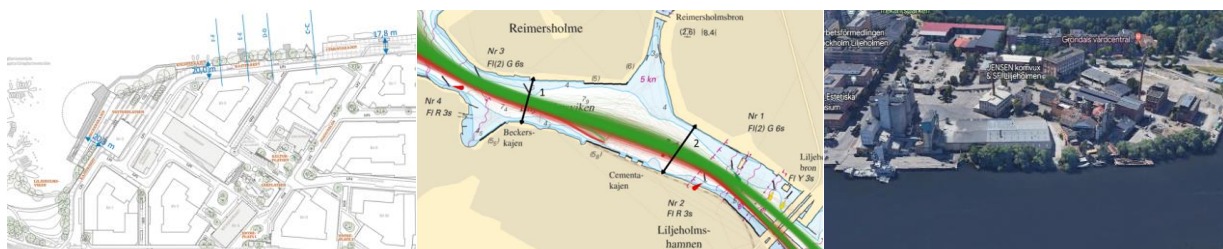


Maritim riskanalys.

Rapport Nr: RE20231754-01-00-A
Påseglingsrisker projekt Lövholmen



Nordr Sverige AB
Olof Ljungström,
Projektutvecklare

Referens:
Beställning per e-post 2023-03-22 07:57
från Olof Ljungström <olof.ljungstrom@nordr.com>

RAPPORT

Datum
2023-04-06
SSPA Rapportnummer:
RE20231754-01-00-A
Projektledare:
Björn Forsman
Författare
Björn Forsman
+46 (730) 729059
bjorn.forsman@sspa.se

Maritim riskanalys - Påseglingsrisker projekt Lövholmen

Det planerade utvecklingsprojektet Lövholmen i Stockholm omfattar nya kajnära bostadsbyggnader och anläggningar nära den riksintresseklassade farleden genom Liljeholmsviken. Därmed aktualiseras potentiella konfliktscenarier med påseglingsrisker som förutom bostadsbyggnader även berör vattenverksamhet, brygganläggningar samt gångstråk. Den rapporterade riskanalysen identifierar och kvantifierar dessa risker och ger underlag för fortsatt planeringsprocess och tillståndsprövning. Rapporten är utformad för att beskriva och kommunicera de identifierade riskerna med berörda myndigheter och övriga intressenter. Den är avsedd att utgöra en bilaga till övergripande riskanalys för projektet.

SSPA Sweden AB

Jonny Nisbet
Avdelningschef
Maritime Consulting

SSPA Sweden AB

Björn Forsman
Senior Project Manager
Maritime Consulting

Revisionshistorik

Rev.	Datum	Beskrivning	Signatur
	5 april 2023	Komplett rapport i utkastformat	BEF
	6 april 2023	Signerad version	BEF

Sammanfattning och rekommendationer

Utvecklingsprojekt Lövholmen med bostadsbyggnader och anläggningar nära den riksintresseklassade farleden i Liljeholmsviken aktualiserar möjliga påseglingsrisker från passerande fartygstrafik. Riskanalysen är utförd enligt etablerad praxis och metodik med fokus på risker för människors hälsa och liv då de vistas i kajnära byggnader och anläggningar.

Under 2022 registrerades 2 627 fartygspassager vid Lövholmen varav 230 utgörs av trafik till Cementas nuvarande anläggning vid Lövholmen. Denna trafik upphör då projekt Lövholmen byggs och för den framtida trafiken används grustransportfartyget Jehander 1 som dimensionerande fartyg för bedömning av påseglingsriskerna.

Följande tre typer av felhändelser som kan leda till påsegling har analyserats med avseende på sannolikhet och konsekvenser:

- i) Oavsiktlig avvikelse från korrekt passagelinje orsakad av mänskligt misstag
- ii) Önskat bortfall av framdrivning orsakad av tekniskt fel typ blackout
- iii) Önskad gir till påsegling kurs orsakad av tekniskt fel typ roderfel/låst roder

Dessa olycksscenarioer kan leda till påsegling av kajer eller mellanliggande strandbankar och konsekvenserna bestäms då i hög grad av fartygets storlek, hastighet och påseglingsvinkel.

Beräkningarna visar att den förväntade returperioden av påseglingsolyckor längs Lövholmens exponerade kajer/strandbankar är av storleksordningen 166 år för fartyg större än 25 m. För storleksintervallet 75 – 100 m, i vilket Jehander 1 ingår, uppskattas returperioden för påsegling till 568 år. För det dimensionerande fartyget uppskattas ett maximalt kajinträngningsdjup av ca 0,5 m, vid påseglingsvinklar upp till 56 grader och en maximal påseglingshastighet 6 knop.

De indikerade avstånden mellan planerade byggnader och kajkanter/strandbankar är större än maximalt uppskattade kajinträngning för det dimensionerande fartyget och riskerna för att personskador skall uppstå vid eventuella påseglingsscenarioer bedöms därför vara små.

Beräknad inträngning baseras på beräkningsmodeller för konventionella kajer, men andra typer av kajer kan tänkas innebära större inträngning. Planerade kajer och strandbankar förutsätts ha eller konstrueras med energiupptagande fyllnadsmaterial och strukturer.

Det dimensionerande fartyget har inte något stävöverhäng, men det inte kan uteslutas att andra fartyg med större stävöverhäng kan tänkas passera Lövholmen och att marginalerna mellan fasadliv och fartyg då kan bli mindre.

Med förväntad framtida fartygstrafik, och med hänsyn till planerade byggnader och kajer, bedöms riskerna för personskador orsakade av påseglingsscenarioer vara acceptabla.

Innehållsförteckning

1	Inledning	4
1.1	Bakgrund	4
1.2	Syfte	4
1.3	Genomförande	4
1.4	Metodik - riskanalys	5
2	Områdesbeskrivning	6
2.1	Lövholmen	6
2.2	Planerade byggnader och verksamheter	7
2.2.1	Kajstråkets utformning	9
2.2.2	Jämförelse mellan dagens strandlinjekontur och framtida utformning	11
2.3	Farleden förbi Lövholmen	12
2.4	Beskrivning av sjötrafik i området – sjötrafikanalys	14
2.4.1	Passagelinje 1 (väster)	15
2.4.2	Passagelinje 2 (öster)	16
3	Riskidentifiering	21
3.1	Historiska incidenter	21
3.2	Identifierade möjliga olyckstyper för kajer och byggnader vid Lövholmen	22
3.2.1	Påsegling	22
3.2.2	Farligt gods	22
3.2.3	Indirekta risker och eventuell påverkan för sjöfarten	23
3.3	Orsakskategorisering av möjliga påseglingsolyckor	23
3.3.1	Västgående fartyg mot Mälaren	24
3.3.2	Ostgående fartyg från Mälaren	24
4	Riskanalys	25
4.1	Numerisk uppskattning av sannolikhet för påsegling av Lövholmen	25
4.1.1	Olyckstyp i) – Oavsiktlig avvikelse från korrekt passagekurs orsakad av mänskligt misstag	25
4.1.2	Olyckstyp ii) - Oönskat bortfall av framdrivning orsakad av blackout	25
4.1.3	Olyckstyp iii) - Oönskad gir till påseglingkurs orsakad av tekniskt roderfel/låst roder	26
4.1.4	Sammanställning av påseglingssannolikheter	27
4.2	Konsekvenser av en påsegling	27
4.2.1	Konsekvenser av en påsegling som följd av olyckstyp i) Mänskliga misstag	29
4.2.2	Konsekvenser av en påsegling som följd av olyckstyp ii) Blackout	29
4.2.3	Konsekvenser av en påsegling som följd av olyckstyp iii) Roderfel	29

4.3	Beräkning av kollisionkrafter och inträngningsdjup vid påsegling under branta vinklar. ...	30
4.3.1	Dimensionerande beräkningsfall.....	30
4.3.2	Modell	30
4.3.3	Metod	30
4.3.4	Resultat av kvantitativa konsekvensberäkningar	32
4.4	Sammanvägning av sannolikhet och konsekvens	34
4.5	Övriga risker - indirekta risker för sjöfarten	35
5	Riskvärdering	36
5.1	Individrisk Lövholmen	36
5.2	Samhällsrisk Lövholmen	36
5.3	Beräkningsnoggrannhet och osäkerhetsanalys.....	36
6	Riskreducerande åtgärder	37
7	Resultat och rekommendationer	38
8	Referenser.....	40

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Utveckling och omvandling av gamla hamnområden och industrikajer till attraktiva och säkra bostadsområden förutsätter att risker från sjöfart i angränsande farleder, samt eventuella behov av påseglingsskyddande åtgärder, utreds under detaljplaneprocessen samt för prövning av vattenverksamheten. Konsulten har mångårig erfarenhet av sådana utredningar och har fått i uppdrag att genomföra en maritim riskanalys angående påseglingsrisker för planerade kajnära bostadsbyggnader och verksamheter för utvecklingsprojektet Lövholmen i Stockholm.

Nuvarande verksamhet vid Cementakajen på Liljeholmsvikens södra strand skall flyttas till Energihamnen i Värtahamnen och en planprocess för Lövholmen. Övrig tidigare industriverksamhet i området är sedan tidigare nedlagd och flera byggnader skall rivas men vissa planeras att bevaras och byggas om för nya ändamål.

Ett förslag till strukturplan för projektet har tidigare tagits fram av Stadsbyggnadskontoret, (SBK, 2017), i enlighet med ett utökat förfarande enligt PBL 5 kap 7§ och MB 6 kap 11§. I samband med detta genomförde SSPA Sweden AB även en maritim riskanalys (SSPA, 2019). Under 2022 förändras planerna och ny reviderad strukturplan har presenterats, varför en ny och uppdaterad maritim riskanalys också påkallats. Denna rapport presenterar hur denna analys genomförts och dess resultat.

Eftersom aktuellt utvecklingsområde i norr gränsar till allmän farled Nr. 519 genom Liljeholmsviken vilken är utpekad som farled av riksintresse, är påseglingsrisker och faror relaterade till sjötransport av farligt gods av särskilt intresse. Dess frågor utreds i analysen för att säkerställa att planerna uppfyller relevant säkerhetsnivå samt att sjötrafikens intressen inte hämmas av planerna. Storleken av de fartyg som trafikerar farleden begränsas väsentligen av de maximala dimensioner som medges för passage genom Hammarbyslussen. Slussen medger en fartyglängd L 115 m och bredd B 15 m.

1.2 Syfte

Riskanalysen utreder i första hand vilka risker sjötrafiken medför för planerade kajnära byggnader och verksamheter, om riskerna kan anses tolerabla eller om riskreducerande åtgärder bör vidtas och hur de i så fall kan utformas. Projektets indirekta risker för sjöfartens framkomlighet och säkerhet tas också upp men studien omfattar ingen detaljerad nautisk riskanalys.

Målet med studien är att ge kunden ett objektivt underlag för bedömning och värdering av påseglingsrisker för de planerade kajnära anläggningarna samt andra maritimt relaterade risker. Analys av påseglingsrisken ger även ansvariga planeringsmyndigheter och fastighetsägare ett viktigt delunderlag för en helhetsbedömning av risk- och säkerhetsfrågor för det planerade projektet. Dokumentationen utformas för att kommunicera risk- och säkerhetsaspekter med berörda externa myndigheter och övriga intressenter under den fortsatta planprocessen.

1.3 Genomförande

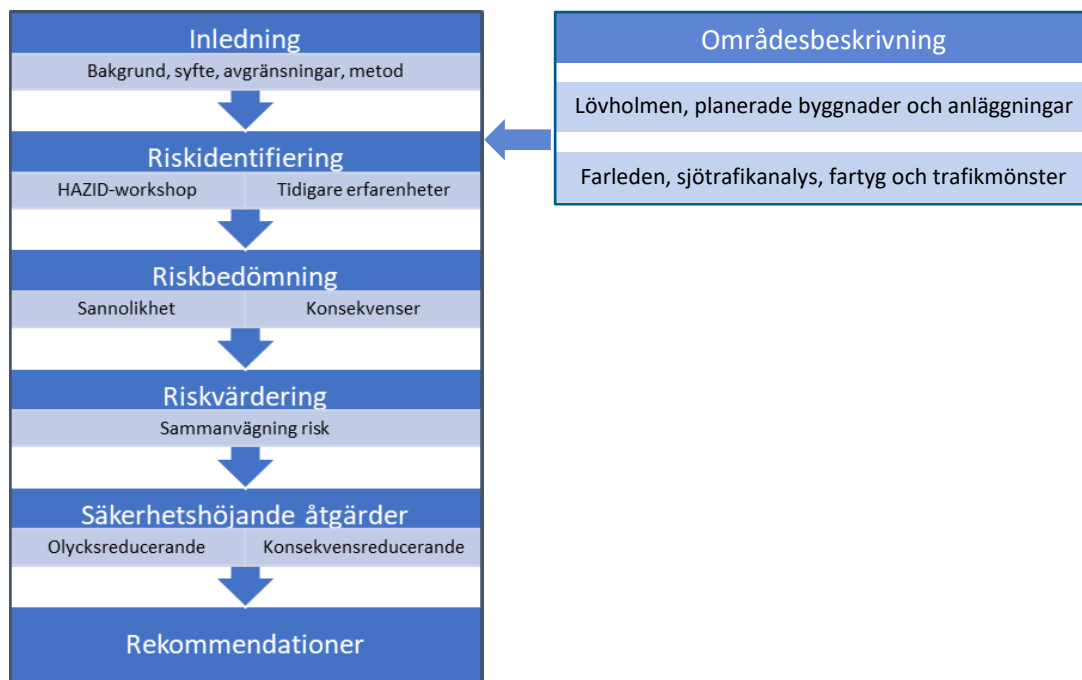
Konsulten har erhållit underlag i form av reviderad strukturplan, översikt samt en tillståndsbedömning av befintliga kajer. Två handlingar med yttrande vid tidigt samråd från två remissmyndigheter har också delgetts konsulten i samband med analys för tidigare presenterat strukturförslag. I riskanalysen beaktas särskilt de synpunkter som inkommit från Stockholms Hamn AB och från Sjöfartsverket.

Kompletterande underlag som sjökort, sammanställning av sjötrafikstatistik, AIS-data har inhämtats av konsulten. För rapportfigurer med sjökortsbakgrund har underlag hämtats från Sjöfartsverkets kartvisare, men publiceringstillstånd har inte inhämtats. Rapportinnehållet kvalitetssäkras enligt

Konsultens kvalitetssystem är certifierat enligt SS-EN ISO 9001. Detta innebär bl.a. att rapporten genomgår intern granskning innan slutleverans till kund.

1.4 Metodik - riskanalys

Påseglingsriskanalysen fokuserar på risker för människors hälsa och liv då de vistas i kajnära byggnader och anläggningar och hur riskbilden i stort påverkas av sjötrafiken i angränsande farled. Metodik och uppläggning av påseglingsriskanalysen görs enligt etablerad praxis och riktlinjer. Detta innebär att den i tillämpliga delar överensstämmer med den etablerade FSA-metodiken (Formal Safety Assessment) som rekommenderas av IMO, vilken väsentligen även överensstämmer med ISO standard 3100 och 31010. I Figur 1-1 visas schematiskt de ingående delmomenten i riskanalysen vilka också återfinns i rapportens rubriker och struktur.



Figur 1-1. Schematisk bild av delprocesserna i riskanalysen.

Den aktuella riskanalysen omfattar inte något formellt riskidentifieringsmöte (Hazid-workshop) där berörda sakägare och myndigheter samlas. I stället har relevanta faror och potentiella olycksscenarioer identifierats utifrån erfarenheter och generell olycksstatistik från andra projekt med kajnära byggande samt genom diskussioner med berörd expertis från hamn och myndigheter.

Identifierade olycksscenarioer analyseras med avseende på sannolikheter och konsekvenser, samt beskrivs kvalitativt och uppskattas kvantitativt där så är möjligt.

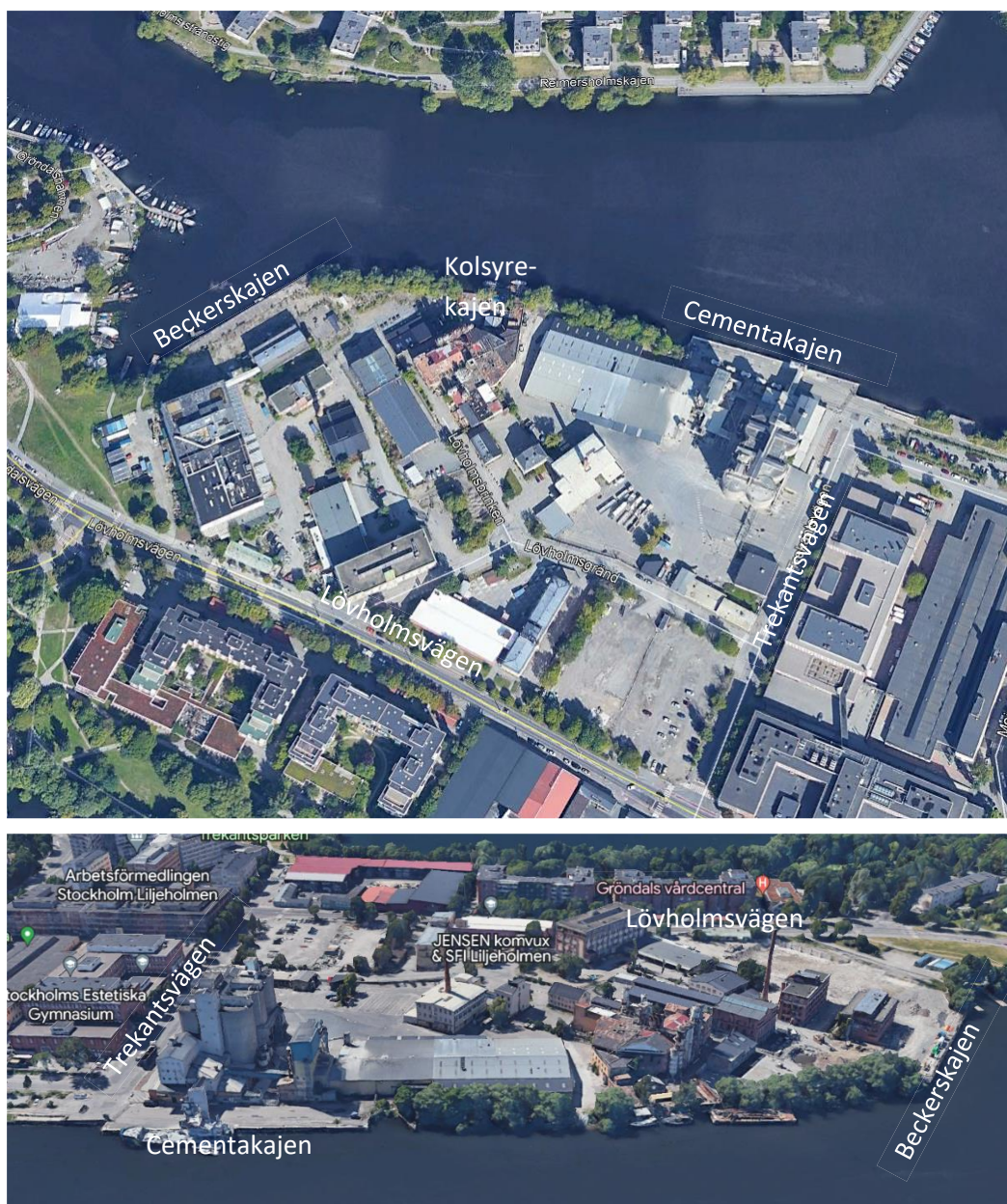
- Sannolikheten för dimensionerande påseglingsscenarioer och övriga identifierade olycksscenarioer uppskattas enligt etablerad praxis för olika felhändelser (tekniska fel typ blackout, tekniska fel/låst roder samt mänskliga misstag/navigationfel), samt genom kvalitativa bedömningar.
- Konsekvenser av möjliga påseglingsscenarioer uppskattas genom kvalitativa bedömningar.
- Säkerhetshöjande åtgärder i syfte att minska sannolikheten eller konsekvensen, identifieras och föreslås för vissa av de identifierade riskerna.

Baserat på resultatet av riskanalysen ges rekommendationer för eventuella säkerhetshöjande åtgärder och liknande.

2 Områdesbeskrivning

2.1 Lövholmen

Området för utvecklingsprojekt Lövholmen avgränsas på landsidan av Lövholmsvägen och Trekantsvägen och på sjösidan av Cementakajen och Beckerskajen samt mellanliggande strandbank, se Figur 2-1. Aktuella kajer på Lövholmen är belägna vid Liljeholmsvikens södra strand mittemot Reimersholme. Befintlig industriverksamhet avvecklas och ersätts av nybyggnation med bostadshus och verksamhetslokaler. Cementas nuvarande verksamhet på land och vid Cementakajen på Liljeholmsvikens södra strand skall flyttas till Energihamnen i Värtahamnen. Den s.k. Beckerskajen används ej idag och mellanliggande strandbankar mot Liljeholmsviken är kraftigt bevuxna men här finns även mindre kaj, Kolsyre-kajen som nyttjats av fritidsbåtar och renoveringsprojekt, se Figur 2-1, Figur 2-2 och Figur 2-3.



Figur 2-1 Lövholmsvägen, Trekantsvägen, Beckerskajen och Cementakajen vid Lövholmen.

Utformning av de befintliga större kajerna framgår av Figur 2-2 och Figur 2-3



Figur 2-2. Cementakajen och deltaformad brygga med pollare väster om kajen.



Figur 2-3. Trädbevuxen strandkoning mellan Kolsyre kajen och Beckerskajen.

Status och kondition av befintliga kajer har undersökts av särskild expertis i olika etapper och sammanfattningsvis kan noteras att Cementakajen bedöms vara av robust konstruktion i gott skick och endast behäftad med lättare synliga skador på betongen. Konstruktionen är en pålad och fylld plattformskaj utförd i armerad betong och dimensionerad för järnvägslast. Även Beckerskajen är en pålad plattformskaj robust utförd i armerad betong, och bedöms vara i relativt gott skick, men mindre skador förekommer. Den be vuxna strandkoning är funktionell och träd och vegetation kan beskåras men rotsystemen bedöms dock vara positiva för motståndsförmågan mot erosion, (ELU, 2023).

2.2 Planerade byggnader och verksamheter

Utvecklingsprojektet Lövholmen innebär att området omvandlas från industriområde till en blandad stadsdel med omkring 1 500 - 2 000 bostäder, nya förskolor och verksamhetslokaler. Det nu aktuella förslaget till bebyggelsestruktur med kajer och övriga angränsade strukturer mot Liljeholmsviken framgår av Figur 2-4.



Figur 2-4. Figur 1-1 Lövholmen planerad bebyggelsestruktur och kajer, [Nivå 2023-03-10, ÅD/ES].

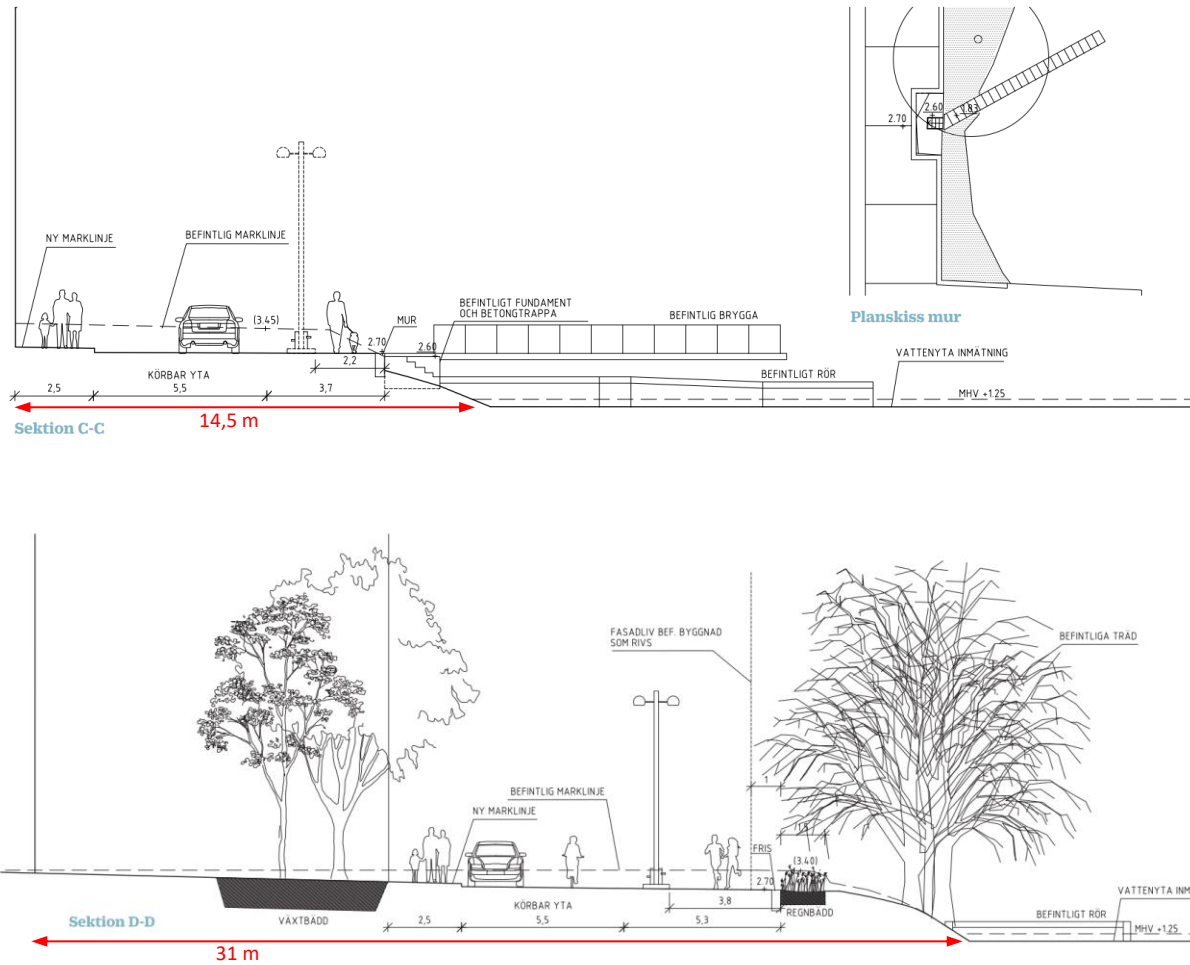
I områdets östra del finns Cementakajen vars kontur och utsträckning förblir oförändrad jämfört med dagens situation. Vid Kajstråket väster om Cementakajen finns idag en byggnad direkt innanför den bevuxna strandlätten. Här finns även två smala snett utskjutande bryggor till förtöjningspollare som också stötts av stålrör mot stranden i deltaform. Vid stranden finns också en kraftigare stormpollare för fartyg vid Cementakajen. Befintlig byggnad kommer att rivas och ger plats åt ett drygt 11 m brett stråk med gång- och körbana mellan fasadliv mot norr på planerade bostadsbyggnader (nybyggnation kv 5 och kv 6) och strandlätten, vars läge inte förändras. Vid kajstråket planeras enligt Figur 2-4 även två utskjutande bryggor att anläggas. Den östra skjuter ut ca 10 m utanför strandlinjen och den västra 8,5 m, vilket innebär att de skjuter ut ca 1,5 m längre över vattenspegeln än de i dag utskjutande bryggorna med pollare.

Den befintliga Kolsyrekajen kommer att rivas och ersättas av en ny längsgående brygga parallell med kajstråket. Den nya bryggans ytterkant är belägen ca 3,5 m utanför Kolsyrekajens nuvarande kajfront och ansluts enligt Figur 2-4 via en smal gångbrygga, belägen upp till ca 15 m utanför befintlig strandlinje, till den nya bryggan vid Beckerskajen.

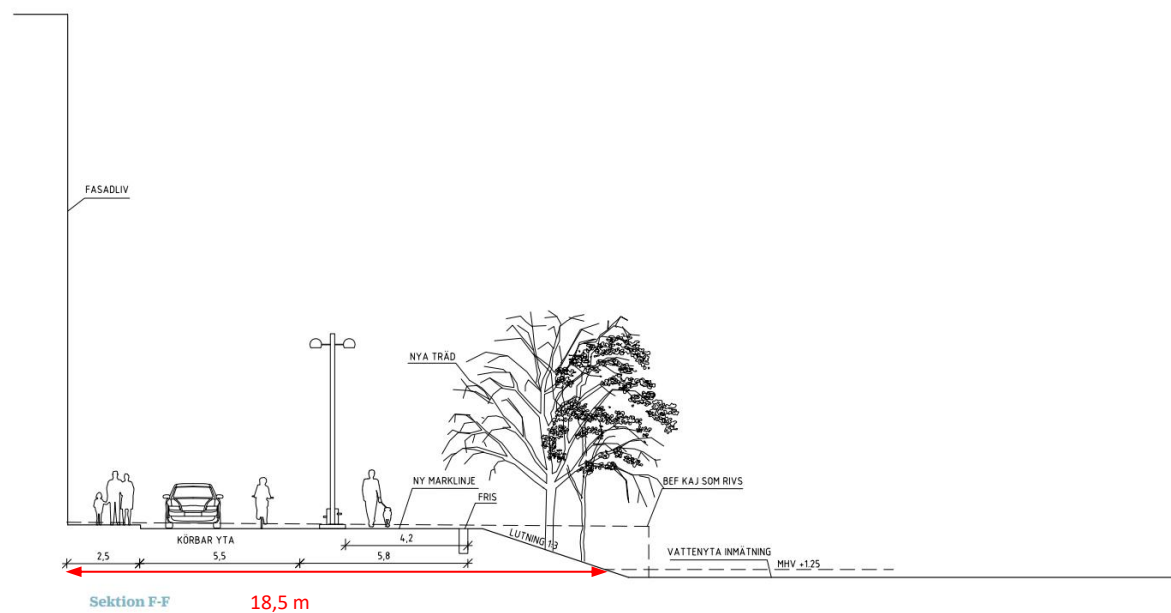
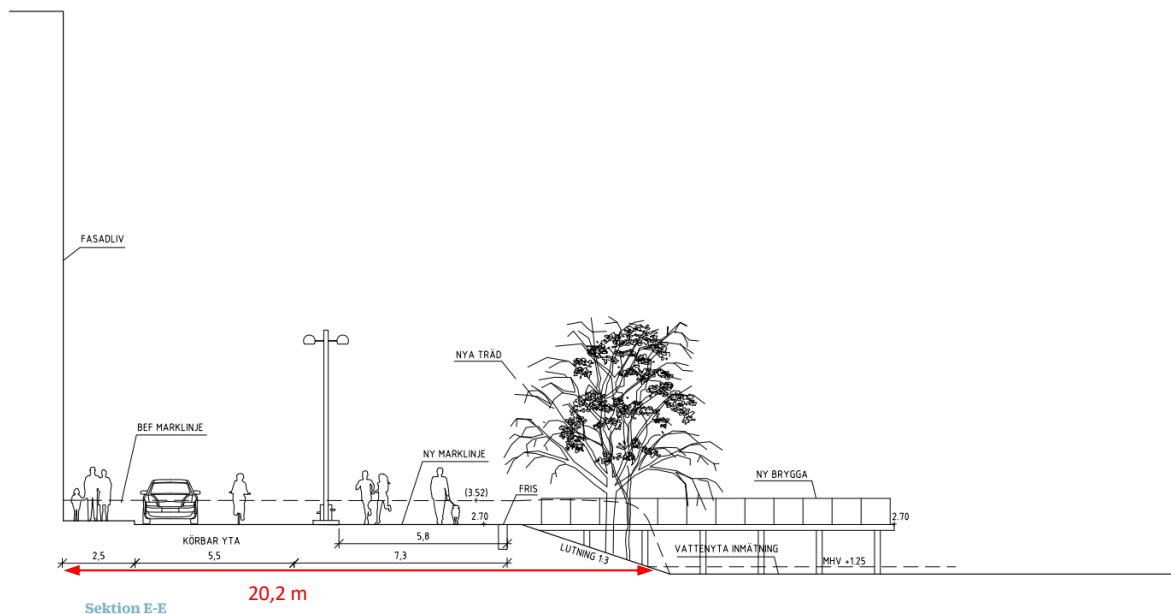
Utanför den befintliga Beckerskajen planeras en ny pålad brygga att anläggas med ett terrasserat bryggdäck som i den sydvästra delen skjuter ut 6 m utanför befintlig kajfront. I den nordöstra delen, där gångbryggan från Kolsyrekajen ansluter, når det nya bryggdäcket ut ca 16 m utanför Beckerskajens hörn. Utanför det nya pålade bryggdäcket indikerar tillgängligt underlag att en badplats kan anläggas och som i vattnet avgränsas till en halvcirkelformad yta med en radie av ca 30 m. Platsen utgör det område av Lövholmen som är beläget på störst avstånd från den passerande sjötrafiken.

2.2.1 Kajstråkets utformning

Kajstråket är den del av utvecklingsområdet som ligger närmast den riksintresseklassade farleden. Med avseende på sjöfartsrelaterade risker är därför ytor och avstånd mellan bostadsbyggnadernas fasadliv och den navigerbara vattenspegeln och farledsytan av intresse. Figur 2-5 och Figur 2-6, illustrerar fasadlivens läge på planerade nya bostadshus i förhållande till strandlänten vid kajstråket. Läget av de illustrerade sektionerna D-D – F-F framgår av blå linjer i Figur 2-4 .



Figur 2-5. Sektionerna C-C och D-D tvärs det planerade kajstråket, [Nivå, Lövholmen Kajstråket, 2023-02-14, ES]. Avståndet mellan byggnadernas fasadliv och strandlinjen har ritats in med röd färg.

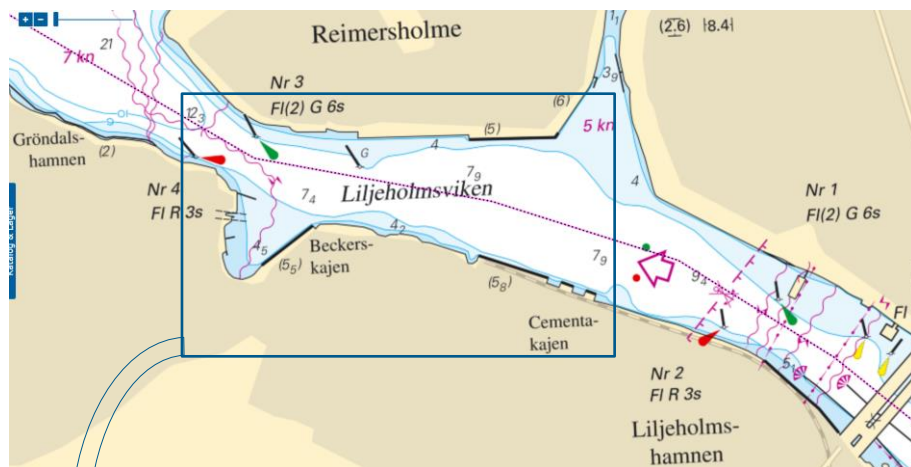


Figur 2-6. Sektioner E-E och F-F och tvärs det planerade kajstråket, [Nivå, Lövholmen Kajstråket, 2023-02-14, ES]. Avståndet mellan byggnadernas fasadliv och strandlinjen har ritats in med röd färg.

Strandlinjen utanför kajstråket är inte helt rätlinjig, och avståndet mellan de fasadliv som vetter ut mot farleden och strandlinjen varierar mellan ca 15 och 20 m. Ytan är mestadels hårdgjord framför byggnaderna och strandslänten har en lutning 1:3, och är delvis utförd med stenlagd strandskoning.

2.2.2 Jämförelse mellan dagens strandlinjekontur och framtida utformning

Lövholmens strandlinje med bryggor och kajer väster om Cemetakajen kommer att förändras något jämfört med dagens utseende. De planerade anläggningarna kommer dock endast i begränsad omfattning ianspråkta delar av vattenytan som idag kan nyttjas för sjötrafik. I Figur 2-8 har nya byggnader, bryggor och kajanläggningar ritats in i ett sjökortsutdrag för att illustrera omfattningen av nya och utskjutande anläggningar i vattnet söder om farledsytan.



Figur 2-8. Planerad nybyggnation av bostadsbyggnader och kajnära anläggningar inritade i sjökortsunderlag.

Av Figur 2-8 framgår att det endast är de två nya bryggorna vid kajstråket som sticker ut (ca 1,5 m) utanför en tänkt rätlinjig förlängning av den befintliga kajfronten av Cementakajen. Dessa bryggor, liksom den nya Kolsyrekajen, brygganslutningen till Beckerskajen och dess utbyggda däck, ligger alla innanför sexmeterskurvan på sjökortet, och bedöms därmed inte inkräkta på den befintliga navigerbara farledsytan.

2.3 Farleden förbi Lövholmen

Sjöfartsverket och Stockholms Hamnar AB ansvarar gemensamt för allmän farled Nr 915, (SJÖFS, 2013:4) från Danviksbron till Gröndal och som passerar Lövholmen. Farledsytan förbi Lövholmen har en bredd av 70 – 150 m och farledens djup förbi Lövholmen är enligt sjökortet omkring 7-8 m.

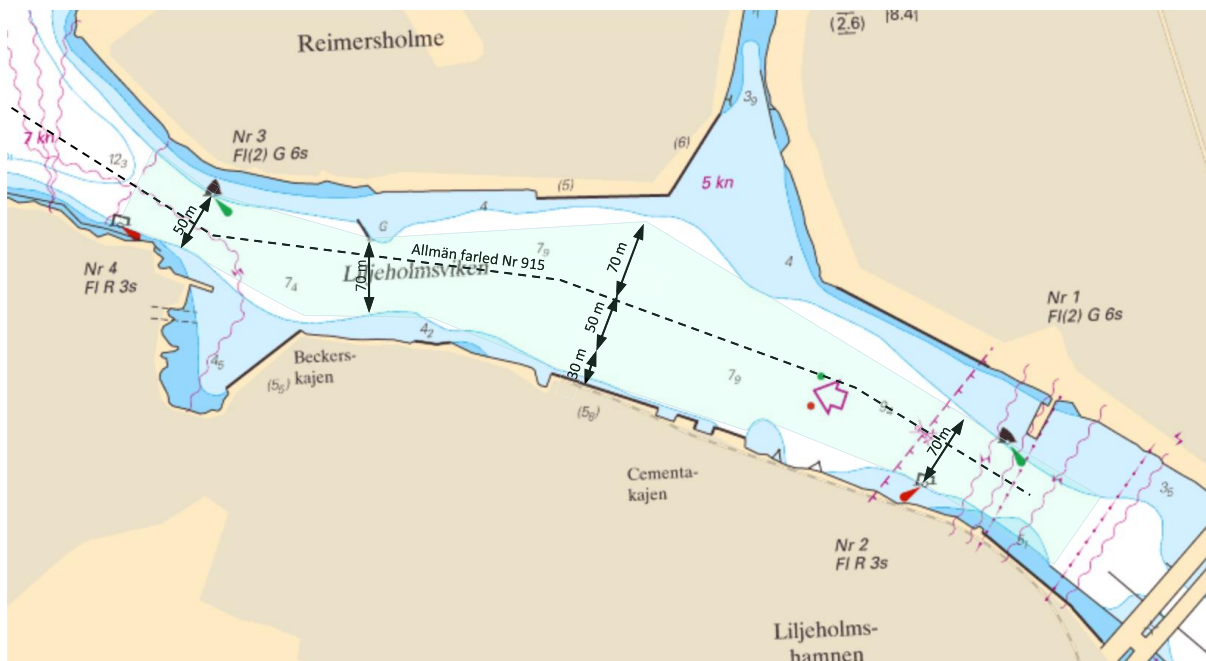
Maximala fartygsdimensioner för passage genom farleden begränsas väsentligen av Hammarbyslussen som tillåter en maximal fartygslängd L 115,0 m, fartygsbredd B 15,0 m och maximalt fartygsdjupgående D 5,5 m (SjöV, 2018). Själva slusskammaren är 115,0 m lång och 17,4 m bred med ett vattendjup av 6,29 m över slusströsklarna. Farleden på Saltsjösidan via Danvikskanalen tillåter ett maximalt djupgående D 5,4 m (SjöV, 2023). Stockholms hamnar AB ansvarar för drift av slussen och hamnkaptenen kan ge särskilt tillstånd för större fartyg. Liljeholmsbron har en segelfri höjd av 14,7 m men öppnas för yrkessjöfart alla tider på dygnet.

VTS-område Stockholm omfattar farlederna öster om Stockholm och avgränsas i väster av Hammarbyslussen. Väster om Hammarbyslussen, dvs för farleden förbi Lövholmen, rapporterar sjötrafiken till VTS Södertälje.

Fartbegränsningar regleras av Länsstyrelsens föreskrifter om sjötrafik mm. Enligt dessa (01FS_2001:138) är högsta tillåtna hastighet i Liljeholmsviken vid passagen förbi Lövholmen 7 knop för alla fartyg. Badförbud gäller i området (Kfs, 2017).

För fartyg på väg västerut mot Mälaren böjer farleden svagt åt babord med Lövholmen i innerkurvan. För fartyg på väg österut från Mälaren böjer farleden på motsvarande sätt åt styrbord med Lövholmen i innerkurva, men för ankommande fartyg från Gröndal har fartyg delvis en peka-på-kurs mot de västra delarna av Lövholmens kajer och strandbankar.

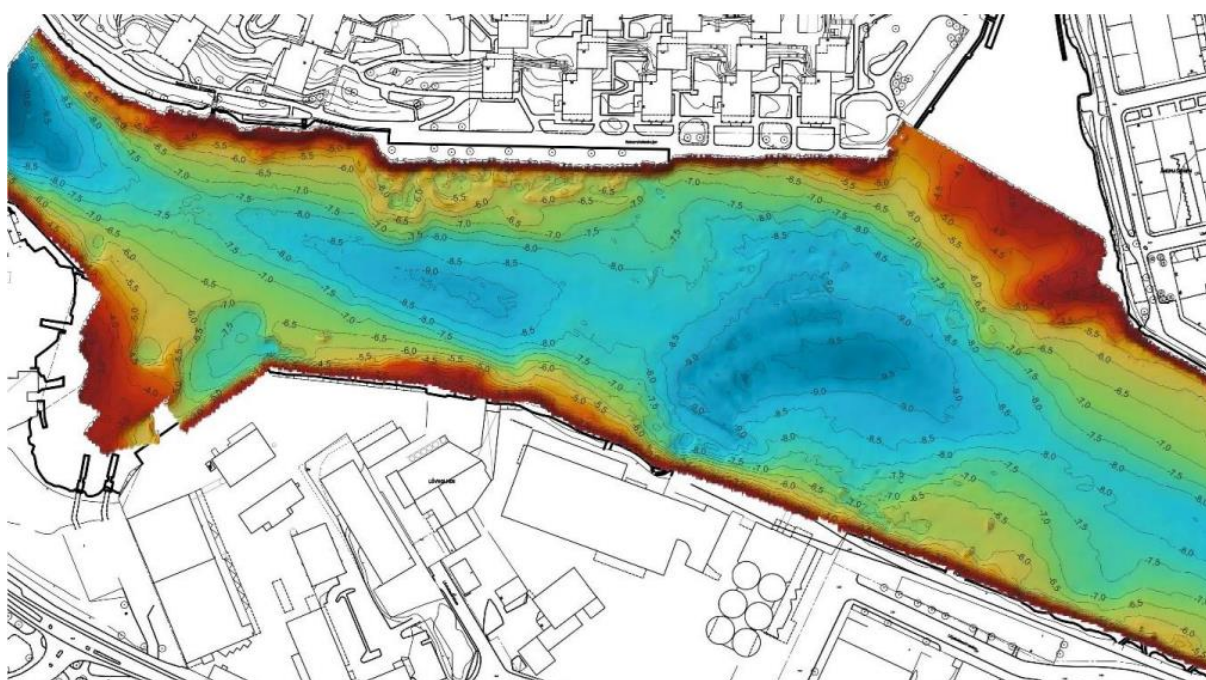
I Figur 2.8 har ungefärliga mått för farledsytans bredd förbi Lövholmen ritats in och det framgår att den smalaste delen utgörs av passagen i nordväst mot Gröndalshamnen, vilken inte påverkas av det planerade utbyggnadsprojektet. Planerad utbyggnad av Beckerskajen, dess anslutande gångbrygga till Kolsyrekajen och den nya Kolsyrekajen inkräktar inte på den i Figur 2-9 indikerade farledsytan. De nya utskjutande bryggorna mellan Kolsyrekajen och Cementakajen kan dock komma att tangera nu tillgänglig farledsyta. Dessa bryggor är inte avsedda för förtöjning av fartyg som med sin storlek skulle innebära att farledsytan reduceras.



Figur 2-9. Sjökartutdrag över Liljeholmsviken och Lövholmen söder om Reimersholme med indikerad farledsbredd.

För Cementakajen indikeras att farledsytans bredd är omkring 130 -150 m, vilket innebär att marginalen för passerande fartyg är större än i övriga delar av leden. Idag nyttjas kajen frekvent av *cement carriers* t.ex. Östanvik med en bredd B 18 m, men i framtiden kommer Cementakajen sannolikt inte att trafikeras av stora fartyg.

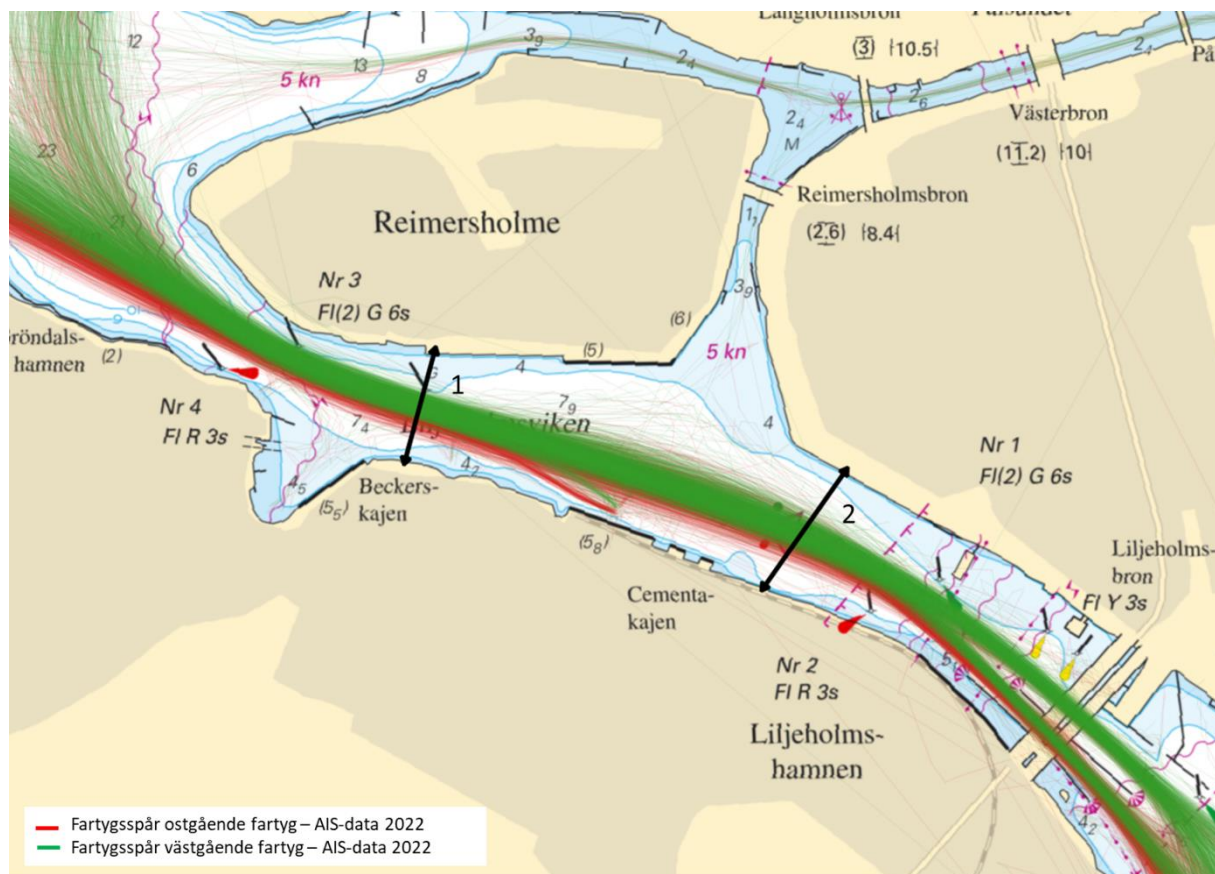
I Figur 2-10 återges en mer detaljerad bild av vattendjupet i farleden och vid aktuella kajer och strandbankar.



Figur 2-10. Vattendjup i farleden och vid Lövholmens kajer och stränder enligt tidigare botten-scanning, (nivå, 2022).

2.4 Beskrivning av sjötrafik i området – sjötrafikanalys

Alla fartygsrörelser med fartyg med AIS klass A (alla fartyg med brutto 300 brt eller mer samt alla passagerarfartyg) har registrerats under helåret 2022 och fartygsspåren har ritats in i sjökortsutdraget i Figur 2-11.



Figur 2-11. Sjötrafikmönster förbi Lövholmen baserad på registrerad AIS klass A under 2022. Den gröna färgen (som representerar västgående trafik) ligger ovanpå den röda (ostgående) och framträder därför som ett bredare stråk. En västlig passagelinje (markerad med 1) och en östlig passagelinje (2) har också lagts in i figuren.

Av trafikbilden i Figur 2-11 framgår att sjötrafiken väsentligen är samlad inom ett ca 50 m brett stråk förbi Lövholmen, samt att avståndsmarginalen till Cementakajen och strandbanken väster därom är ca 30 m utom för de fartyg som under 2022 anläppt Cementakajen. Skillnaden mellan de röda östgående och gröna västgående fartygsspåren visar också att en tydlig karaktär av "högertrafik" tillämpas i stråket, förutom under Liljeholmsbron där västgående fartyg som kräver broöppning är hänvisade till det södra öppningsbara spannet.

För de angivna passagelinjerna 1 och 2 har alla fartygspassager räknats och karaktäriserats utifrån fartygens storlek och typ. Registrerade antal och typer (totalt samt i respektive riktning) återges anges i stapeldiagram där fartygsstorleken anges för olika intervall av fartyglängden L, i kapitel 2.4.1 och 2.4.2. De största fartygen och de som passerat flest antal gånger anges också.

Analysen redovisar i tabellformat också trafikutveckling under de senaste fem åren baserat på AIS-registreringar för motsvarande passagelinjer.

2.4.1 Passagelinje 1 (väster)

Totalt antal passager: 2 627

Antal västgående: 1 324

Antal ostgående: 1 303

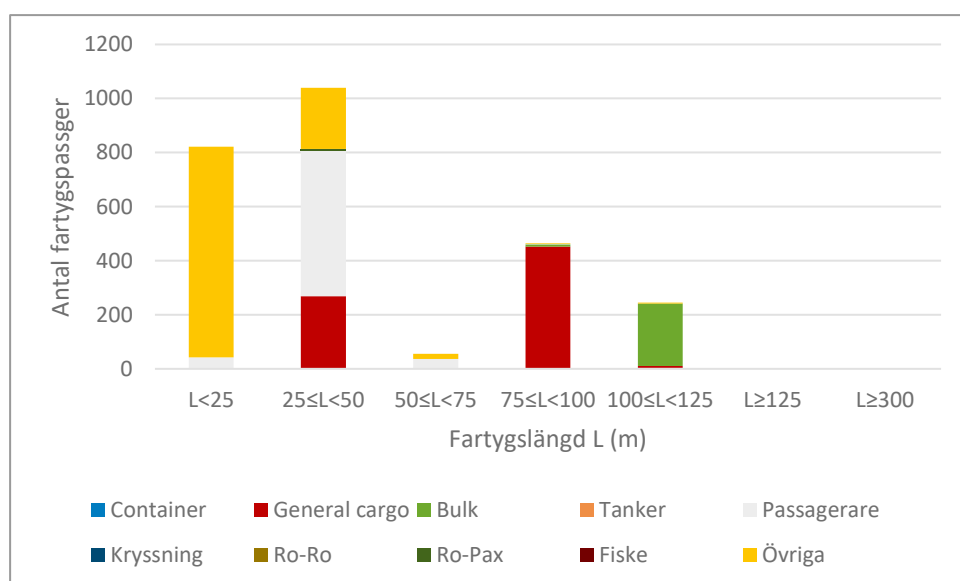
Största fartyg: *Cement carrier* Östanvik, se Figur 2-19 och *general cargo*-fartyget Klara, längd L 107 m.

Mest frekventa: Jehander 1 (415 passager)

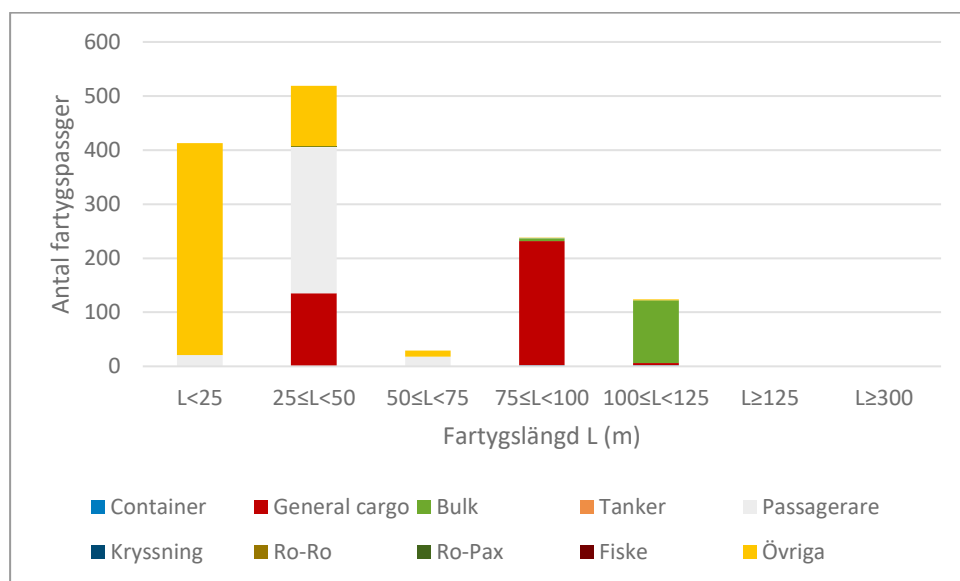
- Solskär (248 passager)

- *Cement carrier* Östanvik (230 passager)

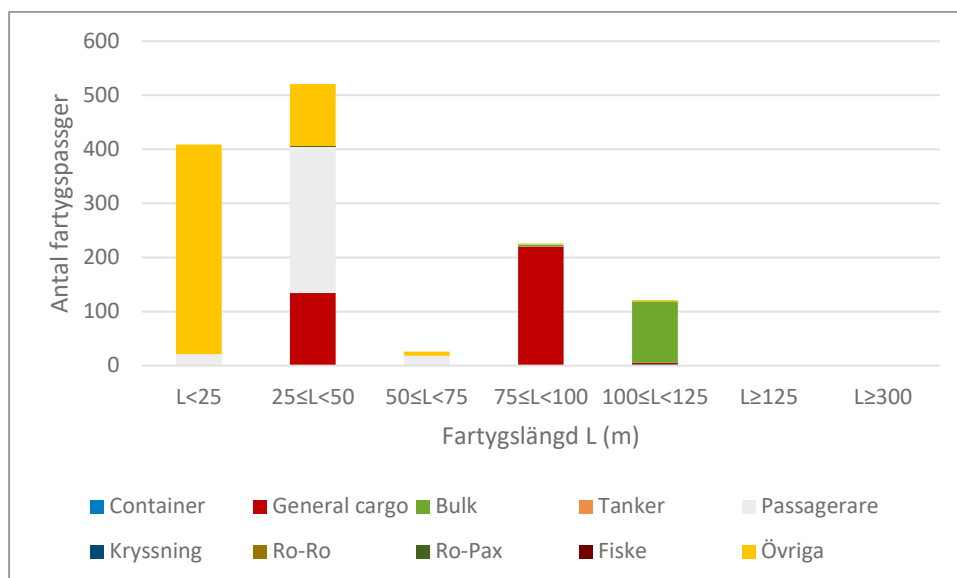
- Polis 139 9930 (217 passager)



Figur 2-12 Antal fartygspassager (totalt) över linje 1 år 2022 fördelat på fartyglängd och fartygstyp.



Figur 2-13 Antal västgående fartyg över linje 1 år 2022 fördelat på fartyglängd och fartygstyp.



Figur 2-14 Antal ostgående fartyg över linje 1 år 2022 fördelat på fartyglängd och fartygstyp.

Trafikutvecklingen under den senaste femårsperioden (2018-2022) har analyserats på motsvarande sätt utifrån AIS-statistik, och återges i form av totalt antal passager inom respektive storleksintervall i tabellform nedan.

Tabell 2-1. Trafikutveckling under perioden 2018-2022, totalt antal passager (båda riktningar) för passagelinje 1.

	2018	2019	2020	2021	2022
L<25	647	856	974	979	822
25≤L<50	956	972	484	755	1 040
50≤L<75	76	40	47	58	55
75≤L<100	494	566	463	498	465
100≤L<125	176	184	207	241	245
L≥125	0	0	0	0	0
Totalt	2 349	2 618	2 175	2 531	2 627

2.4.2 Passagelinje 2 (öster)

Totalt antal fartygspassager år 2022: 2 337

Antal västgående: 1 179

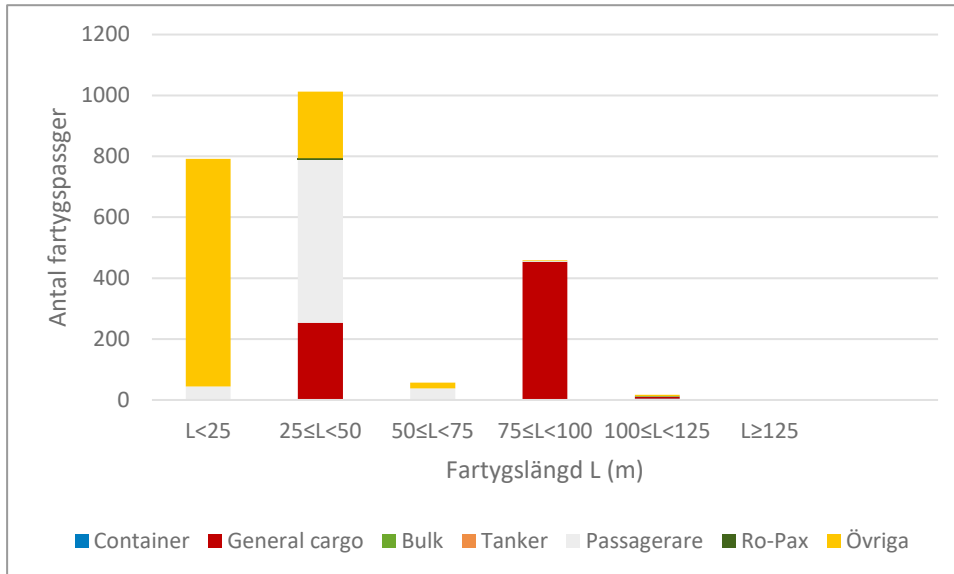
Antal ostgående: 1 158

Största fartyg: *Cement carrier* Östanvik, längd L 107 m

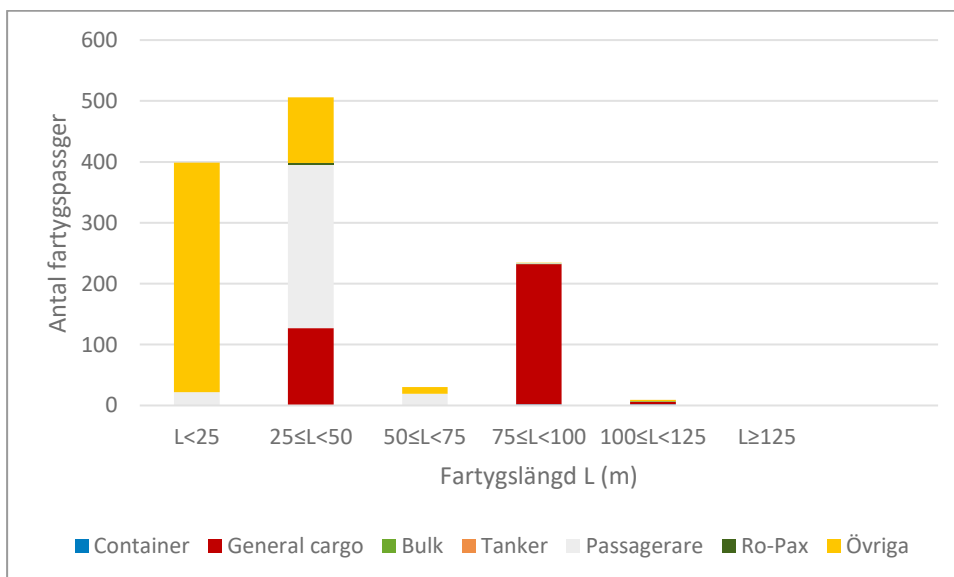
Mest frekventa: Jehander 1 (416 passager)

- Solskär (248 passager)

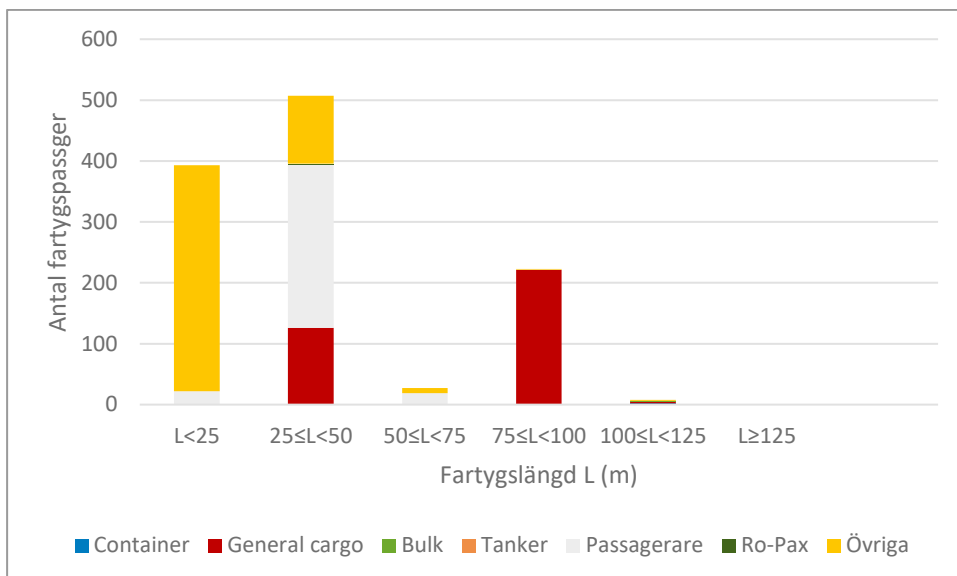
- Polis 139 9930 (222 passager)



Figur 2-15 Antal fartygspassager över linje 2 år 2022 fördelat på fartygslängd och fartygstyp.



Figur 2-16 Antal västgående fartygspassager över linje 2 år 2022 fördelat på fartygslängd och fartygstyp.



Figur 2-17 Antal ostgående fartygspassager över linje 2 år 2022 fördelat på fartygslängd och fartygstyp.

Tabell 2-2. Trafikutveckling under perioden 2018-2022, totalt antal passager (båda riktningar) för passagelinje 2.

	2018	2019	2020	2021	2022
L<25	643	870	941	936	792
25≤L<50	962	972	473	755	1 013
50≤L<75	76	37	47	55	57
75≤L<100	395	459	404	464	458
100≤L<125	1	0	7	2	17
L≥125	0	0	0	0	0
Totalt	2 077	2 338	1 871	2 212	2 337

Av redovisad statistik framgår bl.a. att trafik med stora fartyg (längd 100 m eller mer) väsentligen endast sker över passagelinje 1, och utgörs av trafik som anlöper Cementakajen. Denna trafik kommer att upphöra när planerat utvecklingsprojekt färdigställts och då cementhanteringen vid Lövhölen omlokaliseras till Värtahamnen.

Av statistiken framgår också tydligt att inom storlekssegmentet längd 75≤L<100 m, domineras trafikbilden av fartyget Jehander 1, som står för mer än 90% av trafiken.

Under de senaste fem åren har inga dramatiska förändringar vad gäller trafikintensiteten, men under 2020 registrerades ett klart lägre antal fartygspassager främst inom storleksintervallet längd 25≤L<50 m. Detta förklaras av att leden då, sannolikt som en följd av Coronapandemin, trafikerades av få passagerarbåtar. Passagerarbåtstrafiken kan dock förväntas minska från 2024 eller 2025 då den nya Victoriaslussen i Söderström förväntas

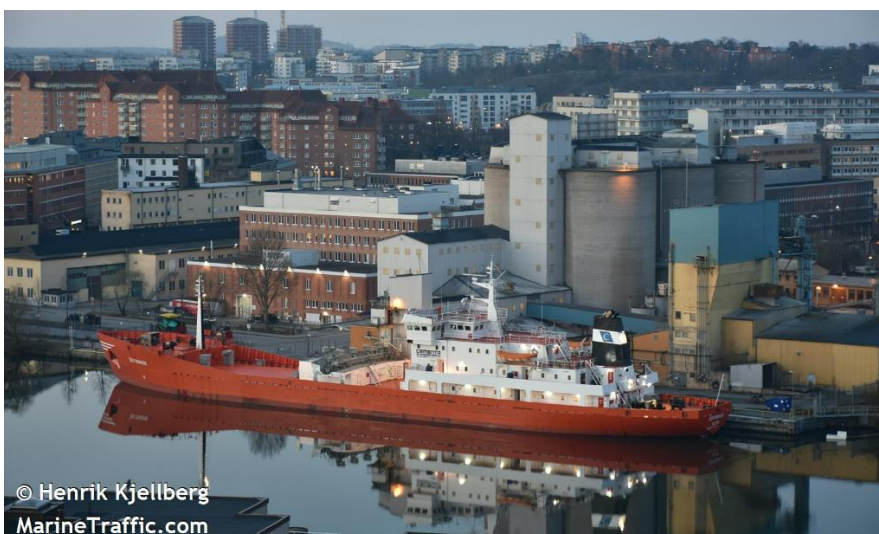
öppna och medge passage för segmentet sightseeingbåtar med begränsad höjd. (Den gamla Karl-Johanslussen i Söderström stängdes 2016.)

Öster om Lövholmen, i Liljeholmshamnen finns idag en båthållplats där även fritidsbåtar kan hämta och lämna passagerare. Den presenterade strukturplanen innehåller ingen detaljerad information om eventuell planerad tillkommande tilläggsplats för kollektivtrafikfärja vid Lövholmen, men i takt med att antalet bostäder i området ökas kommer det med stor sannolikhet också att anläggas en hållplats för kollektivtrafikfärja i området.

General cargo innefattar så kallade *Aggregates Carrier*, däribland *Jehander 1* som transporterar ballast (berg- och grusmaterial) och stod för ca 400 passager under 2017, se Figur 2-18. Även det näst mest frekventa fartyget under 2017 var en *Aggregates Carrier*; *Solskär* med ca 248 passager. *Solskär* är dock betydligt mindre med längd L 37 m jämfört med 75 m för *Jehander 1*.



Figur 2-18. *Jehander 1*, som transporterar ballast (berg- och grusmaterial), längd L 75 m, stod för 415 passager under 2022.



Figur 2-19 Cement carrier *Östankvik* med en längd på 17 m var det längsta fartyget som passerade passagelinje 1 (och anlöpte Cementakajen 115 gånger) 2022.

Inga passager med tankfartyg registrerades under perioden 2020 -2022. År 2019 registrerades en passage av tankfartyget Varkan Ege (längd 89 m, bredd 14 m och djupgående 4,6 m (ballast)). Under år 2018 registrerades fyra passager av det mindre tankfartyget Tankos (längd L 47 m, bredd B 8 m). Den 26 april passerade fartyget västerut med djupgående 3,2 m och återvände österut 28 april med djupgående 2,4 m. En motsvarande resa gjordes 9-12 maj.

Förutom dessa tankfartygstransporter sker regelbundet vintertid pråmtransport av flytande bränsle från Energihamnen i Värtan via Hammarbyleden, förbi Lövholmen, till Hässelbyverket i Mälaren. Bränslet (West Energy E20 0.05) är en vegetabilisk olja av typen av MFA (*Mixed Fatty Acid*) som inte klassas som brandfarlig (flampunkt över 100 grader C). Produkten klassificeras ej heller som miljöfarlig eller hälsoskadlig, (Projektstaben, 2018). Exempelvis registrerades bogserbåten Tug för 45 passager under 2022 men även bogserbåtarna Leif och Montfred har utfört bränsletransporter med pråmen Birk i *pusher barge*-konfiguration, se Figur 2-20.



Figur 2-20. Bogserbåten Leif kopplad till bränsletransportpråmen Birk i Stockholm.

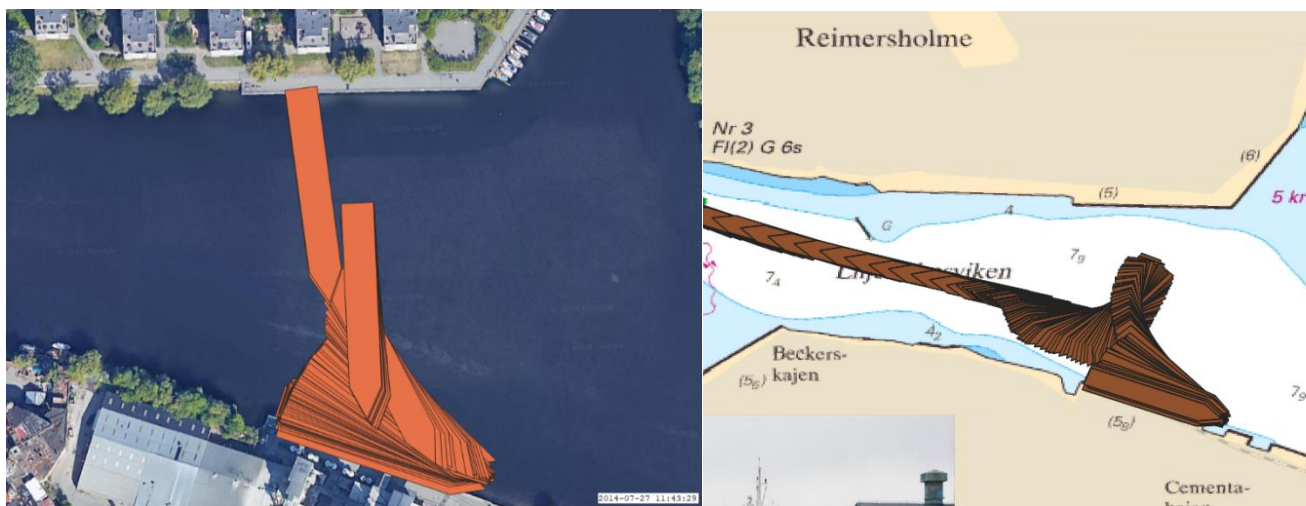
3 Riskidentifiering

Riskidentifieringen kartlägger potentiella risker utan att i detalj gå in på bakomliggande orsakssammanhang. Såväl uppenbara som tillsynes små risker identifieras initialt för att skapa överblick och rangordnas därefter med avseende på relevans för det fall som undersöks. För denna studie baseras riskidentifieringen på SSPAs tidigare erfarenheter från liknande studier där påseglingsrisker utretts för projekt med kajnära byggande. Information om kända olyckor och tillbud bidrar tillsammans med en detaljerad sjötrafikanalys till fullgott underlag och något särskilt riskidentifieringsmöte med myndigheter och annan extern expertis har inte bedömts motiverat för denna studie.

3.1 Historiska incidenter

Olyckor genom plötsliga tekniska fel eller felmanövrar vid passage av kanaler och hamnbassänger i skyddade vatten är relativt ovanliga. Granskning av tre olika sjöolycksdatabaser (Transporstyrelsens SOS, EMSAs Emcip samt SeaWeb) påvisar mycket få fall av kajpåseglingar av passerande fartyg i farlederna i eller till Stockholms hamn, däremot har kajer seglats på i samband med tilläggning.

En incident i Liljeholmsviken rapporterades exempelvis vid en vändningsmanöver från Cementakajen i SOS (SjöOlycksrapporteringsSystem) med fartyget Östanvik. Förloppet åskådliggörs av Figur 3-1, som visar fartygskonturen plottad baserad på AIS-registreringar av fartygets position. Pga av en blackout under backningsmanövern fick inte fartyget stopp för att vända styrbord mot Mälaren utan aktern gled in mot kajen vid Reimersholme. Vid en normal vändningsmanöver med backning och efterföljande styrbordsgir är avståndet omkring 30 m mellan Reimersholme och fartygets akter, enligt konturplattan till höger i Figur 3-1. Eftersom Cementas verksamhet vid Lövholmen kommer att avvecklas bortfaller denna olyckstyp i samband med vändningsmanöver vid Cementakajen.



Figur 3-1. Konturplottar för vändningsmanöver vid avgång från Cementakajen med fartyget Östanvik. Till vänster en incident med kajpåsegling på Reimersholme 27 juli 2014 och till höger en normal vändningsmanöver vid avgång mot Mälaren.

Det finns ingen känd händelse gällande fartygspåsegling som allvarligt skadat bostadsfastigheter i Sverige. Internationellt finns det däremot flera kända fall där kajnära byggnader skadats. Exempelvis registrerades under åren 1983-1996, 50 stycken kajpåseglingar längs Mississippiflodens norra bank genom New Orleans. Vid det mest uppmärksammade fallet 1996 seglade ett bulkfartyg pga. ett teknisk fel typ blackout, in i en kaj och raserade en stor del av ett bakomliggande butiks- och hotellkomplex, dock utan några dödsfall. I augusti 2013 påseglades ett kontrolltorn av ett drivande fartyg i Genuas hamn i Italien varvid flera personer som befann sig i byggnaden omkom. Den 7 april 2018 seglade ett bulkfartyg med längd L 225 m in i en strandnära restaurangbyggnad under en av de stora hängbroarna över Bosporen, efter att rodret låst sig pga. tekniskt fel. Den 21 april 2017 seglade en ropax-färja med längd L 142m in i en kaj i Las Palmas, Gran Canaria med 6 knop efter en blackout. Den 31 oktober 2018 seglade ropax-färjan Excellent, Längd L 203 m, bredd B 27 m in en kaj i Barcelonas hamn och skadade en containerkran som kollapsade. Den 25 november 2020 avgick tankfartyget Northsea Rational från Hamburg med last av biodiesel mot Malmö, men pga roderfel seglade fartyget med god fart in i en kaj i Hamburg. Inget läckage av lasten uppstod.

3.2 Identifierade möjliga olyckstyper för kajer och byggnader vid Lövholmen

3.2.1 Påsegling

Flera olyckstyper och scenarier där en påsegling med fartyg kan tänkas leda till skador på kajanläggningarna och byggnaderna kan identifieras. Mänskliga misstag och tekniska fel är de stora huvudgrupperna av olyckstyper som vidare kan delas in i underkategorier. Mänskliga misstag kan exempelvis delas in i felnavigering, misslyckad manöver, felavläsning av instrument etc., där konsekvenserna kan leda till en påsegling. Likaså tekniska fel, exempelvis blackout, bortfall av framdrivning, bortfall eller låsning av roder, kan leda till att fartyget avviker från planerad passagelinje och kolliderar med kaj.

Specifikt för det analyserade området vid Lövholmen är att området ligger i nära anslutning till en farled med fartygstrafik mellan Stockholm och Mälaren och att passageavståndet till Lövholmens kajer och strandbankar är relativt litet. Den största andelen av passerande trafik utgörs dock av mindre fartyg och bedöms inte utgöra någon omedelbar fara för planerade byggnader och människor som vistas på områdets kajer vid en eventuell påsegling. Utöver den passerande yrkessjöfarten passerar även ett stort antal fritidsbåtar vilka dock inte heller bedöms utgöra någon fara för planerade byggnader och verksamheter i området. Hastighetsbegränsningen till 7 knop bidrar också till att konsekvenserna av eventuella påseglingar begränsas. Vidare bidrar farledens krökning med Lövholmen i innerkurvan, och att det därmed endast i få fall förekommer peka-på-kurs mot kajer, till att påseglingsriskerna begränsas.

Vattendjupet utanför Lövholmens kajer och strandbankar är relativt stort och det finns få naturliga uppgrundningar som kan väntas bromsa upp farten på fartyg med påseglingskurs.

3.2.2 Farligt gods

Liksom för väg- och spårtrafik på land i närheten av bostadsområden, är även farligt gods-transporter till sjöss av särskilt intresse och bör därför beaktas för farleden förbi Lövholmen. Fartyg som kan tänkas ha farligt gods ombord är främst tankfartyg för kemikalier eller

olja produkter som vid en eventuell påseglingsolycka eller annan olycka med utsläpp eller brand i lasten, skulle kunna medföra fara för människor i Lövholmen. Från sjötrafikanalysen i kapitel 2.4 framgår dock att tankfartyg inte trafikerat leden under de senaste tre åren 2020-2022, men att enstaka passager registrerades under 2018 och 2019.

Även om tankfartygstrafiken är mycket låg och tenderar att avta kan det dock inte helt uteslutas att andra typer av farligt gods-transporter till sjöss förbi Lövholmen kan komma att bli aktuella. Som ett led i avvecklingen av Loudden och Bergs oljeterminaler har Sjöfartsverket utrett framtida möjligheter för distribution av flytande bränslen (bensin, flygbränsle och diesel) med mindre tankfartyg anpassade för inre vattenvägar från Södertälje till hamnar i Mälaren och Stockholm (Sjöv, 2016). Rapporten indikerar att andelen farligt gods-transporter genom Hammarbyleden kan väntas öka om skisserade transportscenarier förverkligas.

En särskild riskbedömning angående farligt gods-transporterna för DP-ärendet för Marievik 15 med flera öster om Liljeholmsbron, har tagits fram av företaget Brandkonsulten, (Brandkonsulten, 2018). I denna tar konsulten höjd för att andelen farligt gods-transporter i farleden kan öka, genom att utgå från en mer konservativ bedömning att 5% av passagera med fartyg i yrkestrafik antas ha last av farligt gods och i första hand av kategorin brandfarlig vätska (klass 3 enligt IMDG-kodens klassificering för transport av farligt gods). Det bedöms dock inte relevant att utforma Lövholmens planerade bebyggelse utifrån andra principer vad gäller brand- och utsläppsrisker från fartyg, än de som tillämpas för planering och prövning av andra aktuella stadsutvecklingsprojekt längs Hammarbyleden.

3.2.3 Indirekta risker och eventuell påverkan för sjöfarten

Det planerade projektet innebär endast en marginell förflyttning strandlinjekonturen med dess bryggor, och projektet medför inte att den tillgängliga vattenytan för båttrafik och fartygsmanövrar begränsas.

Nya kajnära byggnader kan tänkas förändra siktlinjer för passerande sjöfart. Nya anläggningar som medför att fler människor befinner sig närmare farleden samt ökad fritidsbåttrafik i området, kan också tänkas medföra nya risker som skulle kunna påkalla oönskade restriktioner för sjöfarten.

3.3 Orsakskategorisering av möjliga påseglingsolyckor

Bland de möjliga orsaker som kan leda till påsegling av kajer, brygganläggningar eller strandbank bedöms vissa vara mer sannolika än övriga. Generellt kan olyckstyper för denna typ av analys innefattas i någon av följande tre huvudtyper:

- i) Oavsiktlig avvikelse från korrekt passagelinje orsakad av mänskligt misstag
- ii) Önskat bortfall av framdrivning orsakad av tekniskt fel typ blackout
- iii) Önskad gir till påsegling orsakad av tekniskt typ roderfel/låst roder

Dessa olycksscenarier kan leda till kajpåsegling och konsekvenserna bestäms då i hög grad av fartygets storlek (deplacement/massa), dess hastighet och påseglingvinkeln. Förutsättningarna för möjliga påseglingsolyckor orsakade av olika feltyper skiljer sig beroende på i vilken riktning i fartygen passerar farleden.

3.3.1 Västgående fartyg mot Mälaren

Fartygen som kommer från Liljeholmsbron passerar Lövholmen under en svag babordsgir utan att peka-på-kurs uppstår under giren och passagen. Reimersholme kan däremot antas mer exponerad för möjlig påsegling eftersom peka-på-kurs uppstår i ytterkurvan.

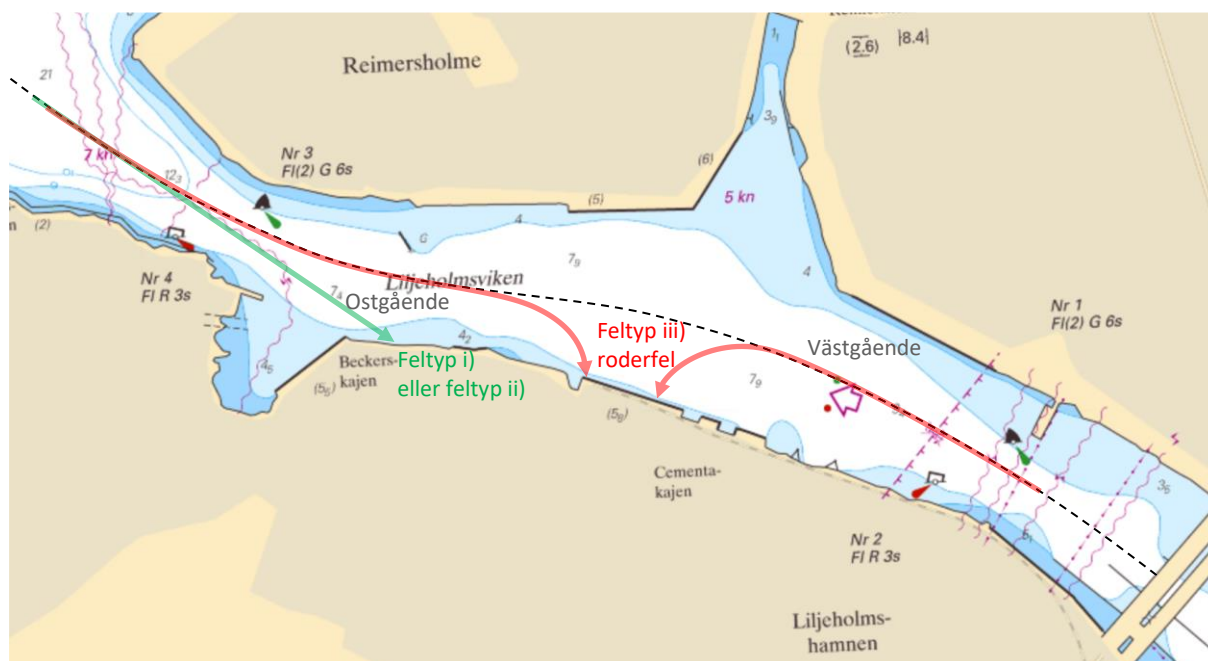
Påseglingsscenarioer för passerande västgående fartyg mot Mälaren kan dock uppstå pga; Tekniska fel typ iii) roderfel, vid passage på den planerade ruttlinjen förbi Lövholmen. Om felet innebär att rodet låser sig i ett av ytterlägena (babord) kan det leda till en snäv gir och påseglingkurs under brant vinkel.

Även tekniska fel typ ii) blackout med förlust av framdrivning kan under vissa omständigheter tänkas leda till påseglingsscenarioer av Lövholmen genom att fartyget driver mot kajen under inverkan vind. Denna typ av påsegling innebär dock vanligen att fartyget driver på tvären och träffar kajen med långsidan och med låg hastighet. Endast under extrema vindförhållanden bedöms den möjliga drifhastigheten vid ett sådant scenario i området kunna överstiga 1 knop och möjliga konsekvenser bedöms därmed också endast kunna bli små och inte utgöra fara för byggnader och människor som vistas på kajen.

3.3.2 Ostgående fartyg från Mälaren

För fartyg som kommer från Mälaren och passerar Lövholmen österut under en svag styrbordsgir uppträder motsvarande risker för påsegling orsakade av tekniska fel typ iii) roderfel (fullt roderutslag mot styrbord). Innan de ostgående fartygen kommer till Lövholmen har de dock vid passage av Gröndalshamnen en peka-på-kurs mot de västra delarna av Lövholmens kajer och strandbankar. Detta innebär att även tekniska fel typ ii) blackout eller mänskliga misstag typ i) med utebliven gir kan tänkas leda till påseglingsskurs.

Figur 3-2 illustrerar hur de beskrivna feltyperna; i), ii) och iii) kan tänkas leda till påseglingsscenarioer mot Lövholmen.



Figur 3-2 Möjliga påseglingsscenarioer för ost- respektive västgående fartyg förbi Lövholmen. Streckad svart linje indikerar planerad passagelinje längs farledens mittlinje.

4 Riskanalys

I detta kapitel analyseras de i föregående kapitel identifierade möjliga påseglingsscenarierna med avseende på sannolikhet för att de skall inträffa respektive möjliga konsekvenser av dem.

- Sannolikheten för dimensionerande påseglingsscenarioer uppskattas i kvantitativa termer enligt etablerad praxis för olika felhändelser.
- Konsekvenser av möjliga påseglingsscenarioer beskrivs kvalitativt och även i kvantitativa termer med

Fartygstrafiken delas in i olika storlekskategorier för att ytterligare förtydliga vilket segment som utgör störst risk. Olika fartyg och olika hastigheter ger olika krafter vid en eventuell påsegling. Storleksindelningen görs enligt de längdintervall som presenterades i kapitel 2.4 Sjötrafikanalys.

Sannolikheter för påsegling respektive möjliga konsekvenser av olika påseglingsscenarioer uppskattas i separata underkapitel nedan.

4.1 Numerisk uppskattning av sannolikhet för påsegling av Lövholmen

4.1.1 Olyckstyp i) – Oavsiktlig avvikelse från korrekt passagekurs orsakad av mänskligt misstag

Möjliga påseglingsvinklar för olyckstyp i) Oavsiktlig avvikelse från korrekt passagelinje orsakad av mänskligt misstag uppskattas utifrån kapitel 3.3.2. Eventuella påseglingsscenarioer på grund av otillräcklig gir i farleden skulle kunna ske mot kajen för ostgående fartyg från Mälaren, som har en peka-på-kurs vid passage av Göndalshamnen. Misstag som ger peka-på-kurs kan även tänkas ske till följd av oplanerade väjningsmanövrar eller kurskorrigeringar under passager vid Lövholmen. Dessa scenarion bedöms kunna ge en påsegling under flack vinkel, ca 30- 45 grader mot strandbankar och kajer väster om Cementakajen, men vid Beckerskajen skulle även brantare påseglingsvinklar kunna uppstå, ca 70-90 grader.

Olycksstatistik visar att mänskliga misstag är vanliga orsaker bakom olyckor och många statistiskt baserade numeriska modeller för beräkning av sannolikheten för mänskliga misstag har presenterats. För denna undersökning används ett värde baserat på information samlad i [Kristiansen2005] där antalet felhandlingar relateras till den seglade distansen; $3 \cdot 10^{-5}$ per fartyg och nautisk mil (nm). För de här specifika passagera kopplas denna sannolikhet till en kritisk sträcka av 200 m (0,11 nm) som motsvarar den totala längden av de exponerade kajsektionerna vid Lövholmen. Av dessa 200 m antas 175 m kunna påseglas under flack vinkel och 25 m under brant vinkel.

Påseglingshastigheten för större fartyg kan antas vara upp till 6 knop för denna olyckstyp.

4.1.2 Olyckstyp ii) - Oönskat bortfall av framdrivning orsakad av blackout

Möjliga påseglingsvinklar på grund av ii) Oönskat bortfall av framdrivning orsakad av tekniskt fel typ blackout, uppskattas utifrån scenariot att fartyget fortsätter rakt fram på den kurs det har då felet uppstår. Ostgående fartyg från Mälaren har under passage av Gröndalsundet ”peka på”-kurs mot Lövholmens kajer och Beckerskajen. Möjliga påseglingsvinklar och

exponerade kajlängder definieras på samma sätt som för olyckstyp i) enligt kapitel 4.1.1. För olyckstyp ii) med bortfall av framdrivning kommer dock fartygets hastighet att minska och 4-5 knop bedöms vara en rimlig påseglingshastighet för dessa scenarion.

För västgående fartyg mot Mälaren bedöms dock att olyckstyp ii) orsakat av tekniska fel såsom blackout endast ger marginellt bidrag, och konsekvenser av drivande påsegling kan försummas. Det bör dock påpekas att olyckstypen ii) med blackout också innebär att fartygs kurs (*heading*) och förflytningsriktning (COG) påverkas av vindkrafter och om hastighet avtagit mycket efter det att propellerkraften upphört, kan påseglingsscenarioet snarare karaktäriseras av att fartyget driver till en kajkollision. För sådana scenarier med låg fart är det oftast fartygets sida, bog eller låring som först stöter emot kajen och inte själva förstäven.

Tekniska fel av typ blackout bedöms uppträda med högre frekvens än fel med oönskade maximala roderutslag som beskrivs i stycket nedan. Numeriska sannolikhetsvärden för blackout baseras vanligen på bas av tiden och utifrån jämförande värdering av olika empiriska modeller nyttjas här $2,5 \cdot 10^{-4}$ per timme [SSPA 2008]. Även här kopplas sannolikheten till en kritisk tidsperiod som motsvarar passagen av kajen dvs. 200 m (0,11 nm).

4.1.3 Olyckstyp iii) - Oönskad gir till påseglingkurs orsakad av tekniskt roderfel/låst roder

För beräkning av möjliga påseglingvinklar som en följd av iii) roderfel antas minsta girradie vid fullt roderutslag vara 1,5 gånger fartyglängden. För fartyg som passerar Lövholmen på omkring 50 m avstånd innebär det att endast fartyg med längd L 33 m eller mindre kan väntas segla på kajen under rät vinkel medan det för större fartyg troligen endast flackare påseglingvinklar kan bli aktuella. För denna olyckstyp bedöms det rimligt att hela den exponerade längden av strandbankar och kajlängden dvs. ca 400 m (0,22 nm) definieras som en kritisk passagesträcka oavsett från vilken riktning fartygen kommer.

Utifrån redovisade AIS-registreringar bedöms en passagehastighet av omkring 6 knop vara rimlig men vid den oönskade giren kommer hastigheten att minska och antas vara 1-2 knop lägre än passagehastigheten. Beroende på vilken girradie fartyget får, kommer det att dröja minst en halv minut innan påseglingen sker och därför finns också möjligheter att begränsa påseglingshastigheten, exempelvis genom att aktivt slå back eller stopp i maskin så snart det står klart att rodet inte lyder.

Tekniska fel av olyckstyp iii) som innebär att styrarrangemang låser sig i fullt utslag är mycket ovanliga. Mängden empiriska data är begränsad men Germanische Lloyd [GL 2003] refererar en undersökning som anger en sannolikhet för roderfel på $1 \cdot 10^{-5}$ per timme. För att ett sådant roderfel skall leda till påseglingkurs måste det uppstå under en passagetid som motsvarar längden av den påseglingkritiska strukturen (här 400 m). Sannolikheten att få fullt roderutslag åt ena hållet (styrbord för ostgående trafik och babord för västgående trafik) i kombination med att det sker under en kritisk passagetid av ca 2 minuter, motsvarande den exponerade längden av kajen, är mycket låg.

4.1.4 Sammanställning av påseglingssannolikheter

Tabell 4-1 visar resultat av systematiska beräkningar för påseglingssannolikheten för de tre olika olyckstyperna och fartygsstorlekskategorierna. Beräkningarna är baserade på fartygsstatistik från 2022 för passagelinjen öster om Lövholmen. Denna trafik inkluderar inte trafiken till Cementas och antas motsvara trafiken även över den västra passagelinjen i framtiden när trafiken till Cementas kaj upphör. I tabellen anges sannolikheten som ett inverterat värde som anger den förväntade återkomst- eller returperioden för att en påseglingsskurs skall uppstå. Fartyg med en längd mindre än 25 m förväntas inte orsaka några konsekvenser då kraften vid en kajpåsegling är liten. Av denna anledning omfattas inte dessa fartyg av sannolikhetsberäkningarna.

Tabell 4-1. Beräknad förväntad returperiod: Påsegling mot kaj/strandbank av passerande fartyg utanför Lövholmen (400 m).

Påsegling mot kajer/strandbankar av fartyg som passerar förbi Lövholmen Beräknad returperiod (år)	i) Mänskliga fel	ii) Blackout	iii) Roderfel	Totalt
Fartyglängd: 25 - 50 m	598	473	6 019	253
Fartyglängd: 50 - 75 m	10 633	8 612	109 563	4 560
Fartyglängd: 75 – 100 m	1 323	1 072	13 636	568
Fartyglängd: > 100 m	35 651	17 112	217 694	10 979
Totalt	392	310	3 949	166

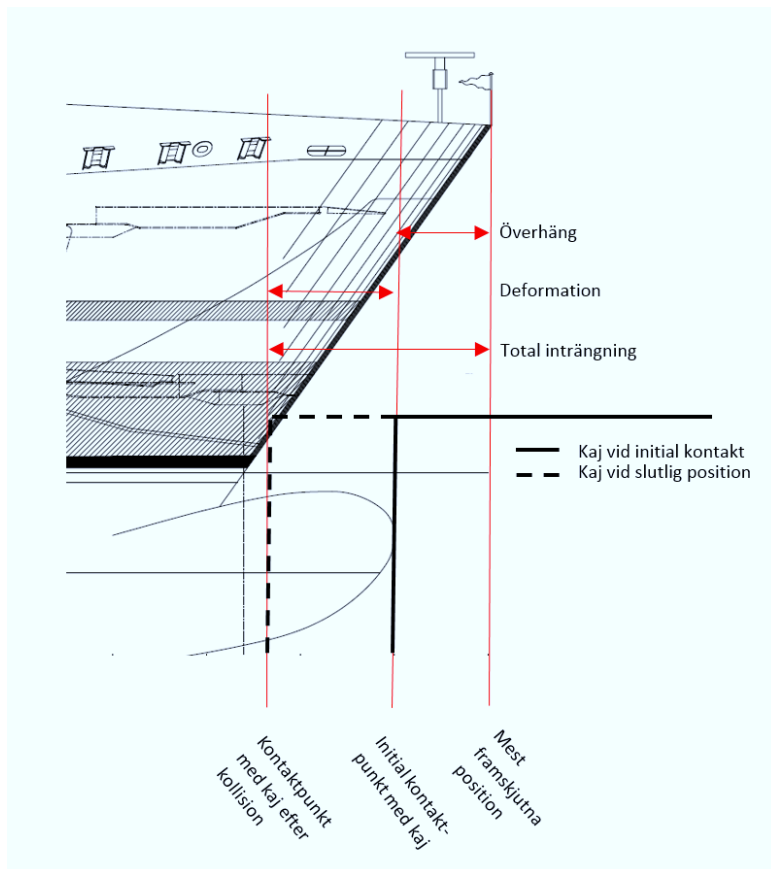
Av Tabell 4-1 framgår att mänskliga misstag och tekniska fel med blackout representerar de största bidragen till påseglingssannolikheten medan roderfelen ger ett mera marginellt bidrag till påseglingssannolikheten. En returperiod för hela den analyserade sträckan av kajer och strandbankar vid Lövholmen av storleksordningen 166 år, innebär förenklat att någon av de identifierade olyckstyperna kan förväntas inträffa någonstans längs området inom en 166-årsperiod.

4.2 Konsekvenser av en påsegling

För trafiken förbi Lövholmen har hittills det största och därmed dimensionerande tonnaget med avseende på konsekvenser av möjliga påseglingar utgjorts av cementtransportfartyg till Cementas anläggning vid Lövholmen. Dessa transporter kommer dock att upphöra när projekt Lövholmen tar form, och för framtida trafik är kan Jehanders grustransporter antas representera det dimensionerande tonnaget. Fartyget Jehander 1 tillhör de största och var det mest frekventa fartyget under 2022 med över 400 passager. Baserat på detta bedöms därför Jehander 1 kunna representera en dimensionerande fartygstyp för beräkning av möjliga påseglingsslaster.

Förskeppen på fartyg ser olika ut, många fartyg har ett överhäng där däckskonturen sticker ut framför stävprofilen i däckshöjd och ofta har fartygen även en bulb, dvs en utskjutande del under vattenlinjen, se Figur 4-1. Det för Lövholmen dimensionerande fartyget Jehander 1 saknar dock både något betydande överhäng och bulb, se Figur 2-18. Inte heller något av de andra större fartyg som passerade den östra passagelinjen 2022 har något betydande överhäng. Fartyget Solskär som registrerades för 248 passager under 2022 har dock ett transportband som sticker ut ca 8 m framför stäven. Transportbandets konstruktion och infästning i fartyget är dock veka i förhållande till skrovets och förstävets konstruktion. Det

bedöms därför inte troligt att en påseglingshändelse som innebär att transportbandet når en byggnadsfasad kan leda till betydande strukturella skador på byggnaden.



Figur 4-1. Schematisk bild som definierar; deformation, överhäng samt total inträngning.

Svårighetsgrad av konsekvenserna av en kontakt mellan fartyg och kajen vid Lövholmen beror främst av total inträngning och på vilken vertikal nivå kontakten sker. Byggnader som har ett yttre fasadliv nära kajkanten kan, även vid lätta kajpåseglingar eller kontakter, få betydande fasadskador av de fartygsdelar som sticker ut eller hänger över vattenlinjekonturen och kajkanten. Om en kajpåseglingsolycka medför deformation av kajdäcket så att det krossas eller förskjuts, eller att pålverkets bärighet skadas, kan påsegling orsaka stor skada på byggnader även längre in från kajkanten. Deformation av bulb och stävsektioner under kajdäckets nivå bidrar också till den totala inträngningen. Trafiken vid Lövholmen utgörs dock till största del av mindre fartyg och antalet passager av fartyg med bogöverhäng som kan bidra till en stor total inträngning vid en kollision är därmed få.

Vattendjupet vid Cementakajen vid är enligt sjökortet 5,8 m (6,5 m vid kajen, (Sjöv, 2023)), vilket innebär att ingen uppbromsande effekt till följd av grundstötning kan påräknas vid påsegling av de aktuella fartygsstorlekarna.

Beräknade och uppskattade påseglingsvinklar är relativt flacka. Endast olyckstyp iii) roderfel ger mer branta påseglingsvinklar. I fallen med flacka påseglingsvinklar är det troligt att kajen inte penetreras (ingen deformation) och att fartyget istället tvingas till en gir vid kajkontakten varigenom en del av rörelseenergin omsätts till rotation av fartyget. Låg

friktion mellan kajkant och fartyg underlättar glidning och rotation, vilket därmed minskar påseglinglasten mot kajen. Påsegling under flack vinkel mot en strandbank genererar också viss rotation av fartygen men sannolikt mindre av glidande karaktär vid kontaktpunkten.

En annan aspekt som påverkar deformation och total inträngning är kajens konstruktion. Hur kajen är konstruerad påverkar hur den överför påseglinglast till pålverk och eventuellt även till bakomliggande strukturer och byggnader.

För att i detalj kunna räkna på stoppsträckor och inträngningsdjup behövs en utförlig beskrivning av kajens konstruktion och energiupptagande strukturer. Sådan detaljerad beräkning av inträngningsdjup omfattas dock ej av denna studie.

De generella kvalitativa resonemang kring påseglingvinklar och konsekvenser till följd av de olika påseglingsscenarierna som redovisas i kapitel 4.2.1 - 4.2.3 nedan, kompletteras också av kvantitativa kraftberäkningar baserade på simuleringar av påseglingsscenarioer i olika farter och under olika påseglingvinklar. Kraftberäkningarna redovisas separat i kapitel 4.3.

4.2.1 Konsekvenser av en påsegling som följd av olyckstyp i) Mänskliga misstag

Uppskattade påseglingvinklar antas bli relativt flacka (10-20 grader) som en följd av farledens rätlinjiga utformning. Vid påsegling med en kontaktvinkel som inte är vinkelrät mot kajen uppstår ett girmoment som innebär att fartyget vid flack påseglingvinkel får en glidande kontakt. En glidande kontakt bidrar till att en del av fartygets rörelseenergi omsätts till rotation av fartyget. Mänskliga misstag kan innebära många typer av fel då åtgärder som kurs- och fartkorrigering uteblir eller görs för sent.

4.2.2 Konsekvenser av en påsegling som följd av olyckstyp ii) Blackout

Till skillnad från olyckstyp i) medför olyckstyp ii) att fartyget inte går att manövrera eller påverka. Bortfall av framdrivning ger en fartreduktion men inga drastiska kursförändringar. Om fartyget ligger i en gir då blackout uppstår, kan giren fortsätta medan hastighet och girhastighet succesivt avtar. I en skärgårdsled kan fartyg stoppas eller bromsas genom störtankring för att förhindra att det driver på grund eller seglar på närliggande kaj.

Eftersom farledens dragning förbi Lövholmen väsentligen är parallell med Cementakajen och inga tydliga peka-på-kurser kan identifieras från närliggande farledssektioner eller -krökar, så kommer eventuella påseglingar troligen att ske under mycket flacka vinklar eller med fartygssidan i de fall då fartyget driver mot kajen.

Sådana drivande scenarier för olyckstyp ii) Blackout, kan innebära att hastigheten bromsats upp helt för det manöverodugliga fartyget, som istället drivs av vindpåverkan. Vid hård nordlig vind kan ett manöverodugligt fartyg i Liljeholmsviken tänkas driva sidledes med en hastighet av storleksordningen $\frac{1}{2}$ - 1 knop, vilket innebär att det inom 5-10 minuter skulle kunna driva till, och få kontakt med någon av kajerna eller någon av mellanliggande strandbankar. Deformationsskadorna blir troligen måttliga vid ett sådant scenario.

4.2.3 Konsekvenser av en påsegling som följd av olyckstyp iii) Roderfel

Beräknade påseglingvinklar till följd av roderfel är relativt branta. Det innebär att bland de identifierade riskerna så får en eventuell påsegling i detta fall störst konsekvens.

Möjliga konsekvenser av en påseglingsolycka med kajpenetration beror av kajens konstruktion och fartygets utformning och kan inte beräknas i detalj. För branta påseglingsvinklar kommer en stor del av fartygets rörelseenergi att tas upp genom deformation av fartygets förskepp och av kajen med större inträngningsdjup än det som motsvaras endast av stävöverhänget.

Vid eventuell påsegling av strandbanken (som antas ha en lutning 1:3 (se Figur 2-6)) mellan kajerna kommer först en grundstötning att ske en bit utanför strandlinjen och beroende på rörelseenergin hos fartyget och strandskoningsens beskaffenhet eller släntens beskaffenhet, kommer fartyget att bromsas upp samtidigt som förskeppet sannolikt också lyfts upp något.

Kollisionskrafter och inträngningsdjup för denna typ av *worst case* påseglingsscenarioer under branta påseglingsvinklar som följd av roderfel har uppskattats kvantitativt genom beräkningar och redovisas i Kapitel 4.3 nedan.

4.3 Beräkning av kollisionskrafter och inträngningsdjup vid påsegling under branta vinklar.

4.3.1 Dimensionerande beräkningsfall

För att kunna avgöra hur långt innanför Cementakajens och övriga kajers kajfront mot farledsytan som planerade bostadsbyggnader kan uppföras utan påseglingsrisk, har s.k. dimensionerande beräkningar utförts. Dessa omfattar beräkningar av påseglingskrafter och inträngningsdjup för scenarion med relativt hög hastighet och brant påseglingsvinkel.

Dimensionerande fartyg för kraftberäkningarna i detta skede är Jehander 1 med ett uppskattat displacement av 1 500 m³ utan betydande överhäng.

Det bör påpekas att beräkningarna ger en indikation på inträngningsdjupets omfattning. Eventuell kraft- och rörelseöverföring från kajfronten till bakomvarande byggnadsstrukturer beror dock inte enbart på hur omfattande lokala kross- och bucklingsdeformationer som uppstår i kontaktzonen utan beror även på utformning av kajdäcket, fyllnadsmassor och förankringar. Beräknade påseglingskrafter och inträngningsdjup ger värdefull input för kajdimensionering eller erforderliga avståndsmarginaler mellan byggnadernas fasadliv och kajfront respektive strandbank. För mera detaljerad analys måste kajens konstruktion och koppling till byggnadernas grundläggning vara specificerad.

4.3.2 Modell

Dimensionerande fartyg för beräkningar av påseglingslaster är Jehander 1.

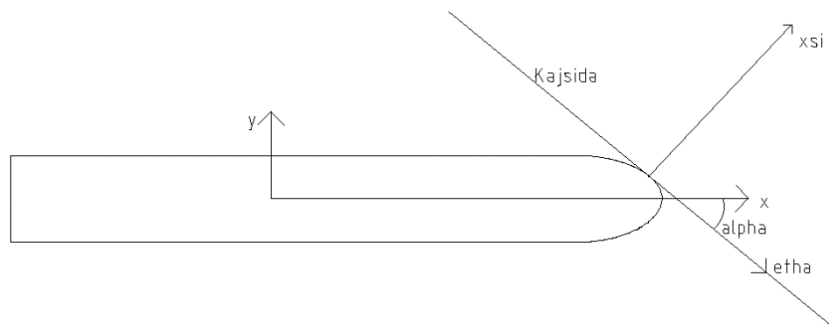
Övriga fartygs- och scenariospecifika parametrar såsom fartygets hydrodynamiska massa i tre frihetsgrader i horisontalplanet och friktionskoefficient mellan fartyg och kaj är valda enligt rekommendationer i Eurocode (SS-EN_1991-1-7, 2006) och Zhang (Zhang, 1999).

4.3.3 Metod

Påseglingsförloppet har analyserats med utgångspunkt i stelkroppsdynamik och nödvändiga energiberäkningar är baserade på en modell presenterad i (Zhang, 1999).

Från fartygets initiala rörelseenergi beräknas den del av energin som tas upp som deformationsenergi i skrovet, medtaget effekter av friktionskrafter mellan fartyg och kaj

samt hydrodynamisk massa i tre frihetsgrader. Maximal kraftpåkänning samt inträngningsdjup har därefter beräknats utifrån empiriska samband, rekommenderade i Eurocode, gällande *Avancerad analys av stöt från havsgående fartyg*. Koordinatsystemen som använts åskådliggörs i Figur 4-2 nedan.



Figur 4-2. Schematisk bild över ett godtyckligt kollisionsförlopp med relevanta koordinatsystem.

Initialt har fartyget en hastighet V_x och en angreppsvinkel α , gentemot kajsidan. $\alpha = 90^\circ$ motsvarar scenariot där x-axeln i det fartygsfasta koordinatsystemet sammanfaller med xsi-axeln i det kajfasta koordinatsystemet, dvs en vinkelrät påsegling. Under kollisionen absorberas fartygets rörelseenergi genom deformation av fartygets skrov, kraften som verkar på fartyg och kaj varierar under kollisionsförloppet med den momentana styvheten hos den struktur som deformeras. Kraftpåkänningen på kajen kan delas upp i två komponenter, (1) vinkelrätt mot kajen och (2) längs med kajsidan, beroende på fartygets angreppsvinkel. Observera att kraftpåkänningar och inträngningsdjup presenterade nedan är baserade på den del av kollisionen som verkar vinkelrätt mot kajen, dvs. längs xsi-axeln i det kajfasta koordinatsystemet.

Två typer av scenarion kan därefter identifieras; (1) kollisioner vid flacka vinklar; $0^\circ < \alpha < 70^\circ$, där fartyget har tillräckligt med rörelseenergi längs kajen för att efter initial kollision glida längs med kajen ett stycke innan fartyget slutligen stoppar och; (2) kollisioner vid branta vinklar, $\alpha \geq 70^\circ$, där fartyget inte glider längs med kajen under själva kollisionsförloppet. Brytpunkten för dessa två scenarion beror på friktionen mellan kaj och fartyg. Ovanstående utfall är resultatet av en friktions-koefficient, $\mu = 0,4$, vald enligt rekommendation i Eurocode. Kollisionsscenario vid flacka vinklar tas inte med i denna analys.

Eftersom det dimensionerande fartyget vid Lövholmen saknar bogöverhäng kommer den totala inträngningen motsvara deformationen.

I övrigt har följande antaganden gjorts i beräkningarna, baserat på tidigare utförda riskanalyser.

- Kollisionsscenario med angreppsvinkel, α , mellan fartyg och kaj om $40-90^\circ$ beräknas.
- Jehander 1 används som dimensionerande fartyg.
- Kajen antas vara ogenomtränglig, all deformation antas sålunda ske i skrovkonstruktionen hos fartyget.

- Alla kollisionsscenarion antas vara fullt plastiska, med följd att hela fartygets initiala kinetiska energi antas absorberas fullständigt som plastisk deformationen av skrovet. Efter kollisionen har fartyget ingen fart längs med xsi-axeln i det kajfasta koordinatsystemet.

Antagandet att energin absorberas genom deformation av skrovet, dvs att kajen är mycket styvare än fartygsstaven, bedöms rimligt utifrån kända erfarenheter från kajpåseglingar.

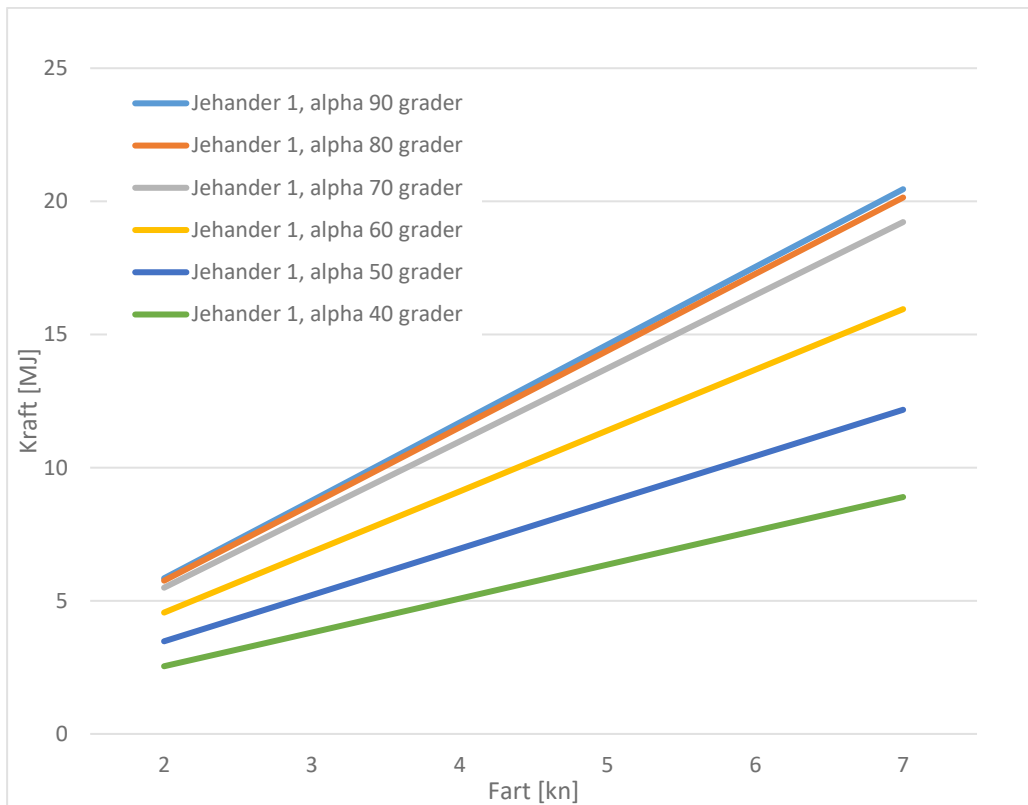
De beräknade möjliga inträngningsdjupen vid eventuell påsegling är relativt små men baserade på normala kajkonstruktioner för fartygsförtöjning. Det är ännu inte fastställt i detalj hur Lövholmens kajer kommer att konstrueras eller om befintliga strandbankar kommer att behöva förstärkas. Om kajer/strandbankar inte utformas som konventionella kajer kan den totala inträngningen bli större än redovisade beräkningar.

4.3.4 Resultat av kvantitativa konsekvensberäkningar

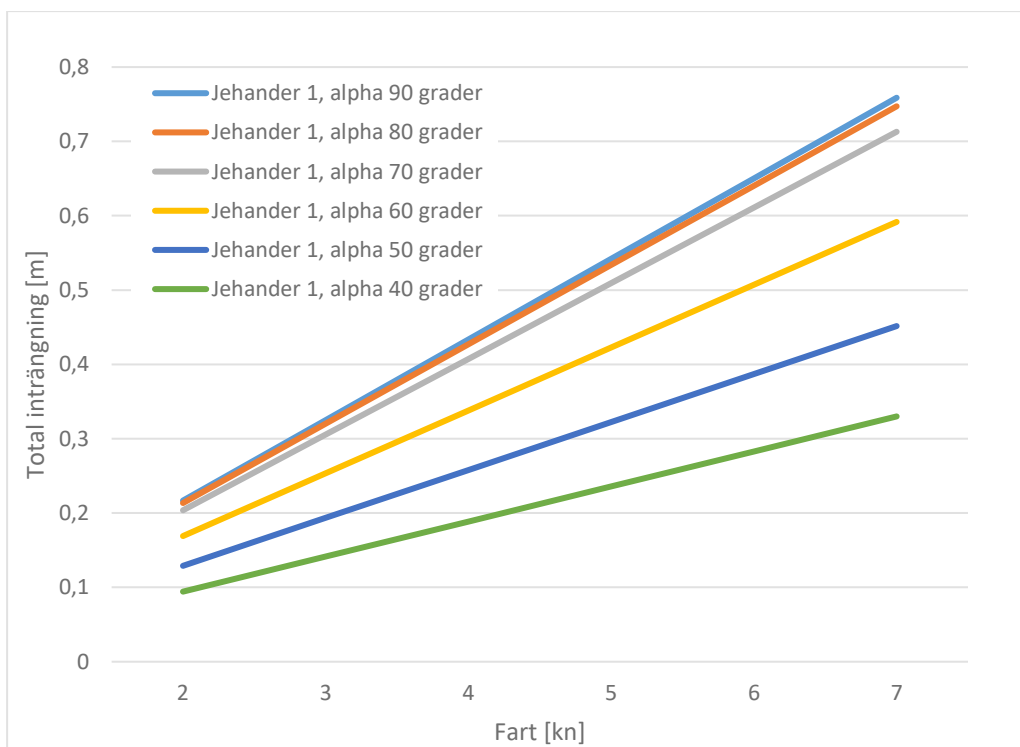
Samband mellan kraftpåkänning och fart samt inträngningsdjup och fart har beräknats enligt den ovan presenterade analysmetoden för Jehander 1 (Displacement 1 500 m³, inget stävöverhäng) vid sex olika påseglingsvinklar (40, 50, 60, 70, 80 och 90 grader) och för påseglingshastigheter från 2 till 7 knop.

Med ett avstånd till kaj på ca 50 m och med antagandet att minsta girradie vid fullt roderutslag är 1,5 gånger fartygslängden, dvs. 112 m för Jehander 1, medför dock att den brantaste möjliga kollisionsvinkeln för Jehander 1 är 56 grader.

Beräkningsresultaten redovisas i två olika diagram; kraftpåkänning samt total inträngning vilket är det samma som deformation av bog i detta fall. De två variablerna visas som funktion av påseglingshastigheten. I det redovisade fartintervallet ger beräkningsmodellen linjära samband mellan variablerna och påseglingshastigheten.



Figur 4-3 Kraftpåkänning – Jehander 1 med påseglingsvinklar 40-90.



Figur 4-4 Total inträngning för Jehander 1 vid kollisioner med vinkel 40-90 grader.

Enligt Figur 4-4 ovan medför en kollision i 90 graders vinkel vid en påseglingshastighet på 6 knop 0,7 m inträngning i kajen. Denna inträngning riskerar inte att skada någon av byggnaderna som planeras innanför kanten av Cementakajen, där det minsta identifierade avståndet mellan fasadliv och kajkant är 17,8 m se blå markering i Figur 2-4. Vid en kollisionsvinkel på 56 grader, som är den brantast möjliga vinkeln vid Cementakajen, blir den totala inträngningen 0,46 m vid en hastighet på 6 knop. Tekniskt roderfel med rodret låst i maximalt utslag, som är den enda olyckstypen som kan orsaka branta vinklar, är förenat med avsevärt lägre sannolikhet än övriga feltyper och sannolikheten för en inträngning på till 0,46 m är därmed mycket låg.

Även längs strandbanken mellan Cementakajen och Kolsyrekajen bedöms avståndet, som varierar mellan 15 och 30 m, med hänsyn till strandbankens lutning och höjd, vara tillräckligt för att säkerställa att kontakt mellan fartyg och fasadliv inte ska kunna uppstå vid kritiska påseglingsscenarioer.

Mellan den nya Kolsyrekajens yttre kant, vars konstruktion ännu inte är specificerad, och närmast planerade fasadliv är avståndet 20,0 m, (se Figur 2-4) vilket också bedöms borga för att kontakt mellan och fasadliv inte ska uppstå vid eventuell påsegling.

För Beckerskajen planeras närmaste nybyggnation uppföras med fasadliv beläget 20,3 m innanför befintlig kajfront. Utanför kajfronten kommer dessutom en ny brygga att anläggas ca 10 m utanför kajkanten. Den nya bryggan kommer inte att konstrueras och dimensioneras för att kunna ta upp eventuella påseglingslaster från större fartyg, men sammantaget med ursprunglig kaj, bedöms avståndet säkerställa att kontakt mellan fartyg och fasadliv inte kan uppstå vid eventuell påsegling.

Fartyget Solskär som har ett 8 m långt transportband i fören kan enligt definitionen i Figur 4-1 orsaka en större total inträngning. Kraften vid en sådan kollision blir dock betydligt mindre då detta fartyg har ett mindre displacement och transportbandet kan antas vara deformerbart i högre grad än byggnaderna. Transportbandet är dock inte så långt att det kan nå planeradefasadliv och dess konstruktion kan antas vara vek i förhållande till byggnader eller andra strandnära konstruktioner.

Med hänsyn till den relativt låga sannolikheten och de begränsade konsekvenserna, bedöms inte att särskilda konstruktions- eller dimensioneringskrav påkallas för de exponerade fasaderna.

4.4 Sammanvägning av sannolikhet och konsekvens

Trafiken vid Lövholmen domineras av små fartyg, $L < 50$ m, vilket medför att dessa står för det största bidraget för den totala kollisionssannolikheten. Krafterna vid en kollision blir dock små vilket medför att risken bedöms som liten för dessa kollisionsscenarioer.

När trafiken till Cementa har upphört kan antalet passager av fartyg större än 100 m antas vara mycket få, och en påsegling beräknas därmed ske 1 gång på 11 000 år.

Fartyg med längd på 75 - 100 m står för ett betydande bidrag av den totala påseglingssannolikheten, och en påsegling uppskattas ske 1 gång på 500 år.

Konsekvensberäkningarna för Jehander, som ingår i storlekskategorin 75 -100 m, visar på en maximal total inträngning på 0,46 m. Ett sådant scenario baseras på olyckstypen iii) Roderfel, för vilket sannolikheten är mycket låg. Den förväntade returperioden för en inträngning på

uppemot 0,46 m är därmed ca 10 000 år. Det mista avståndet mellan kajkant och fasadliv på kajen är 5 m vilket medför att det dimensionerade fartyget Jehander 1 inte beräknas kunna orsaka skador på byggnaderna.

4.5 Övriga risker - indirekta risker för sjöfarten

Planerad utbyggnad av kaj- och strandlinje inkräktar inte på den del av farledsytan som idag normalt används av passerande handelstonnage. I och med att verksamheten vid Cementakajen upphör, försvinner också den största andelen av frekventa passager med stora fartyg liksom utrymmeskrävande vändningsmanövrar i området. Hammarbyslussen begränsar framgent den maximala storleken av fartyg som kommer att passera Lövholmen. Planerad utbyggnad av kaj- och strandlinjekontur och eventuell inverkan på den tillgängliga farledsyntans bredd förbi Lövholmen bedöms inte påverka farledens kapacitet eller säkerhet. De smalaste delarna av farleden förbi Lövholmen kommer även i framtiden att utgöras av passagera från Liljeholmsbron och mot Gröndalshamnen.

Placering och höjd av planerad nybyggnation av bostadshus och bryggor, bedöms inte försämra förutsättningarna för fri sikt och fartygstrafikens siktlinjer förbi Lövholmen.

Belysning under byggnadsskedet liksom under driftskedet då området är inflyttningsklart, kan om de inte utformas på lämpligt sätt ge upphov till bländande ljus eller belysning som av sjötrafiken kan misstolkas som fyrljus eller fartygslanternor undviks.

Fritidsbåtstrafiken är idag intensiv under sommarperioden och tillkommande bryggplatser bedöms inte påverka riskbilden nämnvärt.

5 Riskvärdering

5.1 Individrisk Lövholmen

Det finns inga föreskrivande regler i Sverige för vilka risker som kan tolereras exempelvis i samband med byggande av flerbostadshus. I vissa andra länder finns förslag eller etablerade riktvärden för tolerabla risker inom olika samhällssektorer. Även i Sverige finns föreslagna acceptanskriterier som anses vara tillämpbara för industrianläggningar och i vissa fall för byggande och planering med hänsyn till transporter av farligt gods.

En övre gräns för individrisk som kan tolereras under vissa förutsättningar anges till 10^{-5} per år. För att göra detta värde mindre abstrakt kan som jämförelse anges att det är tio gånger lägre än den individrisk som finns hos den befolkningsgrupp i samhället som har den lägsta frekvensen av naturliga dödsfall. Den undre gränsen för individrisk, inom det område där risker kan anses som små, är 10^{-7} per år och motsvarar ungefär risken att förolyckas på grund av naturolyckor, t.ex. blixtnedslag. För individrisk beaktas de människor som varaktigt vistas/bor på ett specifikt läge, i detta fall i bostadshusen med lägen nära Lövholmens kajer och strandbankar. Besökare och personal i restauranger och andra verksamhetslokaler, liksom personer som befinner sig på omgivande kajer och promenadstråk, exponeras inte för risk på samma sätt som boende. I de flesta fall kan personer som vistas på kajer och brygganläggningar, till skillnad från boende i lägenheter, uppmärksamma eventuella överhängande påseglingsrisker och sätta sig i säkerhet. Uppskattade inträngningsdjup för påseglingsscenario vid Lövholmen bedöms inte orsaka uppenbar fara för människors liv.

5.2 Samhällsrisk Lövholmen

Vad gäller samhällsrisk ges gränserna för ALARP-området av $\leq 10^{-4} \geq 10^{-6}$ per år, för olyckor med ett dödsfall och med en lutning (log-log skala) av -1 för olyckor med flera dödsfall.

Inga olycksscenarioer som skulle kunna leda till ett flertal dödsfall har identifierats för påseglingsriskerna vid Lövholmen. Därav bedöms det inte relevant att värdera riskerna utifrån etablerade kriterier för samhällsrisk.

5.3 Beräkningsnoggrannhet och osäkerhetsanalys

Osäkerheter i den presenterade riskanalysen uppkommer bland annat av följande faktorer, och inverkar på de slutliga bedömningarna, enligt nedan:

- Dataunderlag – till exempel trafikstatistik, prognoser – *måttliga osäkerheter*.
- Val av representativa fartyg och uppskattning av displacement – *små osäkerheter*, men med viss reservation för utformning av framtida fartygsflotta – *viss osäkerhet*.
- Antaganden om möjliga påseglingsförlopp – orsaker, girradier, fartminskande åtgärder m.m. – *relativt stora osäkerheter*.
- Statistiska/empiriska sannolikhetsvärden för olika typer av fel och antaganden om kritiska sträckor och tidsperioder för när felet kan uppstå – *stor osäkerhet*.
- Uppskattning av möjliga konsekvenser – antal skadade vid påsegling, var vistas boende - *viss osäkerhet*.

Uppskattningar och antaganden har generellt sett präglats av en konservativ attityd för att inte undervärdera identifierade risker.

6 Riskreducerande åtgärder

De viktigaste riskreducerande åtgärderna är relaterade till avståndet mellan byggnadernas fasadliv och närmaste kajkant eller strandbank. Området mellan huskropparnas fasadliv och kajkant/strandbank antas innehålla fyllnadsmassor och/eller kajkonstruktioner som kan absorbera påseglingsenergin och inte ha element som direkt kan överföra påseglingslast från kaj till bakomvarande byggnader.

Personer som vistas på bryggor eller längs kajytorna förutsätts kunna observera överhängande påseglingsrisker och kunna sätta sig i säkerhet.

Vattendjupet utanför existerande och planerade kajer är relativt stort och ger inget skydd mot påsegling. Längs strandbankarna mellan kajerna är vattendjupet mindre men grundstötning kan ändå komma att ske först när ett påseglande fartyg är helt nära strandlinje och strandbank. Åtgärder, exempelvis såsom att anlägga påseglingsskyddande grundbankar utanför kajkanten, bedöms dock inte attraktivt eftersom den tillgängliga farledsytan därmed skulle begränsas.

Ytterligare fartbegränsning än den nu gällande förbi Lövholmen är inte attraktivt för fartygsoperatörer och hamn- och sjöfartsmyndigheter. Ytterligare hastighetsbegränsning under 7 knop skulle kunna ge riskbidrag genom att avdrift ökar och manövreringsmöjligheter försvåras för passerande fartyg.

De skisserade fritidsbåtbyggarna utanför Cementakajen bör, med avseende på antalet platser, båtstorlek samt bryggornas avstånd och totala längd, utformas så att manövrar tvärs den passerande farledslinjen, om möjligt kan undvikas.

Fasadbelysning och annan belysning längs Lövholmens kaj- och strandlinjer bör anordnas i samråd med berörda myndigheter så att störningar och bländningsrisk för passerande sjötrafik kan minimeras.

7 Resultat och rekommendationer

Sannolikheter och möjliga konsekvenser av olika påseglingsscenarioer har identifierats och delvis kvantifierats genom beräkningar. Den framtida sjötrafiken då projekt Lövholmen byggts ut, kommer inte att omfatta de cementtransporter som idag utgör det största tonnaget med frekventa passager. Dimensionerande fartygstyper som alltså förväntas trafikera området med relativt hög frekvens, kommer att utgöras av grustransportfartyg som kan representeras av fartyget Jehander 1.

Beräkningarna visar att den förväntade returperioden av påseglingsoolyckor längs Lövholmens exponerade kajer/strandbankar är av storleksordningen 166 år för alla storlekskategorier över 25 m och alla typer av fel. Konsekvensberäkningar visar att fartygsstorlekar mindre än 25 m inte behöver beaktas. Inte heller storlekskategorin 25 – 50 m, som ger störst bidrag till sannolikheten, är förenad med betydande påseglingsskador. Storleksintervallet 50 – 75 m har en hög returperiod och bidrar marginellt till den totala returperioden, medan intervallet 75 – 100 m, i vilket Jehander 1 ingår, representerar en returperiod av 568 år. Påseglingssannolikheten för det fåtal fartyg med längd över 100 m, motsvarar en returperiod på ca 11 000 år och bedöms därmed inte relevant för detaljerad konsekvensbedömning.

Det valda dimensionerande fartyget Jehander 1 har inte något stävöverhäng. Vid påsegling vinklar upp till 56 grader och en maximal påseglingshastighet 6 knop, uppskattas den totala kajinträngningen till storleksordningen 0,5 m. Så branta påseglingvinklar kan tänkas uppstå vid roderfel, men för de mer sannolika feltyperna, mänskliga fel eller blackout är påseglingvinklarna flackare och därmed också inträngningsdjup och påseglingkrafter mindre. Uppskattade påseglingkrafter ger underlag för dimensionering av kajer/strandbankar.

De indikerade avstånden mellan de planerade byggnadernas fasadliv och kajkanter är större än den maximalt uppskattade kajinträngningen för det dimensionerande fartyget och riskerna för att personskador skall uppstå vid eventuella påseglingsscenarioer bedöms därför vara små. Det noteras dock att inträngningen baseras på beräkningsmodeller för konventionella kajer, men andra typer av kajer och strandbankar kan tänkas innebära större inträngning. En större inträngning innebär lägre kraft och först om den totala inträngningen skulle vara en faktor 10 gånger större än beräknade ca 0,5 m, så skulle händelser med direkt kontakt mellan fartygstäv och fasadliv kunna tänkas uppstå. Nuvarande och planerade kajer samt strandbankar antas dock ha eller konstrueras med energiupptagande fyllnadsmaterial (sten, grus eller jord) innanför kajfronten eller strandbanken.

Utifrån idag tillgängligt underlag om kajernas utformning bedöms de indikerade avstånden mellan kajer och fasader ge förutsättningar för tillräckligt energiupptagande utformning. Mer detaljerad utredning av kajernas och strandbankarnas status samt utformning av utflyttade kajer och utfyllnad genomförs under senare planeringsskeden och kan ge kompletterande underlag för bedömning energiupptagning vid eventuella påseglingsoolyckor.

Vidare noteras att det valda dimensionerande fartyget inte har något stävöverhäng men att det inte kan uteslutas att andra fartyg med större stävöverhäng kan komma att passera Lövholmen och att marginalerna mellan fasadliv och fartyg då kan bli mindre vid en eventuell påsegling. De planerade träbryggorna utanför kajkanten kan i sådana fall erbjuda en viss påseglingsskyddande effekt för scenarion med drivande fartyg eller påsegling vid låga hastigheter.

Med förväntad framtida fartygstrafik, och med hänsyn till planerade byggnader och avstånd till kajer/strandbankar, bedöms riskerna för personsador orsakade av eventuella påseglingsscenarioer ligga på acceptabel nivå.

8 Referenser

- 01FS_2001:138. (u.d.). *Länsstyrelsens i Stockholms län föreskrifter om sjötrafiken m.m., utom vissa ankringsförbud. Kap1, punkt 233 B.*
- ELU. (2023). *Lövholmen - kaje. K-PM 102 - Tillståndsbedömning kajer och andra byggnadsverk. ELU 90147, 2023-03-05.*
- Kfs. (2017). *Allmänna lokala ordningsföreskrifter för Stockholms kommun. §18.*
- nivå. (2022). *Lövholmen, bad, 2022-11-22, ÅD/SH/CS.*
- Projektstaben. (2018). *PM – Risk avseende människors hälsa och säkerhet. Detaljplan för fastigheterna Starkströmmen 2 och 4 m.m i stadsdelen Hjorthagen. Dp 2013-14796. Mathias Löf 2018-03-01.*
- SBK. (2017). *Strukturplan och ramverk för Lövholmen.*
- SJÖFS. (2013:4). *Sjöfartsverkets tillkännagivande av register över allmänna farleder och allmänna hamnar; .*
- SjöV. (2018). *Hammarbyslussen.*
<http://www.sjofartsverket.se/Sjofart/Lotsning/Lotsomraden/Lotsomrade-Sodertalje/Farleder--broar/Stockholmsleden/Hammarby-slussen/>.
- SjöV. (2023). *Stockholmsleden. Extraherat mars 2023 från:*
<https://www.sjofartsverket.se/sv/tjanster/lotsning/lotsomrade-sodertalje/hamn-och-farledsinformation/farleder/stockholmsleden/>.
- SSPA. (2019). *Lövholmen Maritim riskanalys Rapport RE 20188878-01-00-D 2019-02-27, SSPA Sweden AB.*
- SS-EN_1991-1-7. (2006). *Svensk Standard, SS-EN 1991-1-7: 2006. Eurokod 1 - Laster på bärverk - Del 1-7: Allmänna laster - Olyckslast. 2006-07-27.*
- Zhang, S. (1999). *The Mechanics of Ship Collisions. Dep of Naval Architecture and Offshore Engineering, Technical University Denmark, DTU.*
- (SjöV, 2016). *Distribution av flytande bränslen på Mälarens och Stockholms inre vattenvägar. Sjöfartsverket Infrastruktur, Dnr: 15-03104, Mars 2016*
- (Brandkonsulten, 2018). *Marievik 15 m fl, Stockholm. Riskbedömning, Version 8. 2018-12-21*