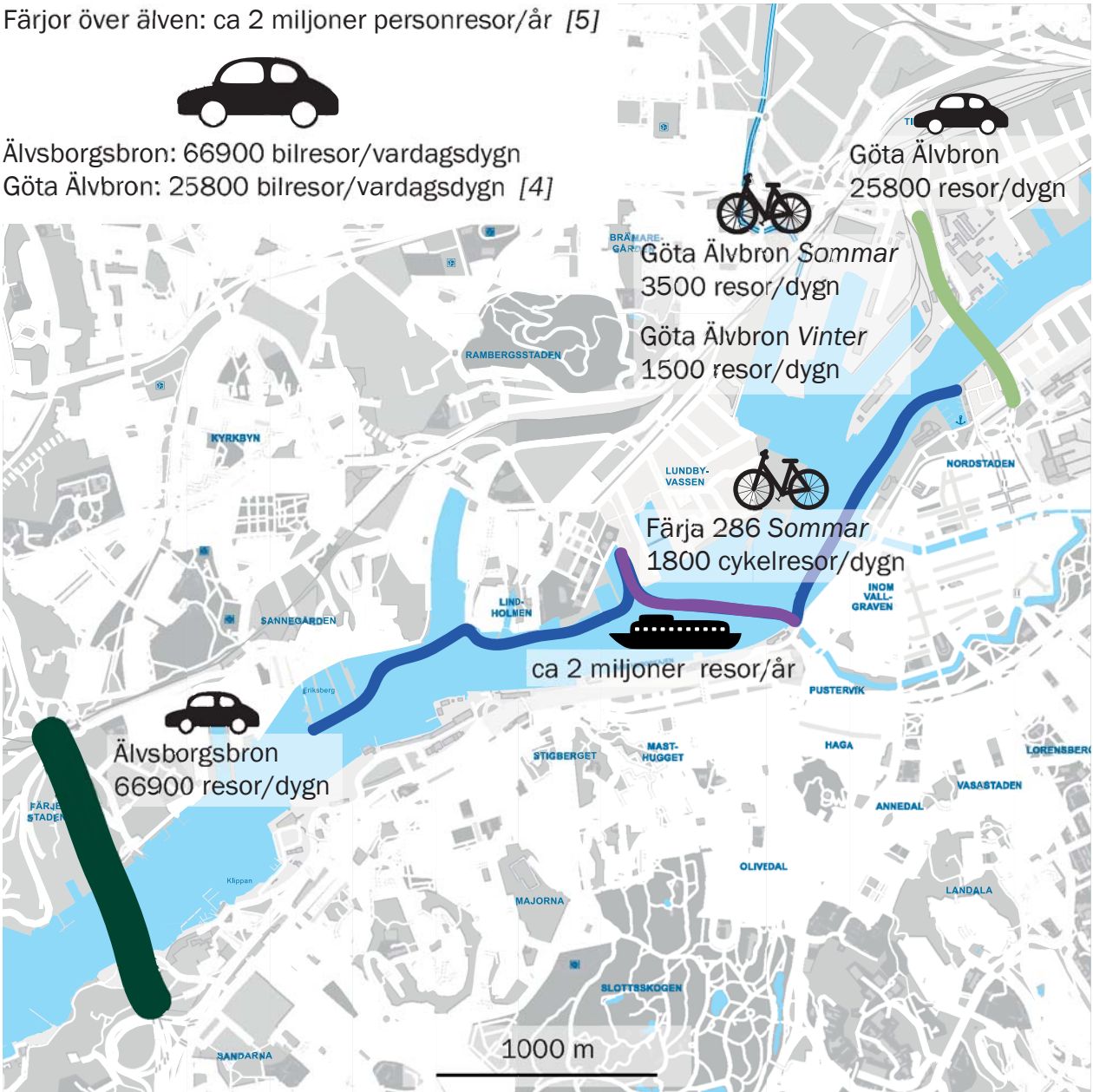
Färja 286 Rosenlund - Lindholmspiren: 1800 cykelresor/sommardygn, vardag [4]



Färjor över älven: ca 2 miljoner personresor/år [5]

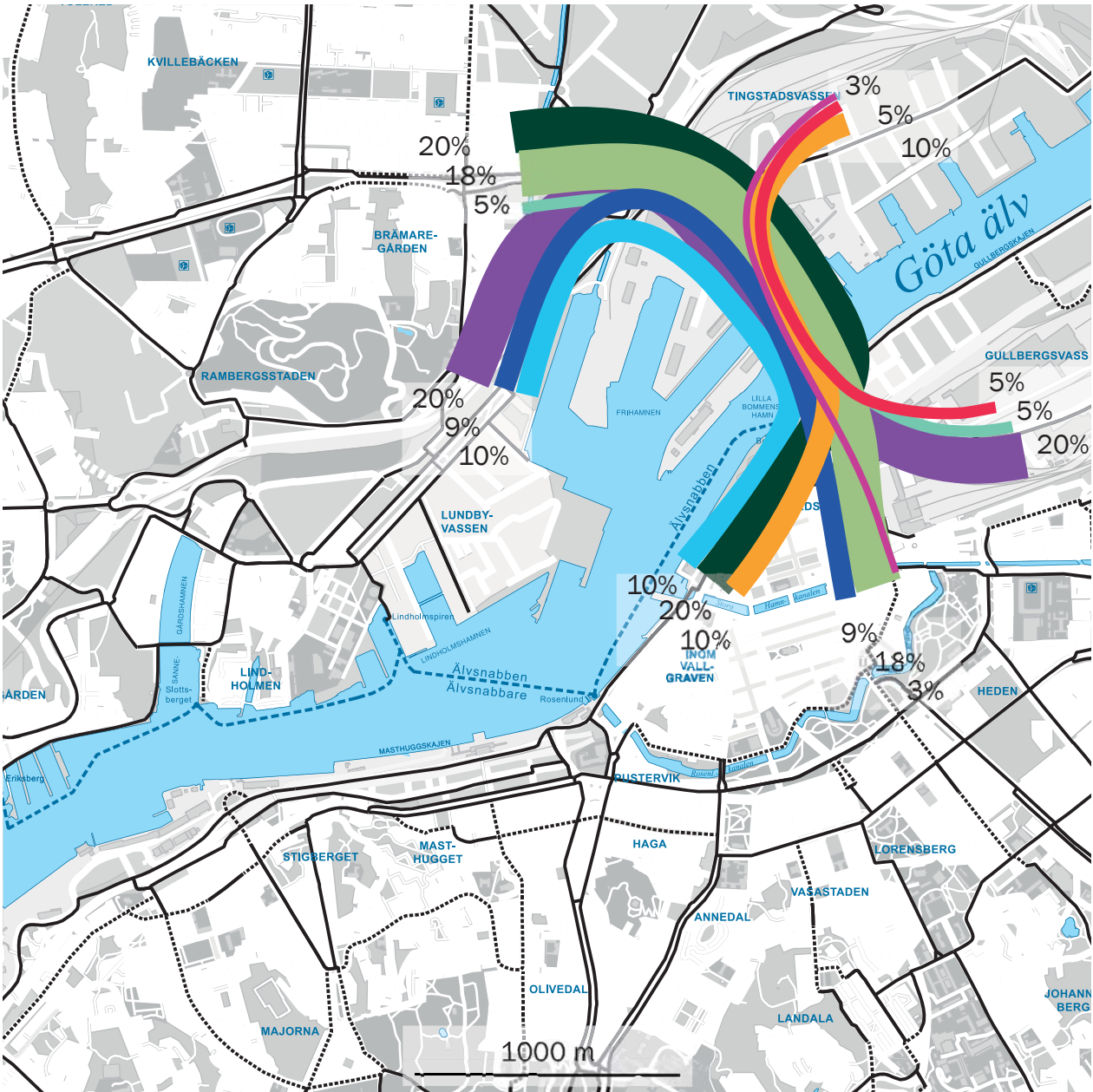


Älvsborgsbron: 66900 bilresor/vardagsdygn
Göta Älvbron: 25800 bilresor/vardagsdygn [4]



Flöde av cyklister mellan olika delar i staden.

Varje linje visar hur många procent av cyklisterna över Göta Älvbron som tar sig mellan två olika områden i staden. [6]



Process

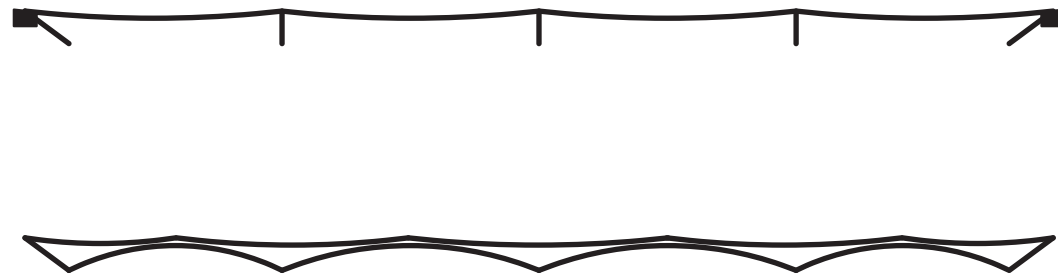
Process

Designprocess

Val av ändstöd

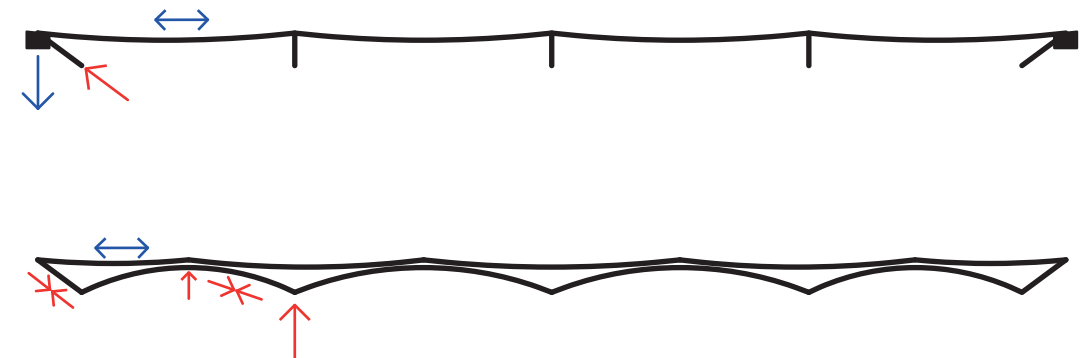
Eftersom de geologiska förutsättningarna på platsen inte lämpar sig för att fästa det bärande bandet direkt i grunden jämförs nedan två stödtyper som fungerar trots lera och liknande.

Det övre alternativet jobbar med en vikt som drar ner bandet mot marken samtidigt som ett diagonalt stöd håller emot utåt så att bandet kan spännas upp.



Det undre alternativet skapar ett slutet system av krafter vilket gör att det inte är så beroende av omgivningen. Istället för vikt används ett diagonalt stöd och bågar.

Det diagonala stödet för ner kraften från bandet ner till yttre bågens ände som sedan för det vidare tills det möter kraften från andra sidan av bron. Bågarnas toppar håller uppe bandet på mitten.

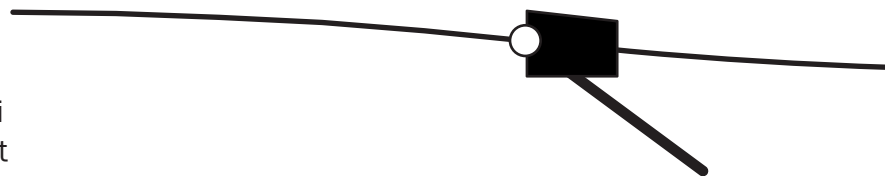


Val av öppningsprincip

Väljer direkt att utgå från en enkel öppningsprincip med en broklaff med motvikt. Broklaffens uthängande del balanseras av motvikten. En uppåtgående och en nedåtgående konsol jämförs och den nedåtgående visar sig ge det mjukast svepande uttrycket så det alternativet väljs.

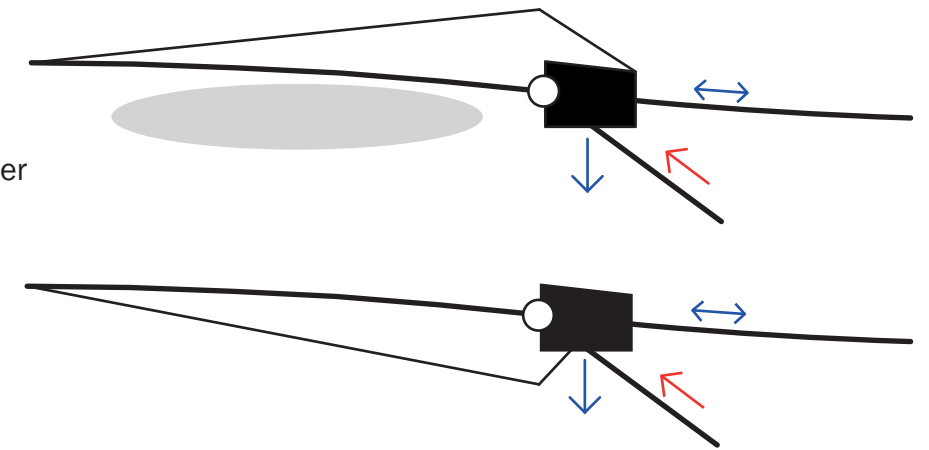
Hela broklaffen med motvikt fungerar som vikt precis som i ändstödet ovan. Ett diagonalt stöd till klaffen håller det bärande bandets ena ände.

Eftersom öppningen mitt på bron bryter det bärande bandet och därmed skapar två delar av bron som inte har någon fysisk kontakt i öppet läge blir öppningen också ett ändstöd.



En uppåtgående konsol ger mer höjd under broklaffen.

En nedåtgående konsol ger ett mer svepande uttryck som smälter bättre in med bronns helhet.



Process

Designprocess

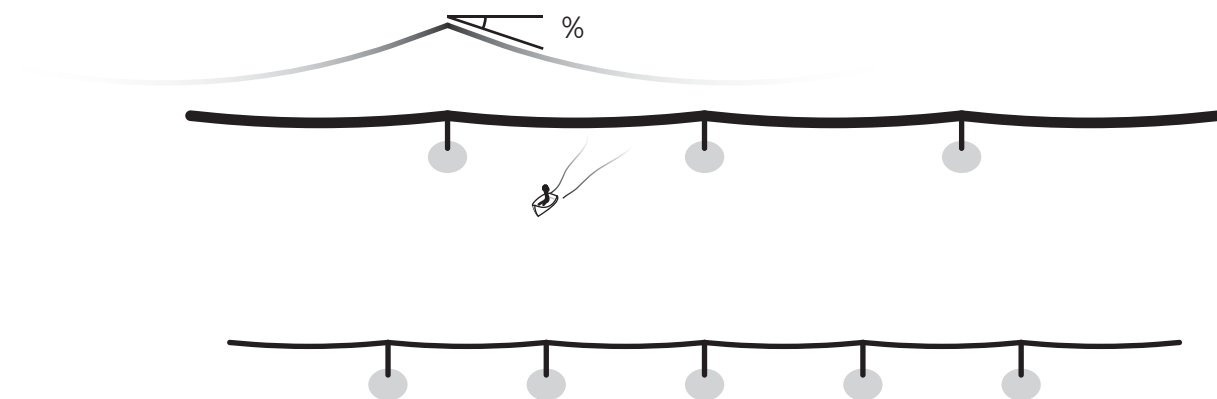
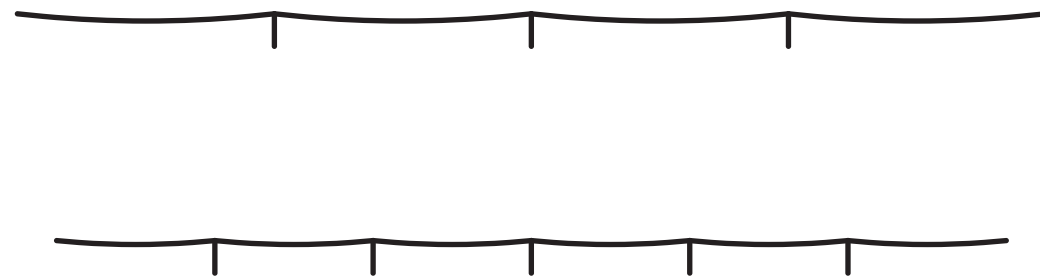
Val av avstånd mellan stöd

Antalet stöd påverkar flera olika områden. Dimensionen på det bärande bandet påverkas beroende på längd och hur mycket det tillåts hänga ner. Dessutom är lutningen på brobanan beroende av dessa faktorer. antalet stöd påverkar hur lätt det är att

passera under bron med mindre båtar som kan åka mellan de lägre stöden. Antalet fundament på älvens botten påverkas direkt av antalet stöd och dessa fundament kan vara krävande både i dimension och kostnad då grunden är ostabil.

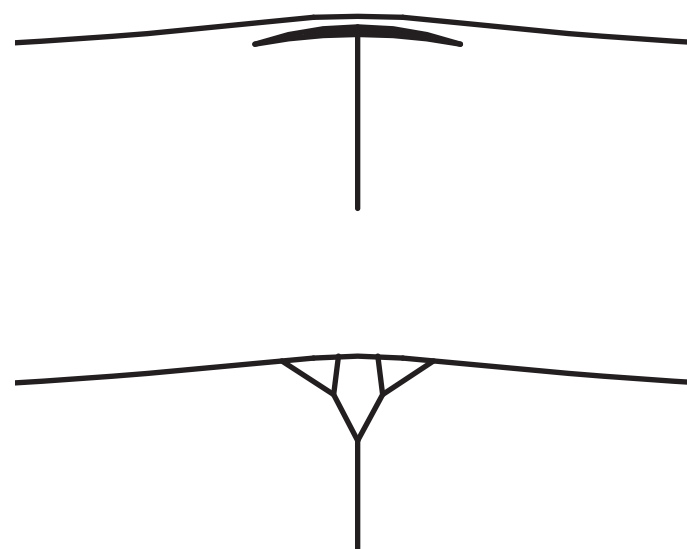
Få stöd ger bättre passage under bron. Bågarna mellan stöden blir längre och djupare. Detta leder till brantare lutning på brodäcket. För att minska lutningen krävs då större dimension på det bärande bandet.

Fler stöd ger sämre passage under bron. Bågarna mellan stöden blir kortare och grundare. Detta leder till flackare lutning på brodäcket. Det bärande bandet kan ha en mindre dimension. Fler stöd innebär fler fundament på älvens botten.



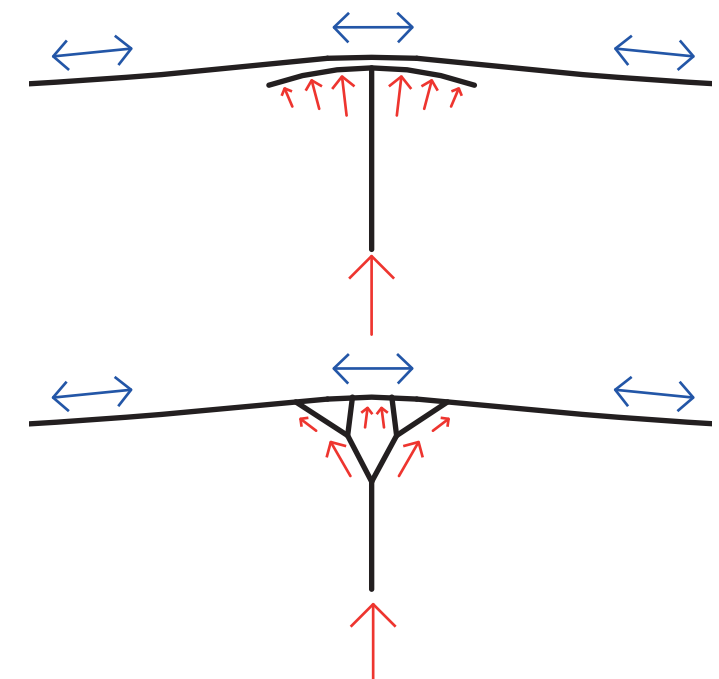
Val av mittstöd

Vare sig brobanan bärs av limträbalkar eller stålvarjor får de inte knäckas där de vilar på stöden. Därför behöver stöden vara rundade i toppen så att det bärande bandet kan byta riktning grad för grad.



Ett alternativ är att ha en fjädrande båge på stödets topp som bandet kan böjas över på ett mjukt sätt. Bågen är mer rundad än vad vajern är så att ingen skarp böjning sker vid bågens ände.

Nästa alternativ är en trädliknande förgrening som är formad efter bandets kurva och som tar ner lasten från brodäcket i flera punkter. Dessa punkter samlas sedan tills kraften har endast ett element att gå i ner marken.

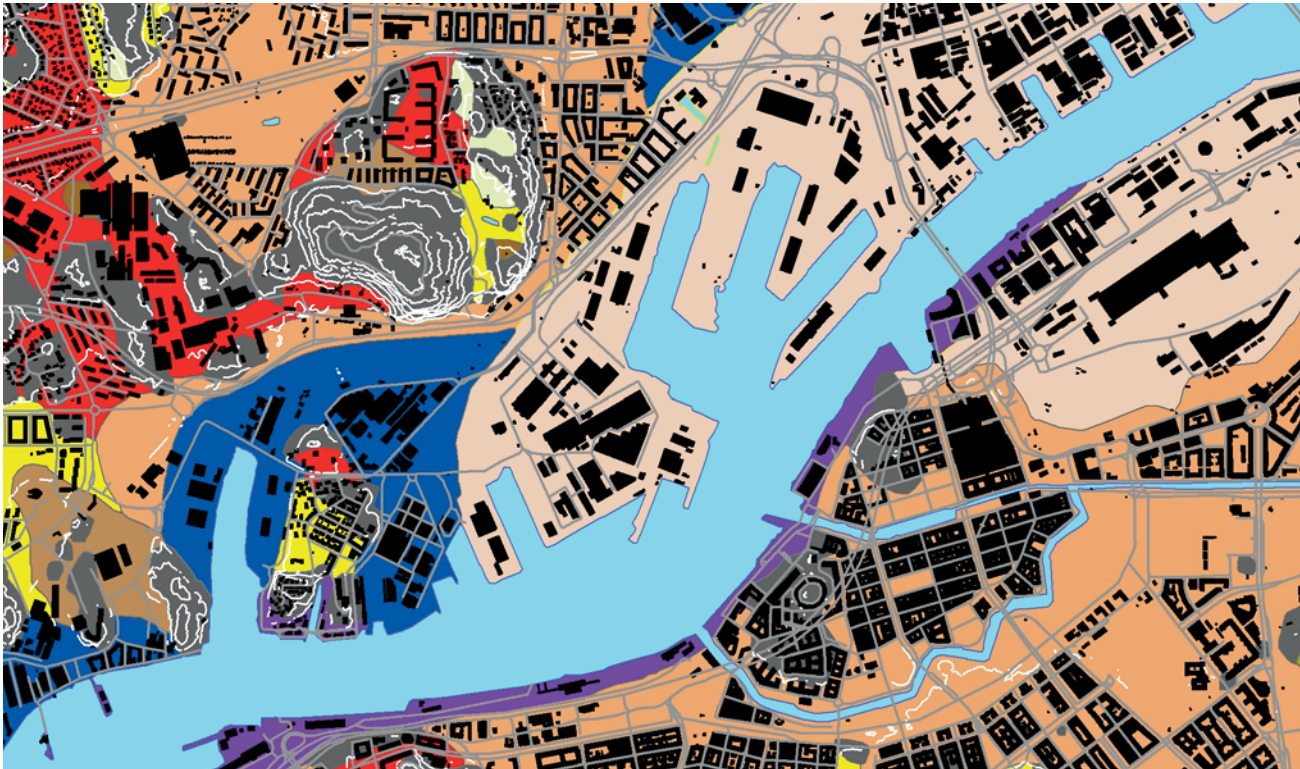


Förutsättningar

Förutsättningar

Geologi och djup

Geologi



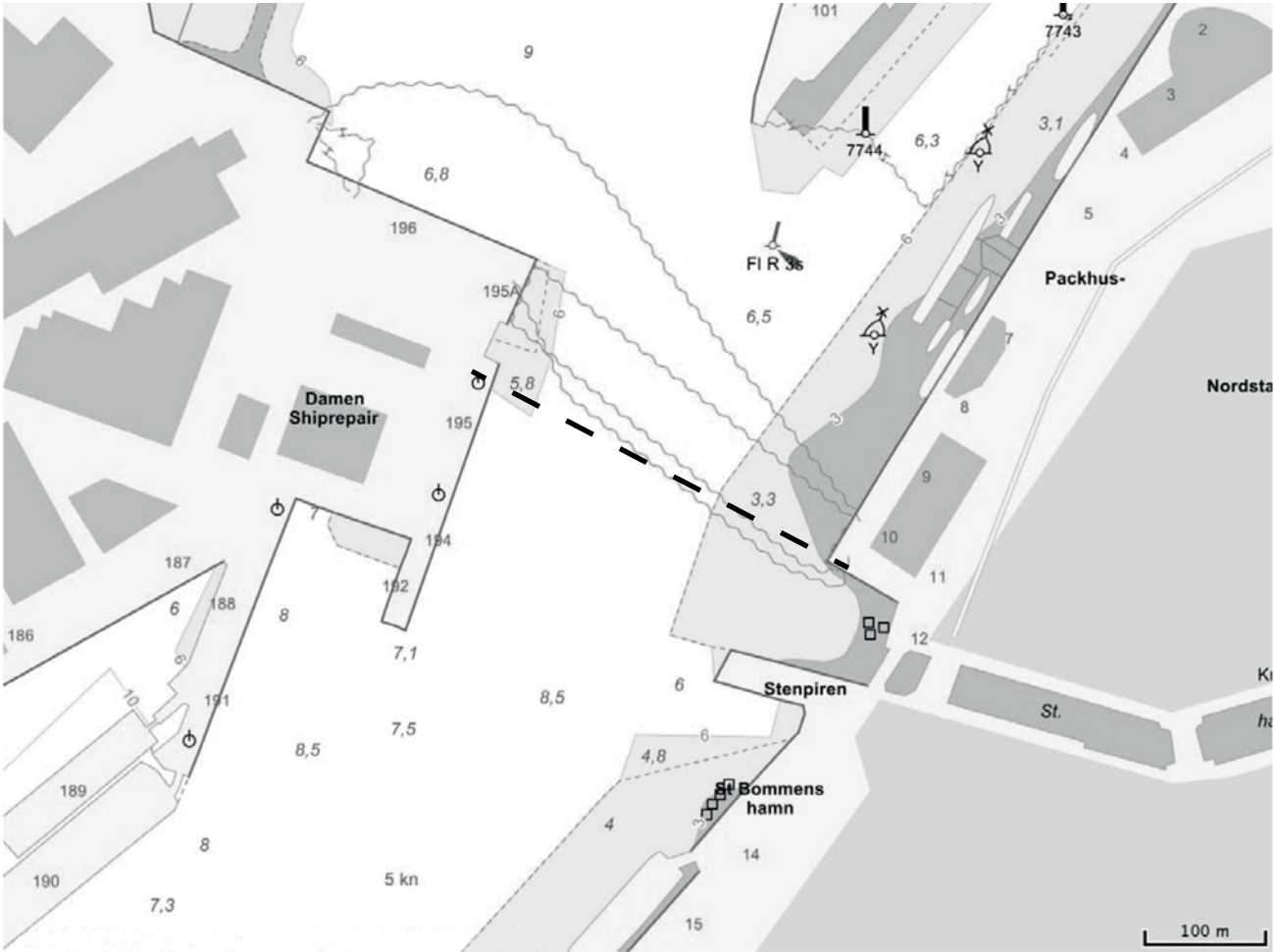
Den geologiska kartan visar att den västra älvstranden inom valt område har fyllning på svämsediment, lergrovsilt, som grund. Den östra har fyllning på okänd grund.

Älvbotten är lerig, vanligast är glacial lera och postglacial lera. Dessa geologiska förutsättningar kräver djuptgående eller spridd pålning och det är svårt att fästa något som ska tåla dragkraft. Därför är det bättre att fästa med tryck.

Jordlager

- Fyllning på okänd grund
- Fyllning på postglacial finlera
- Fyllning på postglacial finsand
- Fyllning på svämsediment, lergrovsilt
- Fyllning på urberg
- Glacial finlera
- Isälvssediment, grovsilt—block
- Morän sandig
- Postglacial finlera
- Postglacial finsand
- Postglacialt mellansand—grovsand
- Postglacialt grus
- Torv; kärr
- Urberg
- Vatten

Djup



Genom att jämföra ett par sjökort har ungefärliga djup för älven i det valda området uppskattats. En sektion med dessa visas på motstående sida. Vid den södra stranden visas ca 3 meters djup, i mitten tolkar jag det som ca 8

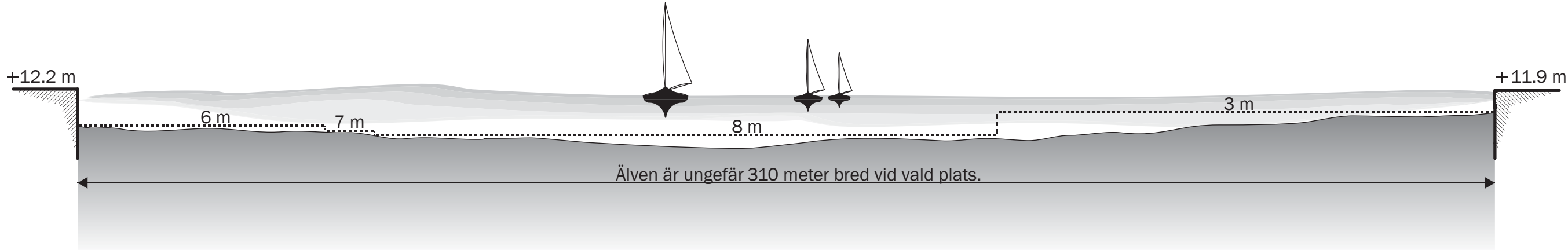
[7]
eftersom frihamnen kan ta emot större fartyg gäll 6.5 meter antagligen för trafik vidare uppåt i älven. Den norra stranden har ca 6 meters djup.

Förutsättningar

Geologi och djup

Djup

Sektionen visar ungefärliga djupförhållanden för älven där bron placerats. De streckade linjerna är djup tagna ifrån sjökort. Strax under dessa nivåer har botten ritats in. Dessutom visas kajernas nivåer och avstånd vid aktuellt läge.



Vattennivåer

Medelvattennivån ligger på + 10.05 meter. Medelhögvattennivån ligger 1.15 meter högre, på +11.2 meter. Om vattennivån stiger på grund av klimatförändringar skulle 1 meters höjning av medelvattnet hamna på 12.2 meter. Detta är högre än den södra stranden som ligger på runt 11.9 meter.



Förutsättningar

Fartygstrafik

Nedan visas hur många procent av de båtar som paserar Göta Älvbron som kan passera vid angiven fri brohöjd.

Tabellerna visar antal fartyg som passerade Göta Älvbron varje dag under sommaren 2008 samt antal fartyg som passerar Göta Älv under ett helt år. Vid granskning av statestik över passager har jag gjort den

tolkningen att antal fartyg som passerar Göta Älv under vintern är ungefär hälften så många som på sommaren.

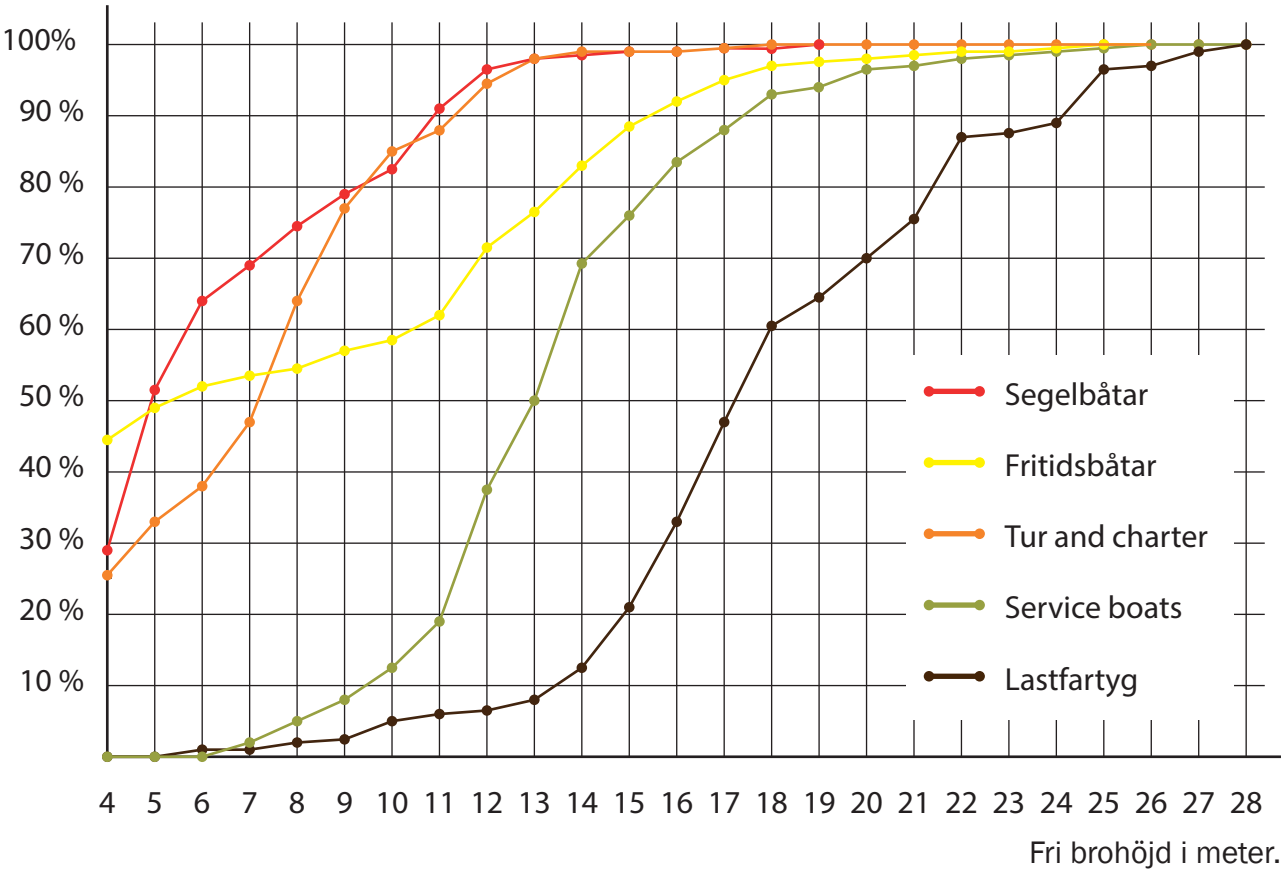
Utifrån dessa data har en uppskattning av antal broöpnningar en sommardag beräknats på motstående sida. Där visas även hur brolängden förhåller sig till höjden då lutningen sats till max 4.5 %.

Antal fartyg som passerar Göta älv bron varje dag under sommaren.
Uppmätt under 2008. [9]

Fartygstyp	medel			max
	Juni	Juli	Aug.	Juli
Lastfartyg	5	4	6	8
Tur- och Charterbåtar	5	4	4	9
Servicebåtar	5	4	4	13
Segelbåtar	16	37	20	61
Övriga fritidsbåtar <6.5 m	19	42	20	82

Båthöjd, Göta Älvbron [8]

Procent som kan passera



Antal fartyg på Göta Älv per år [10]

Fartygstyp	Hela året
Lastfartyg	1700
Tur- och Charterbåtar	400
Servicebåtar	900
Fritidsbåtar >6.5 m	2200
Totalt	5200

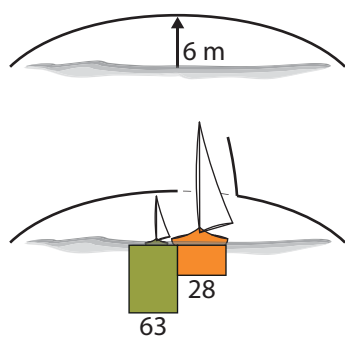
Förutsättningar

Höjd och Lutning

Segelfri höjd 6 meter.

Ungefär 28 fartyg kräver öppning varje dag under sommaren.

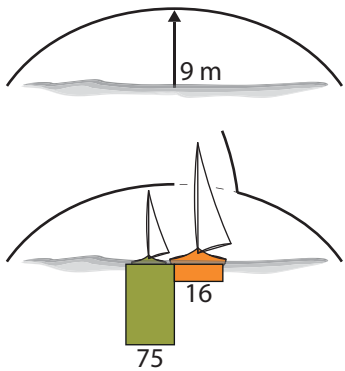
Brolängden i förhållande till höjden 6 meter är 266 meter.



Segelfri höjd 9 meter.

Ungefär 16 fartyg kräver öppning varje dag under sommaren.

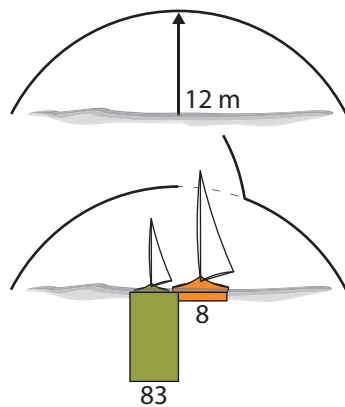
Brolängden i förhållande till höjden 9 meter är 400 meter.



Segelfri höjd 12 meter.

Ungefär 8 fartyg kräver öppning varje dag under sommaren.

Brolängden i förhållande till höjden 12 meter är 534 meter.



Sommar

Fartygstyp	Procent som behöver öppning		
	Antal fordon som passerar		
			Fordon som behöver öppning
Lastfartyg	99	4	3.96
Tur- och Charterbåtar	62	4	2.48
Service båtar	100	4	4
Segelbåtar	36	37	13.32
Övriga fritidsbåtar <6.5 m	~2	42	4.2
Sum	91	28	

Ungefär 28 fartyg behöver broöppning varje dag.

Fartygstyp	Procent som behöver öppning		
	Antal fordon som passerar		
			Fordon som behöver öppning
Lastfartyg	98	4	3.92
Tur- och Charterbåtar	22	4	0.88
Service båtar	92	4	3.68
Segelbåtar	21	37	7.77
Övriga fritidsbåtar <6.5 m	0	42	0
Sum	91	16	

Ungefär 16 fartyg behöver broöppning varje dag.

Fartygstyp	Procent som behöver öppning		
	Antal fordon som passerar		
			Fordon som behöver öppning
Lastfartyg	97	4	3.88
Tur- och Charterbåtar	6	4	0.24
Servicebåtar	62	4	2.48
Segelbåtar	4	37	1.48
Övriga fritidsbåtar <6.5 m	0	42	0
Sum	91	8	

Ungefär 8 fartyg behöver broöppning varje dag.

lutning 4.5 %



lutning 4.5 %



lutning 4.5 %



Process

Dimensionering limträplatta

Last

last per längdmeter bro

Egentyngd : 18.8kN/m

massa × densitet × g , för varje ingående material

Nyttig last: 28.5kN/m

Gående och cyklister mm på bron = 5kN/ m², bredd 5.7m

5kN × 5.7m = 28.5kN/m

Total last: 47.3kN/m

Eigenfrekvens

Last

last per längdmeter bro

$$f = \frac{\pi}{2 \times l^2} \times \sqrt{\frac{E \times I}{m}} = 5.19 \text{ Hz} > 5 \text{ OK!}$$

Jämvikt

$V_a = q \times l$

$$V_a = 47.3 \text{ kN/m} \times 25 \text{ m} = 1183 \text{ kN}$$

$$H_a = \frac{V_a \times l}{d} - \frac{q \times l^2}{2d}$$

$$H_a = \frac{1183 \times 25}{0.4} - \frac{47.3 \times 25^2}{2 \times 0.4} = 36956 \text{ kN}$$

$$H_0 = \sqrt{H_a^2 + V_a^2} = \sqrt{1183^2 + 36956^2} = 36975 \text{ kN} = N_0$$

Tvärsnittsarea

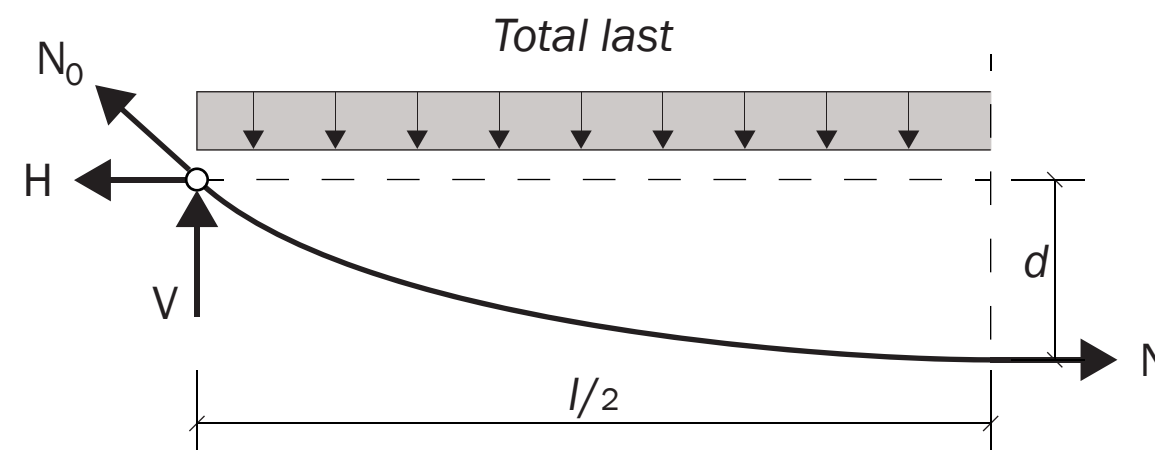
$$A = 5.5 \times 0.765 = 4.207 \text{ m}^2$$

Spänning

$$\sigma = N_0 / A = 36975 \text{ kN} / 4.207 = 8789 \text{ kN/m}^2 = 8.8 \text{ MPa}$$

Kapacitet för trä är 17.6MPa

$$\text{Utnyttjandegrad} = 8.8 / 17.6 = 50\% \text{ OK!}$$



Referensbroar

Referensbro 1:

Essing Holz Brücke, Tyskland

Form

1986 öppnade denna gångbro och var då ett nytt steg i historien för spännbandsbroar. En träkonstruktion av denna typ och längd var unik. En spännbandsbro är en bro där huvudkonstruktionen består av ett band, en kabel eller flera som är spända och brodäcket är placerat direkt ovanpå eller runt kablarna. Denna typ av bro tar hand om lasterna från till exempel gående på bron och brons egna vikt genom dragkraft i bandet. Denna hålls emot av stora fästespunkter på brons båda sidor.

Essing Holz Brücke går över Rhein-Main-Donau kanalen och en större väg och länkar samman Essing med ett naturreservat. Eftersom bron är en spännbandsbro får den en mjuk böljande form och det tillsammans med det naturliga träet får den att passa fint in i landskapet.

Brons princip:

Ett band är fastsatt i ett ändstöd i vardera ände som kan ta en stor dragkraft. ←

Konstruktion

Bron är 192 meter lång och huvudspannet är 73 meter. Bandet som håller uppe bron är av limträbalkar, sammanfogade till hela brons längd. Balkarna svankar ner mellan stöden och antar formen av en hängande kedja. Denna bro överför 90 % av alla vertikala krafter till dragkrafter och lämnar endast 10 % att verka som moment runt balkarna. Detta är orsaken till att limträbalkarna i huvudsak fungerar som en hängande kedja och inte som balkar.

Landfästen

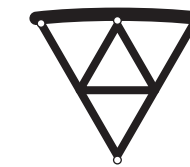
Bron har två massiva betongfundament med bultade anslutningar till limträbanden. Landfästena är mycket viktiga för denna typ av broar eftersom de bär den största delen av bron och dess laster.

Brodäck

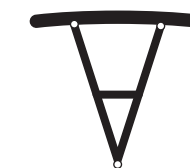
Huvudstrukturen är nio limträbalkar, 220 x 650 mm. Balkarna är prefabricerade i längder om 40-45 meter och sedan sammansatta med stora fingerskarvar. Ovanpå balkarna är det två lager av plankor och under är ett lager av diagonala plankor som hjälper till att stabilisera bron mot till exempel vindlast. Ytan som man går på är av tropiskt ädelträ för att stå emot väderpåverkan under en lång tid. Konstruktionsträet under är skyddat ovanifrån och från sidorna av en titanium-zink-plåt. Räckesstolparna är av lärkträ och emellan dessa är det paneler av galvaniserat nät.

Stöd

Bron hålls upp av tre stöd. Två dubbla med vardera nio fackverksramar och ett enkelt med nio ramor. Den mittersta ramen i varje stöd är mer centrerad för att uppnå bättre motstånd mot rotation och vibrationer. Ramarna är sammansatta med däckets via bultade leder för att undvika moment i dessa punkter. Det är också diagonalt spända vajrar uppifrån och ner för att stabilisera för vind.



Essingbrons stöd består av en eller två ramgrupper. Varje grupp har nio ramor. Ramarna sitter fast i fundamenten under och brodäcket över via bultade leder.

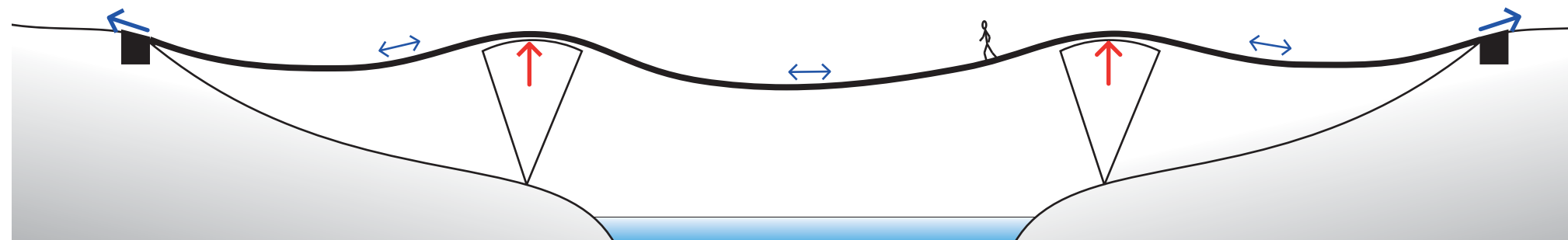
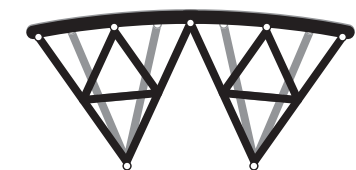


De mittersta ramarna har mer centrerade leder för ökat motstånd mot rotation och vibrationer.

Brodäcket är i huvudsak i spänning ↔ och Vilar på stöden. Stöden håller upp brodäcket mellan ändstöden och verkar i tryck. ↑

Stöden delar också upp brons längd i spann so divide the length of the bridge in spann som vardera har en nedsvankning som är proportionell mot spannets längd. Ett kortare spann ger mindre svankning och är lättare att passera.

Två ramgrupper tillsammans stöttar på vardera sidan av det längsta spannet. Ramarna får limträbanden att följa en mjuk kurva över stödet så att bandet inte skadas.



Essing Holz Brücke

Fakta

Belägen i Essing, Tyskland.

Öppnade 1986.

Funktionen är gångbro.

Konstruktionstypen är spännbandsbro.

Arkitektur av Büro für Ingenieur-Architektur

Dipl. Ing. Richard J. Dietrich.

Ingenjörskonst av Heinz Brüninghoff.

Spänner över Rhein-Main-Donau-kanalen.

Först i sitt slag att använda limträ till spännband
över ett så långt spann som 73 meter.



*Brons trä passar fint in
i höstfärgerna.*

*Brodäcket rör sig upp och ner över kanalen och nätet i räcket ger
god genomsikt.*

*Limträbalkarna möter betongfundamentet.
I ledet överförs dragkraften från brodäcket
till ändstödet.*



*Den böljande formen gör sig bra med
landskapets mjukhet, omgiven av vatten
och vägar som slingrar fram mellan fluffig
grönska.*

*Ledeerna mellan stöd och limträbalkar är
här tydliga tillsammans med den stabilise-
rande diagonala förstärkningen av
brodäcket.*



Referensbro 2 :

Punt da Suransuns, Schweiz

Form

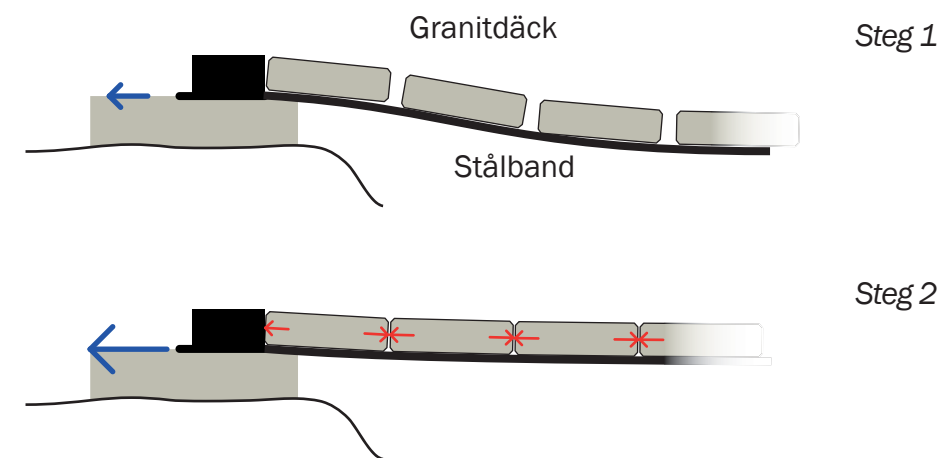
På avstånd ser bron väldigt tunn ut och elegant ut. Den är smal, endast 1.1 meter bred, som en stig för gående. När man går över den får man lätt en nästan exotisk känsla av att gå på en repbro. Pont da Suransuns spänner 40 meter över Hinterrhein-kanalen.

Denna typ av bro är en spännbandsbro. Brodäcket vilar på ett spänt band av stål. Eftersom konstruktionen är så tunn gungar den lite när man går på den. Det är lätt att sätta den i än mer gungning om man försöker.

Konstruktion

Bron består av två stålband som är sträckta mellan stränderna, fästa i tunga fundament på varje sida av bron.

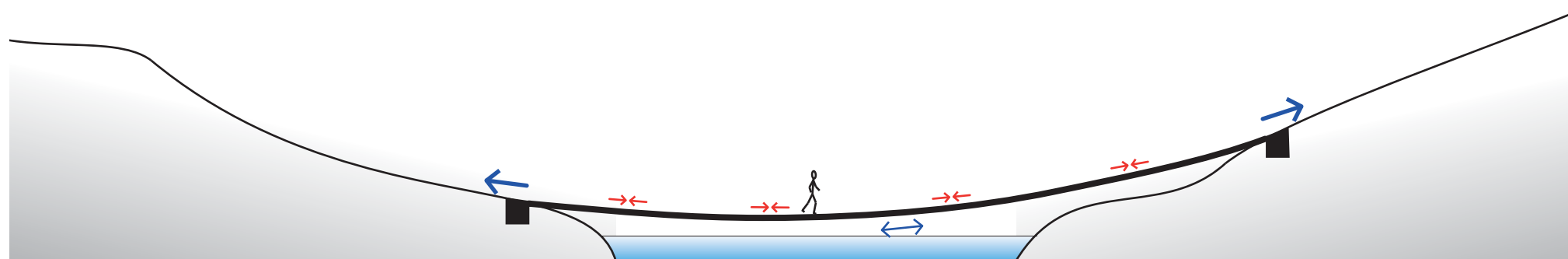
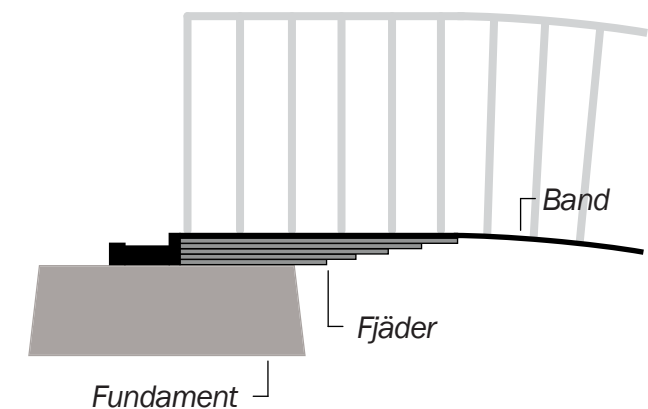
Under konstruktionen av bron placerades tunga granitblock på stålbanden. Sedan spändes banden åt ← så att svankningen blev mindre och blocken fick mindre utrymme. Detta gjorde att blocken kom i tryck → mot varandra och tryck i brodäcket ger bättre stabilitet.



Banden är fästa i stora ändstöd som kan ta mycket stora dragkrafter. ←

Stålbanden är sträckta ↔ och blocken pressas mot varandra.

När granitblocken pressas samman skapas en båge i tryck. →↔ Detta stabiliserar bron och får den att röra sig mindre under last.



Punt da Suransuns

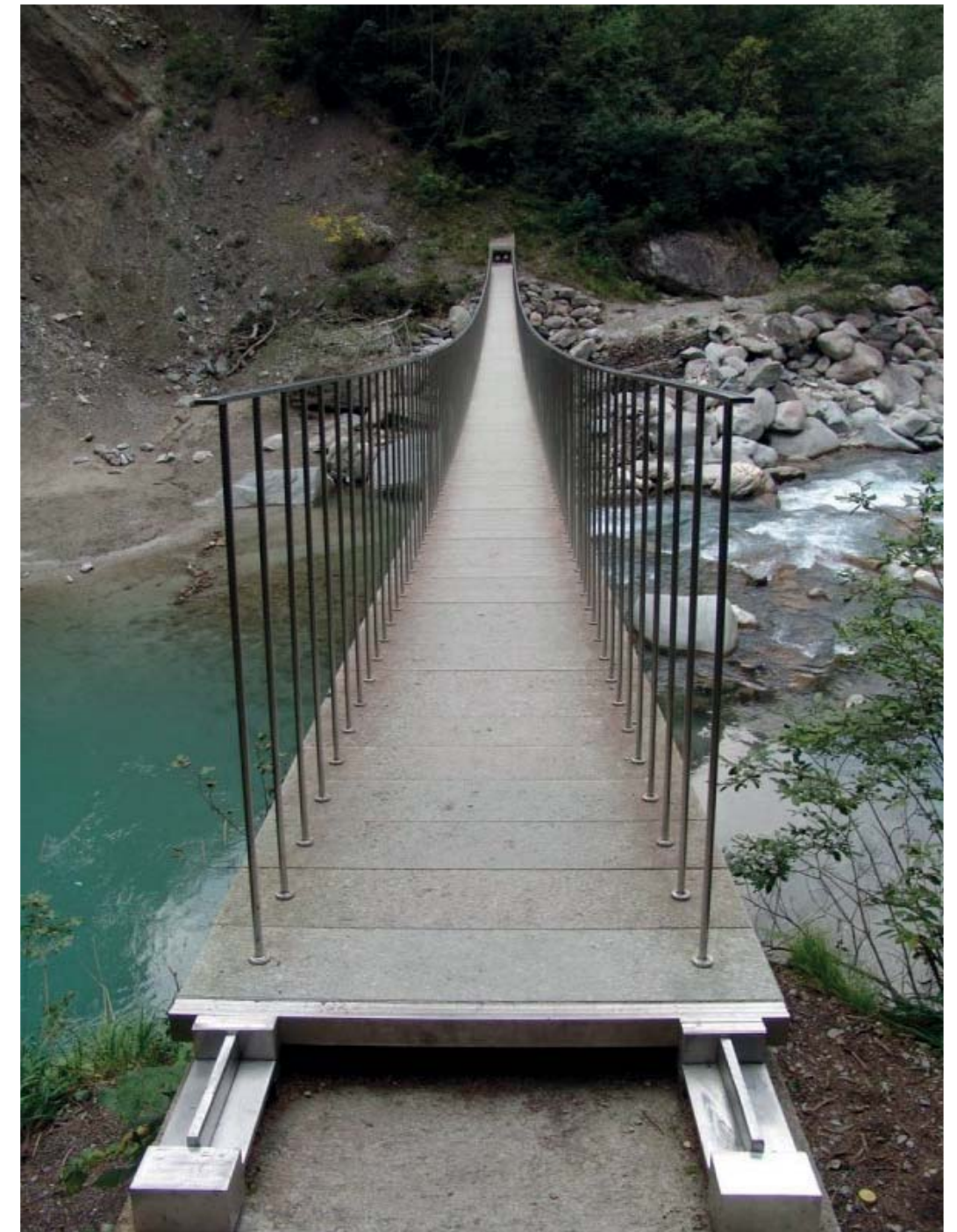
Fakta

Belägen i Viamala, Schweiz.
Öppnade 1999.
Funktionen är cykel- och gångbro.
Konstruktionstyp är spännbandsbro.
Arkitektur av Jürg Conzett.
Ingenjörskonst av Conzett, Bronzini,
Gartmann AG.
Spänner över Hinterrhein floden.
Tunn struktur med stål band och granitdäck.



Mellan betongfundamenten och brodäcket är stålbanden som bär bron synliga. Nära fundamentet ökar antalet band så att en fjäder skapas. denna fjäder gör övergången från hängande band till band vilande mot fundament jämnare så att inte bandet knäcks över fundamentets hörn.

Bron ser väldigt tunn ut och det är den också. Det vertikala metallräcket är transparent nog för att låta landskapet runt omkring skina igenom.



En lockande stig över den steniga floden.

Broar i Göteborg: Älvsborgsbron 1966-

Älvsborgsbron är en hängbro över Göta Älv. Bron började byggas 1963 och öppnades 1966. Den har sex filer för trafik samt gång- och cykelbanor och är 28.1 meter bred. Sven Olof Asplund designade den 933 meter långa bron med ett mittspann på 417 meter.

Brodäcket hänger 45 meter ovanför vattenytan och det är nog för att all trafik på älven ska kunna passera under bron utan broöppning. Området med 45 meter fri höjd är markerat med vita och blå markeringar och strålkastare så att fartygen kan orientera sig. Pylonerna som bär hängkablarna är 107 meter höga och skapar ett tydligt landmärke.

Inför VM i friidrott 1995 målades den grå bron om till nuvarande gröna färg. Det gick åt 36 m² färg.

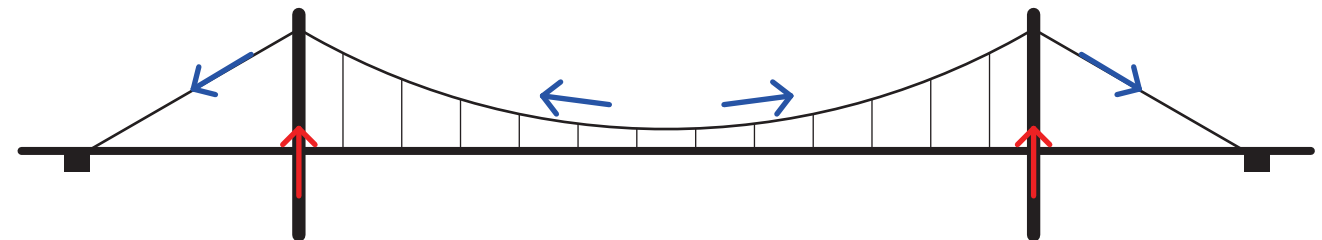
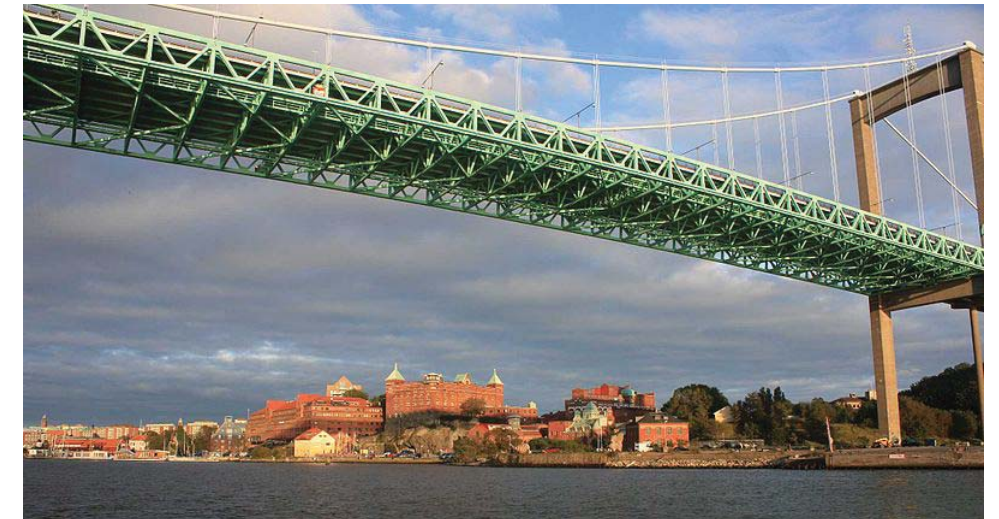
Det händer att bron måste stängas av tillfälligt vid storm eftersom den då kan börja gunga. Huvudspannet är en stålfackverkskonstruktion med betongplattor ovanpå som formar själva brodäcket.

Fackverket hänger från vertikala hängkablarna som i sin tur hänger i de stora kablarna uppspända mellan pylonerna. Pylonerna är gjorda av armerad betong och kabeländarna som går över pylonerna är sedan fästa i marken i stora tunga fundament på 25000 ton.

Huvudkablarna består av 85 stålkablar var med diametern 55 mm. De vertikala kablarna är belysta av prismor med en väldigt liten spridningsvinkel på 3-4 grader för att allt ljus ska koncentreras på kablarna och på så sätt visa hur tunna och starka de är.

Den gröna färgen blir intensiv i kvällssolen.

*Principskiss över Älvsborgsbron:
Brodäcket hänger i kablar som vilar över höga pyloner.*



*Vy av Älvsborgsbron där den välver
graciöst över vattnet.*

Broar i Göteborg: Göta Älvbron 1939-

Göta Älvbron är belägen strax nordöst om centrum och förbinder Hisingen i norr med centrum i söder. Bron är en stålkonstruktion som i dagsläget är i riktigt dåligt skick. En ny bro är planerad att ersätta den gamla Göta Älvbron senast 2020.

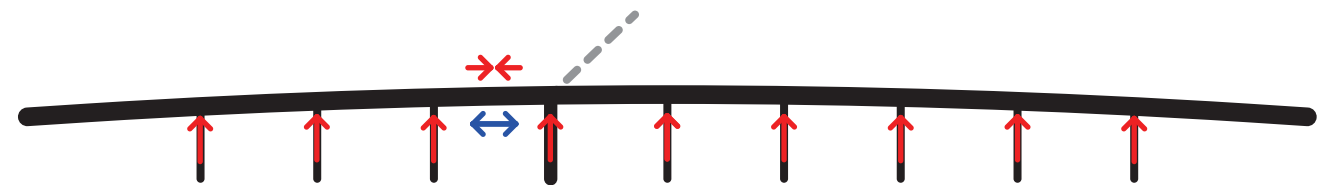
Idag är Göta Älvbron den enda vägen för spårvagnar att gå mellan södra och norra Göteborg. På grund av detta planeras den nya bron att byggas strax öster om den nuvarande så att det aldrig blir något större avbrott i spårvagnstrafiken. Trafiken på bron är intensiv och den är en viktig länk i att hålla ihop Göteborgs olika delar.

Med sin 927 meters längd och 20 meters bredd finns det plats för fyra filer vanlig trafik och två filer för kollektivtrafik samt gång- och cykelbana.

Spannet som öppnas är 20 meter brett och har en fri höjd på 18,5 meter i stängt läge. För att få passera här behöver fartygen tillstånd från broansvarig. I spannen på vardera sidan om det öppningsbara spannet är passagen fri. Bron öppnar vid alla tider förutom arbetsdagar mellan kl. 6-9 och kl. 15-18 då trafiken på bron är intensivast och därför prioriteras. Undantag görs endast för fordon som färdas nedströms.

Konstruktionen bygger på en relativt enkel princip där stöd placeras ut tätt och ovanpå dessa placeras balkar på vilka sedan brodäcket byggs. Klaffbroprincipen som används för öppningen är också den en väl beprövad metod.

Principskiss över bronns form: Balkar vilar på pelare och i mitten är det en klaff för öppning.



Klaffen i öppen position.

Balkar med tryck på ovansidan och drag på undersidan. Pelare i tryck. Vid öppningen är det en fackverkskonstruktion.



Under brodäcket vid klaffen blir fackverket ett gytter av olika stålelement kors och tvärs.

Broar i Göteborg: Hisingsbron 1878-1968

År 1863 lades det fram en motion till den svenska riksdagen om en broförbindelse mellan Hisingen och fastlandet. När den inte ledde till några byggplaner tog några göteborgare detta i egna händer och startade företaget Qvillebäckens Broaktiebolag. Bron byggdes av ingenjör Gustaf Richert vid Eriksbergs mekaniska verkstad. Finansieringen löstes med en avgift för att använda bron. Den nya bron öppnades i december 1874 och ersatte då en handdriven färja.

Det södra landfästet var vid nuvarande Göteborgsoperan. Det norra anslöt till en väg genom vassområdet som idag är Frihamnen och nuvarande Kvillegatan är vad som är kvar av vägen. Det norra landfästet är fortfarande synligt idag.

Järnsmidesbron var 175 meter lång och hade ett 6.25 meter brett däck. Svingbro-delen roterade 90 grader för att nå öppen position och släppa förbi fartygen. Det krävdes två man för att veva mekanismen som fick bron att rotera.

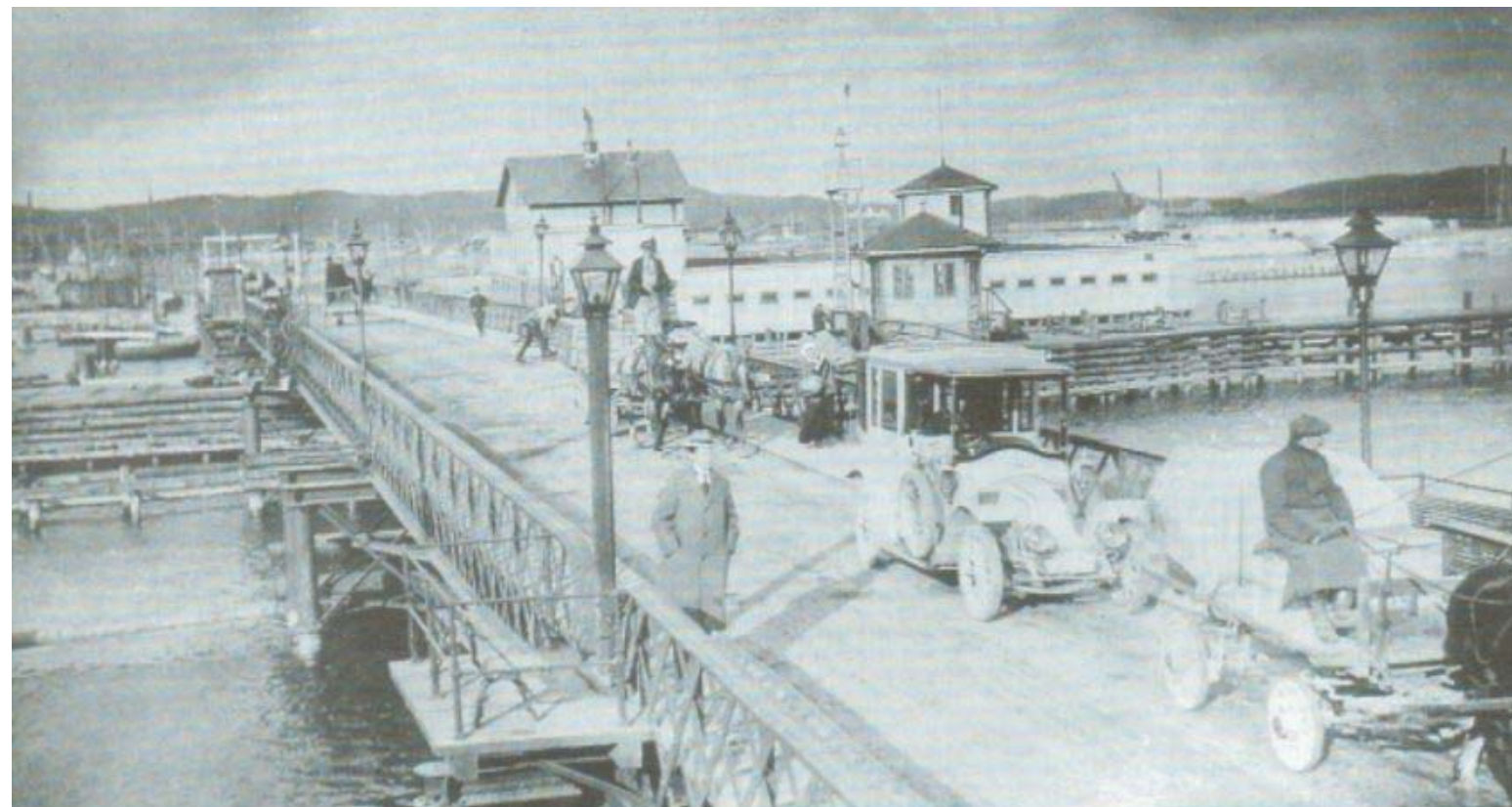
Efter mörkrets inbrott belystes bron av 18 lyktor och det fanns bänkar att vila på.

1910 köptes bron av Göteborgs stad och fem år senare breddades den till 10.5 meter med gångbanor på båda sidor och förstärkning för att anpassa till den nya biltrafiken. Svängbron blev också moderniserad med elektricitet istället för handkraft. Eftersom bron inte längre var privat togs avgiften för passage bort. Från denna tid blev Hisingsbron det allmänna namnet.

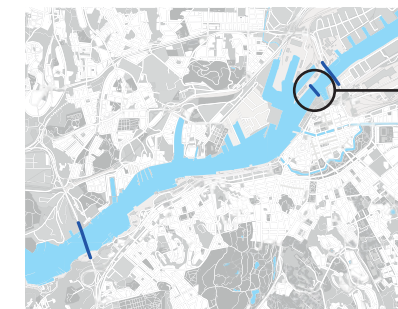
När den nya Göta Älvbron öppnades 1939 ställdes Hisingsbron i öppen position och brovakten fick paddla hem.

År 1956 moderniserades Göta Älvbron och undertiden började Hisingsbron användas igen för att avlasta under bygget. Möjligheten att använda den gamla bron blev särskilt populärt bland gående och cyklister och Hisingsbron förblev i bruk långt efter att bygget på Göta Älvbron var klart. Bron öppnades var 15:e minut eller för fartyg i nedströms riktning. 1968 stängdes bron för gott.

En promenad över bron, delad av bilar och hästekipage ser både intressant och trevlig ut.



Bron öppnades genom att den mittersta delen roterade 90° i plan.



Här låg Hisingsbron.

Referenser

- [1] AJ Smith
<http://www.ajsmith.uk.com/safegrip-decking.html> (05-01-2014)
- [2] Statistisk årsbok Göteborg 2013. sid 52.
http://www.google.se/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=2&ved=0CDMQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww4.goteborg.se%2Fprod%2Fsk%2Fstatistik%2FstatistikR5.nsf%2Fb8c165708bbf271fc1256c620051fad2%2F3fabaa3bcfd45b17c1257b120049bdda%2F%24FILE%2FStatistik%2520%25C3%25A5rsbok%2520G%25C3%25B6teborg%25202013.doc&ei=R_XrJUqvhCcnoygP1IHwCg&usg=AFQjCNHc5ce6X6tHu0j7e7c6h_ztAo7eGQ (05-01-2014)
- [3] Erseus arkitekter
<http://www.erseus.se/viewNavMenu.do?menuID=9&oid=738> (05-01-2014)
- [4] Trafik- och resandeutveckling 2012, Göteborgs stad, Trafikkontoret. sid 12, 15.
<http://goteborg.se/wps/wcm/connect/a15c05df-0db3-4098-b3c6-3e421c4a0792/Trafik+och+resandeutveckling+2012.pdf?MOD=AJPERES> (05-01-2014)
- [5] Styröbolaget
<http://www.styrsobolaget.se/Styrsobolaget/> (05-01-2014)
- [6] Trafikanalys gång- och cykeltrafik Göta älvbron, April 2009, Göteborgs stad, Trafikkontoret, sid 7.
[http://www5.goteborg.se/prod/fastighetskontoret/etjanst/planobygg.nsf/vyFiler/Centrala%20G%C3%B6teborg%20-%20ny%20%C3%A4lv-%20och%20bang%C3%A5rdsf%C3%B6rbindelse-Program%20-%20samr%C3%A5d-Trafikanalys%20f%C3%B6r%20g%C3%A5ng-%20och%20cykeltrafik%20vid%20ers%C3%A4ttnings%20av%20G%C3%B6ta%20%C3%A4lvbron%20-%20j%C3%A4mf%C3%B6relse%20mellan%20%20bro%20och%20f%C3%A4rja/\\$File/Trafikanalys.pdf?OpenElement](http://www5.goteborg.se/prod/fastighetskontoret/etjanst/planobygg.nsf/vyFiler/Centrala%20G%C3%B6teborg%20-%20ny%20%C3%A4lv-%20och%20bang%C3%A5rdsf%C3%B6rbindelse-Program%20-%20samr%C3%A5d-Trafikanalys%20f%C3%B6r%20g%C3%A5ng-%20och%20cykeltrafik%20vid%20ers%C3%A4ttnings%20av%20G%C3%B6ta%20%C3%A4lvbron%20-%20j%C3%A4mf%C3%B6relse%20mellan%20%20bro%20och%20f%C3%A4rja/$File/Trafikanalys.pdf?OpenElement) (05-01-2014)
- [7] Sjökort
<http://kartor.eniro.se/> (05-01-2014)

- [8] Ny Götaälvbro, PM sjötrafik, samrådsunderlag, 2012, Göteborgs Stad, Trafikkontoret, sid 11.
(05-01-2014)
- [9] Ny Götaälvbro, PM sjötrafik, samrådsunderlag, 2012, Göteborgs Stad, Trafikkontoret, sid 4.
(05-01-2014)
- [10] Nuvarande sjötrafik på Götaälv. Excel-dokument från Bertil Hallman, Trafikverket.
(18-11-2013)

Texter som haft betydande roll i arbetet:

- Footbridges: construction, design, history. Ursula Baus, Mike Schlaich ; with photographs by Wilfried Dechau. Basel, Birkhäuser, cop. 2008.
- Träbroar: konstruktion och dimensionering. Anna Pousette, Borås, SP Trätek, 2008.
- Critical analysis of the Essing Timber bridge, Germany, Daniel Culling, University of Bath, 2009.
<http://www.bath.ac.uk/ace/uploads/StudentProjects/Bridgeconference2009/Papers/CULLING.pdf>
- Träguiden
<http://www.traguiden.se/TGtemplates/PageTwoColumn.aspx?id=7005>