

RAPPORT

# Infart Luleå

Fördjupning av det östra alternativet med  
öppningsbar bro



**Trafikverket**

Postadress: Kungsgatan 31, 971 85 Luleå

E-post: [trafikverket@trafikverket.se](mailto:trafikverket@trafikverket.se)

Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 50 00

Konfidentialitetsnivå: 1 Ej känslig

Dokumenttitel: Infart Luleå Fördjupning av det östra alternativet med öppningsbar bro

Författare: Kristina Nordhamn, Marie Eriksson, Janneke Snijder, Patrik Wahlzon, Per Köhler

Dokumentdatum: 2024-10-14

Ärendenummer: TRV 2022/94578

Kontaktperson: Urban Eriksson

Publikationsnummer: 2024:158

ISBN: 978-91-8045-374-5

## Sammanfattning

Norrbotniabanan är en 27 mil lång järnväg som planeras att byggas mellan Umeå och Luleå. I samband med att järnvägsutredningar utfördes (2006 – 2011) togs beslut om en utredningskorridor för hela sträckan. För sträckan mellan Gäddvik och centrala Luleå beslutades att en västlig korridor förbi Karlsvik och via Notvikens station ska ligga till grund för fortsatt planering. I det sista skedet inför beslut kvarstod även en östlig korridor förbi Luleå/Kallax flygplats, via en fast broförbindelse över Luleälven vid Hamnholmen och vidare förbi Svartöastaden in till centrala Luleå. Denna sträckning valdes bort på grund av att den medförde en begränsning av hamnverksamheten då större fartyg inte skulle kunna passera innanför broläget och det fanns en osäkerhet om föreslagna kompensationsåtgärder var tillräckliga för att kunna säkerställa hamnens funktion. Trafikverket valde dock att behålla riksintresset för en östlig korridor då alternativet åter skulle kunna bli aktuellt om förutsättningar för sjöfarten skulle förändras i framtiden.

Efter att beslut för järnvägsutredningen togs år 2011 pausades Trafikverkets vidare planering då finansiering saknades. Arbete återupptogs 2022 då sträckan mellan Skellefteå och Luleå lades till i den nationella transportplanen.

Under 2022 och 2023 har Trafikverket arbetat med att utreda förutsättningarna för om det östra alternativet skulle kunna vara genomförbart med en järnvägsbro med en öppningsbar del. En rad tekniska utredningar och underlag har tagits fram och Trafikverket har haft externa kontakter för att få hjälp med såväl underlag som för att beskriva konsekvenserna av en ny järnväg.

Norrbotniabanan har som mål att skapa goda förutsättningar för både person- och godstågstrafik. Det finns restidsmål där restider ska främja arbetspendling och banan ska dimensioneras för att möjliggöra tyngre och längre tåg jämfört med den befintliga stambanan.

Det östra alternativet innebär en genomgångslösning för persontrafik som inte har Luleå som slutdestination och som ska fortsätta mot Boden, Kalix, Haparanda och Gällivare/Kiruna.

Genomgående godstrafik som inte har Luleå som mål-/startpunkt kommer att passera de centrala delarna av Luleå.

För godstrafiken som har industriområdet på Svartön eller Luleå Hamn som målpunkt innebär det östra alternativet en säcklösning med lokvändning på godsbangården, beroende på hur anslutningen kan utformas.

Antalet tåg per dygn för sträckan mellan Luleå/Kallax flygplats och Luleå C uppskattas till ca. 100 stycken fördelat på snabb-, regional-, natt- och godståg.

Trafikverket har utrett olika öppningsbara brotyper och de alternativ som bedömts som möjliga är vertikal lyftbro och enkel svängbro. Fördelar och nackdelar med respektive brotyper har utvärderats och sammantaget bedöms den vertikala lyftbron vara det mest lämpliga alternativet för en öppningsbar bro över Luleälven. Denna brotyp erbjuder bättre tillgänglighet för drift och underhåll och brotypen ger kortast ledverk vilket ger minst påverkan på sjöfarten. En nackdel med brotypen är dock att den medför en begränsning av segelfri höjd i öppet läge vilket kommer att begränsa vilka fartyg som kan passera bron.

Trafikverkets bedömning i detta skede är att möjlig segelfri höjd i stängt läge kan uppgå till ca. 18 m. Det kan vara möjligt att nå en högre segelfri höjd med max 1 – 2 m men slutlig höjd kan också bli något lägre än 18 m, detta då det finns flera osäkerheter.

Regelbunden tillsyn och underhåll av bron krävs samt lagerhållning av kritiska reservdelar för att så långt som möjligt undvika driftstopp.

Det under vintertid tidvis stränga klimatet i Luleå medför en ökad risk för driftstörningar på en öppningsbar brodel med mekaniska och elektriska komponenter. Så långt det är möjligt måste ingående delar byggas in eller förses med värme som skydd mot sträng kyla, is och snö. Det är i dagsläget inte klarlagt om en nedre köldgräns skulle bli aktuell för när broöppningar kan ske.

Luleå hamn är en av fem hamnar i Sverige som har valts ut som strategiskt prioriterad av EU och ingår i TEN-T nätverket som CORE-hamn. Sedan beslutet för järnvägsutredningen togs har beslut tagits om genomförande av muddringsprojektet Malmporten. Projektet omfattar muddringsåtgärder i hamn och farleder samt anläggande av en ny djuphamn med tillhörande infrastruktur och hamnen förväntas hantera tre till fyra gånger så mycket gods år 2030 jämfört med i dagsläget.

En förutsättning för att vintersjöfarten ska kunna fungera i Luleå hamn är tillgången till flera vändytor. Vintertid nyttjas primärt 2 stycken vändytor invid Hamnholmen som delvis skulle komma i konflikt med ett potentiellt brolägg. Under vintrar med besvärliga isförhållanden nyttjas vändytor på Gråsjäljärden, dessa ligger innanför ett potentiellt brolägg och skulle kräva broöppning för att nås.

Fördjupning har landat i att vändytor innanför ett potentiellt brolägg skulle behöva nyttjas cirka vartannat år. Behovet tros uppkomma under perioden januari-april och hur lång störningen blir kommer att variera från år till år. Från det att ytorna börjar nyttjas behöver samtliga fartyg passera bron för att

vända samt att Luleå Hamns bogserbåtar har ett omfattande arbete med isbrytning.

Prognosen för antalet anlop år 2030 ger i medeltal ca. 5 - 6 anlop/dag vilket skulle medföra att det maximalt kan komma att ske 10 - 12 stycken öppningar per dag för vändande fartyg under de perioder då vändytorna innanför bron behöver nyttjas. Utöver vändande fartyg kan det tillkomma öppningar för isbrytarna och fartyg till Cementa som har hemmakaj innanför järnvägsbron.

Under de perioder då fartyg måste passera bron för att vända kommer en kompromiss mellan tågtrafikens och sjöfartens intressen att bli nödvändig.

För att ett fartyg ska kunna passera bron krävs ett tidsfönster som i dagsläget uppskattas till ca. 30 minuter där ingen järnvägstrafik kan passera bron.

Det bedöms vara möjligt att framföra minst ett persontåg och ett godståg per timme och riktning (minst 4 tåglägen) utan någon transporttidsförlängning även vid broöppning förutsatt att bron stängs under fartygsvändningen och att tågen körs enligt antagen tidtabell som bygger på ett knutpunktsupplägg för regionaltågstrafiken där tågmötena sker i eller nära Luleå.

Då antalet tåg per timme under dagtid förväntas bli fler än 4 st kommer en del av tågen att drabbas av transporttidsförlängningar och/eller inställelse, där totala planerade transporttidsförlängningen per dygn utifrån antagen tidtabell varierar mellan 3 och 11 h beroende på alternativ för broöppning. För att minimera dessa konsekvenser rekommenderas att broöppningar i första hand sker kvälls- och nattetid. Utifrån prognos för järnvägstrafiken finns det gott om tid till broöppningar nattetid mellan kl 00 – 05.

Om enstaka båtar ska kunna vända dagtid behöver tågtrafiken ha företräde morgon- och eftermiddag ca. kl 6-9 och kl 15-18 för att säkerställa framkomligheten under de timmar när persontrafiken och arbetspendlingen är som störst.

Även om det går att skapa en tidtabell för tågtrafiken där konflikterna med broöppningen minimeras är risken stor att störningskänsligheten för banan ökar med regelbundna broöppningar då tågen riskerar hamna i konflikt med de planerade broöppningarna när de inte går enligt tidtabell.

En öppningsbar järnvägsbro får olika påverkan beroende på hur ofta scenariot med vändande fartyg vintertid innanför bron kommer inträffa och hur länge den perioden kommer vara. Under tidsperioder där vändytorna innanför bron kommer behöva användas kommer upp till ca. 20 % av tillgänglig järnvägs-kapacitet per dygn på sträckan Luleå - Piteå användas för broöppningar (5/24 h per dygn).

En öppningsbar bro i Luleå ser ut att vara unik på så sätt att det inte gått att lokalisera en referensbro med liknande funktion med frekventa broöppningar för passage av stora fartyg i besvärliga isförhållanden.

Luleå/Kallax flygplats är militär och ägs av Försvarsmakten. Inom flygplatsen inryms också en civil del med både passagerartrafik och fraktflyg. Transportstyrelsen ställer krav på att en ny järnväg inte får påverka flygsäkerheten. Enligt Starkströmsförordningen SFS (2009:22) får luftledningar för starkström inte anläggas närmare än fyra km från landningsbanans mittpunkt. Den nya järnvägen skulle ligga ca. 700 m från landningsbanan. Transportstyrelsen kan medge avsteg från bestämmelser efter att en så kallad säkerhetsbevisning lämnats in av flygplatsens ägare eller innehavare. Säkerhetsbevisning ska visa att det inte uppstår några risker eller att det uppkommer störningar på flygplatsens system. Under 2024 har Totalförsvarets forskningsinstitut genomfört en Telekonfliktanalys där järnvägens påverkan på flygplatsens system har studerats. Utifrån resultat från genomförd analys har Försvarsmakten i ett yttrande bedömt att det finns risk för negativ påverkan på riksintresset Luleå/Kallax flottilflygplats men att det finns andra exempel på samexistens mellan flygplats och järnväg och tillhörande infrastruktur. Om Trafikverket väljer att gå vidare med det östra korridoralternativet behöver fortsatta utredningar genomföras för att identifiera om det finns fler system som kan påverkas utöver de som identifierats i analysen samt för att föreslå åtgärder för att reducera risker.

Nära Luleå/Kallax flygplats finns höjdbegränsande områden både för dess militära och civila del. Höjdbegränsande områden är unika för varje flygplats och anger högsta höjd för byggnadsverk som uppförs i närheten av flygplatsen. En öppningsbar bro över Gråsjäljärden ligger på ett avstånd om ca. 3000 m från flygplatsen och höjdbegränsning är 64,9 m. för flygplatsens civila del. För dess militära del gäller, i område där bron är placerad, att objekt högre än 20 meter kan utgöra en flygsäkerhetsrisk. Trafikverket behöver ansöka om dispens från Luftfartsverket som kan ges via en så kallad flyghinderanalys.

Försvarsmakten har gjort gällande att den presenterade dragningen av Norrbotniabanan med öppningsbar bro berör en lågflygningsrutt för militär helikopter som nyttjas för att lämna samt angöra Luleå/Kallax flygplats vid dåligt väder. I det senaste inkomna yttrandet (2024-06-12) anför Försvarsmakten att den lyftbro som Trafikverket i detta skede redovisat kan medföra viss negativ påverkan på den flygande verksamheten men att det anses kunna hanteras.

Det östra alternativet för Norrbotniabanan medför genomförande av kompensationsåtgärder vars omfattning i dagsläget är osäker. Kompensationsåtgärder som kan bli nödvändiga är nytt kajläge till isbrytarna, muddring för utökning av vändyta invid Hamnholmen, ombyggnad av bogserbåtar, åtgärder vid Luleå/Kallax flygplats.

## Innehåll

<b>Sammanfattning</b> .....	3
1 Inledning.....	10
1.1 Bakgrund .....	10
1.2 Syfte .....	12
1.3 Mål .....	12
1.4 Avgränsningar.....	13
1.5 Metod.....	13
2 Norrbotniabanan.....	14
2.1 Förutsättningar – tekniska krav .....	14
2.2 Förutsättningar - trafikering .....	15
2.2.1 Godstrafiken .....	15
2.2.2 Persontrafiken .....	17
2.3 Korridoren .....	21
2.4 Linjestudier - möjliga sträckningar i korridoren.....	21
2.4.1 Spårförslag funktionsutredning .....	28
2.4.2 Förordat alternativ/genomförbart alternativ – utgångspunkten i fördjupningen.....	34
3 Luftfart .....	35
3.1 Förutsättningar.....	35
3.1.1 Allmänt .....	35
3.1.2 Säkerhetsbevisning.....	35
3.1.3 Höjdbegränsningar .....	36
4 Sjöfart.....	38
4.1 Förutsättningar.....	38
4.1.1 Allmänt .....	38
4.1.2 Hamnanläggningar.....	39
4.1.2.1 Befintliga kajer .....	39
4.1.2.2 Planerade kajer .....	40
4.1.3 Farleder handelssjöfart.....	41
4.1.4 Antal anlop, nuvarande och framtida prognos .....	41
4.1.5 Typ av fartyg .....	42
4.1.6 Air draft fartyg .....	43

4.1.7	Isbrytning Luleå hamn .....	43
4.1.8	Nyttjande av Vändytor.....	45
4.1.9	Definition Segelfri höjd .....	49
4.1.10	Nautisk kravspecifikation öppningsbar bro.....	49
4.1.11	Fartygssimulering .....	50
5	Utredning bro .....	52
5.1	Fast bro.....	53
5.2	Öppningsbar del .....	53
5.2.1	Vertikal lyftbro.....	53
5.2.2	Enkel svängbro.....	55
5.2.3	Bladskarvar .....	56
5.3	Ledverk .....	57
5.4	Anpassning av öppningsbar bro till klimatet i Luleå .....	61
5.5	Drift och underhåll .....	62
5.5.1	Allmänt .....	62
5.5.2	Vertikal lyftbro.....	62
5.5.3	Enkel svängbro.....	64
5.5.4	Spåranläggning .....	64
5.6	Fördelar och nackdelar med respektive brotyp .....	65
5.7	Möjlig Segelfri höjd på öppningsbar bro.....	66
5.7.1	Segelfri höjd i stängt läge.....	66
5.7.2	Segelfri höjd i öppet läge .....	68
5.8	Referensprojekt .....	69
5.9	Riskworkshop bro .....	71
6	Tillväxt av is och påverkan på sjöfarten med en öppningsbar bro i isförhållanden ... .....	72
6.1	Tillväxt av is .....	72
6.2	Hur ofta behöver vändytor innanför ett potentiellt broläggning? .....	72
6.3	Isförhållanden i farleden under bro .....	74
6.3.1	Forskning om is i farleder .....	75
6.3.2	Framkomlighet i farleden under isförhållanden .....	76
6.4	Isreducerande åtgärder .....	77
7	Kompensationsåtgärder .....	79
7.1	Historik muddring vändytor.....	79



7.2	Muddring för utökning av vändyta invid Hamnholmen .....	82
7.3	Nytt kajläge för isbrytarna .....	84
7.4	Ombyggnad av bogserbåtar .....	85
7.5	Åtgärder Luleå/Kallax flygplats .....	85
8	Samspelet mellan järnvägstrafik och sjöfarten.....	86
8.1	Öppningstid bro.....	86
8.2	Sjöfartens behov av broöppningar .....	87
8.3	Principer för hur broöppningar kan ske .....	87
8.4	Tidsfönster för broöppning.....	89
8.5	Konsekvenser för järnvägstrafiken .....	92
8.5.1	Längd på tidsfönster för avstängd tågtrafik till följd av broöppning..	92
8.5.2	Fördelning av broöppningar över ett dygn .....	93
8.6	Konsekvenser för tågtrafiken slutsats.....	99
8.7	Konsekvenser för sjöfarten av öppningsbar bro .....	100
9	Grov kostnadsbedömning .....	104
9.1	Kostnadsbedömning enligt järnvägsutredningen .....	104
9.2	Tillkommande anläggningskostnad .....	104
9.2.1	Osäkerheter .....	105
9.3	Kostnad kompensationsåtgärder.....	106
9.4	Drift- och underhållskostnad .....	107
10	Referenser .....	109

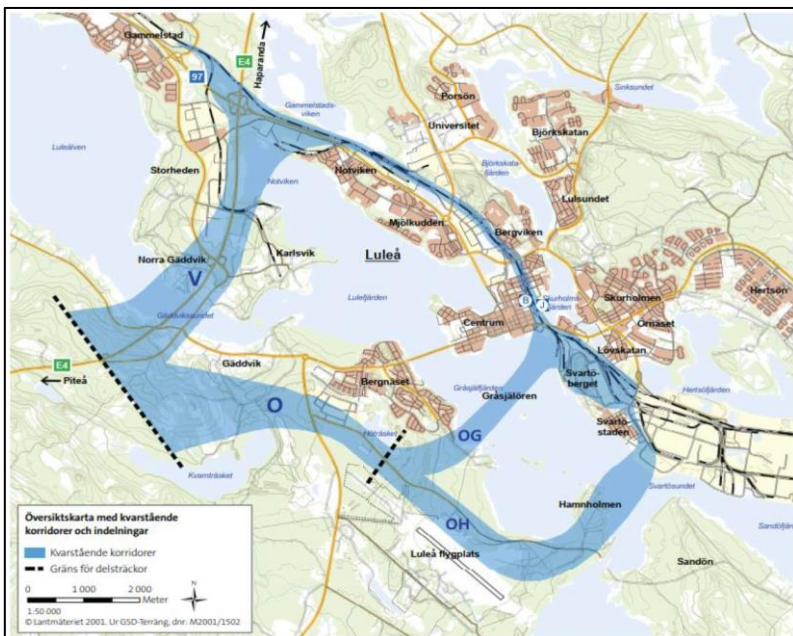
# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Norrbotniabanan är en 27 mil lång järnväg som planeras att byggas mellan Umeå och Luleå. Mellan 2006 och 2011 genomfördes järnvägsutredningar där en korridor för järnvägens sträckning beslutats för hela sträckan Umeå-Luleå. Det gjordes sex järnvägsutredningar där 160 (JU160) omfattar sträckan från Gäddvik till centrala Luleå.

Under utredningsarbetet har många olika sträckningar och utformningar studerats och valts bort. I slutskedet av järnvägsutredningen, i utställningshandlingen, fanns tre alternativ kvar som ställdes mot varandra, se Figur 1.

- Alternativ Väst (V) förbi Storheden, via Notvikens tågstation och vidare in mot Luleå C
- Alternativ Öst via Gråsjälören (OG)
- Alternativ Öst via Hamnholmen (OH)



Figur 1: Karta över korridorerna från utställningshandlingen i JU160. (Källa: Trafikverket, 2011)

I utställningshandlingen förordade Trafikverket alternativ OH förbi Luleå Kallax flygplats med en fast bro över Luleälven med en överlag mycket god måluppfyllelse, se Figur 2.

SAMLAD BEDÖMNING MÅLUPPFYLLELSE		V	OG	OH	Teckenförklaring måluppfyllelse:
Funktion		God	God	Mycket god	
Människa och samhälle		God	God	Mycket god	
Miljö		God	Låg	God	
Ekonomi					
	anläggn. kostnad	1,7-1,9 mdkr	1,8-2,1 mdkr	2,3-2,5 mdkr	
	samhällsekonomi	0(j.alt) mdkr	0,3 mdkr	-0,4 mdkr	

Figur 2: Måluppfyllelse efter järnvägsutredningsskedet. (Källa: Trafikverket 2011)

Utifrån yttranden som inkom i samband med utställningshandlingen togs beslut om att göra fördjupande utredningar av alternativ V och OH. Alternativ OG valdes bort.

Utformning av alternativ OH bestod av en fast broförbindelse (18 m segelfri höjd) över Luleälven vilket medförde en begränsning av hamnverksamheten då större fartyg inte skulle kunna passera innanför broläget.

I järnvägsutredningen belystes det att sjöfarten skulle drabbas av konsekvenser i form av att:

- Isbrytarna inte skulle kunna använda Gamla malmhamnen som hemmahamn
- Cementas större fartyg skulle inte kunna angöra Cementakajen utan åtgärder
- Kryssningsfartyg och större segelfartyg skulle inte kunna angöra kaj innanför bron
- Vändytor innanför bron skulle inskränkas

Järnvägsutredningen föreslog kompensationsåtgärder som vidareutvecklades i fördjupningen bland annat föreslogs muddring för utökning av vändytor utanför planerat broläge. Efter genomförd fördjupning kvarstod dock en osäkerhet om alternativ OH skulle kunna fungera som principlösning samt om kompensationsåtgärderna var tillräckliga för att kunna säkerställa hamnens funktion och måluppfyllelsen omvärderades därför från mycket god till låg gällande Människa och samhälle, se Figur 3.

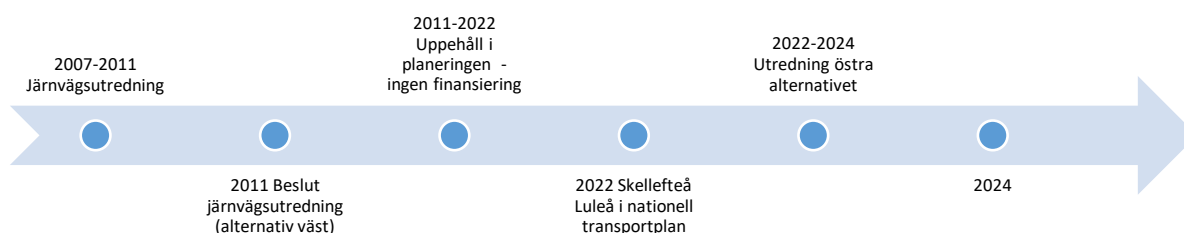
SAMLAD BEDÖMNING MÅLUPPFYLLELSE		Fördjupning V	OH	Fördjupning OH	Teckenförklaring måluppfyllelse:
Funktion		God	Mycket god	Mycket god	
Människa och samhälle		God	Mycket god	Låg	
Miljö		God	God	God	
Ekonomi					
	anläggn. kostnad	2,2-2,4 mdkr	2,3-2,5 mdkr	2,5-2,7 mdkr	
	samhällsekonomi	0(j.alt) mdkr	-	0,2 mdkr	

Figur 3: Måluppfyllelse efter fördjupning. (Källa: Trafikverket, 2011)

Den ändrade bedömningen resulterade i att alternativ V överlag fick en högre måluppfyllelse än alternativ OH och Trafikverket beslutade att det västra alternativet i första hand ska ligga till grund för den fortsatta planeringen av Norrbotniabanan. Trafikverket valde att behålla riksintresset för järnvägskorridoren även för det östra alternativet, detta då det östra alternativet på nytt skulle kunna bli aktuellt om förutsättningarna för sjöfarten i framtiden skulle förändras.

Beslutet för järnvägsutredning JU160 togs år 2011 och därefter pausades vidare planering då finansiering saknades. År 2015 återupptogs arbetet med Norrbotniabanan då etapp 1, sträckan mellan Umeå och Skellefteå fick finansiering. År 2022 lades etapp 2, sträckan mellan Skellefteå och Luleå till i den nationella transportplanen och planering inför framtagande av järnvägsplan startades. Under 2022 och 2023 har Trafikverket arbetat med att utreda förutsättningarna för om det östra alternativet (OH) skulle kunna vara genomförbart med en järnvägsbro med en öppningsbar del. Trafikverket har studerat om en öppningsbar bro i stället för en fast bro skulle kunna öppna upp möjligheter för fortsatt hamnverksamhet och nyttjande av vändytor även innanför ett planerat broläge.

### En översiktlig tidslinje för processen:



## 1.2 Syfte

Sedan fördjupningen och efterföljande beslut för JU160 har det på nytt blivit aktuellt att analysera om alternativ OH (från och med nu benämnt Östra alternativet) är genomförbart med en öppningsbar bro. Syfte med denna fördjupning är att presentera aktuellt kunskapsläge och belysa möjligheter och osäkerheter för det östra alternativet för Norrbotniabanans infart till Luleå. Denna rapport är ett av de underlag som ligger till grund för Trafikverkets beslut om infarten till Luleå.

## 1.3 Mål

Denna fördjupning ska utgöra ett underlag för bedömning om det östra alternativet är genomförbart med en öppningsbar bro.

## 1.4 Avgränsningar

I JU160 utreddes såväl en fast bro som en öppningsbar bro som alternativ för det östra alternativet. Det slutliga förslaget till utställningshandlingen utgjordes av en fast bro då en öppningsbar bro bedömdes som en mindre robust lösning. Fördjupning har avgränsats till att på nytt belysa genomförbarhet för det östra alternativet, denna gång med en öppningsbar bro.

Utredning av genomförbarhet har främst fokuserat på möjliga bro- och spårlösningar och samspelet mellan järnvägstrafiken och luft- och sjöfart. Bro- och spårlösningar har studerats översiktligt i syfte att säkerställa möjliga principlösningar. Om det tas ett beslut att det östra alternativet ska ligga till grund för vidare planering av Norrbottenbanan krävs detaljprojektering.

I denna fördjupning redovisas även förändrade förutsättningar jämfört med i järnvägsutredningen. T.ex. ändrade prognoser, trafikering, hamnverksamhet, förutsättningar utifrån grön omställning etc.

## 1.5 Metod

För att ta fram underlag inför beslutet om det östra alternativet har en rad tekniska utredningar och underlag tagits fram. Trafikverket har också haft externa kontakter för att få hjälp med såväl underlag som för att beskriva konsekvenserna av järnvägen.

Arbetet påbörjades av en regional intressentgrupp bestående av bl a Länsstyrelsen i Norrbottens län, region Norrbotten, Norrtåg, Swedavia samt kommuner efter sträckan. I samband med att man konstaterade att den enda kvarstående lösningen för ett östligt alternativ utgjordes av en öppningsbar bro tog Trafikverket över det fortsatta utredningsarbetet.

I den externa dialogen har Trafikverket haft dialog med en rad aktörer. I inledningen av utredningsarbetet startade Trafikverket en arbetsgrupp för sjöfart där Sjöfartsverket och Luleå hamn deltagit. I slutfasen för arbetet har även representanter från Luleå kommun deltagit. Syftet med arbetet har varit att ta fram underlag för Trafikverkets beslut om lokalisering i Luleå. Luleå hamn och Sjöfartsverket har bistått med planeringsunderlag kopplat till sjöfarten. I arbetsgruppen har det diskuterats effekter och konsekvenser för sjöfarten samt behov av åtgärder.

Trafikverket har också haft kontakt med Försvarmakten i frågor angående passager vid Luleå/Kallax flygplats och höjden på den öppningsbara bron.

Trafikverket genomför för närvarande riksintressepreciseringar för både Luleå hamn och Luleå/Kallax flygplats. Preciseringar syftar till att tydliggöra riksintressets mark- och vattenanspråk samt påverkansområden. Preciseringarna ska fungera som underlag för planhandläggare inom

kommuner och länsstyrelser samt även samhällsplanerare inom Trafikverket. Dessa utförs som fristående projekt och är inte direkt kopplade till Norrbotniabanan men information har utbytts mellan de olika projektgrupperna.

## 2 Norrbotniabanan

För transporter av gods ger Norrbotniabanan möjlighet till både tyngre och längre tåg än på den befintliga stambanan. Företagens transportkostnader beräknas minska med upp till 30 procent tack vare högre tågvikter samt snabbare och säkrare transporter. En sådan effektivisering får inte bara genomslag i norr utan i hela landet eftersom mer än hälften av den tunga godstrafiken kommer från norr med destinationer söderut.

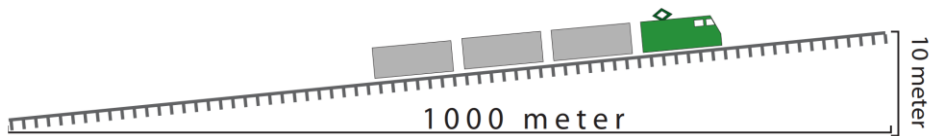
Norrbotniabanan skapar goda förutsättningar till regionförstoring med en utvecklad kustnära persontrafik. Restiderna på sträckan kan med Norrbotniabanan minskas väsentligt, något som förstärker möjligheterna till arbetspendling. Ny bana kommer att fungera som dubbelspår till dagens stambana.

### 2.1 Förutsättningar – tekniska krav

Norrbotniabanan utformas som en enkelspårig bana med mötesmöjligheter med jämna mellanrum, så kallade mötesstationer eller driftplatser. Där kan ett tåg gå åt sidan och stanna på ett sidospår och därmed möjliggöra möten med såväl person- som godståg. På sträckor där trafikeringen är högre, t.ex. i städerna där flera banor möts, kan det behöva byggas dubbelspår på kortare sträckor. Mötesstationerna dimensioneras för 750 meter långa tåg med samtidig infart, vilket betyder att de blir ca. 1 km långa. Ungefär var tredje mötesstation ska ha tre spår, även detta för att uppnå en tillräcklig kapacitetsnivå.

Banan dimensioneras för 250 km/h. För att klara detta bör inte horisontalradierna understiga 3 300 meter. Närmare orter där tågen ändå ska sakta ner och stanna för resandeuppehåll kan undantag från minimikravet 250 km/h tillåtas.

Norrbotniabanan ska dimensioneras för att klara ökade tågvikter från dagens 1000 - 1100 ton till 1600 ton. Järnvägens underbyggnad ska dimensioneras för STAX 30 ton (Största Tillåtna Axellast). För att tunga godståg ska kunna trafikera järnvägen får banans lutning uppgå till max 10 ‰, se Figur 4. På mötesstationer får lutningen vara högst 2,0 ‰.

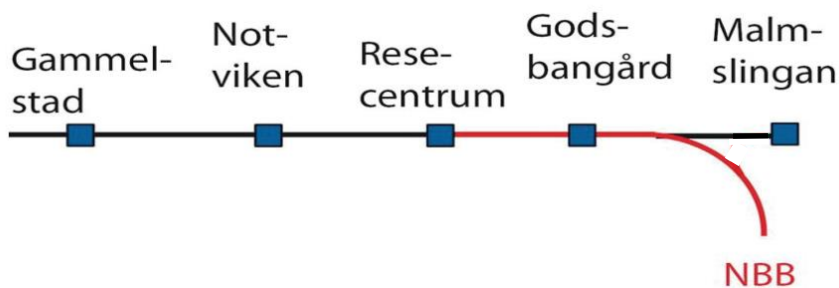


Figur 4: Tillåten maximal stigning, motsvarar 10 ‰ (Obs. Förvrängd skala).

## 2.2 Förutsättningar - trafikering

Det östra alternativet innebär en genomgångslösning för persontrafik som inte har Luleå som slutdestination och som ska fortsätta mot Boden, Kalix, Haparanda och Gällivare/Kiruna.

Genomgående godstrafik som inte har Luleå som mål/startpunkt kommer att passera de centrala delarna av Luleå. All godstrafik som kommer och ska norrifrån med Luleå som start/stoppunkt, passerar precis som idag genom Luleå C.



Figur 5: Norrbottenbanans (NBB) anslutning till målpunkter i Luleå enligt det östra alternativet.

### 2.2.1 Godstrafiken

För godstrafiken som har industriområdet på Svartön eller Luleå Hamn som målpunkt innebär det östra alternativet en säcklösning med lokvändning på godsbangården, beroende på hur anslutningen kan utformas.

Parallellt med projektet för Norrbottenbanan utreder Trafikverket ombyggnation av spåranläggningar på Luleå C omfattande även befintlig bangård för godstrafik på "Svartön Övre" där malmbangården är placerad. Slutlig spårdragning för Norrbottenbanan om det östra alternativet skulle bli verklighet kommer att påverkas av slutlig utformning av Luleå C med intilliggande bangårdar.

#### Prognos godstrafik

Två godstrafikscenarier har studerats, se Tabell 1 och Tabell 2. I båda scenarierna har det antagits att godstrafiken har ungefär samma avgångstider som i dagsläget baserat på tågplan T22. En del av tågen går inte samtliga

veckodagar, vilket gör att totala antalet tåg kan variera något mellan olika dagar och vara färre vissa dagar.

I Tabell 1, som visar godsscenario 1, flyttas den trafik till/från Luleå och Gammelstad som idag går på stambanan söderifrån till Norrbotniabanan. Därutöver flyttas den så kallade Aitikpendeln som går mellan Skellefteå och Aitikgruvan från stambanan till Norrbotniabanan. Detta skulle innebära att Norrbotniabanan och den öppningsbara bron utöver persontågen även skulle trafikeras av ca. 13 godståg per dygn.

Tabell 1: Godstrafikscenario 1 med 13 stycken godståg per dygn baserat på tågplan T22.

Tåguppdrag	Avtalspart	Antal tåg/år	Första	Sista	Tid Luleå	Timme
9116	Green Cargo AB	262	Borlänge c	Luleå	10:24	10
9118	Green Cargo AB	259	Borlänge c	Luleå	18:07	18
9124	Green Cargo AB	232	Borlänge c	Luleå	01:24	1
4374	Green Cargo AB	151	Skelleftehamns övre	Aitik	23:34	23
6666	Green Cargo AB	36	Skelleftehamns övre	Bodens c	23:29	23
4375	Green Cargo AB	226	Aitik	Skelleftehamns övre	15:38	15
9102	Green Cargo AB	251	Luleå	Domnarvet	03:13	3
9106	Green Cargo AB	206	Luleå	Domnarvet	11:31	11
9114	Green Cargo AB	291	Luleå	Domnarvet	19:49	19
42504	Real Rail Sweden AB	171	Göteborg Skandiahamnen	Bodens c	15:25	15
42200	Real Rail Sweden AB	174	Helsingborg godsbangård	Gammelstad	20:04	20
42021	Real Rail Sweden AB	191	Gammelstad	Helsingborg godsbangård	18:18	18
42057	Real Rail Sweden AB	176	Gammelstad	Göteborg Sävenäs	16:44	16

Tabell 2 visar godstrafikscenario 2 med 23 stycken godståg per dygn. Utöver tågen i scenario 1 tillkommer även tåg till/från destinationer norr om Luleå/Gammelstad, det vill säga Boden, Narvik och Haparanda. Värt att notera är dock att vissa tåg enbart anlöper en dag i veckan spritt över hela veckan. Detta resulterar i att det i genomsnitt handlar om ca. 21 godståg per dag snarare än 23.

Skillnaden mellan de två scenarierna ligger i antalet godståg där scenario 2 omfattar 10 fler godståg jämfört med scenario 1. Godsscenario 2 är det som i dagsläget ligger närmast basprognosen och efterföljande avsnitt utgår från detta.



Tabell 2: Godstrafikscenario 2 med 23 stycken godståg per dygn baserat på tågplan T22.

Godstrafik norr om Luleå är inräknat.

Tåguppdrag		Antal tåg	Första	Sista	Tid Luleå	Timme
41902	CargoNet AS	230	Charlottenberg	Björnfjell	14:57	14
41914	CargoNet AS	228	Charlottenberg	Björnfjell	12:35	12
41905	CargoNet AS	226	Björnfjell	Charlottenberg	08:05	8
41919	CargoNet AS	269	Björnfjell	Charlottenberg	07:32	7
4002	Green Cargo AB	249	Charlottenberg	Björnfjell	14:27	14
5900	Green Cargo AB	208	Ångedodsbangård	Haparanda	23:00	23
4005	Green Cargo AB	257	Björnfjell	Charlottenberg	09:25	9
5011	Green Cargo AB	209	Haparanda	Ångedodsbangård	21:25	21
41892	Hector Rail AB	44	Piteå	Murjek	06:02	6
41893	Hector Rail AB	40	Murjek	Piteå	22:03	22
9116	Green Cargo AB	262	Borlänge c	Luleå	10:24	10
9118	Green Cargo AB	259	Borlänge c	Luleå	18:07	18
9124	Green Cargo AB	232	Borlänge c	Luleå	01:24	1
4374	Green Cargo AB	151	Skelleftehamns övre	Aitik	23:34	23
6666	Green Cargo AB	36	Skelleftehamns övre	Bodens c	23:29	23
4375	Green Cargo AB	226	Aitik	Skelleftehamns övre	15:38	15
9102	Green Cargo AB	251	Luleå	Domnarvet	03:13	3
9106	Green Cargo AB	206	Luleå	Domnarvet	11:31	11
9114	Green Cargo AB	291	Luleå	Domnarvet	19:49	19
42504	Real Rail Sweden AB	171	Göteborg Skandiahammen	Bodens c	15:25	15
42200	Real Rail Sweden AB	174	Helsingborg godsbangård	Gammelstad	20:04	20
42021	Real Rail Sweden AB	191	Gammelstad	Helsingborg godsbangård	18:18	18
42057	Real Rail Sweden AB	176	Gammelstad	Göteborg Sävenäs	16:44	16

## 2.2.2 Persontrafiken

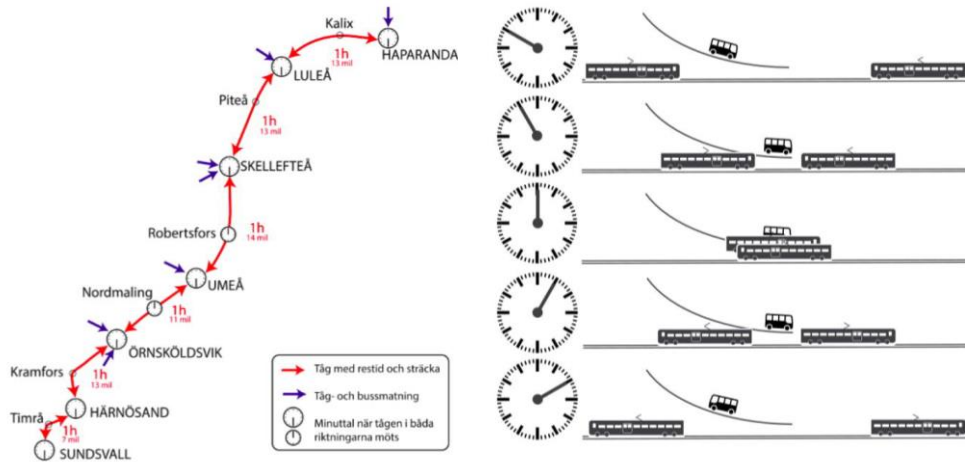
Restidsmålet för persontrafiken för sträckan Umeå – Luleå är 1,5 timme för snabbtåg och 2 timmar för regionalståg. Snabbtågen stannar bara i städerna medan regionalstågen även stannar på mindre orter däremellan. I dag är restiden för sträckan Umeå – Luleå ca. 4 h med tåg.

För att nå en kort restid på en enkelspårig bana är det av central betydelse att få ett effektivt mötesmönster där så många av tågmötena som möjligt sker på driftplatser där tågen ändå stannar för resandeutbyte. Såväl Trafikverket som kommunerna (i nod-projektet) har gjort trafikeringsstudier för att undersöka hur man bäst kan lägga upp trafiken på banan för att nå såväl kapacitetsmål som restidsmål.

I den trafikeringsstudie som kommunerna genomfört inom ramen för nod-projektet har man undersökt hur Norrbotniabanan bör trafikeras och hur anslutande kollektivtrafik bör utformas för att ge största effekt, se *Trafikeringsstudie Norrbotniabanan, stråket Skellefteå-Piteå-Luleå (Sweco 2022-02-25)*. Man har förordat ett så kallat knutpunktsupplägg för kuststråket.

Knutpunktsupplägget innebär att man i så stor utsträckning som möjligt bör koncentrera tågmötena till knutpunkter vilket ska möjliggöra även goda bytesmöjligheter till annan kollektivtrafik. Det bygger på att det finns förutsättningar att skapa en persontågtrafik som körs mellan de större städerna med god marginal inom en timme. Umeå, Skellefteå, Piteå och Luleå ligger med lämpligt avstånd från varandra för att kunna uppnå en tågtrafikering med takt och möten på städernas stationer. Därmed är det

möjligt att erbjuda en trafikering där tågen möts på de större stationerna och blir basen för ett sammanhängande kollektivtrafiksystem, med smidiga byten mellan tåg och buss, se Figur 6.

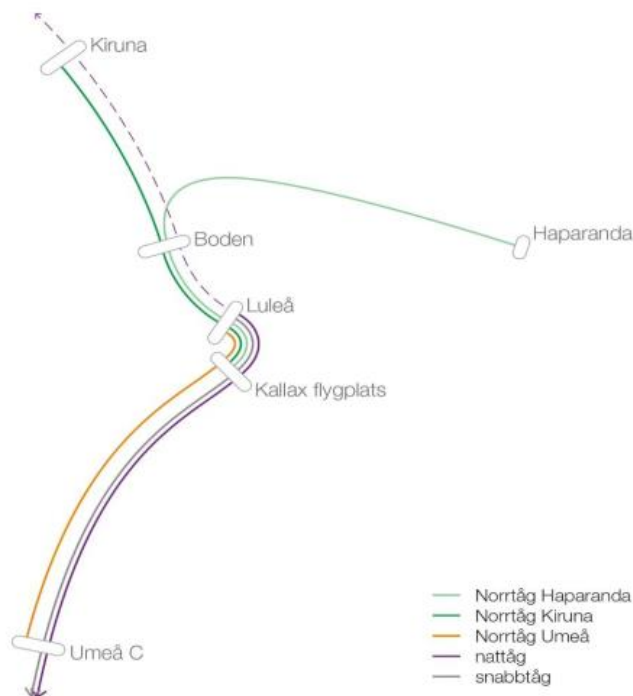


Figur 6: Vision och princip för knutpunktsupplägg (Källa: Trafikeringsstudie Norrbotniabanan, stråket Skellefteå-Piteå-Luleå, Sweco 2022-02-25)

## Prognos trafik

Trafikverket har antagit nedan trafikförutsättningar (se Figur 7) för persontrafiken för infarten till Luleå, det östra alternativet, baserat på Trafikverkets basprognos 2040 samt Norrtågs (Norrtåg AB, 2023) och SJ:s framtida trafikstrategier (Weibull, 2023):

- Ett regionaltåg per timme och riktning dagtid med tågmöte i knutpunkter
- Ett snabbtåg varannan timme under dagtid
- Extra regionaltåg i högtrafik (2 stycken dubbelturer morgon + 2 stycken turer eftermiddag)
- Vändande regionaltåg vid Luleå/Kallax Flygplats till/från Kiruna/Haparanda (cirka 5 - 7 dubbelturer)



Figur 7: Trafikförutsättningar för persontrafiken för infart till Luleå. (Källa: Funktionsutredning Norrbotniabanan Luleå C, godsanslutning och Luleå-Kallax, Kreera 2023-07-07).

I Tabell 3 redovisas beräknat antal tåg per dygn.

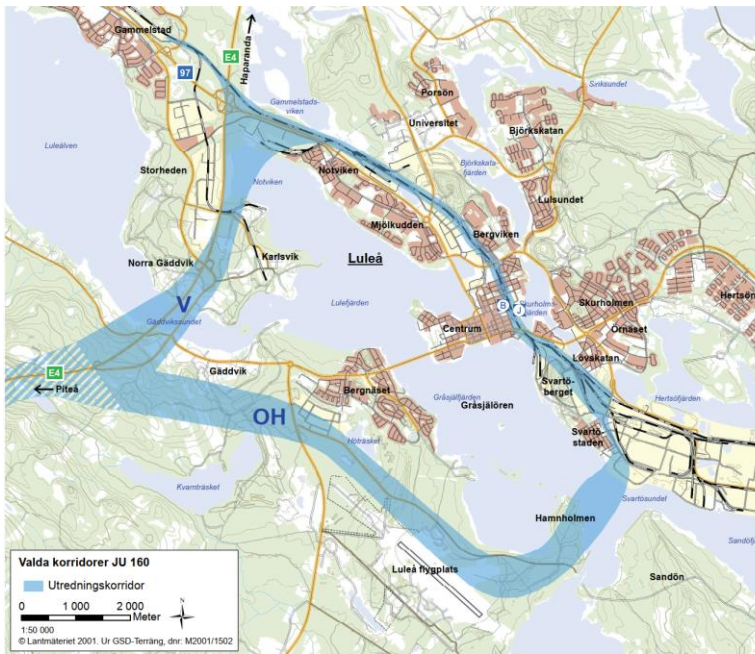
Tabell 3: Antal tåg per dygn enligt Trafikverkets basprognos samt med tillkommande behov enligt SJ samt med vändande regionaltåg till/från Luleå/Kallax Flygplats.

<b>Luleå – Luleå/Kallax Flygplats</b>	<b>Antal tåg/dygn</b>
<b>Snabbtåg</b>	4
<b>Regionaltåg</b>	34
<b>Natttåg</b>	4
<b>Godståg</b>	23
<b>Totalt basprognos 2040</b>	<b>65</b>
<b>Tillkommande snabbtåg för ett tåg varannan timme</b>	12
<b>Totalt bas 2040 + extra snabbtåg</b>	<b>77</b>
<b>Vändande regionaltåg vid Luleå/Kallax Flygplats till/från Kiruna</b>	10
<b>Vändande regionaltåg vid Luleå/Kallax Flygplats till/från Haparanda</b>	14
<b>Totalt Bas 2040 + extra snabbtåg + regionaltåg till/från Luleå/Kallax Flygplats</b>	<b>101</b>

## 2.3 Korridoren

Utgångspunkten för kommande arbete är de korridorer som beslutades i järnvägsutredning JU 160. Exakt hur järnvägen ska dras och utformas redovisas i den järnvägsplan som ska tas fram. Arbetet med järnvägsplanen kan starta när beslutet om val av korridor är fattat.

I Figur 8 redovisas både det östra (OH) och det västra alternativet (V).



Figur 7.2.1 Karta över valda korridorer JU 160.

Figur 8: Utredningskorridor östra alternativet via Hamnholmen (OH). (Källa: Trafikverket, 2011)

Korridoren för det östra alternativet börjar i anslutning till väg E4 vid Södra Gäddviks trafikplats, viker av mot öster nära anslutning till Luleå/Kallax flygplats. En station för resandeutbyte kan placeras i direkt anslutning till flygplatsen. Järnvägen passerar över Hamnholmen och sedan över Gråsjäl fjärden på bro. Efter landanslutning vid SSAB-kajen fortsätter korridoren mellan Svartöstaden och SSAB:s industriområde för att ansluta mot befintlig järnväg på Luleå bangård.

## 2.4 Linjestudier - möjliga sträckningar i korridoren

Under såväl arbetet med järnvägsutredning som fördjupningen har olika linjer studerats inom ramen för korridoren. Linjestudierna har utgått utifrån den korridor som finns kvar från järnvägsutredningen. Denna korridor och dess linjer i plan och profil används som underlag till vidare analys och utredning av sjöfarts-, luftfarts- och godstransportfrågorna samt som underlag för kostnadsberäkningar.

Inom ramen för denna fördjupning har översiktliga linjestudier gjorts. Dels för att verifiera de förutsättningar som fanns i järnvägsutredningen 2011 samt för att verifiera att det går att få till en lösning med en öppningsbar bro. Vi har även undersökt om det finns nya förutsättningar som påverkar järnvägens dragning. Vid arbetet har grundförutsättningarna varit desamma som i järnvägsutredningen, det vill säga tekniska krav och lösningen i stort, men med undantaget att vi studerat en öppningsbar del i bron över Gråsjäljärden.

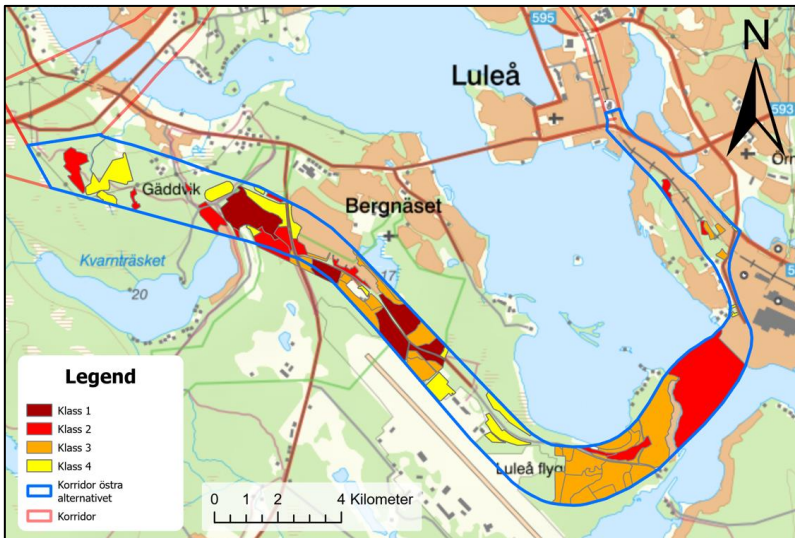
Fördjupningar har gjorts på ett antal intressanta platser:

- Luleå/Kallax flygplats – underlag har tagits fram inför samråd med Försvarmakten om eventuell påverkan på flygplatsens utrustning på grund av elektromagnetiska fält från passerande tåg
- Bron över Gråsjäljärden – olika alternativ har studerats i plan och profil dels inför genomförande av en fartygssimulering som syftat till att hitta en godtagbar placering av den öppningsbara delen i bron dels som underlag inför utredning om segelfri höjd
- Anslutningen till godsbangården – fördjupning av alternativ från järnvägsutredningen har gjorts bland annat med avseende på lutning och utformning.

#### Gäddvik – Luleå/Kallax flygplats

De studerade linjerna börjar i anslutning till väg E4 vid Södra Gäddviks trafikplats, viker av mot öster och följer Lomtjärnbergets höjdrygg mot Kvarnträskets norra ände. Öster om Kvarnträsket passerar järnvägen igenom Kallaxhedens naturreservat och korsar Kallaxvägen. Stora delar av Kallaxheden är av riksintresse för rennärningen.

I järnvägsutredningen och fördjupningen bedömdes det östra alternativet ha höga naturvärden bland annat på Kallaxheden. Trafikverket har under 2023 låtit utföra en naturvärdesinventering som styrker tidigare bedömning. Det finns 6 st klass 1-områden i det östra alternativet i anslutning till Kallaxheden. Samtliga dessa är av typen sandtallskog. Utöver dessa finns inom korridoren 16 st klass 2-områden av varierande naturtyper. Se Figur 9 för indelning av områden från genomförd naturvärdesinventering. Naturvärdet är ett sammanvägt värde mellan artvärde och biotopvärde där klass 1 betecknar Högt naturvärde och klass 4 betecknar Visst naturvärde. Vid planering av exakt linjedragning är naturvärde en av de faktorer som beaktas. Det kan krävas kompensationsåtgärder om slutlig sammanvägd utvärdering medför en linjedragning som bedöms inkräkta på ett område med naturvärde.



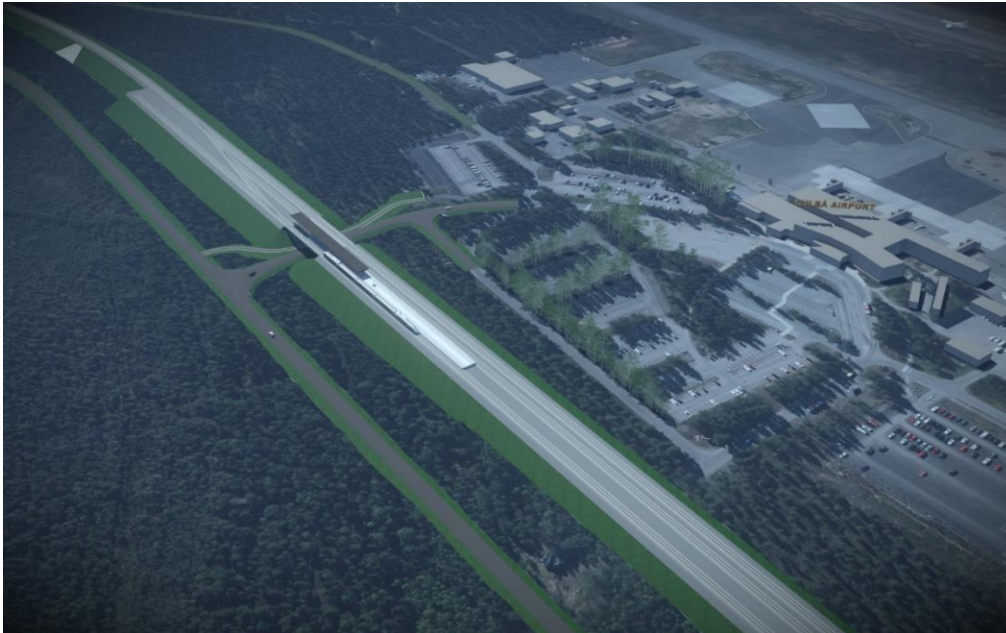
Figur 9: Klassning av naturvärden efter utförd naturvärdesinventering 2023, utförd enligt svensk standard SS 190000:2023 (SIS 2023a).

Väg 508 och Kallaxvägen kommer att behöva byggas om på flera ställen för att ge plats åt järnvägen och för att kunna lösa planfria passager med dessa och anslutande vägar. Behovet av ombyggnader beror på var järnvägen placeras och på vilken nivå.

Passagen av flygplatsen och Bergnäsets industriområde kan ske i ett relativt smalt stråk mellan flygplatsen och Lulviksvägen. Möjlighet till en mer nordlig dragning finns inom korridoren, men den medför stora intrång i planerat och befintligt industriområde.

Därefter viker linjen av mot sydost för att passera flygplatsen parallellt med landningsbanan, på ett avstånd av ca. 700 m från landningsbanan. På den parallella sträckan planeras en station för resandeutbyte.

Förbi flygplatsen har det studerats linjer i olika lägen i såväl höjd- som sidled. I järnvägsutredningen studerade man alternativ där järnvägen skars ner i en skärning för att minska riskerna för störningar på flygplatsens verksamhet på grund av elektromagnetiska fält från järnvägen. Man identifierade dock redan då att skärningen innebär en risk för påverkan av grundvatten. Under 2023 har grundvattenmätningar genomförts på Kallaxheden i närheten av flygplatsen. Undersökningarna under 2023 visade att grundvatten på sträckan låg ca. 1 - 5 meter under markytan. Detta innebär att om järnvägen behöver skäras ner för att undvika påverkan på flygplatsen kommer det att kräva kostnadsdrivande åtgärder i form av ett betongtråg på en ca. 2000 m lång sträcka. Figur 10 illustrerar ett läge ovan mark vid flygplatsen.



Figur 10: Illustration av järnvägen förbi flygplatsen. (Källa: Trafikverket).

En annan aspekt av järnvägens läge i höjd är möjligheterna till angöring till plattformen på stationen samt möjligheten att ordna planskilda korsningar med angörande och korsande vägar. Om järnvägen ligger i marknivå kan det bli svårare att få till passager över eller under.

Lägena ovan mark är att föredra för att minska påverkan på grundvatten och för att undvika kostnadsdrivande och underhållskrävande åtgärder. Eftersom järnvägen ska upp över Gråsjälkfjärden på bro är det även fördelaktigt ur det perspektivet att ligga i ett högre läge förbi flygplatsen.

### Dubbelspår Kallax-Luleå C

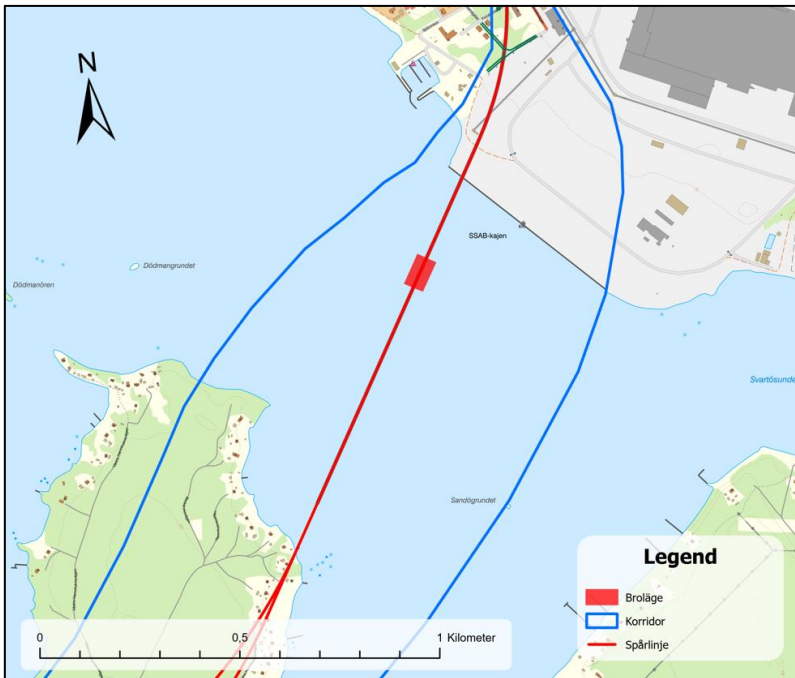
Under arbetets gång har det framkommit behov av att bygga dubbelspår mellan Kallax och Luleå C. Dels för att klara den prognosticerade trafiken och dels för att kunna hantera de störningar på tågtrafiken som en öppningsbar bro innebär. Dubbelspår mellan Kallax och Luleå C antas som en förutsättning i denna fördjupning.

### Bron över Gråsjälkfjärden

I järnvägsutredningen och den fördjupning som genomfördes 2010 var förutsättningen en fast bro på cirka 1 600 meter över Gråsjälkfjärden. I denna fördjupning är förutsättningen att en del av bron blir öppningsbar.

Se Figur 11 för linjealternativ för en järnvägsbro mellan Hamnholmen och SSAB-kajen där även rekommenderat läge för den öppningsbara brodelen framgår (baserat på genomförda fartygssimuleringar, se avsnitt 4.1.11).





Figur 11: Linjealternativ för bro mellan Hamnholmen och den gamla SSAB-kajen.

Figur 12 visar en illustration av hur en bro med en öppningsbar del skulle kunna se ut.

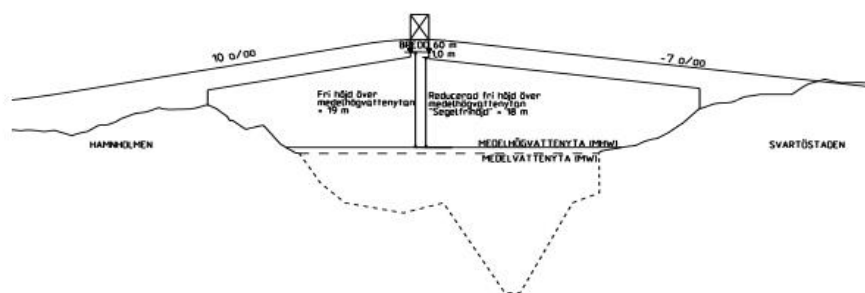


Figur 12: Illustration av bro över Gråsjälvfjärden med en öppningsbar del (Källa: Trafikverket)

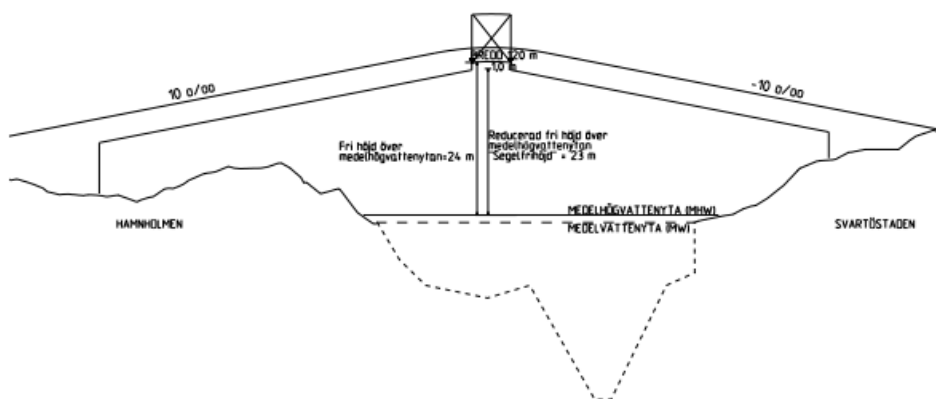
För att undvika att begränsa den segelfria höjden allt för mycket är strävan att lyfta höjden på järnvägen för att underlätta för sjöfarten. Men kraven på järnvägens funktion innebär att det finns begränsningar i hur stora lutningar som är acceptabla. Om bron blir alltför hög kan lutningarna för de tunga godstågen som startar från stationen vid Luleå/Kallax flygplats och

godsbangården på Luleå C bli alltför tuffa. I järnvägsutredningen studerades alternativen 18 m och 23 m segelfri höjd för den fasta bron. Då var slutsatsen att en 23 m hög bro inte var möjlig på grund av begränsningar för lutningar för järnvägen från stationslägen på Luleå bangård och Luleå/Kallax flygplats.

I Figur 13 och Figur 14 nedan visas järnvägens profil och lutning med 18 respektive 23 meters seglingsfri höjd.



Figur 13: Profilskiss för bro med 18 meters seglingsfri höjd (Källa: Trafikverket, järnvägsutredningen).



Figur 14: Profilskiss för bro med 23 meters seglingsfri höjd (Källa: Trafikverket, järnvägsutredningen).

I båda alternativen hade järnvägen maximal lutning, tio promille från Kallax/Hammholmen. På sidan mot Svartöstad var lutningen 7 respektive tio promille. Godstågen är känsligare för lutningen, särskilt om de ska starta från stillastående som kan vara fallet på godsbangården. Under arbetet med utredning av läget för en öppningsbar bro har anslutningen mot godsbangården och den seglingsfria undersökts igen, då den högsta punkten

förskjutits mer mot land vid norra brofästet. Se avsnitt 5.8 Möjlig Segelfri höjd på öppningsbar bro.

### Svartöstaden

Bron angör land vid Svartöstaden och Svartöns industriområde. Stråket mellan industrin och Svartöstaden är smalt. Korridoren går i nära anslutning till SSAB:s stålverk. Svartöstaden är av riksintresse för kulturmiljö.

Placeringen av järnvägen i både plan och profil är beroende av anslutning till bro och godsbangården. Det kommer att krävas ombyggnad av vägar i Svartöstaden, även befintlig infart till SSAB:s industriområde kan komma att påverkas.

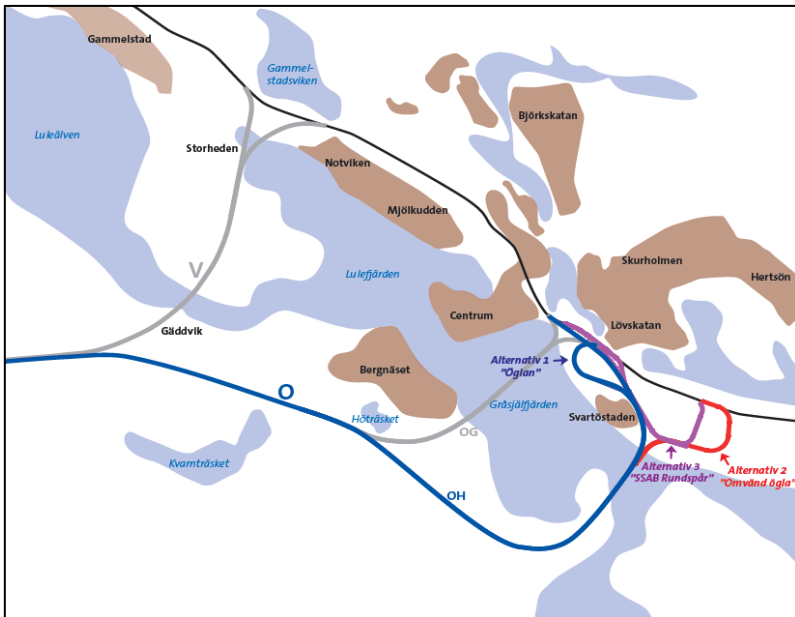
### Anslutning till godsbangården

I järnvägsutredningen studerades tre lösningar för att ansluta Norrbotniabanan till godsbangården enligt det östra alternativet (OH). Alternativen benämndes OH 1 Ögla, OH 2 Omvänd ögla och OH 3 SSAB rundspår se principskiss i Figur 15.

**OH 1 Ögla** utgjordes av ett anslutningsspår mot Malmbangården i form av en ögla runt Svartöberget som avslutades med en kortare tunnel under Norrbotniabanans huvudspår för att ansluta mot befintlig spåranläggning i höjd med den före detta lossningsstationen vid Malmbangården. Se NBB JU160 PM Gods Bilaga 4a.

**OH 2 Omvänd ögla** utgjordes av ett anslutningsspår i form av en kluven bro före landanslutningen på Svartön. Alternativet fortsatte österut och anslöt via det så kallade Uddebospåret till befintlig spåranläggning. Se NBB JU160 PM Gods Bilaga 4b.

**OH 3 SSAB rundspår** utgjordes av ett anslutningsspår som korsade Inexaspåren och anslöt till nya avgångs- och mottagningspår på Malmbangården. Delar av Inexaspåren förutsattes stängas. Alternativet innefattade att SSAB skulle anlägga ett rundkörningsspår på sitt industriområde. Se NBB JU160 PM Gods Bilaga 4c.



Figur 15: Principskiss godstrafikspår i alternativ OH enligt Järnvägsutredning 160 (Källa: Trafikverket, järnvägsutredningen).

I järnvägsutredningen drogs slutsatsen att OH 1 Öglan skulle bli svår att ansluta mot befintlig bangård och samtidigt behålla tillräckligt långa spår vilket skulle riskera en försämrad godsfunction. Vidare konstaterades även att spår i skärning och tunnel är kostsamt.

Alternativet OH 2 Omvänd ögla skulle inte begränsa framtida ombyggnader eller expansion av spåren inom Luleå bangård. Däremot skulle alternativet i stor utsträckning begränsa framtida möjlighet att nyttja gamla SSAB-kajen. En ”kluven” bro och växel på bron skulle innebära en dyr lösning.

OH 3 SSAB rundspår ansågs medge goda anslutningsmöjligheter för anslutningsspår mot Malmbangården. I lösningen diskuterades att SSAB skulle anlägga ett rundgångsspår på industriområdet som skulle ansluta mot Norrbotniabanan vid Svartösten. Separata mottagnings- och avgångsspår för SSAB skulle avlasta Malmbangården.

I järnvägsutredningen konstaterades att varken OH 1 Öglan eller OH 2 Omvänd ögla skulle medföra några mervärden i jämförelse med OH 3 SSAB rundspår. De ansågs dessutom dyra att anlägga och skulle ge sämre godsfunction än OH3 SSAB rundspår. OH 3 SSAB rundspår låg därför som grund för bedömningarna av måluppfyllelse för alternativ OH.

### 2.4.1 Spårförslag funktionsutredning

En funktionsutredning av Luleå C, godsanslutning och Luleå/Kallax Flygplats har genomförts under 2023 - 2024. I funktionsutredningen har fyra alternativ studerats för anslutning till godsbangården, se principskiss i Figur 16:

- Utredningsalternativ 2a (UA2a) – Rundslinga
- Utredningsalternativ 2b (UA2b) – Rundslinga i tunnel
- Utredningsalternativ 2c (UA2c) – Ny överlämningsbangård
- Utredningsalternativ 2d (UA2d) – Ny järnvägsanslutning mot Malmbangården

UA2a och UA2b är liknande principlösningar som OH 1 Öglan från järnvägsutredningen där UA2a omfattar byggnation av en ny anslutning till Malmbangården via rundslinga på bank/skärning runt Svartöberget och över Norrbotniabanans huvudspår medan UA2b omfattar byggnation av en ny anslutning till Malmbangården via rundslinga i tunnel genom Svartöberget och över Norrbotniabanans.

UA2c omfattar byggnation av en ny överlämningsbangård på Svartön övre vilket är en liknande principlösning som OH 3 SSAB rundspår som studerades i järnvägsutredningen.

UA2d omfattar byggnation av en ny järnvägsanslutning från Norrbotniabanans ut mot hamnområdet och Malmbangården, genom en anslutning på bron in mot Svartön och är en liknande principlösning som OH 2 Omvänd ögla som studerades i järnvägsutredningen.



Figur 16: Principskiss godstrafikspår i alternativ OH enligt funktionsutredning (Källa: Trafikverket)

### **UA2a – Rundslinga**

För att inte få för branta lutningar krävs långa ramper som börjar vid den befintliga Malmbangården. Alternativet medför att delar av dagens befintliga längder på Malmbangården inte kan utnyttjas på några spår för att nå växelförbindelsen mot Norrbotniabanans ramp. Eventuellt krävs förlängning i

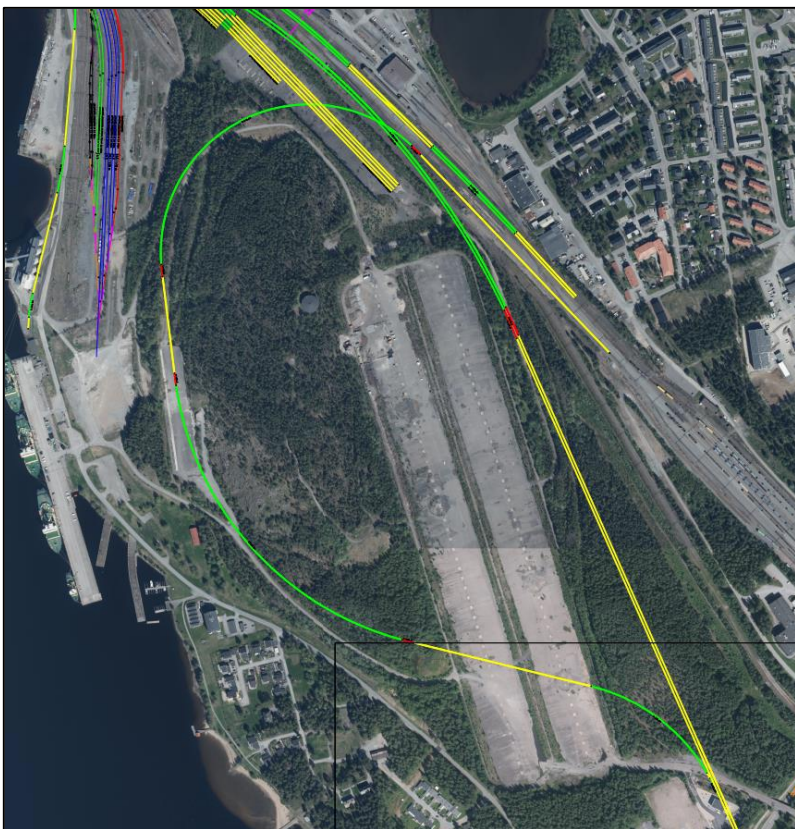
östra änden av Malmbangården för att klara långa godståg. Ramperna försvårar framtida förlängning och utbyggnad västerut.

Alternativet skapar en barriär runt Svartöberget vilket ger försämrade möjligheter till exploatering och nyttjande av området. En ökning av bullernivåer kommer troligen att ske i området runt Svartöberget.

Passagen vid Svartövägen kan ske planskilt med en järnvägsbro för att undvika större ombyggnationer av befintlig infrastruktur i området.

På baksidan av Svartöberget finns en planare del där tåg kan få möjlighet till en accelerationssträcka för att klara av lutningarna upp mot bron och därmed undvika problem vid dåliga adhesionsförhållanden (adhesion betecknar vidhäftning mellan räls och hjul i detta sammanhang).

Alternativet når både Malmbangården och hamnens olika terminaler utan lokrundgång. Se förslag till spårlösning i Figur 17.



Figur 17: Förslag på spårlösning UA2a – Rundslinga (Källa: Funktionsutredning Norrbotniabanan Luleå C, godsanslutning och Luleå-Kallax, Kreera 2023-07-07)

### **UA2b – Rundslinga i tunnel**

För att inte överskrida maximal lutning krävs långa ramper likt UA2a. Men jämfört med UA2a börjar kurvan och rampen längre söderut för att komma in

i Svartöberget i tunnel. Rampens anslutning till Malmbangården påverkar Malmbangårdens totala längd vilket gör att alternativet inte fungerar. UA2b anses inte uppfylla funktionskraven i tillräcklig grad och har valts bort från vidare fördjupning. Se förslag till spårlösning i Figur 18.



Figur 18: Förslag på spårlösning UA2b – Rundslinga i tunnel (Källa: Funktionsutredning Norrbottniabanan Luleå C, godsanslutning och Luleå-Kallax, Kreera 2023-07-07).

### **UA2c – Ny överlämningsbangård**

Anslutningen från Norrbottniabanan sker vid Svartövägen.

Överlämningsbangården består av tre spår för att hantera ankommande och avgående tåg men också tågbildning samt lokrundgång.

Överlämningsbangården ansluts mot den befintliga Malmbangården.

De höjdmässiga frihetsgraderna med alternativet är begränsade. För att alternativet inte ska bli begränsande för hur tunga tåg som kan trafikera längs Norrlandskusten så krävs en ca. 300 m lång startsträcka från överlämningsbangården. Efter startsträckan övergår banan i maximal spårlutning upp mot den öppningsbara bron vilket kommer innebära behov av ombyggnationer av Svartövägen och omkringliggande vägar. De höjdmässiga begränsningarna med alternativet medför att segelfri höjd på den öppningsbara bron begränsas till ca. 20 m.

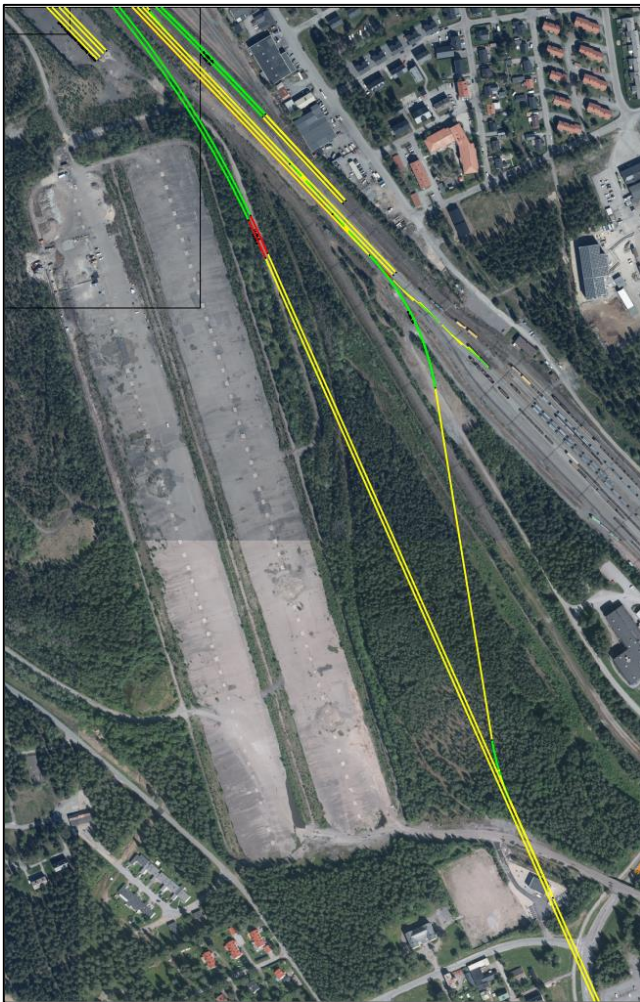
Alternativet kräver lokrundgång för trafik till Malmbangården och Luleå hamn. Lösningen medför därför större operativa kostnader för alla ankommande och avgående godståg på grund av den extra tiden för

tågvändning mellan Norrbotniabanan och Malmbangården/hamnen på överlämningsbangården.

Möjligheten till en framtida trafikmängdsökning begränsas något då spåren på överlämningsbangården begränsar framtida ytor för korttidsuppställning och antalet spår i bredd som ryms mellan Malmbanan och Norrbotniabanan. Det försvårar också en framtida förlängning av Malmbangården västerut.

Anslutningen ligger inom järnvägsutredningens korridor.

I Figur 19 ses Norrbotniabanans två huvudspår inkomma mot Luleå C söderifrån. Ett triangelspår lämnar huvudspåret mot de tre tänkta spåren på överlämningsbangården.



Figur 19: Förslag på spårlösning UA2c – Norrbotniabanans två huvudspår samt ny överlämningsbangård för godstrafiken (Källa: Funktionsutredning Norrbotniabanan Luleå C, godsanslutning och Luleå-Kallax, Kreera 2023-07-07).



### **UA2d – Ny järnvägsanslutning mot Malmbangården**

Alternativet förutsätter en ”kluven” bro före landanslutning på Svartön vilket innebär att en växel behöver anläggas på bron, se Figur 20. Brodelen där växeln läggs in behöver anpassas för sidokrafter.

En direkt anslutning mot Luleå hamn i riktning Victoriakajen bedöms svår då anslutande spår har ett annat höjdläge än Norrbotniabanan i korsningspunkten och skulle därmed kräva en ramp som skär av hamndelar som idag har spåranslutning. Lösningen medför att Trafikverkets anläggning skulle kringgå stora delar av SSAB:s industriområde.

Alternativet anses komplext i genomförandet, framförallt vid broanslutningen. Lösningen är den dyraste att anlägga av studerade alternativ.

Fördelarna är att lösningen når Malmbangården utan rundgång och medger en flexibilitet för Malmbangårdens framtida utveckling. Däremot nås inte Luleå hamn utan lokrundgång. Alternativet är även fördelaktigt ur lutningssynpunkt eftersom det medger en längre accelerationssträcka innan lutningen upp mot bron vilket är att föredra vid dåliga adhesionshållanden.



Figur 20: Förslag på spårösning UA2d – Ny järnvägsanslutning mot malmbangården (Källa: Funktionsutredning Norrbotniabanan Luleå C, godsanslutning och Luleå-Kallax, Kreera 2023-07-07).

## 2.4.2 Förordat alternativ/genomförbart alternativ – utgångspunkten i fördjupningen

Samtliga föreslagna alternativ har både för- och nackdelar. Det alternativ som bedöms genomförbart i detta skede är utredningsalternativ 2c – Ny överlämningsbangård. Anslutningen ligger inom järnvägsutredningens korridor.

Utredningsalternativ 2a – Rundslinga och utredningsalternativ 2d – Ny järnvägsanslutning mot Malmbangården ligger utanför järnvägsutredningens korridor vilket innebär en osäkerhet huruvida alternativen är genomförbara.

Utredningsalternativ 2a skulle innebära en begränsning av Malmbangårdens framtida utbyggnad västerut samt framtida exploatering av Svartöberget. Svartöberget består av gamla industrialanläggningar, bergtunnlar m.m. och har inte undersökts närmare i detta skede varför en osäkerhet föreligger gällande förutsättningarna för byggande av järnväg i området.

För utredningsalternativ 2d föreligger osäkerheterna i den expansion som idag sker på Svartön och möjligheten att ansluta till Luleå hamn.

## 3 Luftfart

### 3.1 Förutsättningar

#### 3.1.1 Allmänt

Detta avsnitt utgår från underlag från järnvägsutredningen och den fördjupning för det östra alternativet som togs fram efter utställning. Utöver detta har yttrande inhämtats från Försvarmakten avseende påverkan på riksintresse för totalförsvarets militära del Luleå/Kallax flottilflygplats. En Telekonfliktsanalys har också utförts under 2024 av Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI) avseende en eventuell järnvägs påverkan på system på och i närheten av flygplatsen.

Luleå/Kallax flygplats är klassad som riksintresse för luftfarten. Flygplatsen är militär och ägs av Försvarmakten. Inom flygplatsen inryms också en civil del med både passagerartrafik och fraktflyg.

Flygplatsen omfattar inte enbart den markareal som den tar i anspråk. För att flygplatsen ska fungera flygsäkert måste även de flygoperativa avgränsningarna räknas med. Den definition av flygplats som fastlades av Boverket år 2003 omfattar därför även funktionsbegreppet. Detta innebär att luftrummet ovanför och runt flygplatsen liksom luftfartsradioutrustningen med tillhörande skyddsområden också tillhör flygplatsen.

För att flygplanen ska kunna navigera på ett säkert sätt samt övervakas och vägledas finns runt om i landet ett antal radionavigeringshjälpmedel, radarstationer och basstationer för VHF-kommunikation utplacerade på strategiska platser. På flygplatserna finns också radionavigeringshjälpmedel som underlättar för flygplanen att landa (Instrumentlandningssystem, ILS). Anläggningarna ingår som en viktig del i luftfartens infrastruktur.

Teletekniska navigeringshjälpmedel finns av flera typer och system för positions- eller riktningsbestämning. Vissa sådana hjälpmedel utnyttjas direkt av piloten, medan radar handhas av flygtrafikledningsorgan.

Eventuella störningar på luftfartens navigeringshjälpmedel, kommunikations- och radarsystem kan få allvarliga konsekvenser.

#### 3.1.2 Säkerhetsbevisning

På grund av närheten till flygplatsen ställer Transportstyrelsen krav på att järnvägen inte ska påverka flygsäkerheten. Enligt Starkströmsförordningen SFS (2009:22) om elektriska starkströmsanläggningar får luftledning för starkström inte anläggas närmare än fyra km från landningsbanans mittpunkt. Transportstyrelsen kan efter samråd med flygplatsens ägare eller innehavare medge avsteg från denna bestämmelse efter en så kallad säkerhetsbevisning.

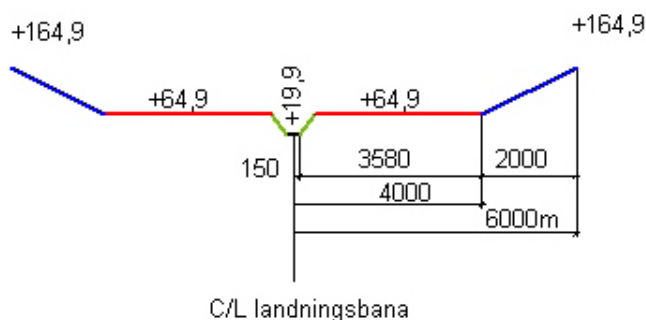
Underlag till säkerhetsbevisning ska visa att det inte uppstår några risker om en järnväg uppförs nära flygplatsen och att det inte uppkommer några störningar på flygplatsens instrumentlandningssystem (ILS) eller övriga mottagar- och navigationssystem.

Försvarsmaktens bedömning utifrån resultat från genomförd Telekonfliktanalys är att det finns risk för negativ påverkan på riksintresset Luleå/Kallax flottiljflygplats men att det finns andra exempel på samexistens mellan flygplats och järnväg och tillhörande infrastruktur. Om Trafikverket väljer att gå vidare med det östra korridoralternativet behöver fortsatta utredningar genomföras för att identifiera om det finns fler system som kan påverkas utöver de som identifierats i analysen samt för att föreslå åtgärder för att reducera risker.

Det är flygplatsens ägare som skickar in en begäran om avsteg till Transportstyrelsen för godkännande. Trafikverket är behjälpliga med att ta fram underlag för säkerhetsbevisning.

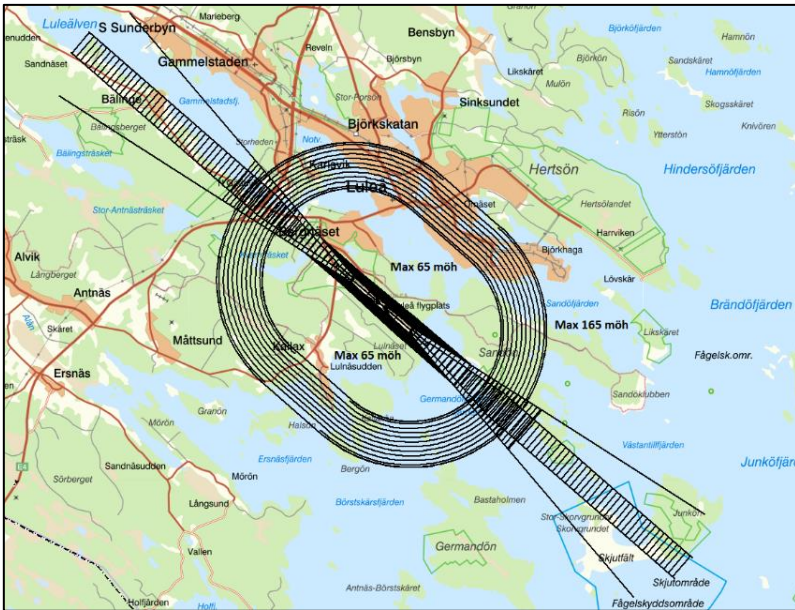
### 3.1.3 Höjdbegränsningar

Runt varje flygplats finns områden som begränsar byggnadshöjder för att inte flygsäkerheten ska äventyras. De höjdbegränsande områdena är unika för varje flygplats och anger den lägsta nivå där flygplanen ska kunna starta och landa vid till exempel motorbortfall. Det höjdbegränsande området för Luleå/Kallax flygplats civila del visas i profil i Figur 21. Det skyddas genom att byggnadsverkens höjder inte får överskrida höjdbegränsningarna. Alla byggnadsverk berörs, såväl fasta (byggnader, master, vindkraftverk) som tillfälliga (byggnadskranar etc). En öppningsbar bro över Gråsjäljärden ligger på ett avstånd om ca. 3000 m från flygplatsen och av Figur 21 framgår att höjdbegränsningen för bron därav är 64,9 m.



Figur 21: Tvärsektion som visar det höjdbegränsande området för Luleå/Kallax flygplats, rör den civila luftfarten. (Källa: JU160 Luftfartsstyrelsens kunskapsunderlag).

Se även det höjdbegränsande området för Luleå/Kallax flygplats civila del i plan i Figur 22.



Figur 22: Plankarta som visar det höjdbegränsande området för Luleå/Kallax flygplats civila del. (Källa: Försvarsmakten).

Då Luleå/Kallax flygplats även är en militär flygplats tillkommer ytor/områden som är en del av riksintresset för totalförsvarets militära del, se Figur 23. Riksintresset utgörs bland annat av stoppområde för höga objekt och område med särskilt behov av hindersfrihet. För höga objekt gäller generellt att samtliga objekt högre än 20 meter utanför sammanhållen bebyggelse och högre än 45 meter inom sammanhållande bebyggelse (enligt Luftfartsverkets definition) kan utgöra flygsäkerhetsrisk och begränsa verksamheten vid flygplatsen/flottiljen. I läget där den öppningsbara brodelen planeras gäller gränsen på 20 meter vilket innebär att Trafikverket behöver ansöka om dispens hos Luftfartsverket.

Trafikverket har efterfrågat ett yttrande från Försvarsmakten angående möjligheten att anlägga en öppningsbar bro inom stoppområde för höga objekt samt inom område med särskilt behov av hinderfrihet. Försvarsmakten har gjort gällande att den presenterade dragningen av Norrbotniabanan med öppningsbar bro berör en lågflygningsrutt för militär helikopter som nyttjas för att lämna samt angöra Luleå/Kallax flygplats vid dåligt väder. I det senaste inkomna yttrandet (2024-06-12) anför Försvarsmakten att den lyftbro som Trafikverket i detta skede redovisat kan medföra viss negativ påverkan på den flygande verksamheten men att det anses kunna hanteras.



Figur 23: Ytor och områden med restriktioner med anledning av att Luleå/Kallax flygplats omfattas av riksintresset för totalförsvarets militära del. (Källa: Försvarmakten).

## 4 Sjöfart

### 4.1 Förutsättningar

#### 4.1.1 Allmänt

Detta avsnitt utgår dels från järnvägsutredningen, dels från senare genomförda utredningar däribland nautisk kravspecifikation och fartygssimulering framtagna av Sjöfartsverket. Information har även hämtats från t.ex. Luleå Hamns och Sjöfartsverkets hemsidor samt från möten med de aktörer som deltagit i arbetsgruppen för Sjöfart Luleå.

Hamnen i Luleå är en av fem hamnar i Sverige som har valts ut som strategiskt prioriterad av EU och ingår i TEN-T nätverket som CORE-hamn. TEN-T nätverket är ett viktigt stomnätverk för transporter.

Hamnen är öppen året runt 24 timmar om dygnet.

Sedan beslutet för JU160 togs år 2011 har beslut om genomförande av projekt Malmporten, Sveriges största muddringsprojekt i modern tid, tagits. Regeringen har även tagit beslut om att införskaffa och modernisera isbrytarflottan med nya isbrytare för att säkerställa transportbehovet till Norrlandskusten året runt. Antalet anlöp och fartyg bedöms öka markant vilket ställer större krav på isbrytarflottan.

Projekt Malmporten startades år 2013 och miljötillstånd beviljades av Mark- och miljööverdomstolen år 2018. Projektet omfattar muddringsåtgärder i

hamn och farleder samt anläggande av en ny djuphamn med tillhörande infrastruktur och nya landytor. Planerad muddring ger förutsättningar för större fartyg, 15 meters djupgående fartyg sommartid (jämfört med nuvarande 10,8 m) och 13,5 m vintertid och hamnen förväntas hantera tre till fyra gånger så mycket gods som i dagsläget (max 160 000 ton sommartid, max 80 000 ton vintertid).

I dagsläget skeppas ungefär åtta miljoner ton ut och in via hamnen, när Projekt Malmporten har genomförts kommer upp till 20 miljoner ton gods att kunna hanteras i hamnen enligt gällande tillstånd.

Verksamheten förväntas gå mot mer ”just in time” med hantering av stora volymer, ett system som blir mer sårbart då flöde in/ut måste fungera. Detta som följd av fler aktörer och begränsat med lagerytor.

## 4.1.2 Hamnanläggningar

### 4.1.2.1 Befintliga kajer

Luleå Hamn består idag av flera hamndelar, se Figur 24.



Figur 24: Karta över befintliga hamnar i Luleå.

**Södra hamn (1)** ligger mitt i centrala Luleå och är öppen för kryssningsfartyg.

**Cementakajen (2)**, vid Svartöberget, är Cementas anläggning för lossning och lagring av lös cement.

**Svartön (3)** är LKAB:s tidigare utskeppningskaj för järnmalm. Vid Svartön ligger Sjöfartsverkets statsisbrytare förtöjda när de inte är ute på uppdrag. En del av de kryssningsfartyg som sedan början av 2000-talet börjat anlåpa Luleå lägger också till vid denna kaj.

**SSAB-kajen (4)** är en kaj som tidigare har använts av SSAB men som idag inte är i bruk. Det går inte att lossa fartyg där idag på grund av kajens dåliga skick och för att kajen ska kunna användas på nytt krävs omfattande muddrings- och förstärkningsarbeten.

**Uddebo Energihamn (5)** består i dagsläget av två kajplatser som hanterar flytande produkter bl.a. diesel och olja.

Vid **Strömören (6)**, som är belägen mellan Victoriahamnen och Uddebo oljehamn, har Luleå hamn sin verksamhet. Här finns bland annat hamnförvaltningen, skeppsklarering och Sjöfartsverket. Olika tjänstefartyg som lots- och bogserbåtar, räddningstjänstens och kustbevakningens båtar har sina förtöjningsplatser i hamnen.

I **Victoriahamnen (7)** lastas och lossas främst material och råvaror för stål- och gruvindustrin.

**Sandskär (8)** är LKAB:s utlastningskaj för järnmalm. Den invigdes i sitt nuvarande läge 1996, dessförinnan var den belägen nedanför Svartöberget där isbrytarna idag har i sin kajplats.

#### 4.1.2.2 Planerade kajer

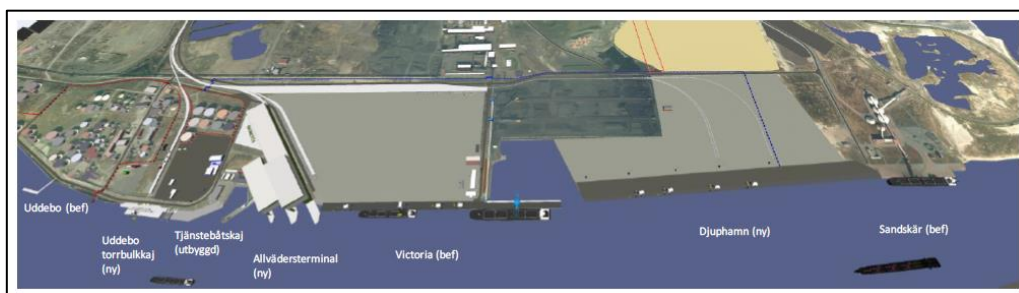
I Figur 25 ses kajer som är planerade att anläggas i närtid.

**Uddebo torrbulkaj** för hantering av torrbulk samt en **ny drivmedelskaj** för tjänstebåtar.

Förlängning av **Strömörens tjänstebåtskaj** planeras för att möjliggöra angoring av fler tjänstebåtar.

I planerad **Allvädersterminal** kan fartygen köra in och ligga och lasta eller lossa under tak. I allvädersterminalen kan väderkänsliga produkter lastas och lossas utan att utsättas för regn eller snö.

Ny **Djuphamn** anläggs för hantering av olika typer av bulkgoods, här ska också t ex lastning och lossning av containrar kunna hanteras.



Figur 25: Framtida kajlägen i Luleå Hamn (Källa: Luleå Hamn, 2023-07)



### 4.1.3 Farleder handelssjöfart

I Figur 26 ses de två farlederna till Luleå Hamn för handelssjöfarten, Sandöleden (farled 763) och Sandgrönnsleden (farled 764).



Figur 26: Farleder in till Luleå Hamn.

I början av issäsongen används Sandöleden men denna led är mer utsatt för besvärliga isförhållanden. Senare under issäsongen när isen i Bottenviken vuxit till sig och området även varit utsatt för starka vindar kan det uppstå kraftig vallbildning kring Farsstugrunden. Tidvis kraftig ispress kan medföra svårigheter att ta in trafiken längs Sandöleden och då nyttjas istället Sandgrönnsleden. Sandgrönnsleden bryts upp de flesta vintrar, det är endast om isvintern är mycket lindrig som det inte finns behov av att använda denna.

### 4.1.4 Antal anlöp, nuvarande och framtida prognos

Antalet fartygsanlöp för handelssjöfart till Luleå Hamn var ca. 608 st år 2023. Antalet förväntas öka, se Tabell 4 för prognos fram till år 2030 (prognos framtagen under våren 2023).

Tabell 4: Prognos för antalet fartygsanlöp till Luleå Hamn (Källa Luleå Hamn, 2023)

Hamn/kaj	2025	2027	2030
Sandskär (befintlig)	330	470	290
Djuphamnen	0	0	250
Djuphamnen båtläge 1	0	0	270
Victoriahamnen (befintlig)	220	480	380
Uddebo oljehamn (befintlig)	50	70	120
AWT	20	230	490
<b>Totalt/år</b>	<b>620</b>	<b>1250</b>	<b>1800</b>

Aktuell prognos vid tidpunkt för framtagande av denna fördjupning är ca. 2000 – 2200 st anlöp/år. Av dessa bedöms ca. 800 fartyg anlöpa vintertid (under 5 – 6 mån) vilket medför ca. 1600 fartygsrörelser. Hamnens prognos utgår från prognoser från nuvarande kunder samt från kommande kunders planerade etableringar.

Utöver de fartygsanlöp som framgår av Tabell 4 tillkommer anlöp till Cementa samt anlöp av kryssningsfartyg och isbrytare till kajen vid Svartön.

Cementa har ca. två st anlöp/vecka.

Antalet kryssningsfartyg/år varierar. Vid tidpunkt för framtagande av denna fördjupning är 5 st kryssningsfartyg planerade för ankomst under 2025, spridda över hela året.

Isbrytarnas antal anlöp varierar och generellt är antalet ankomster och avgångar flest under vintermånaderna.

#### 4.1.5 Typ av fartyg

I och med projekt Malmporten optimeras kajer och farleder för att kunna ta emot de största fraktfartygen som rör sig i Östersjön, så kallade Östersjömax med maximala dimensioner: *djupgående 15,0 m, längd 300 m, bredd 55 m*. Måttet på djupgående avser max lastat fartyg, djupgående för ett olastat fartyg (endast barlast) är lägre. De största fartygen, Östersjömax, förväntas trafikera Luleå Hamn under isfri säsong.

Under issäsongen förväntas så kallade Panamax-fartyg med maximala dimensioner: *djupgående 13,5 m, längd 240 m, bredd 32,3 m*.

Redan idag anländer ett mindre antal Panamax-fartyg till Luleå Hamn under issäsong.

Storleken på fartyg som vintertid anlöper Luleå Hamn har ökat sedan framtagande av järnvägsutredningen, från 21 000 till 75 000 bruttoton. Som exempel kan nämnas att den 10:e januari år 2013 anlände det 225 meter långa

bulkfartyget Nordic Orion till Luleå hamn för att lasta järnmalm vid LKAB:s kaj (källa Sjöfartstidningen). Detta var första gången som ett fartyg av denna storlek anlände till Luleå hamn under issäsong.

Krav på isklass varierar med vinterns svårighetsgrad och bestäms av Sjöfartsverket.

#### 4.1.6 Air draft fartyg

Avståndet från vattenytan till den högsta punkten på ett fartyg inklusive antenner benämns air draft eller air draught och utgör en begränsning vid passage under broar.

De turbåtar som idag trafikerar Luleå skärgård har en air draft lägre än 10 meter. En normalstor till en stor segelbåt har i regel en air draft på mellan 10 - 20 m.

Fartyg som angör Cementa skulle kräva broöppning då dessa har en air draft mellan 22,5 – 30 m.

Air draft för kryssningsfartyg som trafikerar Luleå Hamn varierar. I järnvägsutredningen nämndes några varianter med air draft på ca. 38 – 43 m. Som typfartyg från genomförd fartygssimulering (2022) valdes ett kryssningsfartyg som tidigare anlöpt Luleå hamns inre del under isfri period och detta fartyg hade en air draft på 55 m.

Air draft för fraktfartygen varierar, det typfartyg som valdes i genomförd fartygssimulering var ett bulkfartyg i ballastkondition med en air draft på 47,5 m.

Befintliga isbrytares air draft är: Ale 22 meter, Atle 45,5 meter, Frej 45,5 meter, Ymer 45,5 meter, Oden 42,5 meter. Nya isbrytare beräknas ha en air draft på ca. 45 m.

De tre bogserbåtar som idag används av Luleå Hamn kräver en segelfri höjd enligt Tabell 5.

Tabell 5: Segelfri höjd på nuvarande bogserbåtar som används i Luleå Hamn.

Bogserbåt	Air draft (m)
Viscaria	22
Valkyria	18
Vilja	19-20

#### 4.1.7 Isbrytning Luleå hamn

Luleå hamn är isbelagd ca. 5 - 6 månader per år och för att möjliggöra sjöfart vintertid krävs isbrytning. Sjöfartsverket ansvarar för isbrytning till havs (statsisbrytare) och Luleå hamn ansvarar för isbrytningen i hamnområdet (isbrytande bogserbåtar). Gränsen mellan havs- och hamnisbrytning går vid

Larsgrundet/Vitfågelskär. Vid väldigt ansträngt isläge kan isbrytarna bistå även i själva hamnområdet.

#### Statsisbrytare

Sjöfartsverket har sex egna isbrytare, Ale, Atle, Frej, Oden, Ymer och Idun. Befintliga isbrytare har olika isbrytningskapacitet enligt nedan (avser fast jämn is i hastighet 3 knop).

- Ale 0.6 m
- Atle 1.2 m
- Frej 1.2 m
- Ymer 1.2 m
- Oden 1.9 m

Isbrytarna bryter isen i rännorna på lite olika sätt, några lämnar bruten is efter sig i rännan medan andra trycker bruten is åt sidorna. De nya isbrytarna beräknas kunna bryta en ränna som är ca. 32 meter bred, trots att de själva inte beräknas att vara mer än 27,5 meter breda. Detta är möjligt tack vare att kraft från roderpropellrarna kan riktas ut från fartyget och bryta isen.

Isbrytarna opererar främst i Bottniska viken men finns tillgängliga för samtliga farvatten i Sverige. Isbrytaren Oden har sedan 1991 även använts vid genomförande av forskningsexpeditioner i polarområdena. Isbrytarna leds från Isbrytarledningen i Norrköping. Byten av besättningar samt bunkring av förnödenheter görs vid isbrytarnas hemmakaj vid Svartön i Luleå. Bunkring kan även ske i Haraholmen utanför Piteå. Isbrytarna kan framöver komma att få utökade uppdrag för totalförsvaret och SAR (Search And Rescue).

#### Bogserbåtar

Hamnens bogserbåtar ansvarar förutom för isbrytning i hamnområdet även för assistans av fartyg till och från kaj samt ingår i brandberedskapen för Luleå hamn. Vintertid bistår bogserbåtarna även med isbrytning i Karlsborg och Piteå.

Luleå hamn har i dagsläget 3 st Bogserbåtar, Vilja, Valkyria och Viscaria. Projektering pågår för närvarande inför inköp av ytterligare en bogserbåt.

Sommartid avgör bogserbåtsbestämmelser vilka fartyg som ska ha assistans till och från kaj. Vintertid behöver alla fartyg assistans.

Sommartid används generellt tre st bogserbåtar vid ankomst och två st vid avgång. Vintertid krävs oftast färre bogserbåtar (två st) då isen hjälper till att hålla fartygen på rätt kurs.

De fartyg som behöver bogserbåtsassistans kopplas som regel utanför Klubbvägen, se Figur 27.



Figur 27: De fartyg som behöver bogserbåtsassistans kopplas som regel utanför Klubbnäset.

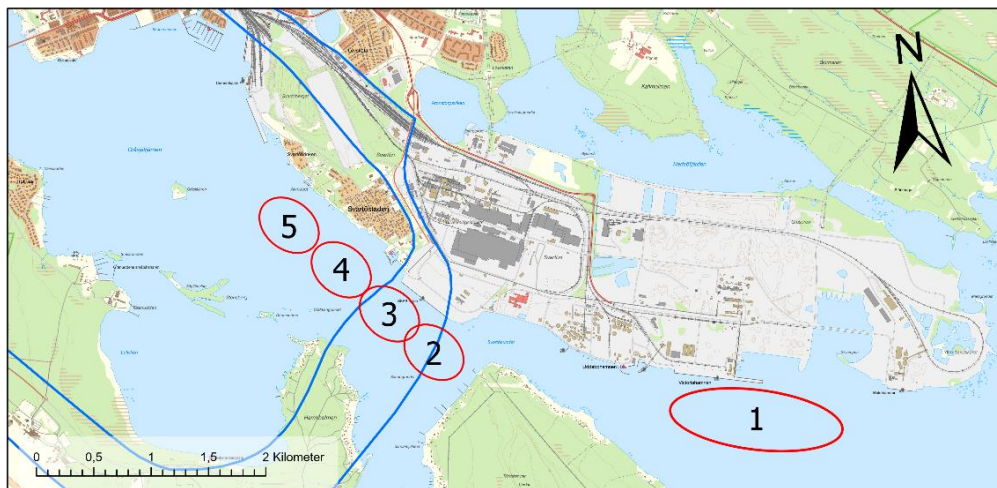
Hamnens bogserbåtar måste kunna passera under en stängd bro, detta för att kunna säkerställa uppdrag för brandberedskap. Hamnens bogserbåtar bör även kunna passera på båda sidor om själva bropassagen, detta för att kunna hålla bropassagen öppen vintertid.

#### 4.1.8 Nyttjande av Vändytor

En förutsättning för att vintersjöfarten ska kunna fungera i Luleå hamn är tillgången till flera vändytor. Normalt vänder fartygen när de är olastade vilket innebär att vissa vänder innan de angör till kaj och andra efter.

Endast en vändyta används i taget då istillväxten blir större för varje gång isen bryts upp. Minst istillväxt fås om ett område kan lämnas obrutet så länge som möjligt med ett isolerande snötäcke.

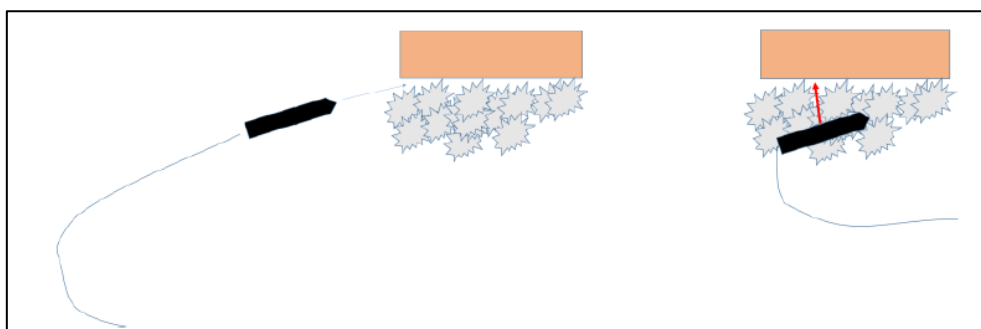
Se de vändytor som idag nyttjas i Luleå Hamn i Figur 28.



Figur 28: Vändytor som nyttjas i dagsläget i Luleå Hamn.

Sommartid krävs en mindre vändyta jämfört med vintertid. Sommartid nyttjas framför allt **vändyta nr 1** utanför Victoriahamnen. Vintertid är hamnen mer restriktiva med att nyttja vändytan utanför Victoriahamnen, detta då denna delvis ligger inom farleden och man vill inte riskera att förbruka vare sig vändytan eller farleden för tidigt samt att man vill skydda kajerna. Isen i ett vändområde har en tendens att driva ut mot kanterna till den fasta isen, dels genom plogning av isbrytare och lastfartyg och dels genom transport med propellerströmmen från fartygen. Vändområdet bör därför inte ligga för nära kajen eftersom packis trycks in och lägger sig mellan fartyg och kaj.

Vändytor en bit bort ifrån tänkt anöringskaj medför att fartygen kan köra mot kajen i dess längdriktning vilket minimerar is mellan kaj och fartyg, se Figur 29.



Figur 29: För att minimera is mellan kaj och fartyg bör fartygen köra mot kajen i dess längdriktning (Källa: Simulering av förutsättningar för en öppningsbar bro över Svartösundet Luleå, Sjöfartsverket sept 2022).

De två vändytorna invid Hamnholmen, **nr 2 och 3**, nyttjas alla vintrar, även under vintrar med lindriga isförhållanden. Vinturar med besvärliga isförhållanden nyttjas även vändytorna i Gråsjäl fjärden, **nr 4 och 5**.

Se flygfoto från den 22 mars 2022 i Figur 30 där vändytor och farleder syns. Isvintern 2022 var lindrig och vändytorna i Gråsjäl fjärden, nr 4 och 5 behövde inte nyttjas.



Figur 30: Flygfoto över Luleå Hamn vintertid där vändytor och farleder syns. Även Isvägen mellan Hamnholmen och Sandön syns i vänstra nedre delen av bilden (Källa: Doktorsavhandling "Brash Ice and Level Ice Growth, Effects of Snow" - Vasiola Zhaka, LTU 2023, urspr satellitbild Copernicus Sentinel).

Strax innan vändning av ett fartyg ska ske bryter bogserbåten upp isen i ett cirkulärt vändområde. Utifrån de fartyg som trafikerar Luleå Hamn krävs vändytor i en storlek av ca. 300 x 400 m. Ju större fartyg desto större vändyta krävs. Storleken på en vändyta minskas allt eftersom på grund av istillväxt/vallbildning i ytterkanterna.

I Figur 31 ses GPS-spår av isbrytning (bogserbåten Valkyria) innan vändning av fartyget Nordic Oasis den 22 december 2023 (bogseras av Viscaria). Aktuellt vändområde är de två vändytorna invid Hamnholmen, nr 2 och 3.



Figur 31: GPS-spår av isbrytning i vändområde. Bogserbåten Valkyria ses arbeta i vändområdet medan bogserbåten Viscaria är på väg in i området bogserande bulkfartyget Nordic Oasis.

I Figur 32 ses hur bogserbåten Valkyria trycker mot Nordic Oasis akterstäv samtidigt som Viscaria bogserar Nordic Oasis runt vändytan.



Figur 32: Bogserbåtarna Valkyria och Viscaria bistår bulkfartyget Nordic Oasis med vändning

Nordic Oasis är ett så kallat isklassat Panamax-fartyg, längd 225 m, bredd 32 m. Ju större fartyg desto besvärligare är vändningarna på grund av sidotrycket från is.

Under perioder med kraftig kyla är istillväxten i en vändyta stor och ju fler fartygspassager desto större istillväxt. Detta då uppbrutna isflak ligger kvar i vändytan och varje gång som vändytan nyttjas bryts isflaken sönder i mindre

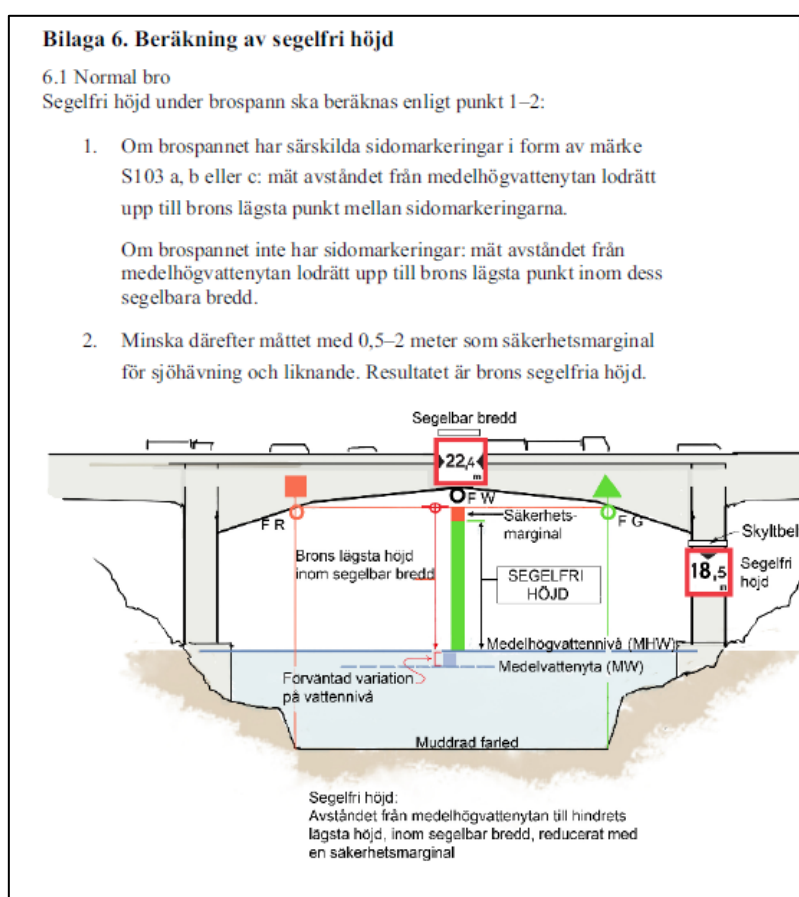


enheter vilket ger fler ytor där isen kan växa till. Istillväxten innebär att vändytorna minskar och till slut blir de omöjliga att nyttja varför en ny vändyta måste tas i bruk.

#### 4.1.9 Definition Segelfri höjd

Avståndet mellan vattenytan och ett hinder i form av till exempel en bro benämns segelfri höjd. I angiven segelfri höjd för en bro ingår säkerhetsmarginal för sjöhävning, normalt mellan 0,5 – 2 m. För att minimera broöppningar bör en bro vara så hög som möjligt i stängt läge.

Se Figur 33 för beräkning av segelfri höjd enligt Transportstyrelsens författningssamling TSFS 2019:12.



Figur 33: Beräkning av segelfri höjd enligt Transportstyrelsens författningssamling TSFS 2019:12

#### 4.1.10 Nautisk kravspecifikation öppningsbar bro

År 2021 tog Sjöfartsverket fram en nautisk kravspecifikation för en öppningsbar bro och denna har legat till grund för Trafikverkets fördjupning.

Kravspecifikation innehåller dimensionerande förutsättningar för en öppningsbar järnvägsbro baserade på vid tiden tillgänglig information och förutsättningar.

I projekteringen av de nya isbrytarna planeras för att dessa ska kunna bryta en 32 meter bred isränna och prognoserna för framtida fartyg vintertid pekar på ett maximalt mått av 32 meters bredd.

I tidiga skeden av planering tillämpar Sjöfartsverket riktlinjer och rekommendationer från PIANC<sup>1</sup>. Dessa anger att tillgänglig bredd inom en rak farledsyta ska multipliceras x 2 med den dimensionerande fartygsbredden. I detta fall skulle det innebära ett behov av en seglingsbar farledsbredd på ca. 65 meter.

Fartygen som har ett behov av att passera Svartösundet för att vända inne på Gråsjäljärden kommer vara i ballastkondition. Detta innebär att dom kommer ha ett maximalt djupgående på 11 meter. Med tillägg av behövliga säkerhetsmarginaler (ca. 15%) är behovet av ett minsta djup på 12,8 meter.

Segelfri höjd behöver vara så pass hög så att de flesta fritidsbåtar och turbåtar kan passera utan broöppning, i den nautiska kravspecifikationen antas denna höjd till ca. 12 - 17 meter. Om bron konstrueras som en vertikal lyftbro bör den segelfria höjden vid öppen bro vara minst 45 meter. Detta utifrån antagande att Sjöfartsverkets nya isbrytare är dimensionerande och dessa antas kräva ca. 45 meter segelfri höjd.

Kravspecifikationen anger att placering på brons farledsöppning bör vara så vinkelrät som möjligt mot farleden samt förläggas så att fartygen kan gå på så rak kurs som möjligt efter passage av Svartösundet.

#### 4.1.11 Fartygssimulering

I augusti 2022 utfördes fartygssimuleringar vid Sjöfartsverkets simulator i Göteborg. Syfte var att ta fram en kravspecifikation för den lämpligaste bropassagen ur ett nautiskt perspektiv, utan begränsningar av förutsättningarna för att kunna bygga en bro eller ledverk på de vattendjup som projekt Malmporten ger. Simuleringen utfördes i isfria förhållanden, idag finns det inte metoder för simulering vid isförhållanden.

Simuleringar genomfördes med hjälp av expertis bestående av lokala lotsar samt bogserbåtskaptener från Luleå hamn. Förutsättning för simuleringar var att projekt Malmporten genomförs.

Två fartygstyper valdes ut för att representera fartyg som förväntas behöva passera en bro i framtiden, se Figur 34 och Figur 35:

---

<sup>1</sup> PIANC (Permanent International Association of Navigational Congresses) är en internationell icke-politisk intresseorganisation vars mål är att främja sjöfart genom utveckling av planering, utformning, anläggning och underhåll av farleder och hamnar. Myndigheter, företag och privatpersoner är medlemmar i organisationen

- **Ett större bulkfartyg i ballastkondition**, denna fartygstyp använder vändytor norr om Svartösundet vid isförhållande. Längd 228 m, bredd 32,2 m, djupgående akter 8,5 m, air draft 47,5 m.
- **Ett passagerarfartyg** i storlek som tidigare anlöpt Luleå hamns inre del under isfri period. Längd 230,9 m, bredd 29,2 m, djupgående akter 8 m, air draft 55 m.



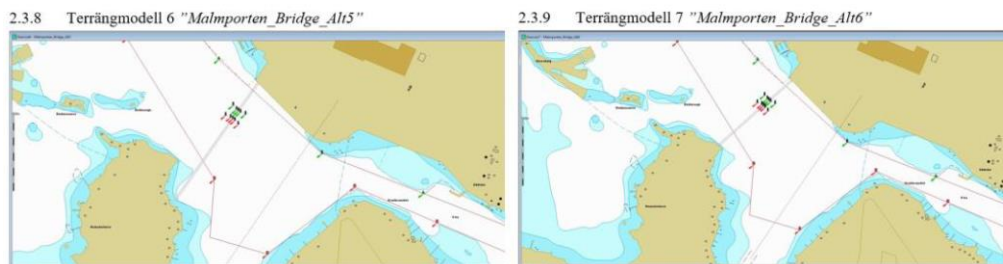
Figur 34: Större bulkfartyg i ballastkondition. (Källa: Simulering av förutsättningar för en öppningsbar bro över Svartösundet, Luleå, Sjöfartsverket sept 2022)



Figur 35: Passagerarfartyg (Källa: Simulering av förutsättningar för en öppningsbar bro över Svartösundet, Luleå, Sjöfartsverket sept 2022)

Totalt utfördes 42 simuleringar av 6 olika förslag för en öppningsbar bro mellan SSAB-kajen och Hamnholmen. Justeringar gjordes för brosträckning, bropassageläge, brobredd, bredd bropassage, ledverkens utformning samt vinkeln mellan bron sträckning och bropassagen.

Simuleringarna ledde fram till två tänkbara alternativ för en brosträckning enligt terrängmodeller 6 och 7, se Figur 36.



Figur 36: Två alternativa brosträckningar efter simulering (Källa: Simulering av förutsättningar för en öppningsbar bro över Svartösundet, Luleå, Sjöfartsverket sept 2022)

Vinkeln mellan bron och farledsriktningen är av stor betydelse, vid 90° vinkel blir den öppningsbara delen på bron kortast. För varje grad bropassagen vrids ökar sträckan som krävs för den öppningsbara delen av bron. Även om det tekniskt finns fördelar med en rak brosträckning över sundet kan en ”böjd” sträckning över sundet ge bättre förutsättningar för en så rät bropassage som möjligt.

Terrängmodell 6 är den modell som legat till grund för de linjealternativ som finns framtagna inom ramen för denna fördjupning. Detta då terrängmodell 7 medförde en mindre lämplig spårgeometri för sträckan mellan stationsläget på Luleå/Kallax flygplats och brofästet på Hamnholmen.

Lotsar och bogserbåtskaptener i Luleå Hamn är väl förtrogna med dagens strömförhållanden vilket simuleringarna tog hänsyn till. Vid eventuella framtida simuleringar av ett broalternativ måste även framtida strömbild tas fram. Strömbild förväntas påverkas av en brokonstruktion samt även av den muddring som ska genomföras i projekt Malmporten varför Transportstyrelsen förväntas kräva en fartygssimulering även med hänsyn till framtida strömningsförhållanden.

## 5 Utredning bro

Detta avsnitt utgår i huvudsak från genomförda utredningar, se referenser. Erfarenhet av liknande befintliga broar i södra Sverige har också inhämtats från personal inom Trafikverkets organisation.

En bro beräknas bli totalt ca. 1600 meter lång och bestå dels av två fasta broar från respektive landsida dels ett öppningsbart spann med placering ungefär 200 meter från den norra änden vid den gamla SSAB-kajen. För att säkerställa kapaciteten har utredning landat i att bron måste utformas med dubbla järnvägsspår. Vidare förutsätts det att bron kräver en serviceväg för att möjliggöra tillsyn och underhåll utan störning av tågtrafiken.

De öppningsbara brotyperna som studerats är enkel/dubbel klaffbro, vertikal lyftbro och enkel/dubbel svängbro. Gemensamt för alla rörliga broar är att

elektroniska och mekaniska system måste läggas till vilket ökar komplexiteten jämfört med en fast bro.

Klaffbron utgår som ett möjligt alternativ då enkel klaffbro inte är tillämpbar för breda farleder och en dubbel klaffbro är inte godkänd för järnvägstrafik enligt Trafikverkets gällande regelverk. Även dubbel svängbro utgår som ett alternativ då alltför stora risker med denna brotyp har identifierats. För mer ingående detaljer om bortvalda brotyper, se utredningar *Norrbotniabanan öppningsbara broar (Kreera 2022-11-04)* och *Utredning rörlig bro i Luleå med fokus på Luleås klimat (Ramböll 2022-11-08)*.

Nedan ges en översiktlig beskrivning av de fasta broarna samt av kvarstående alternativ för den öppningsbara delen, vertikal lyftbro och enkel svängbro.

## 5.1 Fast bro

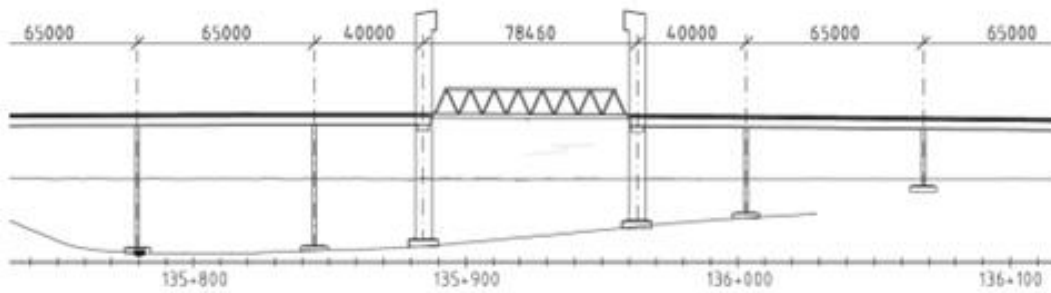
De fasta tillfartsbroarna kan utföras som samverkansbroar av stål och betong. Brodeckat av betong förses med ballast och slipers som rälerna fästs i. Utredning behöver utföras om lämpliga is- och nötningsskydd för brostöd. Kontaktledningsstolpar monteras på brons kantbalkar.

## 5.2 Öppningsbar del

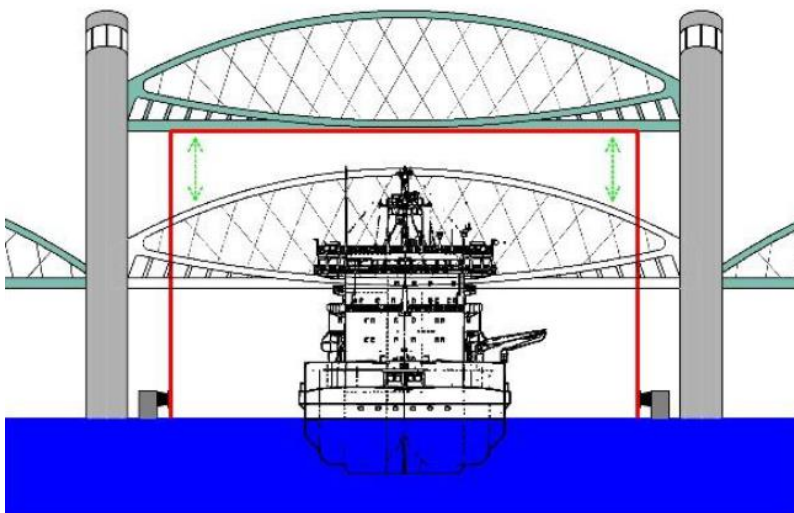
### 5.2.1 Vertikal lyftbro

En vertikal lyftbro kan liknas vid en hiss då förflyttningen sker i vertikal led i öppnings- och stängningsrörelsen. Rörelsen kan ske antingen genom att underliggande kuggstänger i brospannets hörn trycker upp bron eller att bron lyfts med linspel placerade i höga betongtorn. Alternativet med linspel är den typ som skulle kunna bli aktuell i Luleå då denna kan hantera stora spännvidder, se principskisser på en lyftbro i Figur 37 och Figur 38 samt fotografi på befintlig lyftbro i Trollhättan i Figur 39. Nu föreslagen lyftbro har en spännvidd på ca. 71,5 m. Bredden utgår från bredd för farleden på 65 m (enligt Sjöfartsverkets nautiska kravspecifikation) samt ytterligare ca. 3 m på var sida om farleden för att möjliggöra utrymme för ledverk.

Ökad spännvidd ger högre konstruktionshöjd vilket då kan inkräkta på luftfarten.



Figur 37: Principskiss lyftbro (Källa: Utredning rörlig bro i Luleå med fokus på Luleås klimat, Ramböll 2022-11-08).



Figur 38: Principskiss lyftbro i öppet läge och stängt läge (Källa: Norrbotniabanan öppningsbara broar, Kreera 2022-11-04).

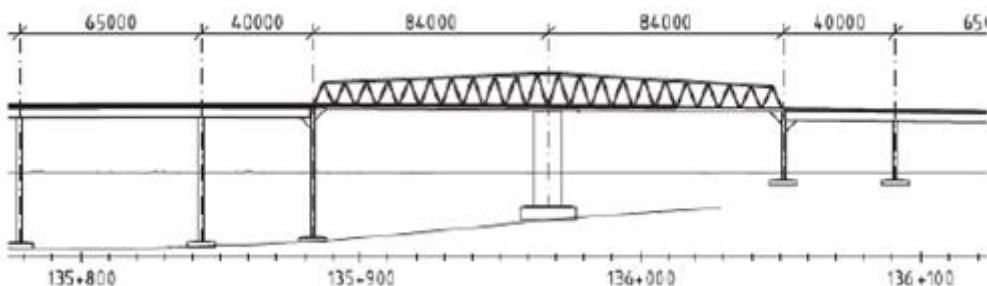


Figur 39: Järnvägsbro i Trollhättan, en vertikal lyftbro (Källa: Trafikverket)

Servicepersonal har tillgång till tornen och maskineriet via de fasta brospannen. För att nå lyftspannet i öppet läge måste det finnas tillträde via trappor eller hissar i tornen.

### 5.2.2 Enkel svängbro

En svängbro är en öppningsbar bro där överbyggnaden vrids i horisontalled vid öppningsrörelsen. Nya svängbroar utförs som regel som lyftsvängbroar som utförs i två spann med ett integrerat lyft- och svängmaskineri i mittpelaren. Vid broöppning lyfts maskineriet till kontakt med tvärbalkar i överbyggnaden och tar med sig överbyggnaden till en nivå som medger att svängningsmanövern kan inledas. Se principskiss på en svängbro i Figur 40 samt fotografi på befintlig svängbro i Marieholm i Figur 41. Nu föreslagen svängbro utförs som ett fackverk med spannvidderna 84 + 84 m i stängt läge.



Figur 40: Principskiss på svängbro (Källa: Utredning rörlig bro i Luleå med fokus på Luleås klimat, Ramböll 2022-11-08).



Figur 41: Järnvägsbro i Marieholm, en svängbro (Källa: Trafikverket)

En svängbro med de dimensioner som skulle krävas i Luleå är sällsynt. En enkelspårig svängbro skulle bli nästan 170 m lång och väga ca. 1000 ton vilket ska lyftas och vridas. Lyfthöjden är minst 520 mm. Som en jämförelse är Södra Marieholmsbron 72 m lång och lyfthöjden är 700 mm. Lyftkraften som skulle erfordras för en ny enkelspårig svängbro är ca. 11 616 kN att jämföra mot ca. 4 383 kN för Södra Marieholmsbron. Fördjupning har landat i slutsats att bron behöver vara dubbelspårig för att säkerställa banans kapacitet. Bron behöver också anläggas med en serviceväg för att möjliggöra drift och underhåll utan att tågtrafiken störs.

### 5.2.3 Bladskarvar

I samband med installation av öppningsbara broar uppstår behovet av att bryta det helsvetsade spåret vid broändarna av det rörliga spårspannet. För att kunna säkerställa både öppningsbarheten och en säker järnvägsdrift måste en spårkonstruktion avsedd för detta ändamål installeras. Inom svensk järnväg brukar en sådan konstruktion kallas för bladskarv.

För att kunna upprätthålla sin funktion behöver bladskarvskonstruktionen kunna ta upp alla temperaturrelaterade rörelser, övriga brorörelser samt alla fordonsrelaterade laster från den öppningsbara brodelen.

Nedböjning/rotation samt lateral (sido-) förskjutning av bron i skarven bör minimeras för att skarven ska behålla rätt höjd (rälsöverkant RÖK) så att inga slag uppstår, men också för att minimera den dynamiska vertikala lasten på befästningssystemet. I syfte att minimera den temperaturrelaterade laterala/längsgående rörelsen som påverkar bladskarvskonstruktionen brukar man standardmässigt även installera en dilatationsanordning på den anslutande fasta brodelen eller i förekommande fall landfästet.



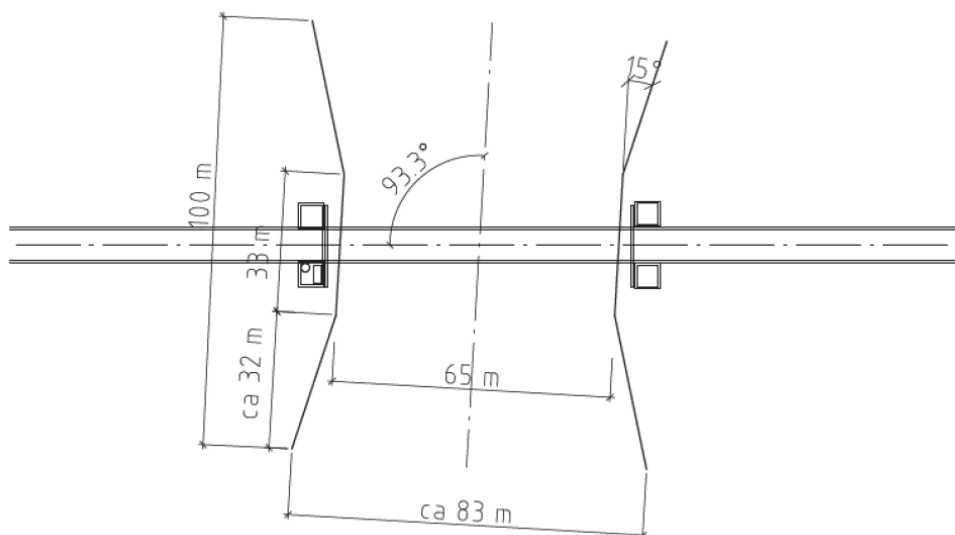
Bedömning är att det kommer att krävas en speciellt anpassad variant av bladskarv för båda broalternativen i Luleå. Detta då bladskarvar som finns framtagna och installerade på befintliga broar framför allt är avsedda för relativt korta broar med förhållandevis liten järnvägstrafik i moderata hastigheter. De förutsättningar som den öppningsbara bron i Luleå har är ovanliga; bron är ovanligt lång, den kommer att trafikeras med ovanligt hög hastighet (preliminär bedömning 140 km/h) samt är placerad långt norrut med ett utmanande klimat då den mest kommer att användas/lyftas vintertid.

Någon typ av uppvärmning av bladskarvar kommer att vara nödvändigt och en lägesindikator kommer att vara obligatorisk.

### 5.3 Ledverk

Ledverk anläggs i farledens riktning i anslutning till öppningsbara brospann för att skydda bron mot påkörning.

Utformningen av ledverk påverkar hur lättmanövrerad en bropassage är. I genomförd fartygssimulering ingick att ta fram en lämplig utformning av ledverk. Slutsats från simuleringar var att ledverkens utformning bör efterlikna en ”tratt” då detta utförande minimerar sträckan för den smalaste passagen under bron. Se förslag på utformning av ledverk för en vertikal lyftbro i Figur 42. Den raka delen av ledverket blir i detta utförande ca. 33 m långt.



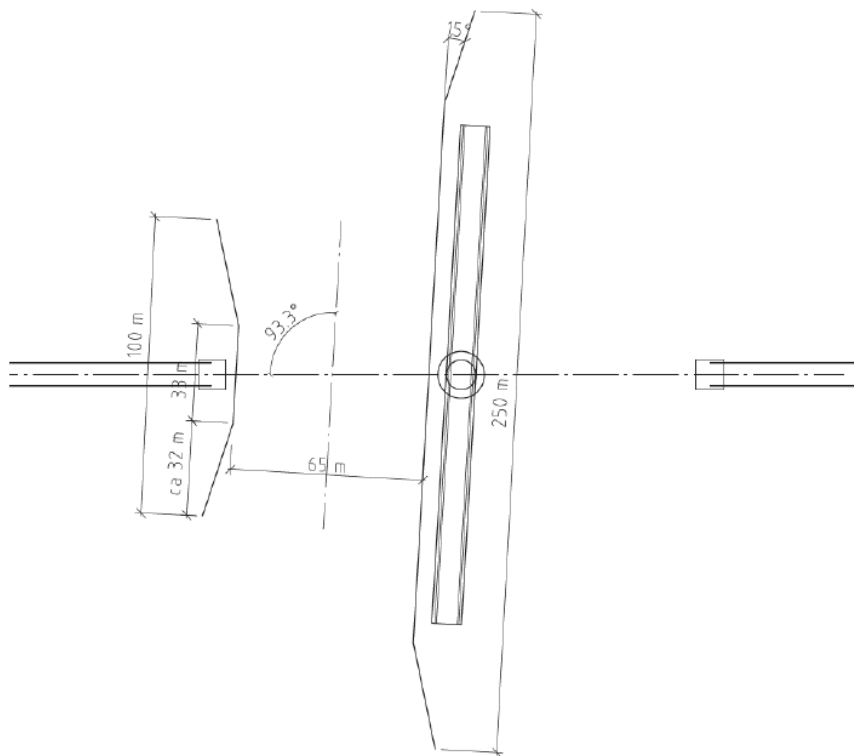
Figur 42: Utformningsförslag för ledverk vertikal lyftbro, i plan. (Källa: Utredning rörlig bro i Luleå med fokus på Luleås klimat, Ramböll 2022-11-08).

Se även Figur 43 för principskiss på ledverk under en vertikal lyftbro.



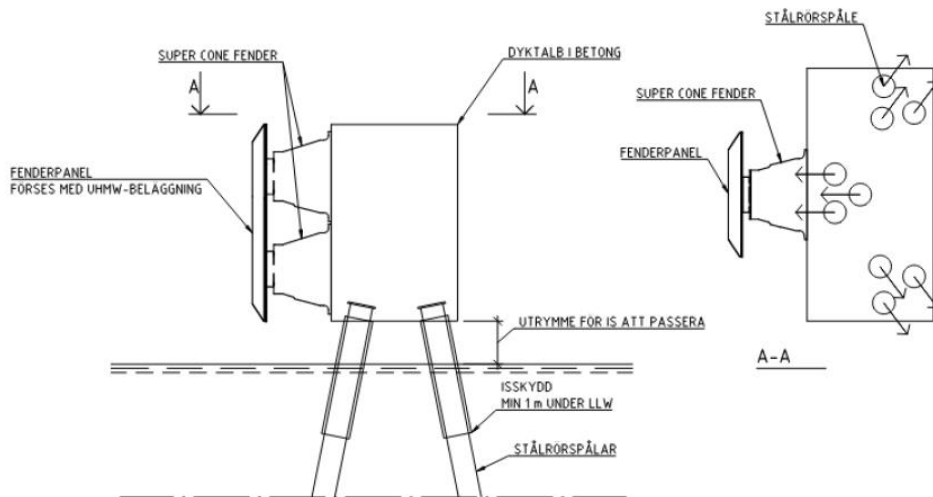
Figur 43: Principskiss på ledverk under en vertikal lyftbro. (Källa: Simulering av förutsättningar för en öppningsbar bro över Svartösundet, Luleå, Sjöfartsverket sept 2022).

För ledverk i anslutning till en enkel svängbro föreslås samma trattformade utformning som för lyftbron, se Figur 44. Utbredningen för ledverket på sidan mot mittenpelaren blir dock betydligt längre då ledverket behöver täcka in och skydda hela brokonstruktionens längd i öppet läge. Den raka delen av ledverket blir således ca. 33 m på ena sidan och ca. 186 m på andra sidan där svängcentrum befinner sig.



Figur 44: Utformningsförslag för ledverk enkel svängbro, i plan. (Källa: Utredning rörlig bro i Luleå med fokus på Luleås klimat, Ramböll 2022-11-08).

En möjlig utformning av ledverk är som dykdalber med snedställda pålar för att hantera laster från påkörning av fartyg från olika vinklar, se principskiss i Figur 45. Dykdalberna förses med fenderelement av en typ med mycket god energiupptagningsförmåga. Fenderelement förses i sin tur med ett glatt friktionsfritt material för att reducera friktion och lastöverföring mellan fartyg och ledverk. Vid val av material för fenderelementen är det viktigt att beakta de tidvis låga utomhustemperaturerna i Luleå då detta påverkar fenderelementets kapacitet och utvecklingen av reaktionskraft i dykdalber.



Figur 45: Utformningsförslag ledverk med dykdalber, i profil samt plan (Källa: Utredning rörlig bro i Luleå med fokus på Luleås klimat, Ramböll 2022-11-08).

Konstruktionen med fristående dykdalber ska möjliggöra för is att passera under ledverken. Det relativt stora vattendjupet (ca. 15 - 20 m) i kombination med storleken på trafikerande fartyg ställer höga krav på kapaciteten på ledverken vilket medför relativt stora dimensioner på ledverkskonstruktionen.

För passage med fartyg med höga skrovsidor, exempelvis bulkfartyg i ballast, bör möjlighet ges att se var ledverken är i förhållande till fartyget exempelvis med hjälp av belysta flaggstänger på ledverken.

Storlek och centrumavstånd mellan dykdalber/fenderelement styrs av dimensionerande fartygsstorlek, displacement, hastighet vid passage, vinkel vid påkörning etc. En grov bedömning uppskattar erforderlig storlek på fenderelementets höjd till ca. 1500 - 2000 mm. Initial uppskattning är att dykdalber skulle kunna placeras med ett avstånd på 15 - 20 meter mellan varandra. Närmast intill brostöd skulle dykdalber och fenderelement sammanlänkas med balkar för att erhålla ett skydd mot påkörning av mindre fartyg (som kan ha en skarpare inkörningsvinkel mot brostöd och ledverk jämfört med större fartyg).

Med hänsyn till aktuella laster och vattendjup uppskattas dykdalbernas påldimensioner till en storlek av ca. 500 - 800 mm i diameter. Jordlagrens beskaffenhet och mäktighet i läge för ledverken påverkar pålarnas dimensioner, detta är en osäkerhet som måste klarläggas vid fortsatt utredning. Med hänsyn till att det antas vara sluttande berggrund i läge för ledverk föreslås pålar utföras som borrarade stålrörspålar för att säkerställa en god infästning och stabilitet vid pålspets. Beroende på lastfördelning och pålkonfiguration kan vissa pålar behöva dragförankras. Dykdalbernas pålar behöver förses med is- och nötningskydd.

## 5.4 Anpassning av öppningsbar bro till klimatet i Luleå

Det under vintertid tidvis stränga klimatet i Luleå medför en ökad risk för driftstörningar på mekaniska och elektriska komponenter. Så långt det är möjligt måste ingående delar byggas in eller förses med värme som skydd mot sträng kyla, is och snö. Snöbelastning är vanligtvis inte en begränsning eftersom det är en belastning som är lägre än belastningen från tågtrafiken men snö kan orsaka isbildning och obalans. Balans är avgörande för en rörlig bro.

Exempel på åtgärder som är applicerbara på båda de aktuella brotyperna är:

- Lyft- och vridmaskinerier placeras i uppvärmt utrymme (+5°C)
- Regelmaskinerier placeras i tempererade utrymmen alternativt förses med värme
- Låsreglars rörliga delar och lager förses med värme
- Positionsvakter och sensorgivare förses med värme
- Bron förses med värme på upplag åtminstone under öppning. Detta för att förhindra att snö ansamlas på upplag som förhindrar bron att stänga helt
- Värme på rälskarvar

För den vertikala lyftbron bör linspel placeras i uppvärmt utrymme. Även uppvärmning av linor kan vara av värde vilket det dock saknas erfarenhet av. Uppvärmning skulle utvändigt kunna utföras genom att i god tid inför öppning aktivera infravärmare i anslutning till linor på den sträcka som ska böjas över linhjul.

Projektet har hämtat erfarenheter av drift i kallare klimat från befintlig lyftbro i Trollhättan. Trollhättan har dock inte samma klimat avseende temperatur som Luleå men vad gäller nederbörd i form av snö så drabbas Trollhättan årligen av kraftiga snöfall då Väneren inte frusit igen vilket benämns lokalt som Vänersnö. Den totala snömängden kan inte jämföras med Luleå men på kort tid kan det komma 30 - 40 cm åt gången.

Snön har för en järnvägsbro främst en påverkan vid lager. Vid kraftiga snöfall hinner snö lägga sig på lager då bron är öppen och när bron ska stängas så packas denna snö och bron kommer inte helt ner i spårtrafikläge.

För att lösa detta monterades tidigt i Trollhättan värme vid lager för att smälta snön. Ett nytt bekymmer uppstod då i och med att snö kontinuerligt smälte och rann iväg för att åter frysa på annan plats. Denna frysning innebar då att bron antingen till slut frös fast eller att nybildad is förhindrade stängning. Lösningen på detta problem blev att värmen startas endast under tiden för broöppning för att smälta den snö som under öppning hinner lägga

sig på brons upplag samt att bron kompletterades med rännor för att leda bort smältvatten.

## 5.5 Drift och underhåll

### 5.5.1 Allmänt

Maskineri och styrsystem bör för båda brotyperna utföras redundanter (dubbleras), detta för högre driftsäkerhet.

Bro bör också oavsett brotyp förses med kameror för inspektion av utsatta driftfunktioner, detta särskilt med tanke på risk för driftstörning på grund av nederbörd och kyla.

Reservdelar behöver finnas tillgängliga för att inte orsaka längre driftstopp om fel uppstår.

Regelbundna inspektioner av inspektörer med erforderlig kompetens krävs. Underhållskostnaderna för öppningsbara broar är betydligt dyrare än för fasta broar då de har mekaniska och elektriska komponenter som är benägna att slitas och utmattas.

Provöppningar med underhållspersonal på plats är ett bra sätt för att säkerställa brons funktion.

Vid projektering av en bro måste utförande av drift- och underhållsåtgärder planeras noggrant. Detta för att säkerställa arbetsmiljö och säkerhet samt för att minimera tidsåtgång för alla nödvändiga moment.

### 5.5.2 Vertikal lyftbro

Åtkomst för underhåll av lyftspann kan lösas genom plattformar eller en servicevagn placerad under lyftspann, se exempel på utformning av servicevagn i Figur 46.

Servicevagnen måste utformas för Luleås klimat. Vagnens ”parkeringsplats” som ska vara på fast brodel kan exempelvis vara inklädd och dess motorer förses med värme.



Figur 46: Exempel på utformning av servicevagn för lyftbro. (Källa: Utredning rörlig bro i Luleå med fokus på Luleås klimat, Ramböll 2022-11-08).

Lintrumma, linor och låsreglar kan inte utföras med redundans och bromsar kan vara svåra att dubblera. Önskvärt vore att undvika låsreglar då dessa medför en ökad driftrisk men låsreglar bedöms vara nödvändigt på ny bro i Luleå. Eventuellt skulle låsreglar kunna utföras med redundans.

Bron förses med ett nödmanöversystem bestående av en mindre separat elmotor som kan driva bron, dock med väldigt låg hastighet. Förutom att detta system är ett nödmanöversystem är det också ett system som kan nyttjas vid vissa underhållsarbeten samt för att rätta upp bron om exempelvis snedställning har inträffat.

Vanligt förekommande underhållsåtgärder är:

- Smörjning
- Service bromsar
- Oljebyten växellådor

Underhållsåtgärder med längre intervall är:

- Service ställdon (ca. vart 5:e år)
- Byte av el-, kamera- och styrsystem (ca. vart 15:e år)
- Ommålning (ca. vart 35:e år)
- Linbyte (ca. vart 15:e år)

Linbyte måste planeras med god framförhållning, detta då leveranstiden är lång och linorna får inte ligga ihoprullade i mer än 6 - 8 månader innan de måste användas så de går inte att ha liggande på lager. Linorna behöver bytas ungefär vart 15:e år, de slits mer ju fler gånger som bron öppnas.

Driftsstörningar kan inträffa av ett flertal olika anledningar. En nyuppförd bro har större risk för driftsstörningar beroende på just att den är ny och behöver tid för inkörning.

Befintliga lyftbroar har haft driftsstörningar av främst följande anledningar:

- Bristande konstruktion exempelvis på elkablage till lyftspann på bro i Trollhättan. Ursprungligt kablage havererade efter 10 år och ersattes då med en kraftigare kabelkedja i rostfritt stål. I Södertälje är kabelkedja utförd i plast och denna har havererat vid åtminstone ett tillfälle. Lyftspannet på Hisingsbron är spänningslöst vid lyft då lösning istället för kablage är att elkraft förs över till lyftspannet via knivbrytare på lagerpall.
- Bristande underhåll till exempel av ställdon vilket medfört problem främst vintertid.
- Styrsystemen är en källa till driftsstörningar. Initialt drabbas de flesta broar av störningar på grund av mindre fel (buggar), detta trots

omfattande provning. Även med åldrande styrsystem så ökar risken för störningar.

- Klimatpåverkan. Det har förekommit problem vid långvarig kyla eller vid mycket kraftiga snöfall, främst i broarnas tidiga bruksskede.
- Den öppningsbara delen på bro i Södertälje ligger i kurva på vardera sida om den fasta bron vilket har resulterat i att bladskarvarna på bron slits mycket. Åtgärd har varit att reducera hastigheten på bron för att skarvarna ska slitas mindre.

### 5.5.3 Enkel svängbro

Åtkomst till svängspann och svängpelare då bron är i öppet läge kommer att vara begränsad för en svängbro i Luleälven. Tillträde måste ske från fartyg vilket vintertid ställer till problem. Tillträde till svängpelare på Södra Marieholmsbron har ordnats via en kulvert på botten och för bron vid Stäket har en landgång anordnats från fast brodel. Kulvert är inte en tänkbar lösning för bro i Luleå och landgång är inte heller möjlig då sjöfart ska kunna bedrivas i sidospänn.

Vanligt förekommande underhållsåtgärder är:

- Smörjning
- Oljebyten växellådor
- Renovering hydraulcylindrar eller skruvdomkrafter
- Renovering vridmotorer
- Renovering ställdon

Befintliga svängbroar har haft driftstörningar av främst följande anledningar:

- Bristande konstruktion exempelvis beroende på underdimensionerade skruvförband (svängbro över Byälven i Säffle, 2007).
- Bristande underhåll. Komponenter har inte underhållits eller ersatts enligt plan (lyftpelare Norra Marieholmsbron).
- Klimatpåverkan. Det har förekommit problem vid långvarig kyla, snabba temperaturväxlingar eller vid mycket kraftiga snöfall. Främst i broarnas tidiga bruksskede. Ett exempel är givare som skadats vid isbildning.

### 5.5.4 Spåranläggning

Bladskarvar brukar normalt inspekteras i samband med vanlig besiktning av spår. I vanliga fall krävs inga avvikande besiktningintervall.

Inspektion innebär i huvudsak:



- Kontroll av övergripande mått
- Kontroll av befästningssystem
- Kontroll av specifika skruvförbindelser
- Tillståndskontroll av farkant och farbana
- Oförstörande provning av rälsmaterial

Underhåll innebär i huvudsak:

- Åtdragning av lös befästning eller skruvförbindelser
- Slipning av räl
- Påsvetsning av räl
- Komponentbyten

Underhåll, såsom slipning och svetsning påverkas av vald konstruktion och rådande trafikbelastning, vilket reglerar behov av besiktning och förebyggande underhåll. Underhållet kan vara rätt omfattande beroende på den verkliga trafikmängden, men en uppskattning av intervall är 1 – 2 år för slipning och 2 – 3 år för påsvetsning. Dessa underhållsåtgärder är väldigt viktiga i syfte att undvika störningar och säkerställa en lång livslängd. Avseende komponentbyten bör man räkna med ett intervall på 5 – 10 år, beroende på de aspekter som anges ovan.

Ett underhållsfordon bör utrustas med snöröjningsplog/borste speciellt avsedd för bladskarv. En manual som förklarar hur bladskarven ska snöröjas bör också tas fram.

## 5.6 Fördelar och nackdelar med respektive brotyp

Brotyperna vertikal lyftbro och enkel svängbro bedöms nedan utifrån deras fördelar och nackdelar jämfört med varandra.

### **Vertikal lyftbro**

#### Fördelar:

- Lyftbron är sett till den statiska brokonstruktionen ett bra alternativ där bärverket består av ett fackverk med något längre spännvidd än exempelvis lyftbroar i Trollhättan eller Södertälje men ändå bedöms ha rimliga dimensioner på ingående delar.
- Lyftbroars maskinerier är beprövad teknik och brotypen ger bättre tillgänglighet för drift och underhåll i och med de fasta brodelarna.
- För rälsskarven ger alternativet ingen begränsning i längd på utstick av exempelvis räl eller bladskarv.
- Brotypen ger kortast utbredning av ledverk vilket ger minst påverkan på sjöfarten – enklare manövrering då passagen genom ett smalare parti blir kortare samt inkräktandet på vändytor blir mindre.

#### Nackdelar:

- Bron ger en begränsning av segelfri höjd även i öppet läge, vilket begränsar vilka fartyg som kan passera bron under hela bronslängd.
- Linorna har en relativt kort livslängd.
- Har historiskt sett drabbats av mer driftstörningar jämfört med svängbron.

### **Enkel svängbro**

#### Fördelar:

- Bron ger ingen begränsning av segelfri höjd i öppet läge.
- Högre driftsäkerhet jämfört med vertikal lyftbro
- Ger möjlighet till två farleder

#### Nackdelar:

- En svängbro inkräktar mer på intilliggande vändytor dels då den öppningsbara delen tar stor plats i öppet läge, dels då en lång svängbro ger långa ledverk på den sida om farleden där svängspannet ligger.
- Åtkomst till svängspann och svängpelare är begränsad då bron är i öppet läge vilket medför att avhjälpande av fel om bron fastnat i öppet läge kan ta längre tid att åtgärda. Sommartid kan tillträde ske med båt men vintertid är tillträde beroende av isens bärighet. Tillträde är väderleksberoende både sommar- och vintertid.
- Broalternativet ger ett långt öppningsbart spann, vilket innebär att spärrörelser behöver utredas. Det blir sannolikt även en begränsning i hur långt utstick av exempelvis räl eller bladskarv som kan hanteras. Även om dessa delar sannolikt är hanterbara, ger det en risk för alternativet.
- Brons konstruktion ger ett fackverk av en storlek som är ovanlig vilket framför allt ställer krav i byggskedet.

### **Utvärdering av brotyp**

En sammanvägning av alternativen ger att alternativet med lyftbro bedöms vara det alternativ som sammanvägt är mest lämpligt för en öppningsbar bro i det östra alternativet. Den erfarenhetsmässigt något sämre driftsäkerheten vägs upp av en enklare och robustare åtkomst till bro och maskineri.

## **5.7 Möjlig Segelfri höjd på öppningsbar bro**

### **5.7.1 Segelfri höjd i stängt läge**

I detta skede är det inte klarlagt vilken segelfri höjd i stängt läge som är möjlig för en öppningsbar lyftbro i det östra alternativet utan detta måste utredas vidare och fastställas i samband med framtagande av järnvägsplan.

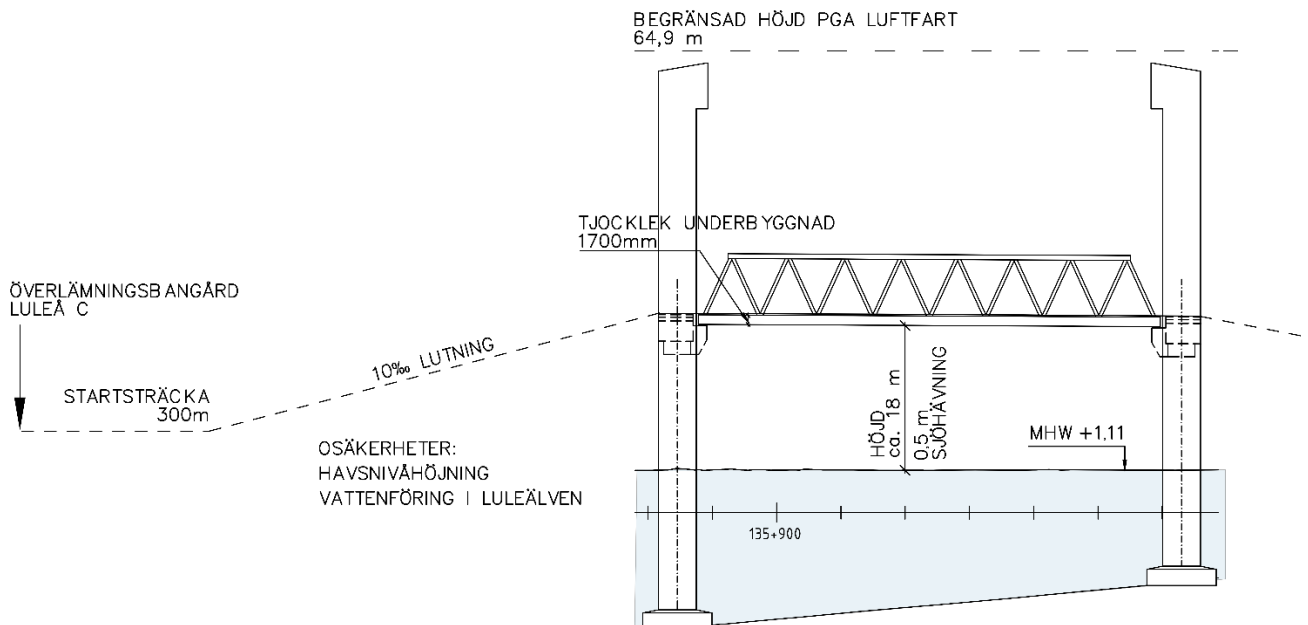
Denna fördjupning har utgått från en bro med 22 m segelfri höjd bland annat i *Utredning rörlig bro i Luleå med fokus på Luleås klimat, Ramböll 2022-11-08*. Det som framför allt begränsar möjlig segelfri höjd i stängt läge för en bro i det östra alternativet är aktuellt höjdförhållande för stationsläge på Luleå malmbangård i kombination med det relativt korta avståndet till den öppningsbara delen av bron samt att maximal lutning för järnvägen inte får överstiga 10 %. En utredning har gjorts för att studera om fullt lastade godståg, t.ex. SSAB:s ståltåg kan ta sig upp mot den öppningsbara bron i en lutning av 10 %, detta i det spåralternativ för godstrafik som Trafikverket bedömer som mest rimligt i dagsläget (Ua2c överlämningsbangård, se avsnitt 2.4.1). Studie har visat att det krävs en startsträcka på 300 m vilket medför att en bro kan ha en maximal segelfri höjd om 21 m, se *Vagnviktsbegränsningar östra alternativet Luleå, Trafikverket 2024-02-28*. Beräkning kommer att behöva utföras på nytt i samband med att exakt placering av överlämningsbangården fastslås.

Det finns ytterligare flera osäkra faktorer som påverkar möjlig segelfri höjd. Ansats i detta skede har varit en underbyggnad för bron på 1700 mm, tjocklek kan behöva ökas men detta kan fastställas först senare i samband med detaljprojektering. Säkerhetsmarginal för sjöhävning har antagits till 0,5 m samt medelhögvattennivå (MHW) till 1,11 m, även dessa faktorer påverkar den segelfria höjden och måste fastslås. Likaså bör framtida havsnivåhöjning beaktas samt eventuell ändrad vattenföring i Luleälven på grund av klimatförändringar.

Utifrån de osäkerheter som finns är Trafikverkets bedömning att möjlig segelfri höjd i stängt läge kan uppgå till ca. 18 m. Det kan vara möjligt att nå en högre segelfri höjd med max 1 – 2 m men slutlig höjd kan också bli något lägre än 18 m.

Se Figur 47 för faktorer som påverkar möjlig segelfri höjd i stängt läge.

Med en segelfri höjd på ca. 18 m kan de turbåtar som idag trafikerar Luleå skärgård passera stängt bro, likaså flertalet normalstora segelbåtar. Av Luleå Hamns bogserbåtar klarar möjligtvis Victoria (17 m) att passera i stängt läge men övriga två måste troligtvis byggas om. Isbrytarna, fraktfartyg till Cementa samt kryssningsfartyg kräver broöppning.

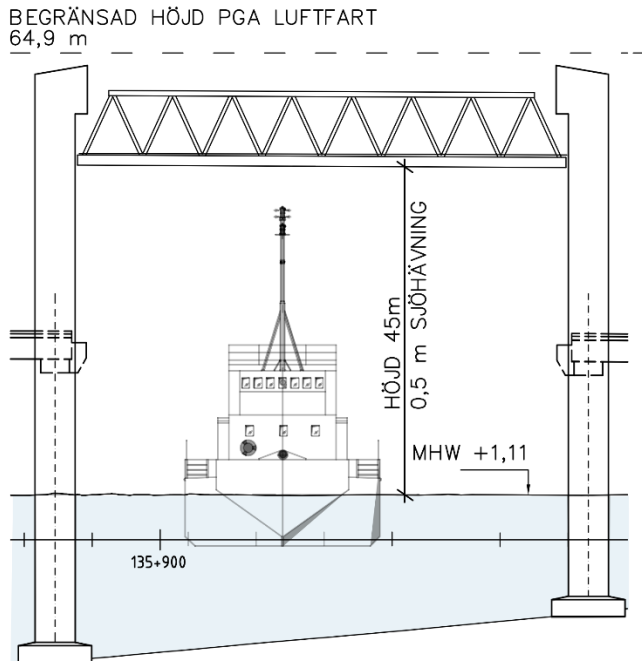


Figur 47: Möjlig segelfri höjd i stängt läge påverkas av flera faktorer som är osäkra i dagsläget.

### 5.7.2 Segelfri höjd i öppet läge

Ansats i detta skede har varit en segelfri höjd på 45 m när bron är i öppet läge. Brokonstruktionen begränsas av närheten till Luleå/Kallax flygplats och den höjdbegränsning på 64,9 m som gäller på platsen. Se Figur 48 för antagande om möjlig segelfri höjd i öppet läge.

En segelfri höjd på 45 m innebär en begränsning av vilka fartyg som kommer att kunna trafikera innerfjärden i Luleå Hamn. Det finns idag fraktfartyg som vintertid nyttjar vändytorna innanför ett potentiellt brolägg som har en högre air draft (t.ex. typfartyg från fartygssimulering), likaså kryssningsfartyg (t.ex. typfartyg från fartygssimulering) och isbrytare. Det kan gå att öka den segelfria höjden i öppet läge med någon eller några få meter men den slutliga höjden kan inte fastställas förrän efter detaljprojektering.



Figur 48: Möjlig segelfri höjd i öppet läge begränsas av höjdbegränsning på grund av närheten till Luleå/Kallax flygplats.

## 5.8 Referensprojekt

Efterforskningar har gjorts för att hitta en liknande broapplikation som den öppningsbara bron i det östra alternativet skulle innebära. Bron verkar dock vara unik då det inte gått att lokalisera en referensbro med liknande funktion med frekventa broöppningar för passage av stora fartyg även i besvärliga isförhållanden.

I USA och Kanada finns orter med liknande vinterklimat men de järnvägsbroar som har lokaliserats har begränsat med broöppningar vintertid. Ett exempel är den dubbla lyftbron i Sault Ste. Marie, Michigan se Figur 49. Här går sjöfarten normalt sett till slutet på december/mitten av januari.



Figur 49: Dubbel lyftbro i Sault Ste. Marie, Michigan. Normalt öppnas bro för sjöfarten till i slutet av december eller mitten av januari.

Över Pitsundet i Piteå finns en öppningsbar vägbro av typen dubbel klaffbro, se Figur 50. Klimatet i Piteå är likartat det i Luleå men isförhållandena vid den öppningsbara bron över Pitsundet är betydligt mildare jämfört med i Luleå Hamn. Detta på grund av högre strömningshastighet och att antalet passager är lägre, uppskattningsvis ca. 2 båtar i veckan.



Figur 50: Klaffbro över Pitsundet i Piteå

Lyftbro i Trollhättan och i Södertälje samt svängbroar i Marieholm, se figurer i avsnitt 5.2 har utgjort referensbroar under fördjupningens gång. Projektet har tagit del av erfarenheter rörande bland annat drift och underhåll för dessa broar. De är dock inte utsatta för samma typ av vinterförhållanden som råder i Luleå varför det finns risk att nya typer av väderrelaterade störningar kan komma att uppstå för en öppningsbar bro i Luleå.

## 5.9 Riskworkshop bro

En riskworkshop genomfördes i januari 2023, se *PM Riskworkshop öppningsbar bro över Svartösundet Luleå älv, Trafikverket 2023-02-02*. På workshopen deltog projektledare, riskanalytiker och brospecialister från Trafikverket samt konsulter från Ramböll, Sting och Vossloh. Under workshopen analyserades och riskbedömdes en öppningsbar bro i Luleå ur ett projekterings-, produktions- och underhållsperspektiv. Workshopen fokuserade således inte på risker kopplade till störningar i tågtrafik eller sjöfart och dess vidare påverkan på samhället.

Inför workshopen identifierades totalt 69 risker som sannolikhets- och konsekvensbedömdes under workshopen. Efter workshopen återstod 38 risker som sammanställdes och placerades in i en riskmatris utifrån bedömd sannolikhet och konsekvens. Resultatet finns dokumenterat i en riskanalys som kan nyttjas som stöd i fortsatt arbete om en öppningsbar bro blir aktuell.

Många risker som identifierades var kopplade till underhållsarbete och det faktum att det inte finns många öppningsbara järnvägsbroar i arktiskt klimat idag. Denna bro blir unik i sitt format i form av att det är en öppningsbar järnvägsbro i kallt klimat vilket genererar konstruktioner och utformningar av brodelar som inte är av standardlösning. Exempelvis utformningen av bladskarvarna (skarvar mellan fast och rörlig brodel) är viktig och det behöver troligtvis utformas bladskarvar som är unika för just denna bro för att klara av klimatet och de utmaningar som det genererar. Det har visat sig att bladskarvarna på Södertäljebro, vilket är en lyftbro, har visat sig vara problematiska och har medfört att hastigheten över bron tillfälligt behövt sänkas. Efter modifiering av skarvarna har hastigheten kunnat höjas till 80 km/h, dock ej till ursprunglig hastighet på 110 km/h. Södertäljebro är placerad i en kurva vilket har medfört ökat slitage på skarvarna, detta är något som bör undvikas på bron över Luleå älv.

Produktionen av denna typ av bro är komplex och för med sig höga arbetsmiljörisker. Brodelen över vatten är ca. 1 000 m lång vilket innebär att mycket arbete måste ske från pråmar samtidigt som befintlig farled med tung sjöfart ska korsas arbetsområdet under hela entreprenadtiden.

Under workshopen jämfördes brotyperna lyftbro, enkel svängbro och dubbel svängbro för att se om någon risk var större för en specifik typ av bro. Dubbel svängbro ansågs vara den mest riskfyllda konstruktionen medan den bro som samtliga deltagare såg som minst riskfylld var den vertikala lyftbron.

Under seminariet diskuterades risken för driftstopp. Erfarenheterna från andra broar har visat att driftstörningar på ett antal timmar eller dagar inte är ovanliga. Längre driftstopp (månader) är mindre sannolikt. För att minska konsekvenserna av driftstörningarna behöver det finnas en beredskap i form

av reservdelar på plats. Vid eventuell påkörning av bron eller ledverken kan ett driftstopp för reparation bli långt och konsekvenserna stora.

## 6 Tillväxt av is och påverkan på sjöfarten med en öppningsbar bro i isförhållanden

### 6.1 Tillväxt av is

Faktorer som påverkar tillväxten av krossis är lufttemperatur, makroporositet (andel vatten/issörja mellan isblock), mängden snö, vind, solstrålning och också antalet fartygsrörelser. Vid varje fartygsrörelse bryts isflaken sönder i mindre enheter vilket ger fler ytor för isen att växa till på.

En liknelse mellan istillväxt och ljusstöpning är att på samma sätt som ett ljus växer varje gång det doppas i stearin, växer isflaken då de rör sig i vattnet.

Mängden snö kan påverka istillväxten och sjöfartens framkomlighet på både ett positivt och ett negativt sätt. Större snömängder på orörd fast is kan ge lindrigare isförhållanden eftersom snön är mycket effektiv som isolering mot kyla. Stora snömängder i farledsrännor och vändytor kan däremot ge en större istillväxt då snön snabbt fryser ihop med den brutna isen.

### 6.2 Hur ofta behöver vändytor innanför ett potentiellt brolägg nyttjas?

Antalet vändytor som krävs varje vinter beror på antalet fartygsanlöp och storleken på fartygen i kombination med de förutsättningar som respektive vinter ger.

Lufttemperaturen har en stark påverkan på tillväxten av krossis och ackumulerad köld eller negativa graddagar (FDD, freezing degree days) är ett mått som brukar användas i sammanhanget. Ackumulerad köld beräknas genom att addera alla dygnsmedeltemperaturer som understiger 0°C. I dagens klimat motsvarar detta den period under vilken vattnet avkyls och det bildas is.

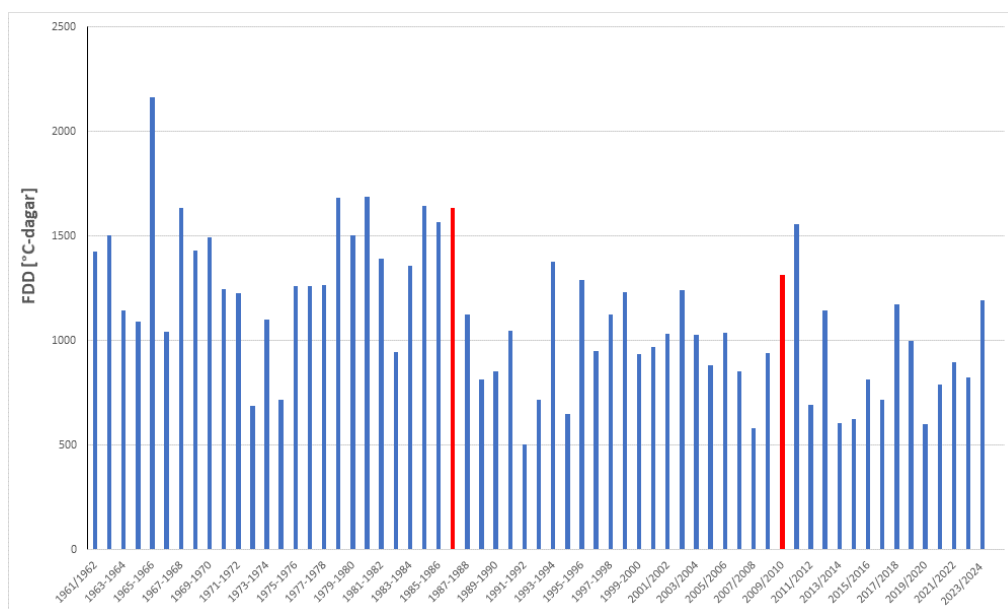
I samband med utställning av Järnvägsutredning JU160 (2011) och då synpunkter avseende Norrbotniabanans påverkan på sjöfarten inkom uppdrag Trafikverket till SMHI att utreda sannolikheten för vintrar med besvärliga isförhållanden under perioden 2020 – 2100. SMHI tog fram utredning *Möjlighet för kraftiga isvintrar i Luleå, 2020 – 2100* (2011-04-16).

En av SMHI:s första ansatser var att utifrån statistik för ackumulerad köld lokalisera isvintrar lika kraftiga som isvintern 1986/1987 då denna isvinter var svår för Östersjöregionen i stort. Dock var denna isvinter inte extrem för Luleås del. Istället ansattes vintern 2009/2010 som referens för en besvärlig isvinter i Luleå, under denna vinter behövde vändytor på Gråsjäljärden



användas för vändning av fartyg, det vill säga vändytor uppströms ett potentiellt brolägg.

Se Figur 51 för ackumulerad köld under vintersäsongerna 1961 – 2024 mellan den 1 november till 31 mars. Observera att SMHI:s utredning från 2011 redovisade ackumulerad köld fram till och med år 2010 men Figur 51 är kompletterad med data även efter 2010 fram till 2023/2024. I figur är staplar för isvintrar 1986/1987 och 2009/2010 rödfärgade.

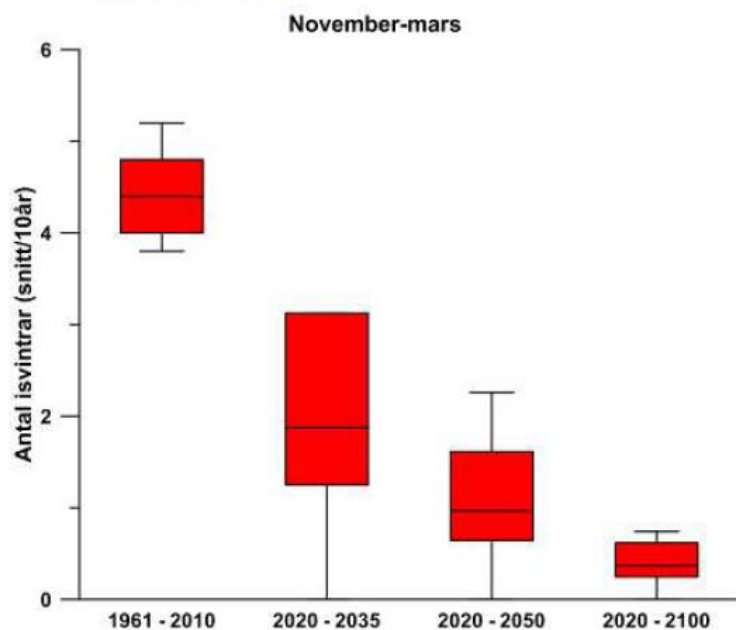


Figur 51: Diagram över ackumulerad köld under vintersäsongerna 1961 - 2024, perioden 1 november till 31 mars.

Under isvintern 2009/2010 var den ackumulerade kölden under perioden 1 november till 31 mars drygt 1300°C. Med 2009/2010 som referens beräknades antalet besvärliga isvintrar under perioden 1961 – 2010 till 21 st, vilket i snitt ger 4 st besvärliga isvintrar per decennium. SMHI kunde konstatera att utifrån ett antagande att samma förutsättningar avseende klimat och antalet fartygsrörelser skulle vara lika som fram till år 2011 även under perioden 2020 – 2100 skulle vändytor innanför ett brolägg behöva nyttjas vartannat till vart tredje år.

Utifrån kunskapen om framtida klimatförändringar studerade SMHI även olika framtida klimatscenarier utifrån ett antal vedertagna modeller. Beräkningar gjordes av antalet kraftiga isvintrar motsvarande vintern 2009/2010 fram till år 2100, se Figur 52.

### 5.2.1 November till mars



Figur 52: Antal isvintrar per decennium minst lika besvärliga som 2009/10 fram till år 2100. Resultaten är baserade på ett antal vedertagna klimatmodeller och omfattar perioden från 1 november till 31 mars (Källa: Möjlighet för kraftiga isvintrar i Luleå, 2020 – 2100, SMHI 2011-04-16).

Trenden är tydlig att temperaturen, den ackumulerade kölden gradvis kommer att sjunka under perioden. SMHI redovisar även i rapporten att antalet dagar med en medeltemperatur under  $-15^{\circ}\text{C}$  successivt kommer att minska under månaderna januari – mars fram till år 2100.

En minskad istillväxt beroende av prognostiserad minskad medeltemperatur motverkas av andra faktorer där till exempel prognos för antalet fartygsrörelser går åt motsatt håll då dessa bedöms öka med upp till 3 – 4 gånger fram till år 2030. Utifrån scenario i Figur 52 med ca. 1 - 3 stycken besvärliga isvintrar mellan åren 2020 – 2050 skulle en prognostiserad ökning av antalet fartygsrörelser med 3 – 4 gånger ge ca. 3 – 9 st besvärliga isvintrar då vändytor innanför broläget skulle behöva nyttjas det vill säga flertalet år/decennium. Luleå kommun och Luleå Hamn har skattat behovet att nyttja vändytor innanför ett planerat brolägg till ca. vartannat år.

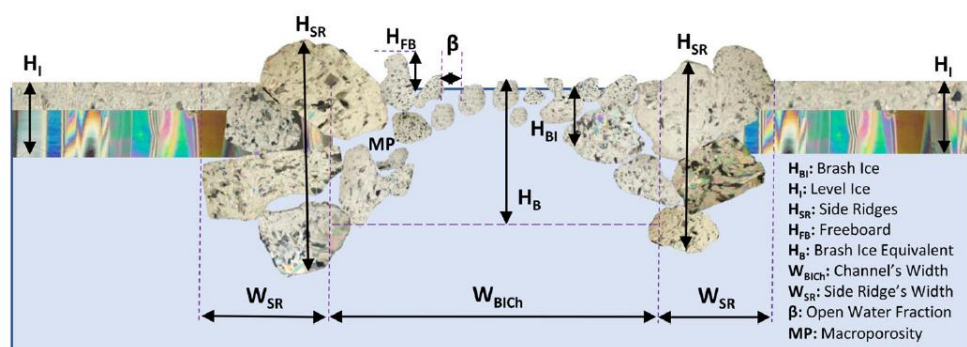
## 6.3 Isförhållanden i farleden under bro

För att bedöma om bron har någon påverkan på sjöfarten vid isförhållanden har kunskap inhämtats dels från forskare dels från representanter från de olika yrkeskategorier som verkar i Luleå hamn och som har lång erfarenhet av rådande förhållanden.

### 6.3.1 Forskning om is i farleder

Detta avsnitt utgår från kunskap om istillväxt som har inhämtats från Vasiola Zhaka som doktorerat i ämnet vid Luleå Tekniska Universitet 2019 - 2023.

Figur 53 visar ett tvärsnitt av en farled efter en fartygsrörelse. Krossisen ( $H_B$  Height Brash ice) som består av uppbrutna isblock i varierande storlekar samlas i farledens mittsektion och vallarna på respektive sida ( $H_{SR}$  Height Side Ridges) växer och packas samman av att uppbruten is kastas åt sidorna varje gång som ett fartyg passerar. Isen förflyttas dels på grund av trycket från fartygets skrov, dels med hjälp av strömmen genererad av fartygets propeller. Vid varje fartygsrörelse växer sig vallarna djupare under vattenytan och mer krossis ansamlas i själva farleden.

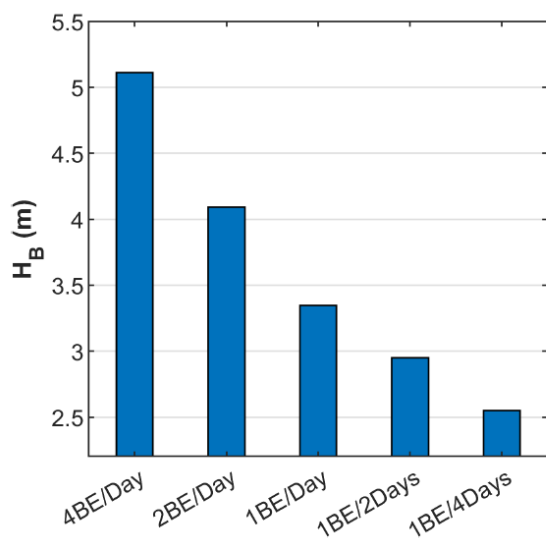


Figur 53: Tvärsnitt av en farled efter en fartygsrörelse (Källa: Doktorsavhandling "Brash Ice and Level Ice Growth, Effects of Snow" - Vasiola Zhaka, LTU 2023)

Under hur lång tid som en farled kan hållas uppe för trafik beror av kombinationen av alla de faktorer som påverkar istillväxten under aktuell isvinter.

En modell för beräkning av istillväxt har utvecklats av J Sandkvist, Luleå Tekniska Universitet (1980, 1986). Modellen har genom åren vidareutvecklats och verifierats med hjälp av fullskaleförsök i Luleå hamn (borrprover av is). Senaste verifieringen har gjorts i samband med en doktorsavhandling av Vasiola Zhaka (LTU 2023).

En av de faktorer som kan varieras i modellen är antalet fartygsrörelser. Figur 54 visar resultat för hur tjockleken på krossisen ( $H_B$ ) varierar med antalet fartygsrörelser i en farled eller i en vändyta. Diagrammet illustrerar ett scenario 150 dagar in i en besvärlig isvinter.



Figur 54: Maximal tjocklek för krossis efter 150 dagar under en besvärlig isvinter för olika antal fartygsrörelser. BE = Breaking Events. (Källa: Doktorsavhandling "Brash Ice and Level Ice Growth, Effects of Snow" - Vasiola Zhaka, LTU 2023)

Enligt diagrammet är lagret av krossis ca. 1 m tjockare om farleden trafikeras med 4 fartyg per dygn jämfört med en trafikering på 2 fartyg per dygn, tjockleken på lagret av krossis ökar med ca. 25 % vid en dubbling av antalet fartyg.

Antalet fartygsrörelser kommer att öka med 3 – 4 ggr enligt hamnens nuvarande prognoser. Enligt diagrammet ökar tjockleken på lagret av krossis med ca. 50 % om antalet fartyg fyrdubblas från 1 fartyg per dygn till 4 fartyg per dygn. Siffrorna bör tolkas med försiktighet på så vis att resultatet gäller i just det scenario som modellerats men resultatet bekräftar praktiska erfarenheter från operatörer på isbrytare och bogserbåtar i Luleå Hamn.

### 6.3.2 Framkomlighet i farleden under isförhållanden

Den seglingsbara farledsbredden behöver vara 65 meter enligt framtagna kravspecifikation från Sjöfartsverket.

Den samlade kunskapen från forskare och sjöfarten säger att om inte isreducering sker kommer det att bildas vallar under isen på båda sidor längs farleden. Vallar kommer att byggas på allteftersom och till slut nå så djupt att all is som bryts i rännan blir kvar i rännan.

In till Luleå Hamn breddas farleden allt eftersom genom att isbrytarna bryter upp ett nytt spår intill det tidigare, detta för att säkerställa sjötrafiken genom hela issäsongen.

I PM *Bedömning av isförhållande i Luleå Hamn (Lennart Fransson 2024-04-10)* anges att det under mycket besvärliga vintrar kan bildas vallar med 6

meters djup och 12 meters bredd på sidorna av rännan under bron. För att vallbildningen i farleden inte ska påverkas av bropelare eller ledverk bör den fria bredden därför vara minst 60 meter.

Utifrån resonemanget ovan innebär den planerade lösningen på bron med 65 meter mellan ledverken att det inte är möjligt att bredda eller bryta ytterligare en ränna om man inte klarar att hålla farleden öppen.

## 6.4 Isreducerande åtgärder

I samband med fartygssimulering som utfördes för den öppningsbara bron 2021 konstaterade Sjöfartsverket att det krävs isreducerande åtgärder för att hålla bropassagen öppen för sjöfarten vintertid. Detta bedömdes som ett nödvändigt komplement till bogserbåtarnas isbrytande insatser invid brofäste och ledverk.

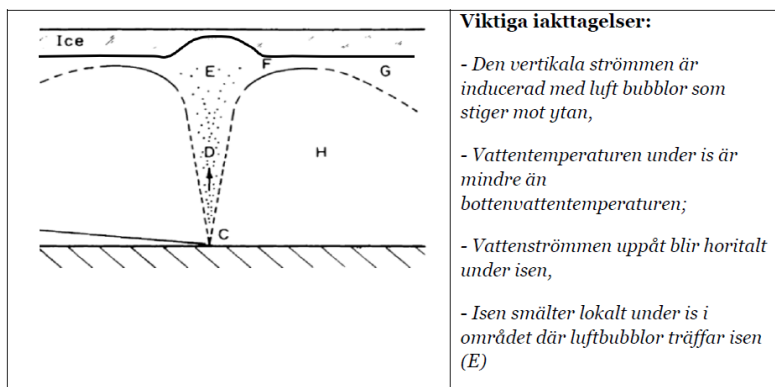
Frågan om isreducerande åtgärder i farleden kom åter upp på isworkshop som hölls 2023-11-21 (*PM Workshop isfrågor 2023-11-21, Trafikverket 2024-02-01*).

Trafikverket har tagit del av studie från år 2018 – 2019 som omfattade kartläggning av isproblem i Luleå Hamn samt förslag till olika metoder för att hantera is, *Förslag till nya metoder att hantera is i Luleå hamn Del 1 – 3 (Kaj Riska, Lennart Fransson 2018-12-17/2019-04-10)*.

I utredning konstateras att det i Luleå Hamn finns generella isproblem bland annat på grund av att isen vintertid inte transporteras ut till havs utan ansamlas i hamnområdet. Hamnområdet är relativt trångt och is ansamlas ofta invid kajerna. Bogserbåtarna nyttjas ofta för att rensa området närmast kajerna vilket kräver precision och tid och det finns risk för att pollare och annat som monterats längs kajen skadas.

En metod som redovisas i utredning är att förhindra att vatten fryser till is med hjälp av luftbubblor eller strömbildare.

Ett luftbubblingssystem kan konstrueras så att luft släpps ut från rörledningar på havsbotten där bottenvattnet är varmare än vattnet vid isens bottenyta. Luften som stiger tar med sig det varmare vattnet som därmed smälter isen, se Figur 55 för principlösning.



Figur 55: Principlösning luftbubblingsystem. (Källa: Förslag till nya metoder att hantera is i Luleå hamn Del 1 – 3 (Kaj Riska, Lennart Fransson 2018-12-17/2019-04-10).

Det varma vattnet som stiger förlorar dock energi på vägen mot isens bottenyta. Laboratorieförsök har indikerat att om man ställer varmvattenrör på 6 m djup istället för 2 m djup är värmeenergin 75 % lägre. Vid rätt förutsättningar kan luftbubblingsystem ge en lokal effekt och fungera till exempel invid en kaj. Systemet är dock mekaniskt sårbart då rör kan frysa eller blockeras på annat sätt.

Luftbubblornas effekt kan bli större om också varmt vatten släpps ut från en rörledning som ligger ovanför luftrörledningen.

Utredning redogör för ett försök med en dränkbar pump för smältning av isblock som installerades utanför Strömören i februari 2019. Resultat indikerar att metod skulle kunna fungera för att reducera is invid en kaj.

En annan metod som redovisas är att skapa en ström på vattenytan med ytvattenströmgeneratorer, denna har använts i vissa finska hamnar. Med en vattenström kan man lokalt skapa en isfri yta men nettoeffekten är negativ eftersom vattnet blir kallare och isbildning flyttas till området där strömmens hastighet har minskat.

Mekanisk isreducering går ut på att lyfta bort isblock, denna metod har använts lokalt i kanaler men kan inte användas i stor skala. Andra mekaniska metoder är krossning eller sågning av is, detta förutsätter att den krossade eller sågade isen kan försvinna bort med strömmen. Metoden har använts på älv före vårfloden för att hindra isdämning.

Ytterligare en metod som beskrivs är anläggande av ”smältbassänger” vilket används i vissa finska hamnar och även i hamnen utanför Karlsborgsverken. Metoden går ut på att skapa ett invallat grundare område inom hamnområdet till vilket varmt spillvatten leds. Isblock kan förflyttas till smältbassängen varvid isen smältes. Förflyttning skulle kunna ske till exempel med hjälp av bogserbåtar. Utmaning är att säkerställa att inte utspädning av det varma spillvattnet är för snabb.

En annan metod var att smälta is med varmt vatten företrädesvis någon form av uppvärmt spillvatten.

I slussarna i Trollhätte kanal finns system där man med hjälp av eldrivna propellrar skapar omrörning för att förhindra isbildning samt för att förflytta is som bildats. Vid för orten sträng kyla händer det att enbart omrörning inte räcker till utan även varmvatten måste tillföras. Detta är dock sällsynt och hände senast för ca. 12 - 15 år sedan.

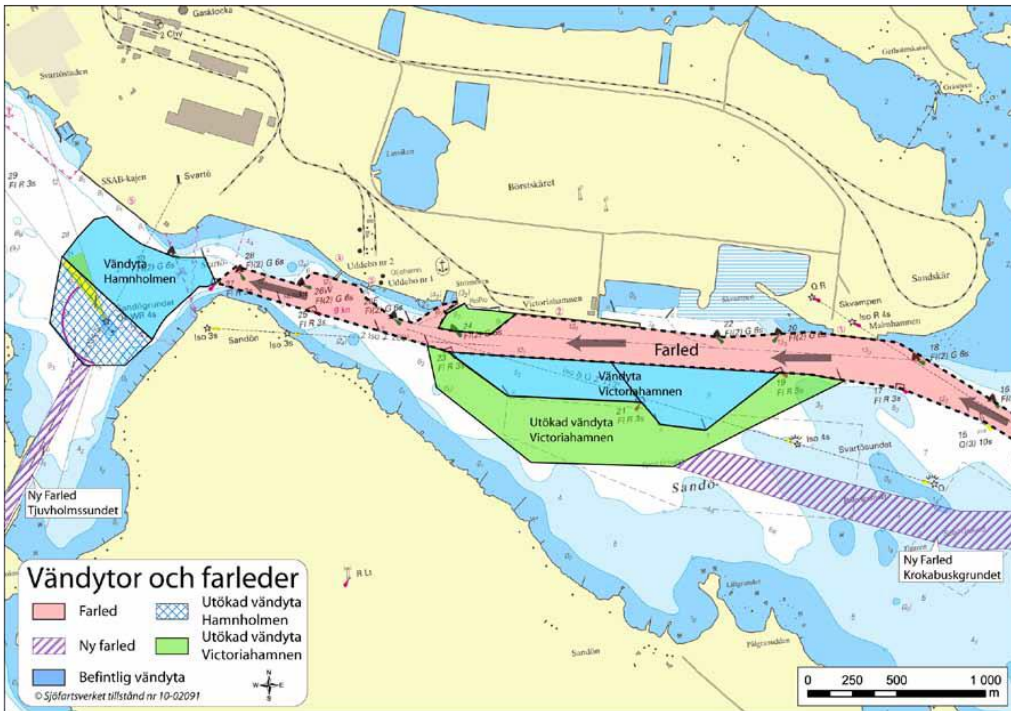
Det finns exempel på finska hamnar som använder någon av metoderna beskrivna ovan eller en kombination av dessa. Gemensamt för dessa applikationer är dock att de används inom avgränsade hamnområden det vill säga inte i öppna bredare farleder som skulle vara fallet vid en öppningsbar bro i Luleå älv. Luleälven har ett stort flöde och det skulle krävas väldigt stora mängder energi för att förhindra isbildning och tillgången till spillvatten är osäker med hänsyn till den omställning av industrin som pågår.

## 7 Kompensationsåtgärder

### 7.1 Historik muddring vändytor

I järnvägsutredningen föreslogs en fast bro mellan Hamnholmen och SSAB-kajen vilket skulle innebära att möjligheten att nyttja befintlig vändyta invid Hamnholmen skulle begränsas samt att möjligheten att nyttja vändytor på Gråsjälvfjärden uppströms bron helt skulle upphöra. För att säkerställa att hamnens verksamhet skulle kunna fortgå även under besvärliga isvintrar studerades möjliga kompensationsåtgärder.

Ett alternativ som studerades var utökning av befintlig vändyta utanför Victoriahamnen enligt Figur 56. Principen var att det skulle finnas utrymme att inom området bryta tre vändområden för vintervändningar. När dessa ytor var förbrukade kunde vändytor invid Hamnholmen brytas upp.



Figur 56: Alternativ för muddring av farled samt utökning av vändytor (Källa: Järnvägsutredningen JU160).

En utökning av den befintliga vändytan på Hamnholmen studerades enligt Figur 56. För att nyttjandet av detta vändområde skulle fungera så effektivt som möjligt vintertid föreslogs en metodik där en ränna bryts upp i form av en "travbana" längs områdets ytterkant. När problem med vallbildningar uppstår och det blir tungt att köra i isen breddas rännan genom att innerspåret successivt bryts upp. När det slutligen inte går att köra i "travbanan" på grund av isbildningen så bryts det kvarvarande vändområdet i mitten upp.

Ett annat förslag bestod av att muddra upp en ny farled vid Krokabusgrundet parallellt med befintlig farled, se Figur 56. Det skulle medföra en genomgångslösning för de fartyg som trafikerar Victoriahamnen och Sandskär då fartygen skulle kunna använda den nya farleden in till kaj och den gamla farleden ut, alternativt tvärtom. Förslaget förutsatte att vändytan utanför Victoriahamnen utökas. Kostnaden för alternativet bedömdes bli mycket hög på grund av omfattande muddringsarbeten, utöver kostnaden för att anlägga "Utökad vändyta Victoriahamnen". Alternativet bedömdes inte vara realistiskt enbart på grund av Norrbotniabanan. Alternativet kunde dock ses som en utvecklingsmöjlighet för hamnverksamheten.

Under 2021 gjordes en ny bedömning av alternativet med en farled via Krokabusgrundet på initiativ av den regionala intressentgruppen vilket



presenteras i utredning ”Motivering bortval Farled Krokabuskgrundet” (2021). Slutsatserna i den utredningen var följande:

- Utformningen av en önskad lösning med ”rundslinga” innebär mycket stora intrång och påverkan på Sandön.
- En annan utformning med mindre intrång på Sandön, där ”rundslingan” ersätts av en stor vändyta mellan Luleå hamn och Sandön innebär väldigt stora muddringsvolymer, utan att alternativet med säkerhet kan sägas fungera.
- Kostnaden för den muddring som krävs är mycket hög och kan inte motiveras.

Noterbart är att även Sjöfartsverket inom arbetet med projekt Malmporten har genomfört en översiktlig bedömning av alternativet med en kompletterande farled via Krokabuskgrundet men även Sjöfartsverket bedömde alternativet som orealistiskt, se utredning *Farled via Krokabuskgrundet (A-metodik 2021-06-23)*.

Ytterligare ett alternativ som studerades i järnvägsutredningen var en ny farled vid Tjuvholmssundet, se Figur 56. Detta alternativ skulle innebära en genomgående trafiklösning för all trafik till hamnen och skulle kunna möjliggöra en rundslinga för farleden in och ut ur Luleå hamn.

Tjuvholmssundet har tidigare använts som farled men sundet har inte tillräckligt djup och bredd för att klara av dagens trafik. Alternativet skulle därför kräva kraftiga åtgärder i form av muddringsarbeten och breddning av sundet. Stora farledsåtgärder skulle även krävas längre ut. Inflygningslinjen för flyget till och från Luleå/Kallax flygplats skulle kunna komma att korsas. Kostnaden för alternativet bedömdes bli mycket hög och alternativet bedömdes även medföra mycket stor miljöpåverkan i området. Alternativet bedömdes inte som realistiskt.

Under 2021 gjordes en ny bedömning av ”Ny farled via Tjuvholmssundet” på initiativ av den regionala intressentgruppen vilket presenteras i utredning *Ny farled via Tjuvholmssundet (A-metodik 2021-03-09)*. Slutsatserna i den utredningen var följande:

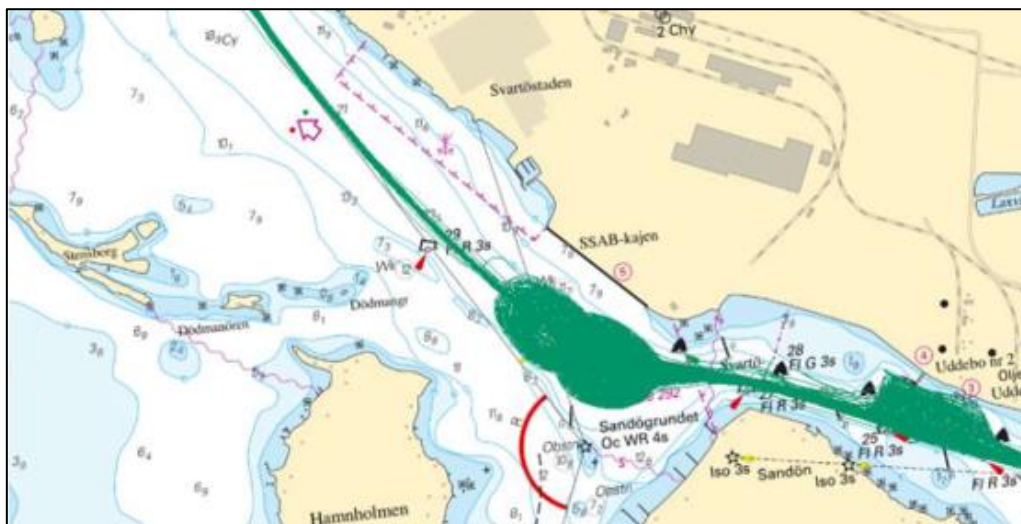
- Både farledsdjup och farledsbredd måste utökas kraftigt vid Tjuvholmssundet samt längre ut mellan Germandön och Junkön.
- Alternativet uppfyller inte sjöfartens säkerhetskrav pga. för skarpa ”girar”. Lösningen skulle kräva säkerhetsåtgärder i form av exempelvis säkerhetsmarginaler i farledsutformning och tekniska skydd för att kunna accepteras.
- Stor miljöpåverkan och påverkan för närboende.
- Alternativet hindrar/försvarar utvecklingsmöjligheter av Sandön på sikt.

- Farleden kommer i konflikt med flygets och försvarets intressen, då farleden korsar inflygningen till Luleå flygplats.
- Kostnaden för alternativet bedöms bli hög.

De kompensationsåtgärder som slutligen ingick i det östra alternativet i järnvägsutredningen var utökade vändytor utanför Victoriahamnen samt invid Hamnholmen. Delar av områdena utanför Victoriahamnen och Hamnholmen ingår i dagsläget i de muddringsarbeten som projekt Malmporten planerar att genomföra. Ytterligare muddring krävs om en potentiell broförbindelse skulle komma att inskränka på de befintliga vändytorna invid Hamnholmen.

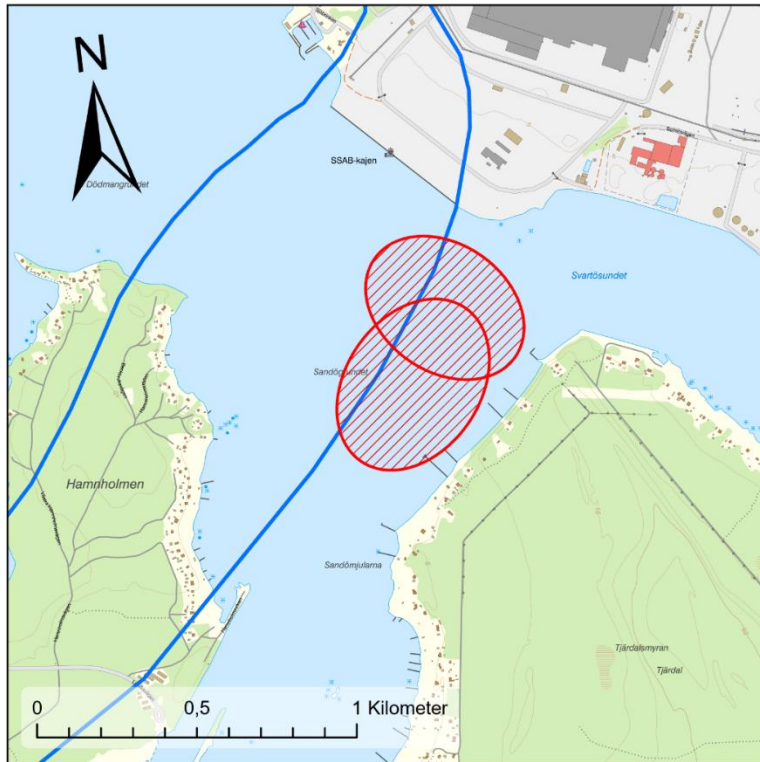
## 7.2 Muddring för utökning av vändyta invid Hamnholmen

Den yttre av de två befintliga vändytorna närmast intill Hamnholmen nyttjas som regel först. Allt eftersom denna förbrukas utökas ytan uppströms, se exempel i form av fartygsrörelser från AIS-data under perioden januari – maj 2019 i Figur 57.



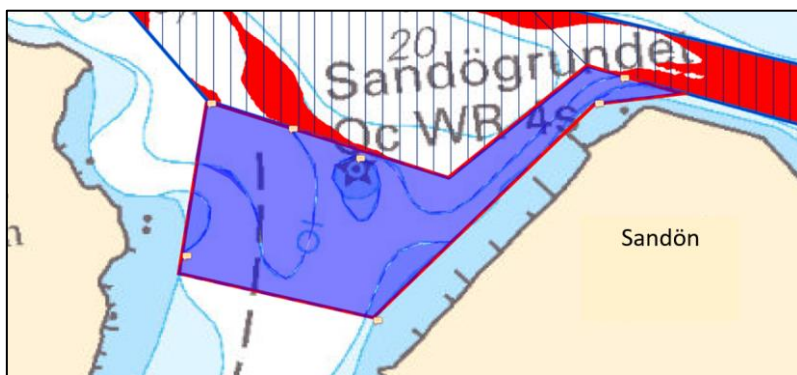
Figur 57: AIS-data som visar fartygsrörelser under perioden jan – maj 2019 (Källa: Sjöfartsverket)

De två vändytorna invid Hamnholmen, framför allt ytan uppströms, skulle komma i konflikt med ett potentiellt brolägg med tillhörande ledverk. Då vändytorna är nödvändiga för att säkerställa sjöfarten under issäsongen krävs en kompensationsåtgärd och den åtgärd som bedöms möjlig är tillskapande av ny vändyta enligt Figur 58.



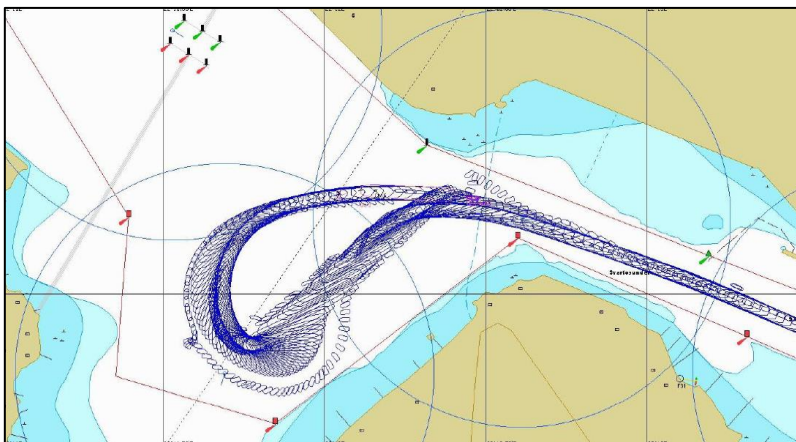
Figur 58: Ny vändyta behöver tillskapas på grund av konflikt med ett potentiellt brolägg.

Ny vändyta skulle tillskapas genom att fyren ”Sandögrundet” tas bort och ytan muddras till samma ramfria djup, 12,85 m som projekt Malmporten kommer ge för detta farledsavsnitt, se yta aktuell för muddring i Figur 59.



Figur 59: Ny vändyta skulle tillskapas genom muddring av området där bland annat fyren Sandögrundet finns idag.

I samband med fartygssimulering 2021 simulerades vändning på tänkt ny tillskapad vändyta, se simulerade fartygsspår i Figur 60.



Figur 60: Fartygsspår på ny tilltänkt vändyta invid Hamnholmen. (Källa: Simulering av förutsättningar för en öppningsbar bro över Svartösundet, Luleå, Sjöfartsverket sept 2022)

Storleken på en vändyta minskas allt eftersom på grund av istillväxt och vallbildning i ytterkanterna. Kompensationsåtgärden skapar två vändytor som delvis överlappar varandra och också ligger i vinkel mot varandra, vid nyttjande av den ena vändytan kommer även en relativt stor del av den andra vändytan att förbrukas och respektive vändyta blir mer utsatt för vallbildning jämfört med om vändytor ligger i linje efter varandra. Sjöfartens bedömning är att den nya vändytans utformning/placering innebär att den snarare ska klassas som en stor vändyta istället för två. Kombinationen större fartyg och ökat antal fartygsrörelser innebär att vändytan vid Hamnholmen, trots kompensationsåtgärder, förbrukas snabbare. Detta medför att vändytor innanför ett tänkt brolägg kommer att behöva nyttjas tidigare jämfört med dagsläget.

### 7.3 Nytt kajläge för isbrytarna

Sjöfartsverket ser en risk att nuvarande kaj vid Svartön i Luleå inte fortsatt kan fungera som isbrytarnas hemmakaj i det fall det östra alternativet med en öppningsbar bro blir verklighet. Detta då isbrytarnas ankomst och avgång bör styras utifrån behovet av isbrytning och assistans av fartyg till havs vilket inte nödvändigtvis skulle sammanfalla med tidpunkter för planerade broöppningar. Oavsett frekvensen på service- och underhållsåtgärder föreligger det risk för driftstörningar på en öppningsbar bro och en situation där isbrytarna skulle bli instängda innanför bron skulle kunna medföra allvarliga konsekvenser för fartygstrafiken och berörda aktörer inom industrin. Isbrytarna kan framöver även komma att få utökade uppdrag för totalförsvaret och SAR (Search And Rescue) vilket kan kräva snabba insatstider.

En ny kaj för isbrytarna skulle behöva vara ca. 400 – 500 m lång. Enligt Sjöfartsverket bör en hemmakaj vara strategiskt placerad utifrån var behovet av isbrytning är som störst. Långa körsträckor för att bunkra förnödenheter samt för att byta besättningar bör undvikas. Luleå och Piteå är de orter som ligger bäst till utifrån det område som isbrytarna främst opererar inom. Enligt Luleå Hamns nuvarande planer för hamnområdet finns det inte plats för en ny kaj för isbrytarna utanför potentiellt brolägg. Frågan om var en ny kaj skulle kunna placeras kvarstår och måste hanteras gemensamt av flera parter såsom potentiella kommuner och hamnar, Sjöfartsverket och Trafikverket.

## 7.4 Ombyggnad av bogserbåtar

En eller flera av Luleå hamns nuvarande bogserbåtar skulle behöva byggas om för att kunna passera genom den öppningsbara bron i stängt läge. Detta då de tre befintliga bogserbåtarna har en air draft på ca. 18 – 22 m (Viscaria ca. 22 m, Valkyria ca. 18 m och Vilja ca. 19-20 m) och möjlig maximal segelfri höjd bedöms till ca. 18 m. Det är framför allt bogserbåtarnas master som måste åtgärdas, möjligen skulle dessa kunna göras fällbara. Se bogserbåten Viscaria i Figur 61.



Figur 61: Bogserbåten Viscaria (Källa: Luleå Hamns hemsida)

## 7.5 Åtgärder Luleå/Kallax flygplats

Det är troligt att någon form av åtgärd kommer att krävas med anledning av att järnvägen dras nära flygplatsen. Åtgärder skulle t.ex. kunna omfatta flytt av system eller master för att undvika störningar. Den mest omfattande åtgärden som skulle kunna bli aktuell är förläggning av järnvägen under mark i ett betongtråg.

## 8 Samspelet mellan järnvägstrafik och sjöfarten

Med en öppningsbar bro kommer en kompromiss mellan tågtrafikens och sjöfartens intressen att bli nödvändig. Hur sjöfarten och järnvägstrafiken påverkas beror på många olika faktorer. Antalet anlöp i hamnen, isförhållanden, när på dygnet fartygen kommer, hur prioriteringen mellan fartyg och tåg sker mm. Hur samspelet mellan tågtrafiken och sjöfarten ska regleras är inte beslutat och om det östra alternativet blir aktuellt behöver det göras överenskommelser om hur det ska hanteras.

### 8.1 Öppningstid bro

Öppningsförfarande är i princip samma oavsett brotyp och beskrivning nedan är därför generell oavsett brotyp. Förutsättningar för öppningsförfarande såsom manövreringstider för bro, passagetid och säkerhetsavstånd för fartyg är osäkra i detta skede. Manövrering av bro det vill säga avstängning av spårtrafik på bron, bedöms ta minst 20 minuter och består av delmoment enligt Tabell 6.

Tabell 6: Moment samt tidsåtgång vid broöppning

Moment	Tidsåtgång	Kommentar
Klargöring inför manövrering.	15 s	Till stor del ett förberedande arbete. Tidsåtgång satt enbart för slutgiltigt klargörande.
Öppning. Manövrering låsning samt lyft och sväng respektive enbart lyft.	360 s (6 min)	Generell tid satt baserat på tider för befintliga broar.
Passage sjötrafik.	390 s (6,5 min)	Vid ett antagande av 1000 m säkerhetsavstånd och 5 knops fart (från genomförda simuleringar)
Stängning	360 s (6 min)	Generell tid satt baserat på tider för befintliga broar med en ökning pga bronns storlek.

Tidsåtgången för öppning av bron är även en avvägning utifrån ett dimensionerings- och underhållsperspektiv.

Säkerhetsavstånd definieras vanligtvis av Sjöfartsverket och avser det avstånd från bron som ett fartyg måste befinna sig på innan bron är öppen för fartygspassage. Vilka krav som Sjöfartsverket kommer ställa på detta avstånd beror på en rad faktorer såsom exempelvis storlek på fartyg, typ av fartyg, omgivningsförhållanden (vind, is, ström) samt rekommendationer från

PIANC<sup>2</sup>. Säkerhetsavstånd är därför osäkert i detta skede. Med ett ökat krav på säkerhetsavstånd till exempelvis 1 nautisk mil (1 852 m) ökar passagetiden med 5 och en halv minut innebärande total avstängningstid på spår på strax under 25 minuter.

## 8.2 Sjöfartens behov av broöppningar

Under sommarmånaderna är behovet av broöppning lågt förutsatt att den seglingsfria höjden blir minst 18 meter. Isbrytarna, fartyg till Cementa, kryssningsfartyg, större segelbåtar m.fl. behöver däremot anpassa sig efter broöppning. Om den segelfria höjden blir lägre än 17 meter kommer fritidsbåtstrafiken att påverkas, enligt Sjöfartsverkets nautiska kravspecifikation gör man bedömningen att majoriteten av fritidsbåtarna klarar sig under 17 meter.

Vintertid ser dock situationen annorlunda ut eftersom fartyg som behöver nyttja vändytor uppströms bron påverkas. Beroende på väder och isförhållanden blir variationerna i påverkan på sjöfarten stora. Frågorna kopplade till is- och klimatfrågor är komplexa och det finns stora osäkerheter.

Dialogen med hamnen har resulterat i att vi som utgångspunkt bör anta att isförhållandena medför att man får räkna med att fartyg behöver vända innanför ett broläge vartannat år. Behovet tros uppkomma under perioden januari - april och hur lång störningen blir kommer att variera från år till år. Under issäsongen 2023/2024 har ytorna innanför ett broläge börjat nyttjas redan i mitten av januari. Från det att ytorna börjar nyttjas behöver samtliga fartyg passera bron för att vända samt att såväl isbrytarna som bogserbåtarna har ett omfattande arbete med isbrytning.

Prognosen för antalet anlöp fram till 2030 ger ca. 5 - 6 anlöp/dag i medeltal vilket då medför 10 - 12 stycken öppningar per dag för vändande fartyg under de perioder då vändytorna innanför bron på Gråsjäljärden behöver nyttjas. Utöver vändande fartyg tillkommer det öppningar för isbrytarna och Cementabåtarna som har hemmakaj innanför järnvägsbron.

## 8.3 Principer för hur broöppningar kan ske

För befintliga öppningsbara broar i Sverige finns två huvudprinciper för hur broöppningar kan hanteras:

Alt 1) ”ad-hoc” – när behov uppstår.

Sjöfartsverket kontaktar TRV Trafikledning minst 2 h innan önskad broöppningstid. TRV Trafikledning tillhandahåller lämplig

---

<sup>2</sup> PIANC (Permanent International Association of Navigational Congresses) är en internationell icke-politisk intresseorganisation vars mål är att främja sjöfart genom utveckling av planering, utformning, anläggning och underhåll av farleder och hamnar. Myndigheter, företag och privatpersoner är medlemmar i organisationen

broöppningstid inom ett tidsintervall på ca. 1 h efter önskad broöppningstid utifrån när det finns lucka i tågtrafiken.

Förfarandet skulle innebära möjlighet att anpassa broöppningstiden utifrån den faktiska trafiksituationen och kapacitet binds inte upp i onödan för broöppningar. Kan kräva inställelse av tåg eller merförsening med kort varsel ca. 2 h i förväg.

#### Alt 2) Förplanerade tidsfönster

Fördefinierade tidsfönster där sjöfarten har företräde. Troligtvis behövs något längre tidsfönster per fartyg eftersom det är svårt att detaljstyra fartygstrafiken. Tågtrafiken planeras utifrån de fasta tidsfönstren för sjöfarten.

Förfarandet skulle innebära möjlighet att i förväg anpassa tågtrafiken för att minimera risken för merförseningar. Alternativet ger dock mindre möjlighet till anpassning utifrån förändringar i trafiken i operativt läge, t.ex. försenade tåg. Kapacitet binds upp i tidtabellen för broöppningar även om tidsfönster inte kommer nyttjas.

Operatörerna ges möjlighet att anpassa sin trafik i god tid i förväg.

Nedan beskrivs några exempel på hur öppning av järnvägsbroar i södra Sverige har hanterats. Tidsfönster för dessa broar är planerade för genomgående trafik med en bropassage. I Luleå behöver tidsfönster anpassas för både in- och utgående trafik i samband med vändning.

- Södertälje, lyftbro:
  - Förplanerade fönster på 20 min för broöppning med tillhörande trafiklösning
  - Dagtid 4 fasta tillfällen och då ställs pendeltåg in (vardagar kl 10, 13, 19, 23)
  - Brovakten tar kontakt med Trafikledningen i god tid vid behov av öppning
  - Avstämning ca. 20 min innan broöppning om exakt tid
  - Nära slutstation i Södertälje, vilket gör att förseningar inte sprids
- Norsholm (Göta kanal, Norrköping – Linköping), enkel klaffbro:
  - ”ad-hoc” där det finns lucka i trafiken, men ingen broöppning tillåten mellan klockan 6-9 och 15-18
- Göteborg, Marieholmsbroarna, två stycken enkel svängbro:



- ”ad-hoc” där det finns lucka i trafiken, men ingen broöppning tillåten mellan klockan 6-9 och 15-18
- Kvicksund
  - Möjlighet till 20 min broöppningstid vid ett visst klockslag varje timme kl 6-20
  - Avrop från sjöfarten minst 90 min i förväg, men gärna 2-4 h i förväg

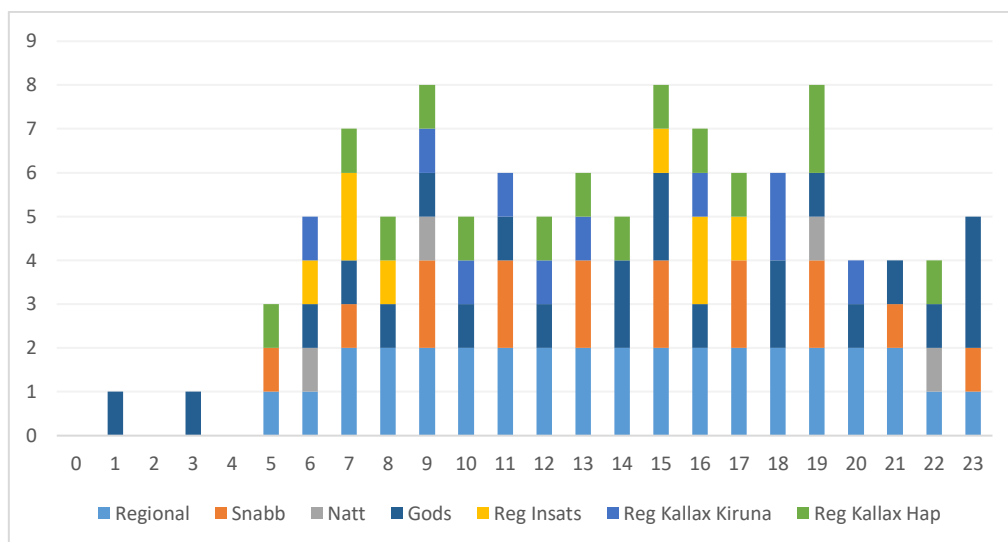
Samtliga av ovanstående exempel förutom Kvicksund avser öppningsbara broar i anslutning till dubbelspår. För Norrbotniabanan blir förutsättningarna något annorlunda då den till stor del byggs enkelspårig, vilket innebär att tågen endast kan mötas ca. var tionde kilometer. Detta ger fler beroenden mellan tågen som kan påverka hur rutinerna för broöppningen bör utformas.

Hur detta ska hanteras och regleras i avtal behöver utredas vidare.

## 8.4 Tidsfönster för broöppning

Utformning av tågplanen görs utifrån ansökningar om tider i spår från järnvägsföretag och entreprenörer, där ansökningar ska lämnas in ca. 7 månader i förväg för kommande års tidtabell. Tågplanen kan därmed variera från år till år men generellt är tågtrafiken tätare under dagtid eftersom persontrafiken då är mest frekvent.

Baserat på de prognoser för tågtrafiken som beskrivits i avsnitt 2.1 för Norrbotniabanan, sträckan mellan Luleå C och Luleå/Kallax flygplats har prognostiserat antal tåg per timme sammanställts i Figur 62 nedan. Figuren visar ett tänkt tågtrafikupplägg utifrån erfarenheter från järnvägsföretagens trafikeringsstrategier. Upplägget innebär minst 5 tåg per timme under dagtid och i rusningstrafik upp till 8 tåg per timme.



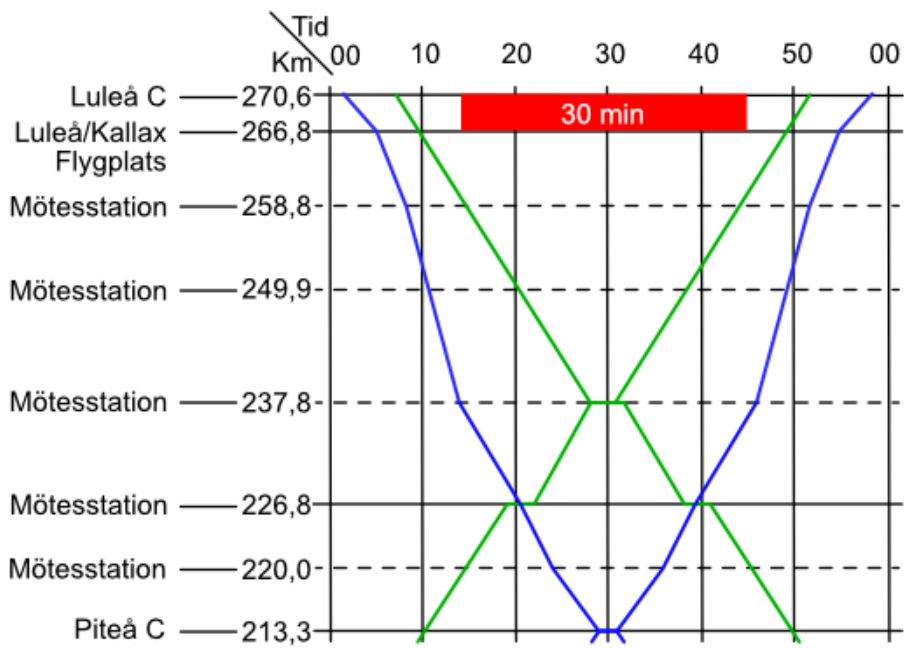
Figur 62: Exempel på tågtrafikupplägg per timme under ett dygn, sammanlagt ca. 100 tåg per dygn.

Nattetid, mellan kl 00 – 05 finns det gott om tid till broöppningar. För att undersöka möjligheten till tidsfönster för broöppning under dagtid har vi gjort en fördjupad analys med hjälp av grafiska tidtabeller.

I analysen har vi utgått från att tidsfönstret för broöppning är minst 30 minuter. Förutom tiden som åtgår för de faktiska moment som ingår i en bropassage behöver ett inplanerat tidsfönster även inrymma en viss marginal för förseningar t.ex. av fartyg eller tåg. Detta för att systemet som helhet inte ska bli för störningskänsligt.

Analysen har visat att antalet tåg per timme behöver reduceras till ca. fyra stycken för att ge utrymme för 30 minuters tidsfönster. Fler tåg innebär transporttidsförlängningar eller inställda tåg.

I exemplet nedan, Figur 63, visas en timme där det går fyra tåg mellan Luleå C och Piteå C. Förutsättningen för ett tidsfönster på 30 minuter är att tågen kör i kolonn efter varandra utifrån ett knutpunktsupplägg.



Figur 63: Den grafiska tidtabellen visar tågens väg mellan Luleå C och Piteå C under en timme (de färgade linjerna). Blå=regionaltåg, grön=godståg. Röd ruta illustrerar 30 minuters broöppning.

## 8.5 Konsekvenser för järnvägstrafiken

Antalet broöppningar och tidpunkten för dessa har stor betydelse för hur tågtrafiken påverkas. Vidare har det stor betydelse hur långa tidsfönster för broöppning som skulle krävas. I detta avsnitt analyseras hur olika scenarier för detta påverkar järnvägstrafiken. Analyserna bygger på det tidtabells-scenario som tidigare beskrivits vilket bygger på knutpunktstrafik för regionalstågstrafiken (se avsnitt 2.2).

### 8.5.1 Längd på tidsfönster för avstängd tågtrafik till följd av broöppning

I avsnitt 8.3 beskrivs att principen för broöppning skulle kunna vara antingen ”ad-hoc” vid behov eller enligt förplanerade tidsfönster. Under en längre period med 10 - 12 broöppningar/dygn bedöms förfarande enligt ”ad-hoc” som svårhanterligt, detta då ett relativt stort antal tåg skulle påverkas varje dygn med kort varsel. Tåg som ställs in med kort varsel eller försenas innebär utmaningar med resenärsinformation och ersättningstrafik.

Detta avsnitt utgår därför från att principen med förplanerade tidsfönster skulle vara nödvändigt när längre perioder med 10 - 12 broöppningar/dygn skulle inträffa. Det innebär att under den period det vanligtvis är sådant isläge att fartygen behöver passera bron för att vända så planeras det i förväg in fasta tider för broöppning i den årliga tågplanen. Då blir det en kapacitetsförutsättning som järnvägsföretagen som ansöker om järnvägskapacitet måste förhålla sig till, där tidtabellen anpassas efter de planerade broöppningstiderna. Därmed blir inte tågtrafiken beroende av ett beslut några dagar i förväg baserat på hur isläget förändras utan broöppningstiderna finns med som en förutsättning i det kapacitetserbjudande Trafikverket ger till järnvägsföretagen. En konsekvens av detta är dock att Norrbotniabanan kapacitetsmässigt reduceras med ca 20 % under jan-april varje år oavsett om tiderna kommer nyttjas eller inte (ännu mer enskilda timmar).

Det finns två huvudprinciper för hur lång tid som tågtrafiken behöver stängas av i samband med broöppning till följd av fartygspassage.

Alt A) Bron stängs under fartygsvändningen – max 30 minuter avstängd tågtrafik

Alt B) Bron hålls öppen under fartygsvändningen – 60 – 90 minuter avstängd tågtrafik

#### **Alternativ A: Bron stängs under fartygsvändningen – max 30 min avstängd tågtrafik**

För att ett fartyg ska kunna passera i ena riktningen förbi bron bedöms järnvägstrafiken behöva vara avstängd i max 30 min. För att inte överstiga

denna tid behöver bron vara stängd under den tid som fartyget vänder innanför bron och därefter öppnas igen för att släppa ut fartyget. Det innebär alltså att varje vändande fartyg kräver två broöppningar och att järnvägstrafiken då behöver vara avstängd i ca. 30 min vid två efterföljande tillfällen, där järnvägstrafiken kan släppas på under fartygsvändningen.

Utifrån framtagna tidtabellanalys skulle ett lämpligt upplägg vara att järnvägstrafiken stängs av i max 30 min ca. XX.15 – XX.45, därefter släpps tågtrafiken på under fartygsvändningen i 30 min ca. XX.45 – XX.15 och därefter sker broöppning igen ca. XX.15-XX.45 efterföljande timme.

Då kan minst ett persontåg och ett godståg per timme och riktning framföras och det efterfrågade knutpunktsupplägget för regionalstågstrafiken upprätthållas, se 2.2.2. Vid en längre avstängningstid än 30 min blir det svårt att upprätthålla denna basnivå av järnvägstrafik varje timme. Det innebär även att tidsfönstren för fartygspassage dagtid behöver vara max 30 min åt gången.

### **Alternativ B: Bron hålls öppen under fartygsvändningen – 60 – 90 min avstängd tågtrafik**

Om bron ska hållas öppen under fartygsvändningen bedöms tågtrafiken behöva vara avstängd i minst 60 min, men troligen mer för att ha extra marginaler vid fartygsförseningar (90 min har antagits nedan). En konsekvens av så långa avstängningstider dagtid skulle bli att all tågtrafik skulle behöva ställas in under vissa timmar, vilket innebär att möjligheten att framföra regelbunden person- eller godstågstrafik varje timme inte skulle uppfyllas. Vidare skulle konsekvenserna bli orimligt stora om ett tåg skulle vara försenat och inte hinna förbi bron innan öppning.

### **8.5.2 Fördelning av broöppningar över ett dygn**

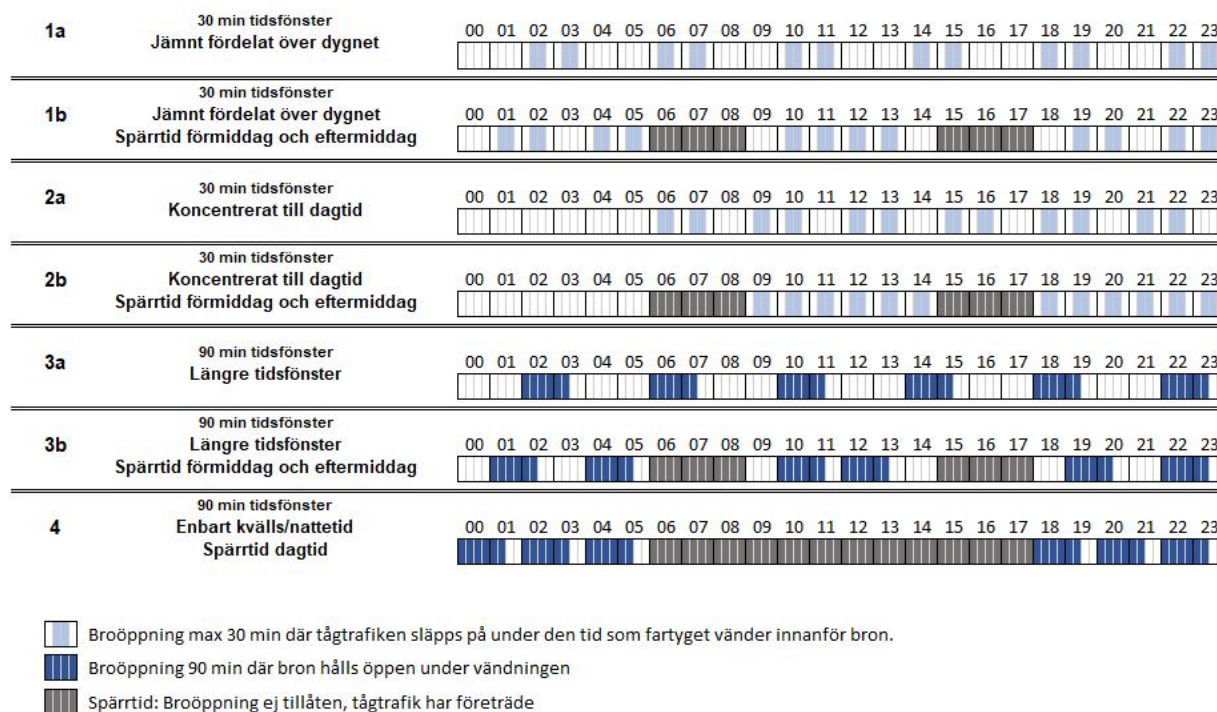
Enligt tidigare bedömning kommer ca. 5 - 6 fartygsvändningar som kräver broöppning per dygn behöva genomföras (se avsnitt 8.2). Det finns olika alternativ för hur dessa vändningar kan fördelas i tid över dygnet, där respektive alternativ ger olika konsekvenser på framkomligheten för både sjöfarten och järnvägstrafiken.

Trafikverket har utrett påverkan på tågtrafiken för nedanstående alternativ:

- **Alternativ 1a:** En halvtimme per öppning jämnt fördelat över dygnet
- **Alternativ 1b:** En halvtimme per öppning jämnt fördelat över dygnet där ingen broöppning är tillåten mellan ca. kl 6-9 och kl 15-18
- **Alternativ 2a:** En halvtimme per öppning mer koncentrerat till dagtid
- **Alternativ 2b:** En halvtimme per öppning mer koncentrerat till dagtid där ingen broöppning är tillåten mellan ca. kl 6-9 och kl 15-18
- **Alternativ 3a:** Längre planerade stopp jämnt fördelat över dygnet

- **Alternativ 3b:** Längre planerade stopp jämnt fördelat över dygnet där ingen broöppning är tillåten mellan ca. kl 6-9 och kl 15-18
- **Alternativ 4:** Broöppning enbart kvälls- och natttid

Figur 64 visar hur broöppningar fördelas över dygnet för de olika alternativen.



Figur 64: Grafisk illustration på hur broöppningar fördelas över dygnet.

### Alternativ 1a: En halvtimme per öppning jämnt fördelat över dygnet

Alternativet innebär att tre fartygsvändningar sker dagtid kl 6-18 och resterande tre sker kvälls- och natttid kl 18-06. Varje fartygsvändning ger påverkan på tågtrafiken i två efterföljande timmar genom att tågtrafiken stängs av i 30 minuter per timme och därefter släpps på under den tid som fartyget vänder innanför bron. Med den antagna tågtrafiken ger detta följande konsekvenser för respektive trafikupplägg:

- Regional stomtåg Luleå-Umeå i knutpunktsupplägg väntas kunna köras utan påverkan så länge tågen går enligt tidtabell eller med max ca. 15 min försening och tiden för broöppningen förläggs anpassat efter knutpunktsupplägget.
- Ungefär hälften av snabbtågen väntas påverkas av broöppning där dessa får förlängd transporttid med ca. 10 min per tåg utifrån antagen tidtabell (tidigarelagd avgångstid respektive senarelagd ankomsttid för

att inte påverkas av broöppningen). Vändtiden i Luleå bedöms vara så lång att transporttidsförlängningen inte får någon påverkan på vändande tåg.

- Påverkan på nattågen väntas bli förhållandevis liten då nattågen i de flesta fall går vid tidpunkter då övrig persontrafik är mindre omfattande. Nattågen har dessutom normalt mer marginaler i tidtabellen och är mindre tidskänsliga. Påverkan kan bli större för 1-2 avgångar som ankommer/avgår i högtrafik.
- Ungefär hälften av de regionala insatstågen för persontrafik Boden – Piteå i högtrafik på morgonen och eftermiddagen väntas trafikera de timmar då broöppning antas ske. Då dessa tåg ofta har korta vändtider i ändarna och skulle få en försening på minst 15 min, vilket även skulle påverka vändande tåg, så är bedömningen att samtliga av dessa tåg behöver ställas in, även de som inte drabbas direkt av broöppningen.
- Tidtabellen för regionaltåg mellan Kiruna/Haparanda och Kallax flygplats antas anpassas efter knutpunktsupplägget för regionaltågen på Norrbotniabanan, så att goda anslutningsmöjligheter fås mellan dessa trafikupplägg i Luleå. Utifrån en sådan tidtabell, med förutsättningen att dubbelspår byggs mellan Luleå – Kallax samt att regionaltågsstationen i Kallax utformas på ett sådant sätt att vändande regionaltåg kan hanteras, är bedömningen att dessa tåg kan gå utan någon större påverkan. I de fall det blir konflikt med andra tåg eller broöppning, t ex vid större förseningar, finns möjlighet att byta till anslutande regionaltåg som går minst en gång i timmen alternativt flygbussarna som går förhållandevis tätt. Sammanfattningsvis bedöms påverkan bli liten utifrån ovan antagna förutsättningar, men kapacitetsbrist på Malmbanan och sträckan Boden – Luleå kan göra att tågen kommer vid fel tidpunkt till Luleå och därmed påverkas i större utsträckning.
- Godstågen är förhållandevis jämnt fördelade över dygnet med max 1-2 godståg per timme (undantag kl 23-24). Så länge godstågens ankomst- respektive avgångstid kan styras till den halvtimme när bron är stängd, så bör de därmed kunna framföras utan påverkan de timmar där totala antalet tåg inte överskrider ca. fyra tåg. Med tanke på de många beroende som finns med övrig trafik på banan och att godståg sällan går enligt tidtabell är risken dock stor att de även kommer ankomma vid tidpunkt för broöppning.

Totalt får ca en tredjedel av den förväntade trafiken en restidsförlängning och ca. 7 % av tågen behöver ställas in, där den totala transporttidsförlängningen per dygn blir ca 7 h utifrån antaget tidtabellscenario.

**Alternativ 1b: En halvtimme per öppning jämnt fördelat över dygnet där ingen broöppning är tillåten morgon och eftermiddag ca. kl 6-9 och kl 15-18**

I detta alternativ får tågtrafiken företräde på morgonen- och eftermiddagen när arbetspendlingen är som störst kl 6-9 och 15-18. Det innebär att endast två fartygsvändningar sker dagtid kl 9-15 och resterande på kvälls- och nattetid kl 18-06.

Precis som i alternativ 1a ger varje fartygsvändning påverkan på tågtrafiken i två efterföljande timmar genom att tågtrafiken stängs av i 30 minuter per timme och därefter släpps på under den tid som fartyget vänder innanför bron. Skillnaden jämfört med alternativ 1a blir att de regionala insatstågen kan gå i högtrafik och därmed förtäta trafiken till två tåg per timme och riktning. Punktligheten i högtrafik bör även förbättras genom att ingen broöppning sker då.

Totalt sett påverkas färre tåg av broöppningen i detta alternativ, där ca. 25 % av tågen får en transporttidsförlängning med totalt ca. 5 h per dygn utifrån antaget tidtabellscenario och där inga tåg behöver ställas in.

**Alternativ 2a: En halvtimme per öppning mer koncentrerat till dagtid**

I detta alternativ sker ingen fartygsvändning nattetid kl 23-06. Istället sprids fartygsvändningarna ut jämnt under dag- och kvällstid. Det innebär att fyra fartygsvändningar sker dagtid kl 6-18 och resterande två sker kvällstid kl 18-23.

Precis som i alternativ 1 ger fartygsvändning påverkan på tågtrafiken i två efterföljande timmar genom att tågtrafiken stängs av i 30 minuter per timme och därefter släpps på under den tid som fartyget vänder innanför bron.

Genom att fler fartygspassager sker dagtid när tågtrafiken är mer omfattande blir även konsekvenserna mer omfattande än i alternativ 1, där fler tåg påverkas med förlängda transporttider. Totalt bedöms tågen få transporttidsförlängningar med ca. 9 h per dygn. Precis som i alternativ 1a behöver de extra regionalstågen i högtrafik ställas in (motsvarar 7 % av totala tågantalet). Störningskänsligheten dagtid förväntas i detta alternativ bli större jämfört med alternativ 1 genom att fler tåg påverkas.

**Alternativ 2b: En halvtimme per öppning mer koncentrerat till dagtid där ingen broöppning är tillåten morgon och eftermiddag ca. kl 6-9 och kl 15-18**

Utöver att ingen fartygsvändning sker nattetid kl 23-06 så har tågtrafiken i detta alternativ företräde kl 6-9 och kl 15-18. Det medför att det blir tre fartygsvändningar dagtid kl 9-15 och tre fartygsvändningar kvällstid kl 18-24, där samtliga av dessa timmar påverkas av broöppning i 30 min per timme.



I högtrafik påverkas inte tågtrafiken av broöppningar och de regionala insatstågen behöver därför inte ställas in. Punktligheten i högtrafik förbättras, men förväntas bli sämre övriga tider dagtid då samtliga timmar påverkas av broöppning. Totala transporttidsförlängningen per dygn blir marginellt mindre än alternativ 2a, där tågen bedöms få totalt 8 h per dygn i transporttidsförlängning.

### **Alternativ 3a: Längre planerade stopp jämnt fördelat över dygnet**

För att möjliggöra ett bredare tidsfönster än 30 min för fartygen att passera bron och för att snabba upp fartygsvändningen genom att bron hålls öppen under vändningen, har ett scenario analyserats där tågtrafiken är avstängd i ca. 90 min per fartygsvändning. Dessa tidsfönster har fördelats ut jämnt över dygnet enligt samma princip som i alternativ 1a.

Alternativet innebär att endast 30 min är tillgänglig för trafik per tvåtimmarsfönster avsett för broöppning, vilket medför att en stor andel av tågen som trafikerar dessa timmar behöver ställas in och att det inte blir möjligt att framföra regelbunden person- eller godstågstrafik varje timme. Vidare bedöms störningskänsligheten bli stor då väntetiden skulle bli mycket lång om ett tåg skulle vara försenat och inte hinna förbi bron innan öppningen.

Utifrån antagen trafikerings skulle ca. 33 % av tågen behöva ställas in. Därutöver skulle alternativet generera ca. 11 h transporttidsförlängningar per dygn, där större delen kommer från godståg som antas invänta att broöppningen avslutas. Persontrafiken med undantag för nattågen väntas ställas in då det är mer lämpligt att hänvisa till nästa avgång.

### **Alternativ 3b: Längre planerade stopp jämnt fördelat över dygnet där ingen broöppning är tillåten morgon och eftermiddag ca. kl 6-9 och kl 15-18**

Även i detta alternativ tillämpas 90 min avstängd tågtrafik per fartygsvändning, men med tillägget att tågtrafiken har prioritet morgon och eftermiddag ca. kl 6-9 och kl 15-18. Det medför att det blir tre fartygsvändningar dagtid kl 9-15 och tre fartygsvändningar kvällstid kl 18-24.

Alternativet ger inte riktigt lika stora konsekvenser som alternativ 3a genom att tågtrafiken har företräde i högtrafik, men möjligheten att framföra regelbunden person- eller godstågstrafik i lågtrafik uppfyllas inte och punktligheten i lågtrafik påverkas negativt av de långa broöppningstiderna. Andelen inställda tåg blir ca. 18 % och totala transporttidsförlängningen ca. 6 h.

### **Alternativ 4: Broöppning tillåten enbart kvälls- och nattetid**

Genom att förlägga broöppningar till enbart kvälls- och nattetid så möjliggörs för att en stor del av person- och godstrafiken kan komma fram utan att

behöva ställas in eller påverkas av tågtrafiken. Detta är det bästa alternativet för att påverka järnvägstrafiken så lite som möjligt. Inga tåg behöver ställas in och väsentligt färre andel tåg får förlängd transporttid jämfört med övriga alternativ (ca. 13 %).

### **Slutsatser av alternativa tidsfönster för avstängd tågtrafik till följd av broöppning**

Hur tågtrafiken påverkas av fartygsvändningarna beror till stor del på när i tiden dessa får ske samt hur ofta samt vilken tidtabell som antas för tågtrafiken. För att möjliggöra framkomlighet för minst ett persontåg och ett godståg per timme och riktning behöver bron stängas under den tid som fartygsvändningen sker innanför bron och att järnvägstrafiken då behöver kunna släppas på i ca. 30 min (alt 1-2 och 4). Alternativ 3 med längre sammanhängande broöppningstider innebär att all trafik behöver ställas in eller försenas kraftigt dessa timmar, vilket ger mycket stor påverkan på tågtrafiken.

Det alternativ som ger en acceptabel påverkan på järnvägstrafiken är alternativ 4 där broöppningar endast får ske kvälls- och nattetid när tågtrafiken är mindre omfattande. Då behöver inte tåg ställas in och transporttid förlängningen blir förhållandevis liten jämfört med övriga alternativ. Om detta alternativ inte är möjligt förordas alternativ 1b där all trafik kommer fram under de högratifierade timmarna under morgon och eftermiddag och övriga broöppningar sprids ut jämnt över dygnet. Även med detta alternativ fås dock förhållandevis stora konsekvenser på tågtrafiken med totalt ca. 5 timmar förlängd transporttid per dygn och ökad störningskänslighet.

Även om det går att skapa en tidtabell för tågtrafiken där konflikterna med broöppningen undviks till stor del är risken stor att störningskänsligheten för banan ökar när tågen inte går enligt tidtabell och därför riskerar hamna i konflikt med broöppningen. Detta gäller särskilt alternativ 1-3 där broöppningar sker dagtid när trafiken är som tätast. På en enkelspårig bana är risken stor att dessa störningar sprids till anslutande sträckor i järnvägsnätet.

De sammanfattande resultaten i Tabell 7 nedan bygger på den tidtabell och det trafikeringsscenario som antagits i denna analys. Med en annan tidtabellutformning kan de detaljerade konsekvenserna mellan olika trafikupplägg bli annorlunda, där exempelvis snabbtågen skulle kunna köras utan påverkan istället för regionalstågen, men de övergripande resultaten bedöms ändå vara desamma.

Tabell 7: Påverkan på olika trafikupplägg av alternativa tider för broöppning utifrån antaget tidtabellscenario med knutpunktsupplägg.

Påverkan på olika trafikupplägg av alternativa tider för broöppning	Väst	Alt 1a	Alt 1b	Alt 2a	Alt 2b	Alt 3a	Alt 3b	Alt 4
Tid för avstängd järnvägstrafik per fartygsvändning och 2 h - intervall		30 min x 2	30 min x 2	30 min x 2	30 min x 2	90 min x 1	90 min x 1	90 min x 1
Broöppningar enbart dag/kvällstid		NEJ	NEJ	JA	JA	NEJ	NEJ	NEJ
Tågtrafik företräde i högtrafik morgon/eftermiddag		NEJ	JA	NEJ	JA	JA	JA	NEJ
Regional knutpunktsupplägg (1 tåg/h och riktn)								
Regional insats (1 tåg/h och riktn)								
Regional Kallax (2 tåg/h och riktn)								
Snabb (0,5 tåg/h och riktn)								
Nattåg								
Gods (1 tåg/h och riktn)								
Andel tåg som trafikerar timmar med broöppning (%)		59%	43%	69%	61%	59%	43%	33%
Andel tåg som behöver ställas in (%)		7%	0%	7%	0%	33%	18%	0%
Andel tåg som får planerad transporttidsförlängning (%)		32%	25%	37%	37%	16%	9%	13%
Total planerad transporttidsförlängning per dygn (h)		7	5	9	8	11	6	3
Bedömd total störningskänslighet								

	Trafik kan köras med ingen eller marginell påverkan så länge tågen går enligt tidtabell och planeras utifrån broöppningstiden.
	Viss påverkan på transporttid och punktlighet, men i normalfallet max 10 min per tåg för tåg som störs av broöppningen.
	Stor påverkan på transporttid och/eller punktlighet.
	Mycket stor påverkan med stor andel inställda tåg.

## 8.6 Konsekvenser för tågtrafiken slutsats

Norrbotniabanan byggs enkelspårig där tågmöten måste ske på driftplatser eller mötesstationer som generellt kommer att vara placerade med ett avstånd på ca. 8 – 10 km mellan varandra. Med en relativt hög prognos för trafikering av olika tågtyper kommer det inte finnas så stora toleranser för att hantera störningsmoment utan att kapacitet, punktlighet och robusthet påverkas negativt och även riskerar sprida sig till övriga delar av Norrbotniabanan. Upprättande av tågplan enligt järnvägsföretagens och entreprenörers önskemål kommer att vara utmanande även utan hänsyn till eventuella tidsfönster för broöppningar.

De tvåtimmarsperioder där fartygsvändning sker kommer att få halverad kapacitet, vilket kommer bli kännbart för tågtrafiken, särskilt i högtrafik när trafiken är som tätast. Broöppningarna kommer alltså under dessa perioder oundvikligen ge påverkan på kapacitet och punktlighet för järnvägstrafiken,

inte enbart lokalt vid infart Luleå utan även vidare längs Norrbotniabanan och angränsande järnvägslinjer.

Det bedöms vara möjligt att framföra minst ett persontåg och ett godståg per timme och riktning (minst 4 tåglägen) utan någon transporttidsförlängning även vid broöppning förutsatt att bron stängs under fartygsvändningen och att tågen körs enligt antagen tidtabell som bygger på ett knutpunktsupplägg för regionalstågtrafiken där tågmötena sker i eller nära Luleå.

Då antalet tåg per timme under dagtid förväntas bli fler än 4 st kommer en del av tågen att drabbas av transporttidsförlängningar och/eller inställelse, där totala planerade transporttidsförlängningen per dygn utifrån antagen tidtabell varierar mellan 3 och 11 h beroende på alternativ för broöppning. För att minimera dessa konsekvenser rekommenderas att broöppningar i första hand sker kvälls- och nattetid. Om enstaka båtar ska kunna vända dagtid behöver tågtrafiken ha företräde morgon- och eftermiddag ca. kl 6-9 och kl 15-18 för att säkerställa framkomligheten under de timmar när persontrafiken och arbetspendlingen är som störst.

Även om det går att skapa en tidtabell för tågtrafiken där konflikterna med broöppningen minimeras är risken stor att störningskänsligheten för banan ökar med regelbundna broöppningar då tågen riskerar hamna i konflikt med de planerade broöppningarna när de inte går enligt tidtabell.

Vid dessa tillfällen är risken stor att förseningarna sprids och påverkar fler tåg längs Norrbotniabanan. I dagsläget är det en stor variation i punktlighet framförallt för godstågen som ankommer söderifrån, då godståg ofta går långa sträckor i låg hastighet och punktligheten för godstågen generellt sett är ganska låg. Detta i kombination med broöppning kan påverka även övriga tåg på banan.

En öppningsbar järnvägsbro får olika påverkan beroende på hur ofta scenariot med vändande fartyg vintertid innanför bron kommer inträffa och hur länge den perioden kommer vara. Under tidsperioder där vändytorna innanför bron kommer behöva användas kommer upp till ca. 20 % av tillgänglig järnvägs-kapacitet per dygn på sträckan Luleå - Piteå användas för broöppningar (5/24 h per dygn). För att kunna hantera detta i den årliga tågplanen kommer denna reducering behöva genomföras under isperioden jan-april varje år oavsett om tiderna kommer nyttjas eller inte (ännu mer enskilda timmar).

## 8.7 Konsekvenser för sjöfarten av öppningsbar bro

En öppningsbar bro möjliggör för fartyg att nå innerfjärden, dock kommer det att finnas en begränsning avseende maximal segelfri höjd i öppet läge, se vidare avsnitt 5.7.2.

Hur stor påverkan kommer att bli för sjöfarten kommer att bero av hur broöppningar regleras.

Då prognos för Norrbotniabanan visar på en relativt tät trafikering är broöppning under förplanerade tidsfönster att föredra utifrån järnvägstrafikens perspektiv, dock kommer detta att medföra väntetider för sjöfarten.

Sjöfartsverket kommer i likhet med andra bropassager att sätta restriktioner för vind, ström och sikt vilket periodvis kommer att begränsa möjligheten till broöppningar och medföra väntetid för fartyg.

Restriktioner avseende köld kan också bli aktuella, t.ex. har den öppningsbara bron i Pitsundet en nedre köldgräns för broöppning på  $-25^{\circ}\text{C}$ .

Konsekvensen för Luleå Hamns verksamhet skulle bli störst under de perioder då alla fartyg måste vända uppströms broläget. Dessa perioder bedöms kunna inträffa under månaderna januari till april och antalet fartyg uppskattas i dagsläget till 5 – 6 st per dygn.

Handelsfartygens anlop styrs av en i förväg specificerad tidsperiod inom vilken de måste angöra samt avgå till/från Luleå Hamn. Förseningar är förknippade med kostnader/viten.

Normalt vänder fartygen när de är olastade vilket innebär att vissa vänder innan de angör till kaj och andra efter. Fartygens verkliga ankomst- och avgångstid till Luleå Hamn avgörs av flera faktorer där väder är en sådan faktor. Förutom att vädret kan påverka tidsåtgången för att nå Luleå Hamn har flera av Luleå Hamns kunder produkter som är väderkänsliga. I händelse av någon typ av nederbörd i samband med att dessa produkter lastas eller lossas måste hanteringen avbrytas.

Lossning och lastning styrs av kapaciteten på hamnens kajkranar och oförutsedda händelser som t.ex. en kran som krånglar eller havererar påverkar tidsåtgången.

Hamnens bogserbåtar hanterar som regel ett fartyg åt gången i inloppet/utloppet och ett fartyg åt gången förväntas kunna passera bron för vändning på någon av vändytorna uppströms broläget.

I dagsläget finns mörkerrestriktioner för angöring till Luleå hamn men dessa kommer att tas bort efter att projekt Malmporten är genomfört.

Luleå Hamn har ett verksamhetstillstånd med bland annat villkor för hur mycket verksamheten får bullra. Kraven är hårdare nattetid vilket medför att t.ex. hantering av skrot begränsas till mellan kl 07:00 – 22:00. Luleå Hamn är för närvarande inne i en process för översyn av verksamhetstillstånd, i dagsläget är det oklart om bullervillkor kommer att utökas.

Luleå Hamn har utvecklat en simuleringsmodell i syfte att kartlägga hur hamnen och kringliggande verksamheter kan komma att påverkas av hamnens framtida utbyggnad.

Syftet med simuleringsmodellen är ursprungligen att kontrollera nyttjandegrad per kaj, kapacitet och att planerad verksamhet kan fortlöpa vid Luleå Hamns kajer från 2025 till 2030. Genom att simulera fartygsrörelser och beteenden undersöks olika scenarier och eventuella flaskhalsar, förbättringar i logistikflödet och överbeläggning vid olika utbyggnadsfaser kan identifieras.

Modellen har vidare nyttjats av Luleå Hamn för att belysa påverkan av en öppningsbar bro på hamnens verksamhet, se utredning *Luleå Hamn – konceptsimulering Framtidens Hamn (Tim Lindsköld 2024-06-12)*. Simuleringar har utgått från att 5 fartyg/dygn kräver broöppning, olika långa tidsperioder har angetts för när fartyg måste nyttja vändytor uppströms broläget.

I simuleringar har bland annat beläggning över kaj samt total godsvolym varierats och antalet försenade fartyg och köbildning har varit några av parametrarna som utvärderats.

Det finns osäkerheter i de antaganden som gjorts vad gäller vilket trafikslag, tåg eller fartyg, som ska ha företräde under dagtid mellan spärrtider morgon och eftermiddag. Flera scenarier utgår från att sjöfarten har företräde men enligt avsnitt 8.5.1 medför broöppningar ”ad-hoc” alltför stora konsekvenser för tågtrafiken.

I 8.5 har konsekvensen för järnvägstrafiken analyserats för planerade tidsfönster på 30 minuter samt 90 minuter. Hur långa tidsfönster som krävs för öppning/tågstopp är osäkert. Sjöfartens förmåga till punktlighet är osäker särskilt vid kortare tidsfönster på t.ex. 30 minuter.

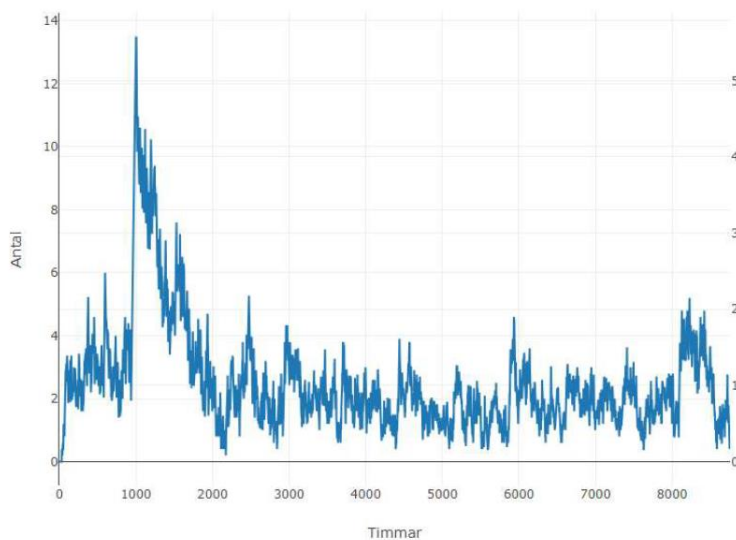
För järnvägstrafiken ger broöppningar under kvälls- och nattetid, alternativ 4, minst påverkan. Detta alternativ ger dock störst negativ påverkan på sjöfarten då vändytor uppströms broläget inte kan nyttjas under hälften av dygnets timmar. Simuleringar bekräftar att alternativ medför stora konsekvenser i form av försenade fartyg och köbildning.

Alternativ 1b är efter alternativ 4 det som ger minst påverkan på järnvägstrafiken. Alternativ 1b innebär att sjöfarten hindras att nyttja vändytorna uppströms bron under 3 timmar morgon respektive eftermiddag (högrafik för tågtrafiken) och däremellan ges tidsfönster på 30 minuter. Det finns inte någon simulering som exakt motsvarar detta scenario.

Alternativ 3a med längre tidsfönster på 90 minuter jämnt fördelade under dygnet torde vara det alternativ som skulle medföra minst negativ påverkan i form av väntetider för sjöfarten men medför stor negativ konsekvens för järnvägstrafiken.

Den allvarligaste konsekvensen för hamnens verksamhet skulle inträffa om bron inte alls kan öppnas under ett eller flera dygn t.ex. på grund av någon typ av haveri eller att köldgräns inte medger öppning.

Figur 65 visar ett scenario med 2 dygns driftstopp på bron. Antalet fartyg i kö (y-axeln) stiger direkt och det tar därefter tid för hamnen att komma ikapp. Antalet fartyg i kö når inte normal nivå förrän efter ca. 800 timmar, motsvarande mer än 30 dygn.



Figur 65: Simulering av antalet fartyg i kö (y-axeln). Vid tidpunkt efter ca. 1000 timmar inträffar ett driftstopp på bron som varar i 2 dygn där Luleå Hamn stannar upp och antalet fartyg i kö ökar. Fartygskö återgår till normal nivå efter ca. 800 timmar (Källa: Luleå Hamn – konceptsimulering Framtidens Hamn, Tim Lindsköld 2024-03-12).

I utredningen *Luleå Hamn – konceptsimulering Framtidens Hamn* anges att det i dagsläget finns ett flertal parametrar som påverkar resultaten från genomförda simuleringar samt Luleå Hamns utveckling. Däribland anges den verkliga prognosen för fartygsanlöp samt beläggning på kajer år 2030. Prognos varierar allt eftersom kundernas planerade etableringar och behov förändras. Om dagens verksamhetstillstånd skulle ändras där bullervillkor medger hantering av skrot endast mellan kl 07:00-22:00 skulle flexibiliteten öka med en bro.

Enligt Luleå Hamns utredning är det svårt att dra några definitiva slutsatser kring hur en östlig dragning av Norrbotniabanan kommer att påverka den planerade sjöfarten i Luleå Hamn. Det finns flera simuleringsscenarier som visar på möjligheten att etablera en bro utan störning samtidigt som det finns flera scenarier som visar på större störningar samt att en planerad bro skapar begränsningar för en fortsatt utveckling med tillkommande volymer över Luleå Hamn.

## 9 Grov kostnadsbedömning

För att bedöma åtgärdernas påverkan på nyttan för alternativet har kostnaderna för respektive åtgärd beräknats. Detta gäller även de kompensationsåtgärder och osäkerheter som identifierats. Kostnaderna är redovisade i kostnadsnivå 2021-02 om inget annat uttryckligen redovisats.

### 9.1 Kostnadsbedömning enligt järnvägsutredningen

Bedömning av kostnader utgår från järnvägsutredningen och dess innehåll. Kostnaden för det östra alternativet var i prisnivå 2008-01 och uppgick till 2607 mnkr. I detta ingick kompensationsåtgärder i form av muddring, flytt av Cementa samt flytt av isbrytare till SSAB-kajen till en total kostnad på 712 mnkr. Omräknat i prisnivå 2021-02 innebär det 1098 mnkr för kompensationsåtgärder och 2889 mnkr för järnvägsanläggningen.

### 9.2 Tillkommande anläggningskostnad

I järnvägsutredningen med efterföljande fördjupning ingick en fast bro. Då kostnaden för en öppningsbar bro är högre har en grov kostnadsöversyn gjorts. Sedan järnvägsutredningen utfördes har även prognos för trafikering på Norrbotniabanan ökat. Då banan planerats för enkelspår medför ökad trafikering att banans kapacitet blir begränsad och för att säkerställa kapaciteten krävs dubbelspår på erforderliga delsträckor. För det östra alternativet tillkommer dubbelspår på sträckan mellan Luleå C och Luleå/Kallax flygplats. Denna sträcka blir i det östra alternativet den mest belastade delsträckan då det förutom trafiken mellan Umeå och Luleå tillkommer vändande regionalståg till/från Kiruna och Haparanda.

Kostnadsöversyn har fokuserat endast på tillkommande kostnader i jämförelse med järnvägsutredningen med anledning av öppningsbarhet på bro samt prognos om ökad trafikering. Det finns sannolikt även andra förutsättningar som ändrats till dags dato och som bör identifieras och lyftas till beslut i samband med framtagande av järnvägsplan.

Tillkommande entreprenadkostnader som identifierats med uppdelning per delsträcka är:



### **Luleå C – Norra Brofästet**

- Dubbelspår (tillkommande 3500 m spåranläggning)
- Förändringar av passager under järnvägen till följd av dubbelspår
- Tillkommande vägåtgärder

### **Bro över Gråsjäljärden**

- Öppningsbar brodel i form av lyftbro
- Dubbelspår (tillkommande brokonstruktion + 1600 m spåranläggning)
- Serviceväg bro (tillkommande brokonstruktion + ramper upp på bro från respektive sida)
- Ledverk

### **Södra brofästet – Luleå/Kallax flygplats**

- Dubbelspår (tillkommande 3500 m spåranläggning)
- Trespårig station (i järnvägsutredning var station tvåspårig, 1000 m tillkommande spåranläggning)
- Förändringar av passager under järnvägen till följd av dubbelspår

Totalt uppskattas ovan tillkommande entreprenadkostnader till ca. 1360 mnkr, prisnivå 2021-02. Till detta kommer så kallade byggherrekostnader som bland annat består av kostnader för projektledning, projektering och byggleddning samt generella osäkerheter.

Totalt uppskattas tillkommande kostnad för järnvägsanläggningen till ca. 1700 mnkr, prisnivå 2021-02, exklusive generella osäkerheter.

## **9.2.1 Osäkerheter**

Bedömning av tillkommande kostnader för en öppningsbar bro över Gråsjäljärden är osäker och det finns inte någon liknande bro att använda som en bra referens.

Den öppningsbara bron skulle medföra utveckling av en ny typ av bladskarv anpassad till Luleås klimat och även andra detaljer på den öppningsbara delen kan komma att kräva unika lösningar för att motverka problem på grund av is- och snöbildning.

Om järnvägsanläggningen måste anpassas på grund av närheten till flygplatsen är osäkert. En av de mer omfattande åtgärderna som utretts är förläggning av järnvägen nedsänkt under mark, detta som skydd för elektromagnetisk strålning från järnvägen mot flygplatsen. I och med att grundvattennivå är hög i området skulle nedsänkning av järnvägen medföra anläggning i ett vattentätt betongtråg, kostnaden är osäker och beror av

detaljerad utformning men bedöms som mycket hög och kan uppgå till 1 mdkr eller mer.

Anslutningen av Norrbotniabanan till godsbangården är osäker bland annat på grund av planerad ombyggnation av Luleå C med intilliggande bangårdar. Det alternativ till anslutning till godsbangården som i dagsläget bedöms genomförbar, överlämningsbangård Ua2c, medför en betydande skärning på den norra sidan av Svartöberget och befintliga vägar till och i Svartöstaden kommer att påverkas. Utformning av helhetslösning är inte i dagsläget framtagen i detalj varför det inte heller finns en kostnadsbedömning att jämföra med förslaget från järnvägsutredningen.

### 9.3 Kostnad kompensationsåtgärder

I Järnvägsutredningen ingick ett antal kompensationsåtgärder, detta eftersom en fast bro med 18 m segelfri höjd skulle medföra begränsningar för sjöfarten. Kompensationsåtgärder bestod i att flytta Cementas verksamhet samt isbrytarnas hemmakaj nedströms broläget. En fast bro medförde också en inskränkning av tillgängliga vändytor eftersom vändytor uppströms ett broläge inte längre skulle vara åtkomliga. Därav ingick kompensationsåtgärd i form av muddring av nya vändytor nedströms broläget.

Flytt av Cementa är inte längre aktuell eftersom en öppningsbar bro möjliggör för Cementas verksamhet att vara kvar på nuvarande fastighet.

Nedan kompensationsåtgärder bedöms i dagsläget nödvändiga för det östra alternativet:

- **Ny kaj till isbrytare.** Enligt Luleå Hamns nuvarande planer för hamnområdet finns det inte plats för en ny kaj för isbrytarna utanför potentiellt broläge. Kostnadsbedömning är osäker på grund av oklarhet i var kaj skulle kunna placeras. En helt ny kaj som måste anläggas medför sannolikt betydligt högre kostnader jämfört med en ombyggnation av en befintlig kaj. Troligen krävs även muddring till och invid ett nytt kajläge. Luleå kommun har inhämtat information om kostnad för en ny kaj baserat på pågående projekt i Luleå Hamn. Enligt Luleå Hamn är schablonkostnad för nybyggnad av kaj inklusive infrastrukturkostnader ca. 1 miljon kr per kajmeter med en osäkerhet på 25 % (prisnivå 2024-02). En ny kaj som i längd skulle motsvara den befintliga kajen på Svartön skulle behöva vara ca. 400 – 500 m lång. Utifrån schablonkostnad uppskattas kostnad för en ny kaj till ca. 400 – 600 mnkr (prisnivå 2024-02) exklusive eventuella muddringsåtgärder i hamnområdet.
- **Muddring av fyren Sandögrund med intilliggande område.** En grov kostnadsbedömning har tagits fram utifrån nyckeltal från projekt Malmporten. Mängden massor har bedömts utifrån

djupkurvor på sjökort (muddring till ca. 13 m djup) och uppgår till ca. 2 miljoner m<sup>3</sup> och entreprenadkostnaden uppskattas till ca. 350 mnkr (prisnivå 2023). Till detta ska läggas byggherrekostnader såsom kostnad för projektledning och projektering. Bedömning är mycket osäker då det inte utförts några undersökningar av muddermassor med avseende på typ, volym eller eventuella föroreningar. Att delar av muddermassor innehåller föroreningar bedöms som troligt med tanke på närheten till tung industri. Mängden förorenade massor har en stor inverkan på totalkostnaden, ett snabbt överslag om ca. 10 % av massorna är förorenade skulle ge en utökad kostnad på ca. 200 mnkr. Total kostnad påverkas även av verklig omfattning av bergschakt, endast en grov uppskattning finns i dagsläget. Även avsättning för mudder-massor är oklar. Vidare bedöms tillståndsprocessen som relativt omfattande men detaljer om kostnad och tidplan är i dagsläget inte möjliga att precisera.

- **Ombyggnation bogserbåtar.** Omfattning av ombyggnation beror av möjlig segelfri höjd på bro vilken inte kommer att fastställas förrän i samband med upprättande av järnvägsplan, kostnad är därmed osäker.
- **Åtgärder Luleå/Kallax flygplats.** Det är troligt att någon form av åtgärd kommer att krävas med anledning av att järnvägen dras nära flygplatsen, detta då resultat från utförd telekonfliktsanalys (2024) visar att det finns risk för negativ påverkan på flygplatsens system. Åtgärder skulle t.ex. kunna omfatta flytt av sändar- och mottagarstationer eller ändrade sändareffekter. Vidare utredning av vilka åtgärder som krävs behöver utföras om Trafikverket väljer att gå vidare med det östra alternativet. Åtgärder för att eliminera risker ska ingå i den så kallade säkerhetsbevisningen som ska godkännas av Transportstyrelsen.
- **Isreducerande åtgärder.** Behov och omfattning är oklart/inte fastställt i dagsläget.

## 9.4 Drift- och underhållskostnad

En rörlig brodel kräver återkommande drift- och underhållsåtgärder. Brodelen förses med en rad elektroniska och mekaniska komponenter vilket ökar kostnaderna för drift och underhåll jämfört med en fast bro.

Det planerbara underhållet av den rörliga brodelen innefattar både kostnader för bland annat smörjning, bromsservice och oljebyten men även större åtgärder med längre underhållsintervall så som service av ställdon, byte av el-, kamera- och styrsystem, linbyte, ommålning och utbyte av ledverk.

En underhållskalkyl togs fram i samband med utredningen av byggande av lyftbro i Vänersborg. Kalkylen pekar på att kostnaden för det planerbara underhållet uppgår till minst 2 mnkr/år (2023 års prisnivå).

Erfarenheter från andra öppningsbara broar visar på att det tillkommer kostnader för underhåll utöver det planerbara underhållet. Det kan dels handla om problem i tidiga driftskeden men även till följd av åldrande anläggningsdelar. Regelbundna inspektioner av bron krävs för att i möjligaste mån undvika oplanerade driftstopp.

För den rörliga brodelen tillkommer driftkostnader för att öppna och stänga bron. Dels energikostnader vilka ökar till följd av att klimatet i Luleå kräver eluppvärmning av rörliga anläggningsdelar men även personalkostnader för att sköta broöppningar. Driftkostnaderna för bron är i dagsläget svårbedömda beroende av de osäkerheter som föreligger gällande frekvens på broöppningar och framtida energipriser. Med en bemanning dygnet runt året runt krävs ca. 7 – 8 personer vilket innebär en kostnad på ca. 8 – 9 mnkr/år (prisnivå 2024).

## 10 Referenser

Möjlighet för kraftiga isvintrar i Luleå, 2020 – 2100, SMHI 2011-04-16,  
(Bilaga 10 NBB JU160 Fördjupning Alt Öst via Hamnholmen)

Isförhållanden inom Luleå hamnbassäng, Luleå Tekniska Universitet 2013-11-11

Förslag till nya metoder att hantera is i Luleå hamn Del 1 – 3, Kaj Riska,  
Lennart Fransson 2018-12-17/2019-04-10

Motivering bortval ”Ny farled via Tjuvholmssundet”, A-metodik 2021-03-09

Motivering bortval ”Farled via Krokabusgrundet”, A-metodik 2021-06-23

Nautisk kravspecifikation gällande ny öppningsbar järnvägsbro,  
Sjöfartsverket 2021-12-08

Trafikeringsstudie Norrbotniabanan, stråket Skellefteå-Piteå-Luleå, Sweco  
2022-02-25

Simulering av förutsättningar för en öppningsbar bro över Svartösundet,  
Luleå, Sjöfartsverket sept 2022

Norrbotniabanan öppningsbara broar, Kreera 2022-11-04

Utredning rörlig bro i Luleå med fokus på Luleås klimat, Ramböll 2022-11-08

PM Riskworkshop öppningsbar bro över Svartösundet, Luleå älv, Trafikverket  
2023-02-02

Funktionsutredning Norrbotniabanan Luleå C, godsanslutning och Luleå-  
Kallax, Kreera 2023-07-07

Doktorsavhandling Brash Ice and Level Ice Growth, Effects of Snow, Vasiola  
Zhaka LTU 2023

PM Workshop isfrågor 2023-11-21, Trafikverket 2024-02-01

Vagnviktsbegränsningar östra alternativet Luleå, Trafikverket 2024-02-28

Bedömning av isförhållande i Luleå Hamn, Lennart Fransson 2024-04-10

Luleå Hamn – konceptsimulering Framtidens Hamn, Tim Lindsköld 2024-  
06-12