

Riskutredning

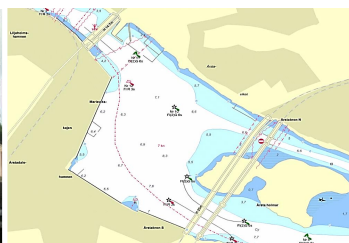
Handlingsförteckning

Riskutredning	Upprättad av	Datum	rev datum
Maritim riskanalys Rapport Nr: RE20157431-01-00-H Identifiering av påseglingsrisker och riskanalys – DP Marievik	SSPA, Björn Forsman	2015-04-10	2019-03-08
Marievik 15 m fl, Stockholm Riskbedömning	Brandkonsulten, Anna Mårtensson	2016.06-17	2018-12-21
Marievik – Kv M15 Påsegling av kajkonstruktion	ELU, Christoffer S	2015-09-28	2019-06-10

Maritim riskanalys.

Rapport Nr: RE20157431-01-00-H

Identifiering av påseglingsrisker och riskanalys – DP Marievik



JM AB
169 82 Stockholm

Referens:
Gunnar Landing,
Projektnummer: P.067240.1.3. Marievik 15

RAPPORT

Datum:
2019-03-08

SSPA Rapport Nr.:
RE20157431-01-00-H

Projektlédare:
Björn Forsman

Författare:
Alexandra Bakosch,
Björn Forsman
Bjorn.forsman@sspa.se
0730 729059

Identifiering av påseglingsrisker och riskanalys – DP Marievik

Denna rapport är en reviderad utgåva, (rev H) av en ursprunglig rapport daterad 2015-04-10 samt mellanliggande revideringar. Rapporten redovisar och analyserar identifierade risker utifrån ett påseglingsperspektiv. Beräkningar av påseglingssannolikheter och -krafter samt uppskattning av individrisk redovisas i rapporten, som är avsedd att ingå som del i samrådsunderlag till detaljplaneprocessen.

SSPA Sweden AB

Joacim Linder
Vice President
Maritime Consulting

SSPA Sweden AB

Björn Forsman
Project Manager
Maritime Consulting

SSPA SWEDEN AB – YOUR MARITIME SOLUTION PARTNER

HUVUDKONTOR: Box 24001 · 400 22 Göteborg · Sverige · Tel: 031-772 90 00 · Fax: 031-772 91 24
BESÖKSADRESS: Chalmers Tvärgata 10 · 412 58 Göteborg · Sverige
REGIONKONTOR: Fiskargatan 8 · 116 20 Stockholm · Sverige · Tel: 031-772 90 00 · Fax: 08-31 15 43
INTERNET: www.sspa.se · E-MAIL: postmaster@sspa.se · ORG NR/VAT NO: SE556224191801

SSPA SWEDEN AB – YOUR MARITIME SOLUTION PARTNER

Revisionshistorik

Rev.	Datum	Beskrivning	Signatur
A	2015-04-10	Ursprunglig rapport	
B	2015-10-06	20157624-01-00-A, Uppdateringar efter samrådsmöte	
C	2016-02-29	20157624-01-00-B, Uppdateringar efter kundens granskning	
D	2018-02-28	Förändrad utformning av byggnader	
E	2018-04-23	Ny utformning av byggnader, särskilt Marievik 15, byggnad 4	
F	2018-10-22	Förtydliganden; sjöfartsrelaterade risker ang planerad bad-anläggning samt risker med framtida eventuell pendelbåttrafik.	
G	2018-12-21	Förtydliganden ang byggnadsbeteckningar inom Marievik 15 samt farligt gods	
H	2019-03-08	Komplettering; beräkning av kajpåseglingskrafter enl Eurokod	

Sammanfattning och rekommendationer

I Marievik planeras det för nya bostäder nära befintlig kaj. Anläggningarna inkräktar inte på det befintliga utrymmet i Hammarbyleden men fasaderna på några av de planerade bostadshusen är belägna omkring 12 m innanför kajkanten varför en riskidentifiering samt en riskanalys gällande eventuell påseglingsrisk har genomförts.

De största fartygen är mellan 70 och 100 m i längd och fartygsstorleken begränsas främst av Hammarbyslussens dimensioner (115 m). Av de två farlederna som utgör Hammarbyleden används den söder om Årsta holmar för yrkestrafik och större båtar. Högsta tillåtna hastighet är 7 knop i farleden och strömhastigheten anses ej påverka sjöfarten. Fartygstrafiken i farleden domineras av mindre yrkesfartyg och fritidsbåtar. Endast 8% av yrkessjöfarten sker med fartyg som är längre än 70 m. I framtiden kan sjöfart med fartyg tillhörande de större storleksklasserna komma att öka.

Av de identifierade påseglingsriskerna bedöms två huvudtyper prioriteras för vidare detaljerad analys av sannolikhet och konsekvenser. I riskanalysen undersöks: Oönskad påseglingsskida orsakad av tekniska roderfel (riktning: från Hammarbyslussen), samt: Misslyckad styrbordsgir (båda riktningarna). Tekniska fel med roder kan vid passage av Marievikskajen ge påseglingssvinklar med branta vinklar. Sannolikheten för denna typ av påsegling är dock mycket låg.

Sannolikheten för att styrbordsgiren blir misslyckad, på grund av tekniska eller mänskliga fel, är högre. Förväntad returperiod för påsegling någonstans längs Marievikskajen av fartyg inom storleksintervallet längd 70 -100 m uppskattas för till storleksordningen 1 250 år. Detta inkluderar påseglingsrisk för båda identifierade olyckstyper. För kajens yttre del vid Marievik 15, där avstånd mellan kaj och fasadliv är

minst, uppskattas motsvarande returperiod till 3 800 år. För påseglingsscenario mot denna kajdel är dock påseglingsvinklarna relativt flacka vilket förväntas ge ett glidande påseglingsförlopp med begränsade inträngningsdjup och skador i kajen.

Risken för att den bärande byggnadsstrukturen i planerade bostadsbyggnader vid Marievikskajen kollapsar på grund av en påseglingsolycka bedöms vara försumbar om de omgivande kajerna dimensioneras för att kunna ta upp skadliga påseglingskrafter från de dimensionerande fartygstyperna, under branta påseglingsvinklar och farter upp till 7 knop.

Storleksordningen 1-5 personer skulle kunna tänkas omkomma om omfattande skador uppstår på fastigheten (mellanväggar och tak rasar in) som en följd av en kraftig påsegling med stor inträngning i kajen. Under förutsättning att kajen framför byggnaderna i Marievik 15 konstrueras utifrån troliga dimensionerande påseglingsscenarioer, uppskattas individrisknivån för personer som vistas i byggnaderna att bli låg och falla inom de ramar som normalt anses acceptabla med hänsyn till fastighetens planerade användning. Som försiktighetsåtgärd bör dock kajdäcket konstrueras så att det separeras från bakomliggande byggnaders grundstruktur. På så vis kan eventuella påseglingskrafter inte direkt överföras från kajkant till huskropp. De flesta påseglingsolyckor förväntas ske under flack vinkel och arrangemang med glidbalk längs kajkrönet rekommenderas därför så att en del av rörelseenergin överförs till kursändring av det påseglade fartyget.

I jämförelse med tidigare planerad bostadsbyggnad vid kajhörnet på Marievik 15, som 2015 varit föremål för analys av påseglerisik, kan noteras att den nu aktuella byggnaden genom sin mindre storlek och placering, medför lägre risk.

Innehållsförteckning

Figurförteckning	7
1 Inledning	8
1.1 Bostadshus i Marievik	8
1.2 Målsättning och syfte	9
1.3 Metodik och arbetssätt	9
1.4 Omfattning och avgränsning	10
2 Nulägesbeskrivning - Sjötrafik i området	12
2.1 Farleder och restriktioner	12
2.1.1 Strömhastigheter	13
2.2 Fartygstrafik	14
2.2.1 Fartygsstorlek	15
2.2.2 Fartygskategorier	17
2.3 AIS-data	17
2.4 Framtidens sjötrafik	18
2.5 Planerade förändringar – Marievik	19
2.5.1 Byggnader	19
2.5.2 Kajer	22
3 Riskidentifiering	23
3.1 Historiska incidenter	23
3.2 Identifierade möjliga olyckstyper för Marievik	23
3.2.1 Påsegling av handelsfartyg– möjliga scenarier	23
3.3 Olyckstyper prioriterade för vidare analys	25
3.4 Övriga olyckstyper	27
3.4.1 Kajpåsegling från passerande handelsfartyg	27
3.4.2 Påsegling med mindre pendelbåtar	29
4 Risk - terminologi och definitioner	30
4.1 Några risktermer	30
4.2 Riskbegreppet	31
4.3 Acceptanskriterier	32

5	Riskanalys	35
5.1	Sannolikhet för att ett fartyg har påseglingkurs mot inre delen av Marievikskajen.....	37
5.2	Sannolikhet att ett fartyg har påseglingkurs mot mellersta delen av Marievikskajen.....	39
5.3	Sannolikhet för att ett fartyg har påseglingkurs mot Marievik 15	41
5.4	Sammanfattning av påseglingssannolikheter	44
5.5	Konsekvenser av påsegling.....	44
5.5.1	Konsekvenser av påsegling av kajens inre del	46
5.5.2	Konsekvenser av påsegling av kajens mellersta del	46
5.5.3	Konsekvenser av påsegling av kajens yttre del och Marievik 15	47
5.6	Beräkning av kollisionskrafter och inträngningsdjup vid eventuell påsegling	49
5.6.1	Dimensionerande beräkningsfall	49
5.6.2	Modell.....	50
5.6.3	Metod.....	50
5.6.4	Resultat av kvantitativa konsekvensberäkningar.....	51
5.7	Sammanvägning av sannolikhet och konsekvens.....	53
6	Riskvärdering	55
6.1	Kriterier	55
6.2	Individrisk Marievik 15	55
6.3	Samhällsrisk Marievik 15	56
6.4	Övriga risker	56
6.5	Beräkningsnoggrannhet och osäkerhetsanalys.....	57
7	Riskreducerande åtgärder	58
7.1.1	Riskreducerande åtgärder för den inre delen av kajen	58
7.1.2	Riskreducerande åtgärder för mellersta kajdelen och badanläggningen.....	58
7.1.3	Riskreducerande åtgärder för den yttre delen av kajen – Marievik 15.....	59
7.2	Riskreducerande effekt av planerade och föreslagna åtgärder.....	59
8	Resultat och slutsatser	60
9	Referenser	62

Figurförteckning

Figur 1. Flygbild med Marieviksområdet markerat. (Eniro.se)	8
Figur 2. Riskhanteringsstruktur.	10
Figur 3. Sjökort över Hammarbyledens västra del och förstorat utdrag över aktuellt område av Årstadalshamnen (Eniro.se)	12
Figur 4. Utsnitt ur SMHIs beräkningar med Delft3D som visar uppskattade ytströmmar i Liljeholmsviken och Årstaviken.....	14
Figur 5. Antal passager genom Hammarbyslussen med yrkestrafik under 2012.	15
Figur 6. Antalet passager av stora fartyg över året (2012).	16
Figur 7. Till vänster: Jehander 1 på väg genom Hammarbyslussen. Till höger: Kaili.	16
Figur 8. Sammanställning av fartygskategorier baserat på fartygspassager genom Hammarbyleden 2013.(STH, 2013)	17
Figur 9. Densitetsplott från IWRAP för södra farleden. Baserat på AIS-data.	18
Figur 10. Marievikskajen sedd från öster.	19
Figur 11. Skissförslag av planer för nya byggnader på Marievik 15, vy från Årstabron. ...	19
Figur 12. Skiss på möjlig utformning av framtida byggnad 4 på fastigheten Marievik 1520	
Figur 13. Situationsplan för planerad nybyggnation på Marievik 15,	21
Figur 14. Marievik 15, med strandpromenad.....	22
Figur 15. Sjökortsutdrag av farleden närmast Marievikskajen. (eniro.se)	24
Figur 16. Sjökortsutdrag över farleden vid Marievik med möjliga olycksscenario.	26
Figur 17. Principfigur över en riskmatris.....	31
Figur 18. Exempel på riskmatris.	
Figur 19. Exempel på acceptanskriterier för samhällsrisk	33
Figur 20. Förenklat schematiskt felträd för sannolikheten av att byggnaderna påsegglas. 36	
Figur 21. Antal fartygspassager genom Hammarbyslussen (2012) indelat i olika storleksklasser.....	36
Figur 22. Möjliga oönskade påseglingsskador vid roderfel/låsning – inre Marievikskajen. 38	
Figur 23. Påseglingsrisker för mellersta delen av Marievikskajen.	40
Figur 24. Påseglingsskador för Marievik 15.	42
Figur 25. Schematisk bild definierar; deformation, överhäng samt total inträngning.....	44
Figur 26. Fartyget Nordanvind (L 45m, B 6m, T 2,9m, lastkapacitet 350 ton) med ett utskjutande transportband. (foto B Forsman)	47
Figur 27. Påseglingsscenario med kajpenetration och fasadkontakt utan rotation/glidning för två olika fartyg med 30° påseglingssvinkel.....	
Figur 28. Schematisk bild kollisionsförlopp med relevanta koordinatsystem.	50
Figur 29. Kraftpåskänning – Jehander 1 med påseglingssvinklar 40-90.....	52
Figur 30. Total inträngning för Jehander 1 vid kollisions med vinkel 40-90 grader.	52
Figur 32. Fartyget Solskar vid N Hammarbykajen (Längd 38 m) med ett utskjutande matarband i fören. (foto: A. Bakosch)	

1 Inledning

1.1 Bostadshus i Marievik

Årstadal i Stockholm expanderar och som en del av expansionen byggs Årstadals östra del om och det planeras nya bostäder i Marievik. Ny markanvändning omfattar, enligt detaljplanen, cirka 6,5 hektar i anslutning till Liljeholms- och Sjövikskajen och möjliggör cirka 800 nya lägenheter. Enbart inom Marievik 15 blir det cirka 550 lägenheter.

Planområdet är beläget i östra delen av stadsdelen Liljeholmen/Årstadal och gränsar i väster mot det nya planerade bostadsområdet samt mot Årstaängsvägen. I söder avgränsar Buteljgatan och österut avgränsas området av Årstavikens vatten. Norr om området finns Liljeholmsbron.



Figur 1. Flygbild med Marieviksområdet markerat. (Eniro.se)

1.2 Målsättning och syfte

Hammarbyleden mellan Liljeholmsbron och Hammarbyslussen består av två farleder; söder om Årsta holmar trafikeras farleden av kommersiell sjöfart och norr om trafikeras den av fritidsbåtar. Som samrådsunderlag till detaljplaneprocessen för Marievik krävs, dels en riskidentifiering som berör risker för påsegling av kajer och bostadshus från passerande fartyg, dels en riskanalys med kvantitativa sannolikhetsberäkningar och konsekvensbedömningar samt resonemang för de identifierade riskerna.

Denna rapport identifierar möjliga risker som sjötrafiken kan medföra gällande påseglingsrisk för planerade kontors- och bostadsfastigheter i planområdet. Sannolikhet och konsekvens av olyckor beskrivs kvalitativt och uppskattas kvantitativt där så är möjligt.

Målet är att ge kunden och berörda myndigheter ett objektivet underlag för bedömning och värdering av påseglingsrisker, främst för de planerade bostadshusen i Marievik 15. Fokus på risker som beaktas i samband med påsegling är främst för personskada/liv.

Studien omfattar även förslag till möjliga riskreducerande åtgärder.

1.3 Metodik och arbetssätt

Riskanalysen genomförs enligt etablerad metodik och följer i tillämpliga delar den av IMO¹ rekommenderade FSA²-metodiken liksom även ISO standard 31000 och 31010 där så bedöms vara möjligt.

Utifrån det material som erhållits i form av planbeskrivning och annan relevant inhämtad information, har risker identifierats och sammanställts. Val av representativa referensfartyg för riskidentifieringen baseras på AIS-data³.

Identifierade risker för påsegling av kaj beskrivs därefter ur sannolikhets- och konsekvensperspektiv.

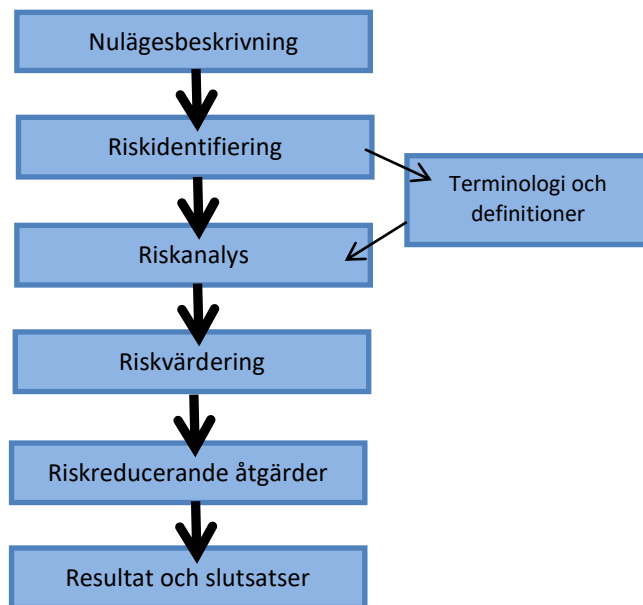
Kontakt och avstämning av preliminära resultat med kunden har genomförts och en utkastrappport har presenterats för kommentarer och kompletteringar. Den ursprungliga rapporten har uppdaterats 2018 med anledning förändrade planer för nybyggnation på fastigheten Marievik 15. Smärre textjusteringar har införts och vissa figurer har bytts ut. Vid revision 2019 har rapporten kompletterats med beräkning av påseglingskrafter för ett dimensionerande fartyg.

Riskhanteringsstrukturen kan visualiseras enligt Figur 2 nedan, där de huvudsakliga momenten för riskbedömning är: riskidentifiering, riskanalys, och riskvärdering.

¹ IMO – International Maritime Organization, FNs internationella sjöfartsorgan.

² FSA – Formal Safety Assessment

³ AIS – Automatic Identification System. Ett obligatoriskt system med transponders där alla fartygsrörelser registreras och identifieras.



Figur 2. Riskhanteringsstruktur.

1.4 Omfattning och avgränsning

Identifiering av påseglingsrisker är ett första steg i en riskbedömning. Kompletterat med sannolikhetsberäkningar och konsekvensbeskrivning av påseglingsriskerna erhåller berörda parter och ansvariga myndigheter ett viktigt underlag för en helhetsbedömning av risk- och säkerhetsaspekter för det planerade projektet.

Denna rapport omfattar huvudmoment motsvarande figuren ovan:

- **Områdesbeskrivning** – Farled och sjötrafik undersöks och beskrivs utifrån registrerad AIS-data. Berörda bostadsfastigheter och kajkonstruktioner beskrivs översiktligt med avseende på dimensionering och antal boende.
- **Riskidentifiering** – Faror och möjliga olycksscenarion identifieras genom undersökning av statistiskt underlag och historisk dokumentation av incidenter och olyckor i berört område och rangordnas.
- **Riskanalys** – Identifierade olycksscenarier analyseras och sannolikheter för, respektive konsekvenser av olyckor beskrivs kvalitativt och uppskattas kvantitativt där så är möjligt. Inledningsvis beskrivs terminologi och definitioner av riskbegreppet.
- **Riskvärdering** – Beräknade och uppskattade sannolikheter och konsekvenser för de respektive undersökta påseglings scenarierna presenteras och illustreras i pedagogiskt tydligt format. Eventuella risker till följd av påsegling, som bedöms vara större än försumbara, identifieras och rangordnas för fortsatt analys av möjliga riskreducerande åtgärder.

- **Riskreducerande åtgärder** – Befintliga riskreducerande åtgärder bedöms utifrån genomförd riskvärdering och eventuellt erforderliga, möjliga kompletterande riskreducerande åtgärder identifieras.
- **Resultat och rekommendationer** – Resultaten sammanfattas och presenteras för kunden. Efter resultatgenomgång och diskussion sammanställs en slutlig rapport med beskrivning av alla delmoment samt en tydlig formulering av resultat och rekommendationer.
- **Beräkningsnoggrannhet och osäkerhetsanalys** – Som en del av analysarbetet genomförs även en översiktlig osäkerhetsanalys gällande analysmoment samt den sammanvägda riskbedömningen. Uppskattade osäkerheter ställs i relation till den inverkan de kan förväntas ha på presenterade rekommendationer.

2 Nulägesbeskrivning - Sjötrafik i området

Sjötrafik i farleder varierar vad avser fartygstyper, fartygsstorlekar och antal passager. Med hjälp av AIS-data har trafikmönster för aktuellt område i Hammarbyleden analyserats och sjötrafiken i området beskrivs översiktligt nedan.

2.1 Farleder och restriktioner

Trafiken i området begränsas av Hammarbyslussen där fartygsstorleken får vara max 110 m i längd och 15 m i bredd. Djupgåendet är begränsat till 5,5 m. Själva slusskammaren är 115 m lång och 17,4 m bred. Vattendjupet över slusströsklarna är 6,29 m (Sjöfartsverket, 2013).



Figur 3. Sjökort över Hammarbyledens västra del och förstorat utdrag över aktuellt område av Årstadalshamnen (Eniro.se)

Länsstyrelsen är den myndighet som reglerar hastigheten i farleder via föreskrifter och rekommendationer. En sammanställning av gällande hastighetsföreskrifter inom länet finns särskilt beskrivna i Stockholms läns författningssamling (01FS 2001:138). I det

aktuella området av Hammarbyleden är den högsta tillåtna hastigheten 7 knop för alla fartyg. Hammarbyleden begränsas i öster av Danvikskanalens mynning mot Saltsjön och i väster av en sydvästlig/nordostlig linje genom Reimersholmes västra udde (Länsstyrelsen Stockholm, 2001).

I vattenområdet mellan Liljeholmsbroarna och Hammarbyslussen finns två farleder. Årsta holmar är en naturlig avgränsare och söder om holmarna är segelfri höjd 25 m under Årstabron. Denna farled trafikeras av kommersiell sjötrafik. Ett flertal företag och fartyg utnyttjar regelbundet Hammarbyleden för trafik mellan Mälaren, längs Norrlandskusten och till Finland/Baltikum.

Norr om Årsta holmar är den segelfria höjden något lägre – 20,7 m, och farleden trafikeras främst av fritidsbåtar. Cirka 27 000 fritidsbåtar passerar årligen genom Hammarbyslussen varav en stor andel är segelbåtar som inte kan passera under de fasta broarna vid Slussen Söderström. Mellan 1995-1999 har i genomsnitt 1 800 segelbåtar årligen begärt broöppning vid Liljeholmsbroarna.

Liljeholmsbroarna tillåter en segelfri höjd av 14,7 m under det fasta spannet och 13,7 m under den öppningsbara delen, klaffbron, när den är stängd.

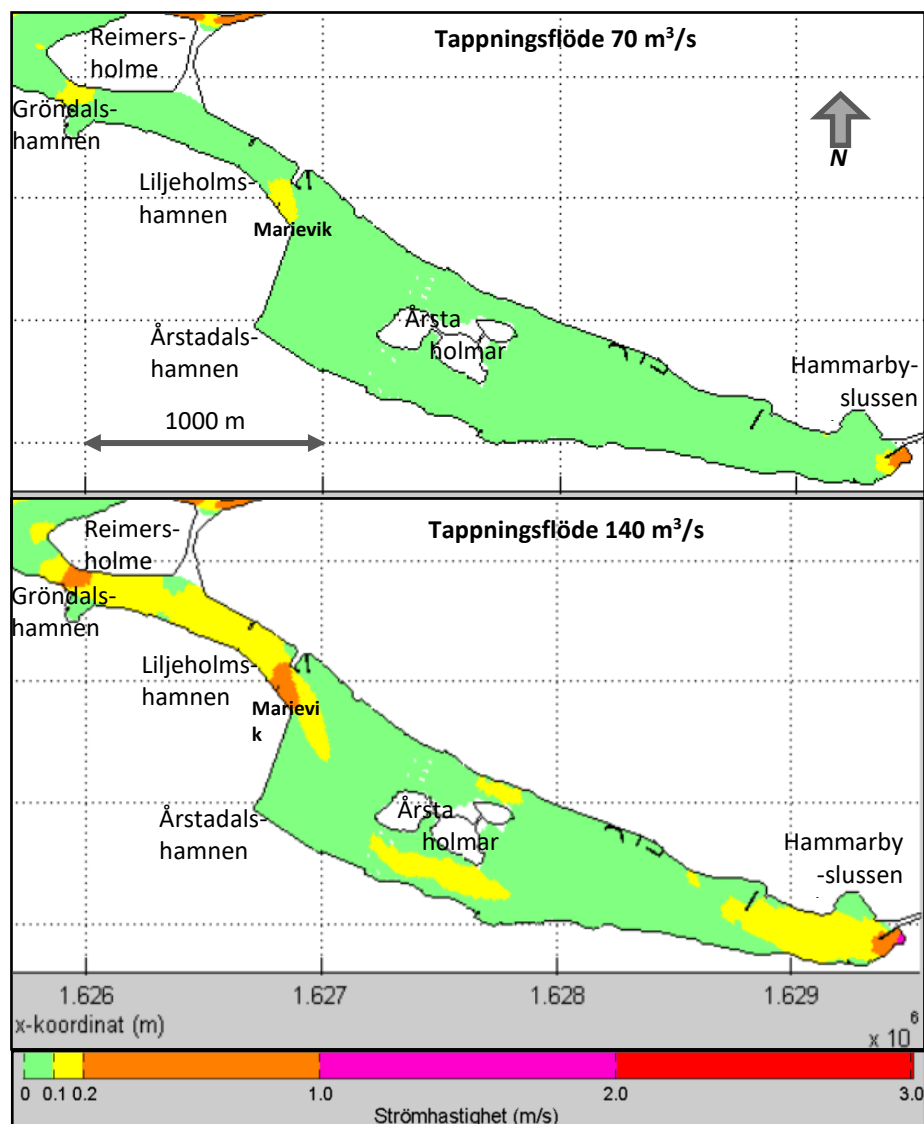
2.1.1 Strömhastigheter

Hammarbyslussen ingår som en del av Mälarens reglering och periodvis sker tappning via Hammarbyslussen och intilliggande kulvert.

Beräkningar av strömhastigheter i Hammarbyleden, vid olika tappningsfall, har gjorts av SMHI. Västra delen av Hammarbyleden från Liljeholmsviken till och med Årstaviken fram till Hammarbyslussen visar att vid tappning 70 m³/s är strömhastigheterna, enligt figuren nedan, lägre än 0,2 knop i hela området utom vid förträngningarna vid Liljeholmsbron och Gröndalshamnen samt vid inloppet till Hammarbyslussen. Vid tappning 140 m³/s blir strömhastigheterna omkring 0,4 knop vid dessa förträngningar och omkring 0,2 – 0,3 knop i hela Liljeholmsviken, vid sunden kring Årsta holmar och uppströms Hammarbyslussen (SMHI, 2012).

Beräkningarna för Liljeholmsviken och Årstaviken är utförda med en Delft3D-modell⁴ och bedöms, med undantag av området närmast inloppet till Hammarbyslussen, vara tillräckligt noggranna för uppskattning av sjöfartspåverkandeströmhastigheter i området.

⁴ Det hydrostatiska modellverktyget Delft3D (Flow) är ett väl beprövat modelleringsverktyg baserat på förenklade djupintegrerade Navier-Stokes ekvationer. Modellen kan därför inte exakt beskriva lokala strömningsfenomen där den vertikala accelerationen är betydelsefull. t.ex. i områden med hastiga ändringar av batymetri.



Figur 4. Utsnitt ur SMHIs beräkningar med Delft3D som visar uppskattade ytströmmar i Liljeholmsviken och Årstaviken. Figuren överst visar ett fall med tappningsflödet 70 m³/s och underst 140 m³/s genom Hammarbyslussen.

2.2 Fartygstrafik

Praktiskt taget alla fartyg som enligt Stockholms Hamnars statistik passerar Hammarbyslussen passerar även Marievik. Fartyg som seglar genom Hammarbyleden, förbi Marievik, domineras av mindre fartyg och de största begränsas främst av tillåtna dimensioner i Hammarbyslussen som är Stockholms Hamnars största sluss mellan Mälaren och Saltsjön. Fartygsstorleken har en avgörande betydelse för konsekvensomfattning gällande en eventuell påsegling av kajen i Marievik. Insamlad statistik från Stockholms Hamnar AB indikerar en fördelning av slusspassager uppdelat i yrkestrafik och fritidsbåtar enligt följande:

Tabell 1. Statistik över antalet passager genom Hammarbyslussen – yrkestrafik (STH, 2013)

Yrkestrafik													
	Jan	Feb	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Totalt
2009	103	85	51	366	588	777	592	617	630	387	298	436	4930
2010	83	84	28	215	662	839	662	649	625	431	321	223	4822
2011	69	69	49	277	711	831	594	674	680	448	335	459	5196
2012	137	68	104	333	695	816	593	743	689	397	314	375	5264
2013	137	40	38	178	555	757	646	681	560	345	269		4206

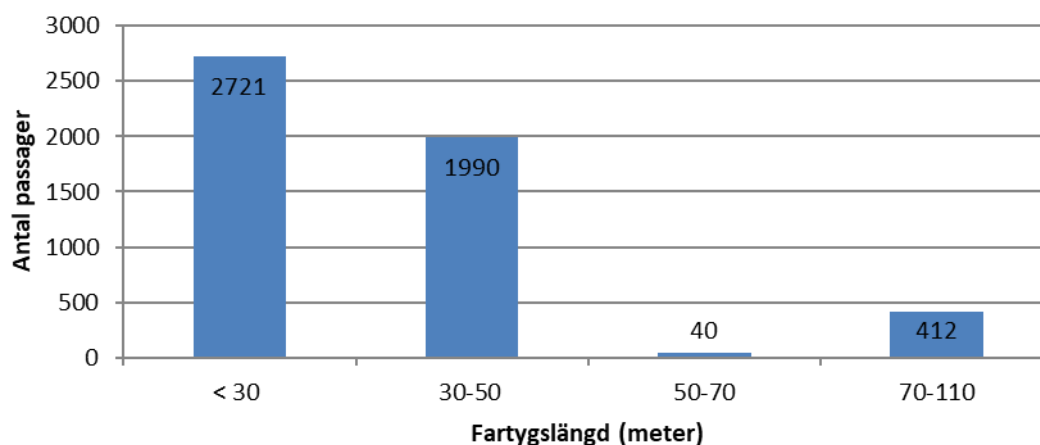
Tabell 2. Statistik över antalet passager genom Hammarbyslussen – fritidsbåtar (STH, 2013)

Fritidsbåtar													
	Jan	Feb	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Totalt
2009	20	0	8	981	3277	5406	8651	5475	3130	1385	321	155	28809
2010	3	2	0	495	2771	5474	9160	4783	2500	1536	305	8	27037
2011	4	1	1	781	2626	5486	8355	4836	3107	1489	293	106	27085
2012	21	2	50	761	3105	4106	7272	4387	2610	1199	330	42	23885
2013	6	1	0	243	1943	4499	6702	4539	2955	1278	299		22465

Tillgänglig statistik visar att antalet passager de senaste fem åren har haft mycket liten variation.

2.2.1 Fartygsstorlek

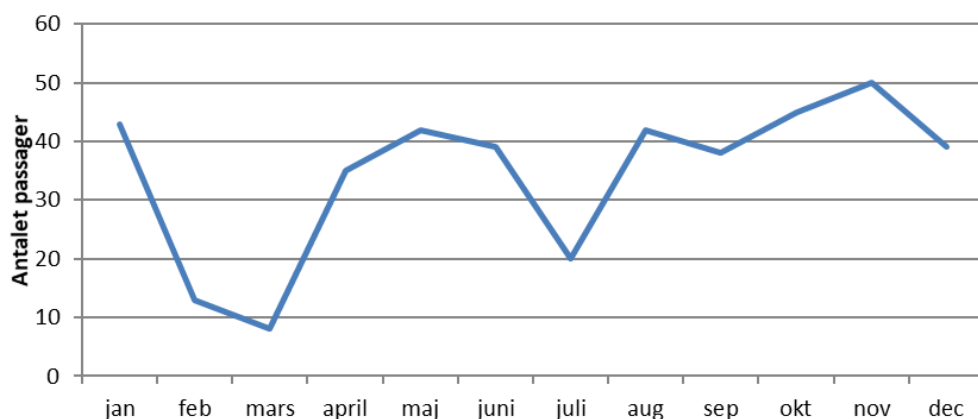
För att få en bild av vilken typ av fartyg som passerar Hammarbyslussen har en indelning gjorts för olika storlekar. Fokus ligger på yrkesfartyg då de flesta fartyg inom denna kategori av fartygstrafiken frekvent använder Hammarbyleden och de största fartygen i denna kategori väntas medföra störst konsekvens vid en eventuell påsegling.



Figur 5. Antal passager genom Hammarbyslussen med yrkestrafik under 2012. (STH, 2013)

Fartyg som är mindre än 30 m i längd är dominerade. Trafiken med längst fartyg utgör endast 8% av det totala antalet passager. Dessa 8% anses dimensionerande. Det är denna kategori fartyg som medför störst konsekvens vid eventuell påsegling av kaj vid Marievik.

De största fartygen trafikerar Hammarbyleden olika mycket under årets månader. Flest passager sker i november månad. Genomsnittet per dag är 1 passage⁵.



Figur 6. Antalet passager av stora fartyg över året (2012).

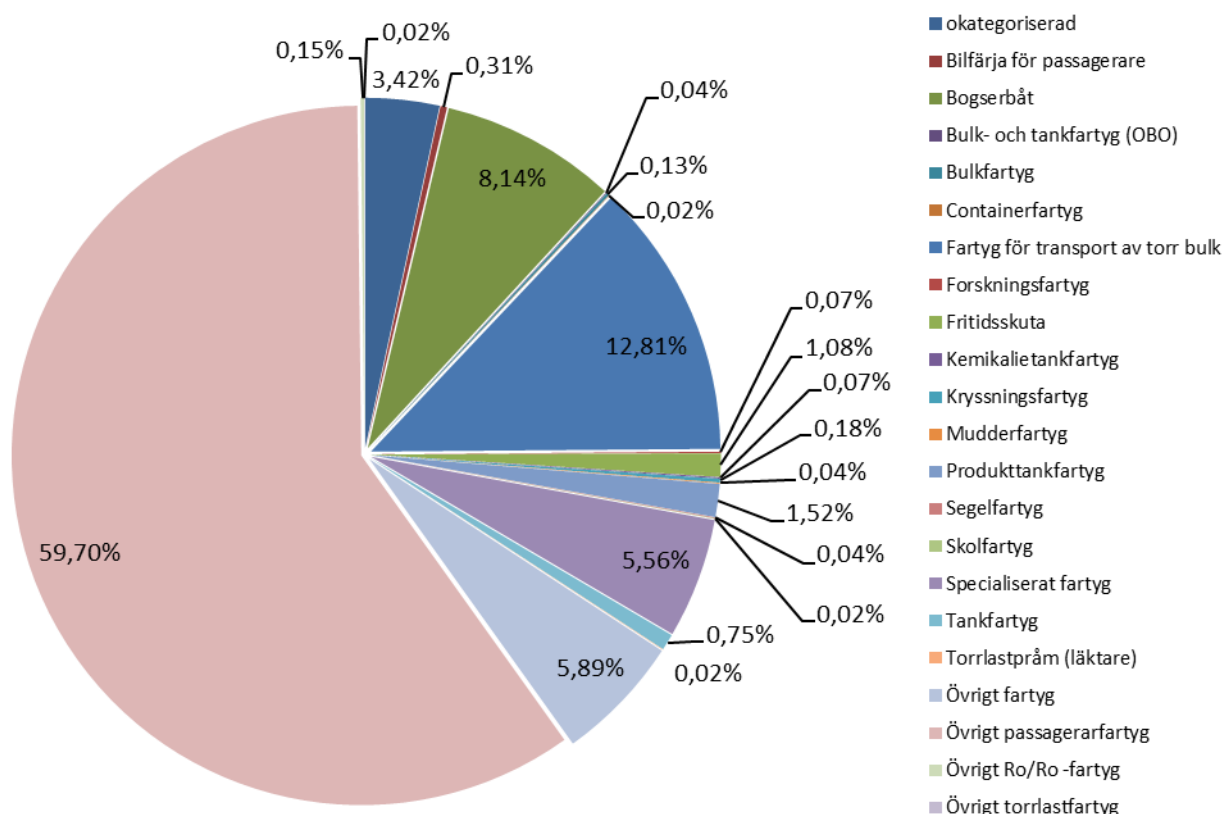
Jehander 1 (byggt 1970) är det fartyg som under 2012 passerade flest gånger genom Hammarbyslussen varför det får representera fartygstrafik som i nutid innefattas i kategorin 70-110 m i Figur 5. Med sin längd på 75,2 m, bredd på 8,6 m och uppskattat displacement av 1 500 m³, transporterar det torrbulk (sand och grus) genom Hammarbyleden förbi Marievikskajen.

Det största fartyget som passerar Hammarbyslussen är Kaili: längd 100 m, 4 500 dwt, displacement 4 800 m³ (3 passager under 2012).



Figur 7. Till vänster: Jehander 1 på väg genom Hammarbyslussen. (Foto: Anders Winter) Till höger: Kaili.

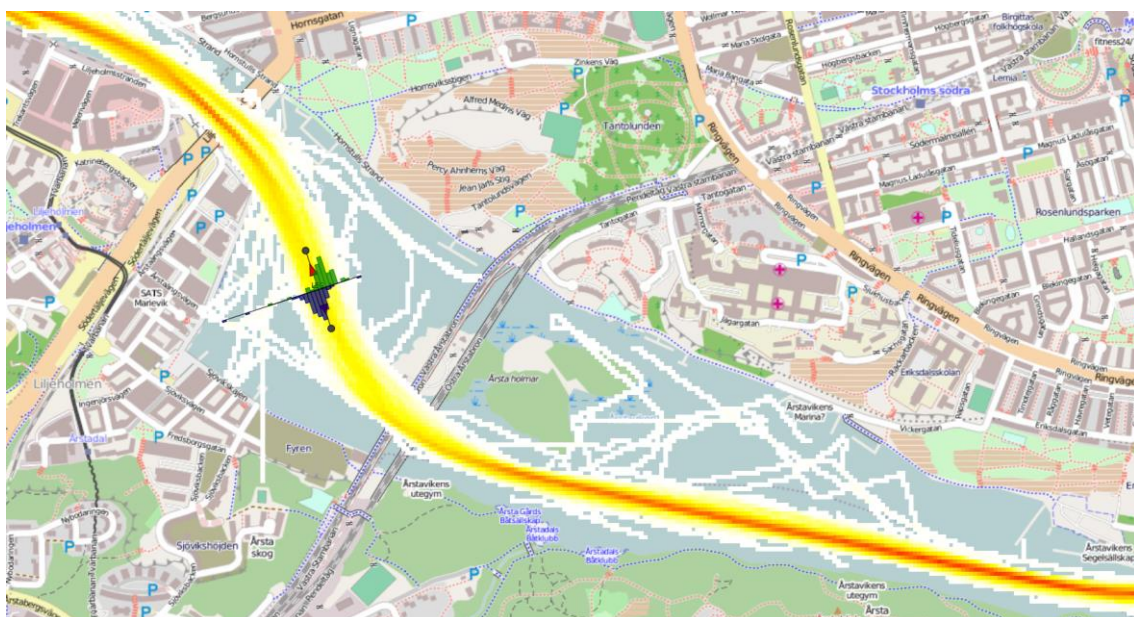
⁵ Fördelat på 365 dagar.



Figur 8. Sammanställning av fartygskategorier baserat på fartygspassager genom Hammarbyleden 2013 (STH, 2013).

AIS-data för tidsperioden 2010-08-01 - 2011-07-31 har använts för att extrahera ut relevant information om fartygstrafiken. För att illustrera trafikmönstret i farleden sammanställs en så kallad densitetsplott, se Figur 9. Densitetsplotten baseras på AIS-data och de röda linjerna indikerar områden där trafik är som tätast medan de gula och vita visar glesare trafik.

Av det inritade histogrammet, som indikerar fördelningen av fartyg i respektive riktning, framgår att "högertrafik" tillämpas och att inåt- respektive utåtgående trafik separeras i olika spår vid passage av Marievik.



Figur 9. Densitetsplott från IWRAP⁶ för södra farleden. Baserat på AIS-data (SSPA, 2012).

2.4 Framtidens sjötrafik

Statistiken indikerar att antalet passager genom Hammarbyslussen ligger på i genomsnitt 4 900 för yrkestrafik och 26 000 för fritidsbåtar mellan 2009 och 2013. Variationen de senaste åren har inte varit stor men ombyggnationer tros kunna påverka framtida trafik. Den nya Slussen i Söderström (med byggstart 2014 och färdig 2020), ska förutom skydd mot översvämningar och inträngning av saltvatten i Mälaren, även t.ex. ha fem gånger större tappningskapacitet och tappningskapaciteten i Hammarbyslussen, mellan Saltsjön och Mälaren kommer att fördubblas (MSB, 2013). Under en stor del av ombyggnadsperioden av Slussen kommer Karl Johanslussen i Söderström att vara avstängd vilket innebär att fritidsbåtar och mindre yrkesfartyg som tidigare trafikerat denna väg numera också är hänvisade till Hammarbyleden.

I framtiden är det möjligt att området även kommer att trafikeras av mindre passagerarfartyg, s.k. pendelfärjor i reguljär trafik mellan en tilläggsplats i området och andra hållplatser vid närliggande öar och kajer, på liknande sätt som exempelvis SLs Linje 85 i dag trafikerar Riddarfjärden.

⁶ IWRAP – IALA Waterway Risk Assessment Program, internationellt etablerat verktyg för beräkning av kollisionssannolikheter i farleder.

2.5 Planerade förändringar – Marievik

Detaljplanerna för fastigheterna i planområdet har tidigare angett användning kontors- och industriändamål men Stadsbyggnadskontoret beslutade i april 2013 om en komplettering av tidigare startpromemoria för upprättande av bostadsfastigheter.

2.5.1 Byggnader

Området är bebyggt med kontorsbyggnader som i huvudsak uppförts mellan 1980- och 2000-talet. Flera av fastigheterna berörs av om- och tillbyggnation för att bygga nya bostadsfastigheter. I Figur 10 ges en överblick över de fastigheter som är belägna närmast kajen inom Marievik, sett från öster. Fastigheten längst till höger är Marievik 15 och det är den fastighet som anses medföra störst påseglingsrisk med hänsyn taget till utformning av, och trafiken i farleden. Befintliga hus vid Marievik 15 omfattas inte av några bestämmelser gällande risk för påsegling i dagsläget men kräver en dimensionering för påseglingsrisk vid ny bebyggelse.

Utöver Marievik 15 är det fastigheterna Marievik 24 och 25 (andra och tredje fastigheten från vänster) som ligger närmast kajen och som berörs av ombyggnadsprojektet.

Längs kajen finns totalt fem byggnader samt en park.



Figur 10. Marievikskajen sedd från öster.

Inom Marievik 15 finns flera kontorshus varav det högsta längst ut på udden är 12 våningar högt. Byggnaderna binds samman genom en lägre tvåvåningsbyggnad.

De 40 000 m² befintliga kontorslokalerna, ska rivas och istället finns planer på att uppföra flera bostadshus. Figur 11 illustrerar ett skissförslag på hur nya byggnader skulle kunna placeras och utformas på fastigheten Marievik 15.



Figur 11. Skissförslag av planer för nya byggnader på Marievik 15, vy från Årstabron. (Wingårdh 2018-04-13)

För den mest exponerade byggnaden vid nordöstra hörnet av kajen (markerad Byggn. 4 i Figur 13), planeras enligt de reviderade planerna nu att en bostadsbyggnad med totalt åtta våningar varav de sju övre innehåller bostadslägenheter, skall uppföras. De sju bostadsplanen är vardera ca 2,9 m höga medan bottenplanets lokaler omfattar ett entresolplan och får en total höjd av ca 6 m. Utformningen av denna hörnbyggnad är ännu i fastställd i detalj och skissen i Figur 12 nedan har status "arbete pågår" och skall ses som underhandsinformation.

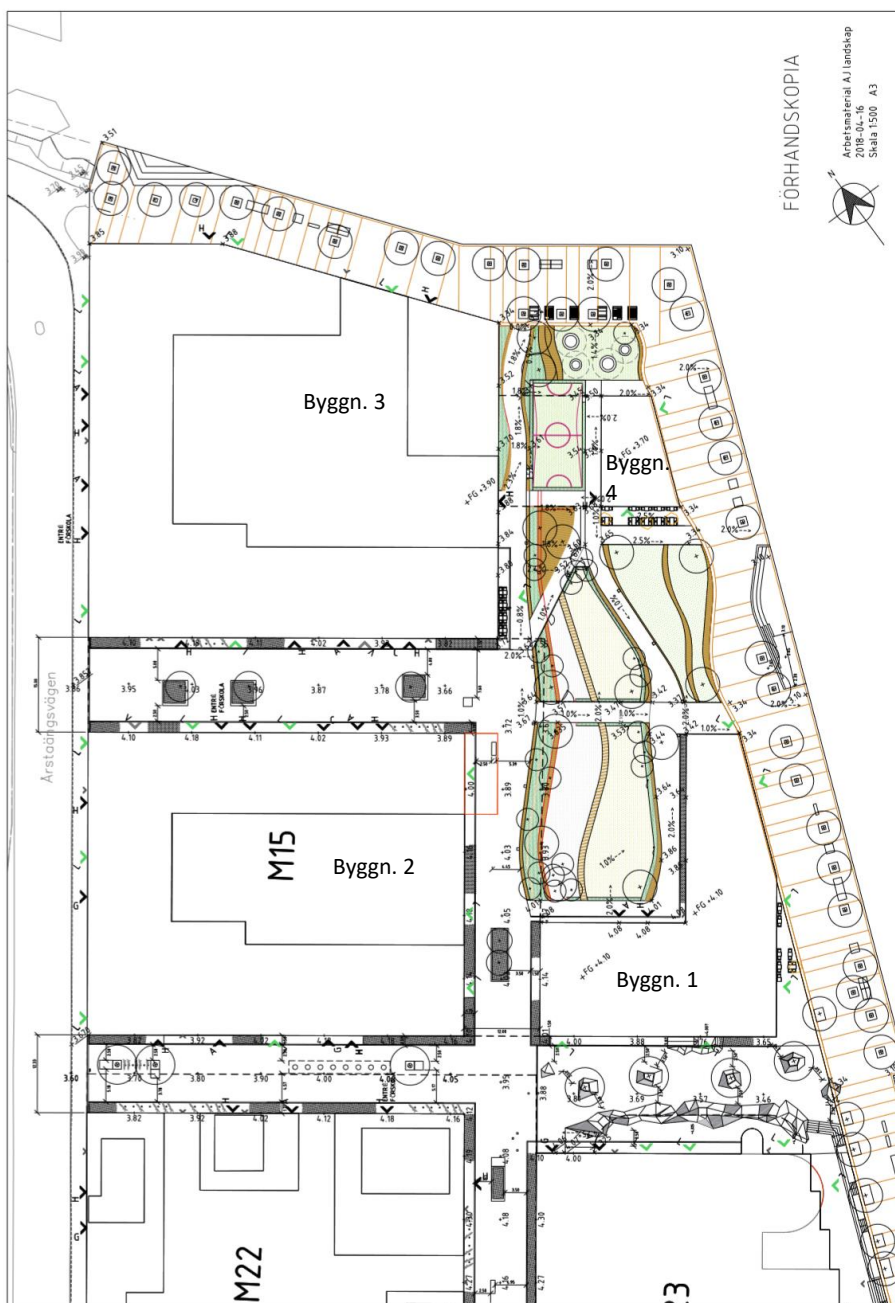


Figur 12. Skiss på möjlig utformning av framtida byggnad 4 på fastigheten Marievik 15 (underhandsinformation).

Byggnadens fasad mot Marievikskajen är parallell med kajen och indragen 12 m från kajkanten. Byggnadens fasadliv mot norr är beläget omkring 20 m innanför kajkanten. De sju övre våningsplanen planeras inrymma en stor lägenhet om ca 110 m² med balkong mot norr, på varje våningsplan. Byggnaden förutses konstrueras med ett centralt beläget trapphus/hisschakt som utgör en bärande stomme i byggnadens betongstruktur. Även byggnad 1 (se Figur 13) på Marievik 15 har en kajparallell del av fasaden som är indragen 12 m från kajkanten medan övriga fasader är belägna på större avstånd från kajen.

Även för övriga fastigheter längs Marievikskajen kommer planerade nya byggnader få fasadliv på ett avstånd av omkring 12 m från kajkanten.

Placering och ungefärlig utformning av planerade nya byggnader längs Marievikskajen norra del framgår av Figur 13 nedan. Av figuren framgår vidare att avståndet mellan kajen i norr och fasadliv av byggnad 3 är ca 10 m. Denna kaj bedöms dock mindre exponerad för påsegling och är delvis skyddad av ledverk avsedda att styra in fartygstrafik mot passagespannet under Liljeholmsbron.



Figur 13. Situationsplan för planerad nybyggnation på Marievik 15, (Förhandskopia AJ L-16_P00-01 1-500-A3 M15 höjder 2018 04 16).

Idag har befintliga byggnader på Marievik 15 bakåtförankringar mellan kaj och fastighet. I samband med nybyggnation på Marievik 15 planeras renovering och omkonstruktion av kaj.

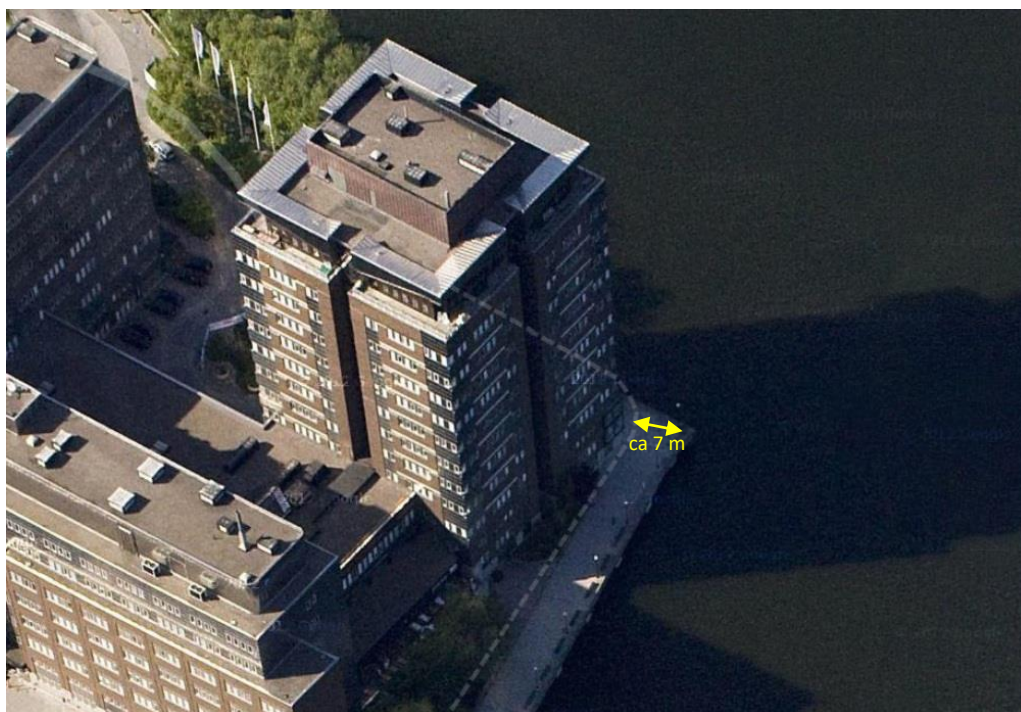
För fastigheter vid den mellersta delen av Marievikskajen finns inte motsvarande bakåtförankringar mellan kaj och befintliga byggnader innanför kajen.

2.5.2 Kajer

Kajkanten längs Marievik 15 är belägen cirka 9 m från nuvarande husfasad och kantas av strandpromenader. Figur 14 illustrerar Marievikskajens norra hörn där strandpromenaden är som smalast (cirka 7 m).

Kajlängden för Marievikskajen uppgår till ungefär 400 m, med en småbåtssmarina som tar cirka 60 m i anspråk och som sträcker sig ca 45 m ut från kajens mellersta del. I ombyggnadsplanerna ingår att småbåtssmarinan skall tas bort och i stället ge plats för en U-formad badbrygga eventuellt med en bastu anlagd på en flytande yttre betongponton mellan bryggorna. Vid badbryggans norra anslutning till Marievikskajen finns även planer att anlägga en hållplats för kollektivtrafikfärja.

Vid ombyggnation ska kajerna ge möjlighet till bryggor för olika ändamål som allmänheten ska kunna ta del av. Kajen ska även kunna kompletteras med både utkragande träbrygga nedanför kajen (cirka 1,25 m) och flytbryggor.



Figur 14. Marievik 15, med strandpromenad.

3 Riskidentifiering

Riskidentifiering kartlägger potentiella risker utan att i detalj gå in på bakomliggande orsakssammanhang. Det är dock viktigt att inte förbigå även tillsynes små risker som kan vara relevanta för att få en god helhetsbedömning av påseglingsrisken.

Ett antal möjliga olycksscenarier identifieras i detta kapitel för vidare riskbedömning. Riskidentifieringen kallas också HAZID (Hazard Identification) och metoden syftar till att skapa en översikt av tänkbara olycksscenarier utifrån en given verksamhetsbeskrivning.

3.1 Historiska incidenter

Olyckor genom plötsliga tekniska fel eller felmanövrar vid passage av kanaler och hamnbassänger i skyddade vatten är relativt ovanliga. Enligt Transportstyrelsens statistik (till år 2012) har inga kajer påsegats av passerande fartyg i farlederna i eller till Stockholms hamn, däremot har kajer seglats på i samband med tilläggning.

En spektakulär påsegling inträffade år 2000 vid Nacka strand, nära Milles skulptur Himmelsbågen.

Det finns ingen känd händelse där det inträffat någon specifik olycka gällande fartygpåsegling som allvarligt skadat bostadsfastigheter i Sverige. Internationellt finns det däremot flera kända fall. Exempelvis har det i New Orleans under åren 1983-1996 registrerats inte mindre än 50 stycken kajpåseglingar längs Mississippiflodens norra bank genom staden. Vid det mest uppmärksammade fallet 1996 seglade ett bulkfartyg in i en kaj (anledning: "black out") och raserade en stor del av ett bakomliggande butiks- och hotellkomplex, dock utan några dödsfall.

I augusti 2013 påsegades ett kontrolltorn av ett drivande fartyg i Genuas hamn i Italien varvid flera personer som befann sig i fastigheten omkom.

3.2 Identifierade möjliga olyckstyper för Marievik

3.2.1 Påsegling av handelsfartyg- möjliga scenarier

Olyckstyper och scenarier har identifierats där påsegling med fartyg skulle kunna tänkas leda till skador på kajanläggningarna, byggnaderna och boende i husen i det undersökta området av Marievik.

- k) Olyckshändelser relaterade till lasten ombord.

Eller genom:

ii) **Oönskad gir till påseglingsskurs** mot Marievikskajen vid passage av kajen från Västra Årstabron eller från Liljeholmsbron. En sådan gir kan tänkas orsakas av tekniska fel såsom:

- l) Bortfall av styrfunktion, låsning av roder/styrorgan i fullt utslag.
- m) Fel i styr- och reglersystem som kan ge fel respons från reglage på bryggan.

Alternativt genom:

iii) **Oönskat bortfall av framdrivning** varvid fartyget driver framåt eller sidledes mot de bebyggda kajerna. Bortfall av framdrivning kan orsakas av tekniska fel såsom:

- n) Blackout, bortfall av framdrivning och kraftförsörjning ombord.
- o) Brott på bogsertross till bogserat fartyg eller pråm.

3.3 Olyckstyper prioriterade för vidare analys

Eftersom det är känt att mänskliga fel är vanligare orsaker till fartygsolyckor än tekniska fel, är risker för oavsiktliga avvikelser från önskad passagelinje (i) orsakade av mänskliga misstag också av intresse för fortsatt analys. Oavsiktliga avvikelser från önskad passagelinje kan även påverkas av, eller uppstå till följd av, tekniska fel eller yttre omständigheter.

Av de listade, möjliga orsakerna bedöms vissa vara mer sannolika än övriga och därmed rekommenderas de för vidare riskanalys;

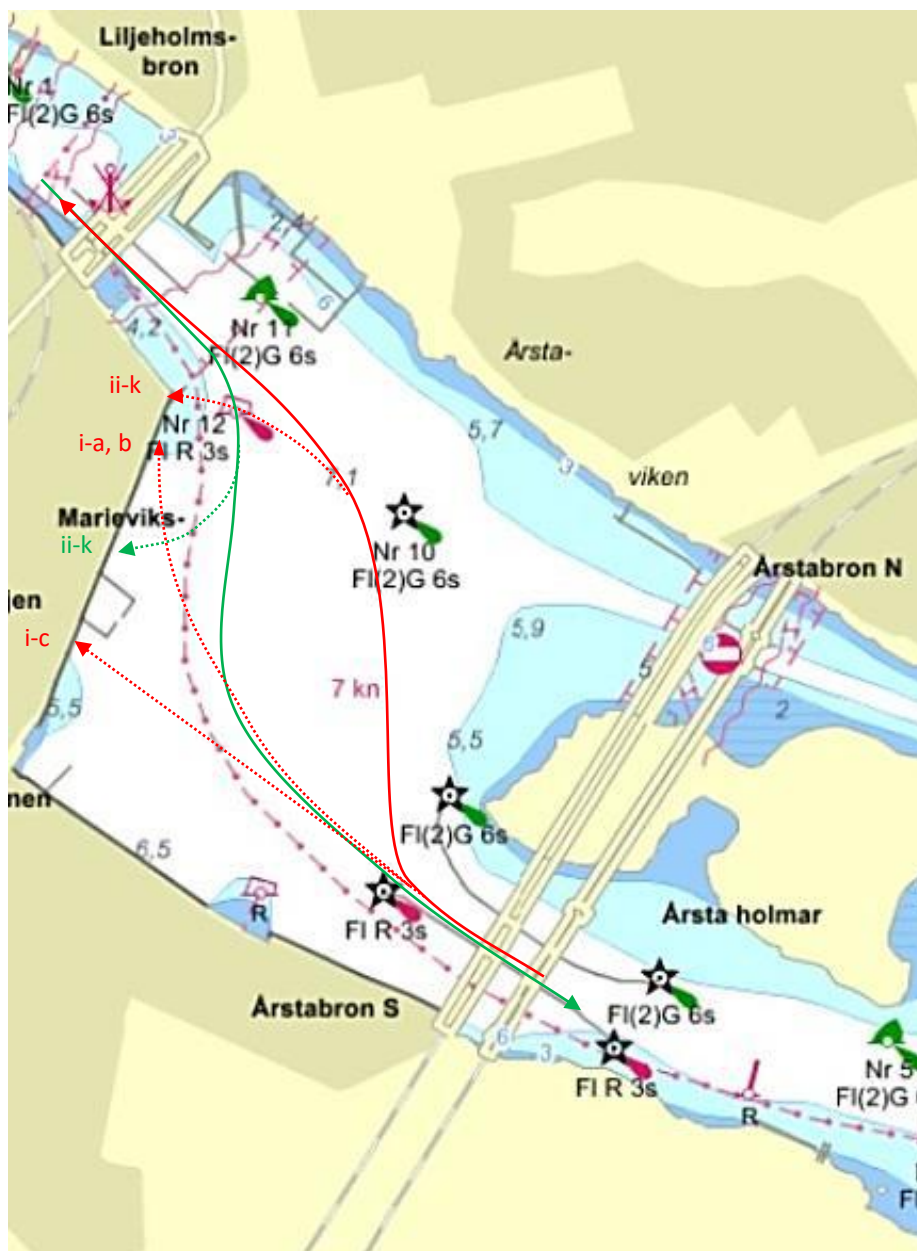
- i-a) Misslyckad styrbordsgir som en följd av mänskliga misstag.
- i-b) Oavsiktlig avvikelse från korrekt passagelinje och misslyckad styrbordsgir på grund av tekniskt roderfel.
- i-c) Misslyckad styrbordsgir på grund av blackout, förlust av framdrivning.
- i-d) Misslyckad styrbordsgir på grund av oväntade väjningsmanövrar.

Av de tidigare identifierade olyckstyperna gällande risker förenade med oönskad påseglingssgir orsakad av tekniska fel har följande bedömts relevanta för fortsatt analys. De har valts ut baserat på att de kan innebära påsegling i relativt hög fart och få betydande konsekvenser.

- ii-l) Bortfall av styrfunktion, låsning av roder/styrorgan i fullt utslag.
- ii-m) Fel i styr- och reglersystem som kan ge fel respons från reglage på bryggan.

Identifierade risker, för vidare analys, kan sammanfattas i två olyckstyper:

- Oönskad påseglingssgir orsakad av roderfel/bortfall av styrfunktion.
- Misslyckad styrbordsgir som en följd av tekniska och mänskliga fel.



Figur 16. Sjökortsutdrag över farleden vid Marievik med inritade möjliga olycksscenario. Röd, heldragen pil visar normal fartygstrafik i riktning från Hammarbyslussen medan de punktade, röda pilarna visar potentiella påseglingsrisker. Motsvarande gäller för fartygstrafik mot Hammarbyslussen som är markerad med grön färg.

Fartyg som passerar Marievik när de kommer från Hammarbyslussen i den södra farleden gör en styrbordsgir strax efter Årstabroarna, rätar upp fartyget, varpå en babordsgir görs för att sedan lägga sig på en rak kurs mot passagespannet i Liljeholmsbron (röd, heldragen pil i figuren ovan). I kröken av södra farleden har fartyg i denna passageriktning en påseglingskurs med stävriktningen mot Marievikskajen och under giren ändras kursvinkeln successivt längs kajen ut mot kajhörnnet. Om giren misslyckas så att den verkliga passagelinjen hamnar väster om den tänkta

passagelinjen kan påseglingsscenarier mot Marievikskajen uppstå (punktad, röda pil i-c och i-a, i-b).

De är framför allt den mellersta delen av kajen samt Marievik 15 som exponeras för påseglingsrisk vid misslyckad styrbordsgir på grund av blackout eller mänskliga fel på väg från Hammarbyslussen. Sannolikheten för tekniska fel som ger maximalt roderutslag är avsevärt lägre än för blackout.

Passagen förbi Marievik i motsatt riktning (grön pil) är inte förenad med sträcka eller gir där stävriktningen pekar mot Marievikskajen varför det inte föreligger motsvarande påseglingsrisker i detta fall. Ett möjligt scenario i denna färdriktning är dock att det, när fartyget ska gira efter Liljeholmsbron, kan uppstå låsning av rodret vilket kan leda till fortsatt gir in i Marievikskajen (punktad, grön pil).

Mindre fritidsbåtar som nyttjar den norra farleden påverkar inte heller påseglingsrisken, oavsett riktning, för Marievik.

3.4 Övriga olyckstyper

3.4.1 Kajpåsegling från passerande handelsfartyg

För de övriga listade möjliga orsakerna kan noteras att:

i-e) Felnavigering på grund av mörker eller dålig sikt – Avstånden är små och det finns gott om upplysta objekt som ger visuella referenser även i begränsad sikt och alla fartyg har radar, GPS och andra hjälpmedel för att underlätta säker navigering i dålig sikt och mörker.

i-f) Felnavigering på grund av bländande ljus eller olämplig utformning av ljuskällor – Det är av vikt att det vid nybyggnationen, Marievik 15, inte placeras belysning som kan påverka navigeringsförutsättningarna. Sjöfartsverket är lämplig remissinstans i sådana ärenden och bör konsulteras.

i-g) Bankeffekter eller girmoment vid möte – Vid möte med små klarningar mellan fartygssidorna kan girmoment uppstå så att fartyget kan få en påseglingkurs. Det förutsätts dock att möten mellan stora fartyg undviks i trånga partier i området.

i-h) Is – bruten is kan förekomma i Hammarbyleden. Isen bidrar inte till att föra fartyg ur kurs men kan eventuellt öka girradien. Isen kan också bromsa upp oönskad rörelse i riktning mot kajen.

i-i) Ström - strömmen i området är svag och i allmänhet riktad antingen med eller mot fartygens färdriktning och bidrar därmed inte till girmoment som vill bringa fartygen ur kurs.

i-j) Vind – hård sidvind och låg fart ger stora driftvinklar. Området är dock relativt välskyddad från vind genom lägivande byggnader och omgivande terränghöjder. Vindens stryklängd är för kort för att generera vågor.

i-k) Last – transport av farligt gods genom Hammarbyleden bedöms vara liten. Baserat på sammanställd statistik i Figur 8 är de fartygskategorier som kan transportera farligt gods begränsade till bulk- och tankfartyg, kemikalietankfartyg, produkttankerfartyg och tankfartyg. Sammanlagt utgör dessa fyra kategorier endast 2% av alla passager under 2013, och domineras (till 95%) av bunkerbåtarna Oljex (längd, L 18 m) och Stockbjörn (längd, L 11 m). AIS-registreringar under 2017 indikerar färre tankfartygspassager och endast två passager (motsvarande 0,1% av yrkessjöfartspassagera) av Petrobells bunkerbåt Långbjörn (längd, L 29,5 m) med lastkapacitet av 160 m³ dieselolja, registrerades vid Liljeholmsbron.

Brand i fartyg med last av farligt gods, utsläpp av farliga ämnen eller förskjutning av lasten skulle kunna tänkas ge kursavvikelser på dessa fartyg, och är scenarier som skulle kunna medföra fara för personer som vistas på kajen eller i närbelägna fastigheter. Risken för lastförskjutningar är dock liten i skärgårdsfarvatten som detta utan sjögång. Kända typer av farligt gods i Hammarbyleden är främst dieselbrännolja (flampunkt > 55°C, brandfarlighetsklass 3 enligt äldre svenska regler) men det är inte känt om andra slag av farligt gods också förekommer. Kvantitet och transportfrekvens av andra eventuella slag av farligt gods bedöms dock vara mycket begränsade och inte medföra risker för personer på kajer eller i närbelägna byggnader.

Även om farligt gods-transporterna i farleden förbi Marievik idag är mycket begränsade kan det inte uteslutas att de kan komma att öka i framtiden. 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, 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).

iii-n) Drivande fartyg som en följd av blackout - beträffande risker för att drivande fartyg skall driva mot och skada kajanläggningar och byggnader kan noteras att blackout bedöms vara relativt sannolikt enligt i-b). Däremot bedöms konsekvenserna, och därmed även den sammanvägda risken, av en kontakt med ett drivande fartyg vara betydligt mindre allvarliga för personer i byggnaderna i Marievik än vid en påsegling med framdriftsmaskinen igång och då fartygets stäv riktas mot kajen/byggnaderna.

iii-o) Drivande bogsersläp - Då ett bogserat fartyg eller en pråm tappas, driver den med sidan i riktning mot kajanläggningarna och konsekvenserna kan också förväntas bli små jämfört med påsegling med fören. Av dessa skäl är inte drivande fartyg (iii) föremål för vidare analys.

3.4.2 Påsegling med mindre pendelbåtar

Detaljplanen tillåter att tilläggningsplats för mindre passagerarfartyg av typ pendelbåt anläggs vid kajen kring det aktuella området. Turtätheten för en pendelfärja bedöms kunna bli mycket hög och det är väl känt att kajpåseglingsincidenter med stävtilläggande pendelfärjor är relativt vanliga. Vanligtvis rör det sig om fall där farten, pga. av tekniska fel eller mänskliga misstag inte reducerats tillräckligt, vilket lett till en hård kajstuds där passagerare ombord i vissa fall skadat sig. Skadorna på kajer och pendelbåtar har dock i regel varit måttliga och väntande passagerare på kajen har inte skadats. Transportstyrelsen har särskilt uppmärksammat denna olyckstyp i en separat säkerhetsstudie, (TS, 2013).

4 Risk - terminologi och definitioner

4.1 Några risktermer

Vid riskbedömningar och analyser används ett flertal ord och specialtermer med särskild betydelse. Definitionerna nedan är delvis hämtade från (SRV, 1997).

Risk, eller skadeförväntan, avser dels sannolikheten inom viss tidsrymd för möjliga skadehändelser (eller förväntad frekvens) i samband med viss hantering, dels konsekvenserna av dessa skadehändelser.

Riskkälla, eller fara, är en egenskap i ett system vilken innebär att en skadehändelse kan inträffa.

Riskmatris består av frekvens- och konsekvenskategorier. Matrisen utgör ett hjälpmedel för värdering av risk.

Riskanalys innebär en systematisk identifiering av riskkällor i ett definierat (avgränsat) system (en viss hantering), samt en uppskattning/bedömning av risken som är förknippade med dessa.

Riskaversion innebär en önskan att undvika stora olyckor, detta innebär till exempel att ett större antal olyckor med mindre konsekvenser föredras framför ett fåtal olyckor med stora konsekvenser, även om det totala utfallet (exempelvis i form av antal omkomna) är det samma i de två fallen.

Riskbedömning innebär en uppskattning av frekvens/sannolikhet för en viss skadehändelse samt allvarlighetsgraden av denna skadehändelse.

Riskvärdering utgör en samlad värdering av toleransen av en risk med samtidig hänsyn tagen till riskens storlek, verksamhetens nytta och osäkerheter i riskuppskattningen.

Riskacceptanskriterier definierar gränsvärden mellan oacceptabla och acceptabla risker och kan tillämpas vid riskvärderingsfasen av resultat från kvantitativa riskanalyser.

ALARP (As Low As Reasonable Possible) betecknar ett område mellan oacceptabla och acceptabla risker där risker kan tolereras om alla rimliga åtgärder är vidtagna.

Skadebegränsande åtgärder är åtgärder som minskar konsekvenserna av skadehändelser (störning/olycka). Dessa åtgärder kan vidtas såväl innan som efter det att en störning eller olycka skett.

Skadeförebyggande åtgärder är organisatoriska, tekniska och operativa åtgärder som minskar sannolikheten för skadehändelser.

Individerisk - oftast risken att omkomma i en olycka - uttrycks vanligen som risk per år.

Platsspecifik individerisk, risk att omkomma oavsett om någon finns på platsen eller ej.

Individspecifik risk, beräknas utifrån hur lång tid individen befinner sig på platsen.

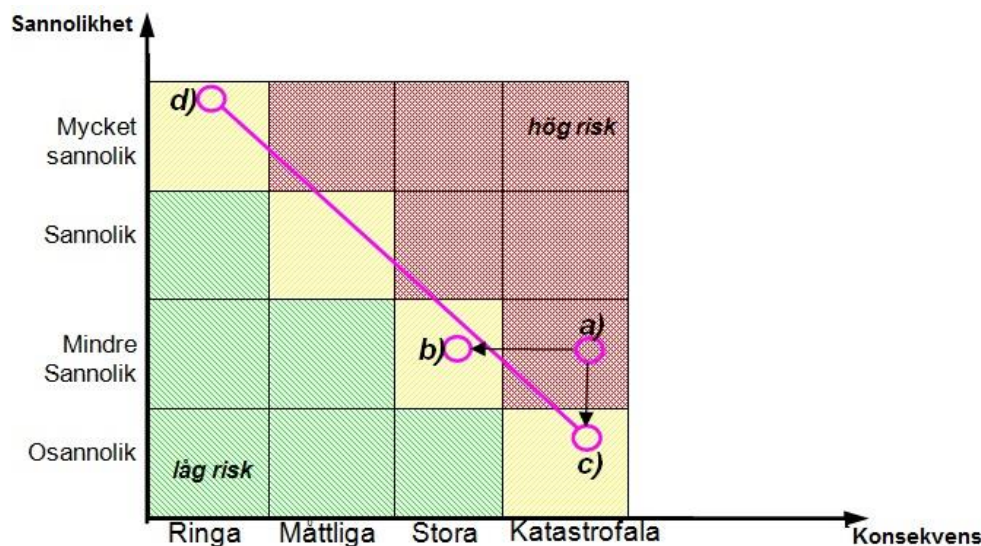
Samhällsrisk - kollektiv risk, inkluderar risker för alla personer som utsätts för en risk även om detta bara sker vid enstaka tillfällen. Samhällsrisk kan definieras som sam-

bandet mellan frekvensen av en aktivitets olyckor och de konsekvenser som uppstår. Vanligtvis avses risk för omkomna under ett år. Samhällsrisk kvantifieras ofta med hjälp av s.k. FN-kurvor som anger samband mellan olycksfrekvenser och ackumulerade konsekvenser i form av antal omkomna. Ofta avses risker för allmänheten.

4.2 Riskbegreppet

I många av samhällets planeringsfunktioner måste olika typer av risker hanteras. Vissa risker måste tillåtas med högre tolerans medan andra måste hanteras genom införande av riskreducerande åtgärder. Riskhantering berörs och krav på riskbedömning finns i flera olika lagrum, exempelvis i plan- och bygglagen (PBL, 1987:10), miljöbalken (1998:808), lag (2003:778) om skydd mot olyckor (2 kap 4 §), lag (1988:868) om brandfarliga och explosiva varor (9 §) och förordning (2002:472) om åtgärder för fredstida krishantering och höjd beredskap.

I de flesta fall då risker i samhället analyseras på ett strukturerat sätt är utgångspunkten att risk är ett uttryck för en sammanvägd värdering av *sannolikheten* för och *konsekvenserna* av en oönskad händelse. En brand eller annan skada i ett bostadshus är en oönskad händelse som ofta är förenad med skador eller dödsfall på människor, stora materiella skador och även miljöskador. Om risken betraktas som en produkt av sannolikheten för att en brand eller annan olycka inträffar och konsekvenserna av olyckan, kan ett antal olika olycksscenarier analyseras och grafiskt representeras av punkter i en riskmatris enligt figuren nedan.



Figur 18. Exempel på riskmatris.

Riskmatrisen kan på ett enkelt sätt visualisera resultat från en grov (eller preliminär) riskanalys, och kan ses som en metod att identifiera, rangordna och eventuellt eliminera uppenbara riskkällor i ett tidigt projektstadium.

Diagonallinjen från övre vänstra till nedre högra hörnet representerar en risknivå och olycksscenarioer som ligger på linjen kan sägas ha samma risk. Om ringen markerad med a) i matrisen representerar risken för en viss typ av olycka, exempelvis en brand, skulle effektiva konsekvensreducerande brandskyddsåtgärder tänkas förskjuta risken till markeringen b) så att olyckstypen därmed är förenad med lägre risk. Rent preventiva olycksförebyggande åtgärder och insatser riktade mot brandolyckor skulle innebära att punkten flyttas nedåt. Olika typer av olyckshändelser, som vid en analys bedöms ligga på samma risknivå, definierad av en diagonal enligt figuren ovan, kan innebära att enstaka människor omkommer vid ett flertal olyckstillfällen (punkt d), medan punkt c) representerar en olyckstyp med flera dödsfall vid enstaka olyckstillfällen.

Det bör också noteras att, även om punkterna d) och c) på lång sikt representerar lika många dödsfall per år, så finns i samhället en aversion mot olyckor med svåra konsekvenser, det vill säga det kan vara lättare att tolerera olyckor som representeras av punkt d) än av punkt c).

Sannolikheten för en viss oönskad händelse, exempelvis en påsegling av kajanläggning och närliggande byggnader kan anges som en förväntad frekvens per år eller omräknas till en förväntad returperiod, det vill säga det antal år som statistiskt kan förväntas mellan upprepade olyckstillfällen. *Låg olycksfrekvens* motsvaras alltså av en *lång returperiod* och är därmed förenad med *låg risk*.

Svårighetsgraden av olyckans konsekvenser kan i detta fall anges som antal skadade eller dödsfall per olyckstillfälle vilket i kombination med olyckssannolikheten kan användas för att kvantifiera risken med olika mätetal. Två typer av mätetal som ofta används är individrisk respektive samhällsrisk.

Individrisken (platsspecifik) anger sannolikheten per år att en hypotetisk person förolyckas då denna kontinuerligt vistas på en viss plats i närheten av ett riskobjekt. Risken att omkomma påverkas även av vilken riskexponering en individ utsetts för och för att belysa detta används ofta individspecifik risk, i vilken den platsspecifika risken reduceras i proportion till hur länge individen faktiskt vistas i riskobjektets närhet.

Samhällsrisk, även kallad kollektivrisk, återger sannolikheten per år för att ett visst antal personer omkommer till följd av olyckor i den analyserade verksamheten. Samhällsrisk anger, till skillnad från individrisken, risk för en population och är viktig i många planeringsfrågor eftersom stora olyckor med många dödsoffer anses särskilt angelägna att undvika.

4.3 Acceptanskriterier

Med kvantifierade mätetal för risk kan riskvärderingen göras utifrån förutbestämda riskacceptanskriterier för individrisk respektive samhällsrisk. Vad som kan anses vara acceptabel risk kan inte entydigt avgöras av ett mätetal utan värderas ofta även utifrån vilken nytta som är förenad med verksamheten och vilka risker som finns med alternativa lösningar. Ofta fokuseras riskvärdering kring olyckstyper som anses vara

behäftade med oacceptabla risker och sådana som anses acceptabla. Detta mellanområde definieras ofta som *ALARP* (As Low As Reasonably Practicable) i vilket risker kan tolereras endast om alla rimliga riskreducerande åtgärder är vidtagna.

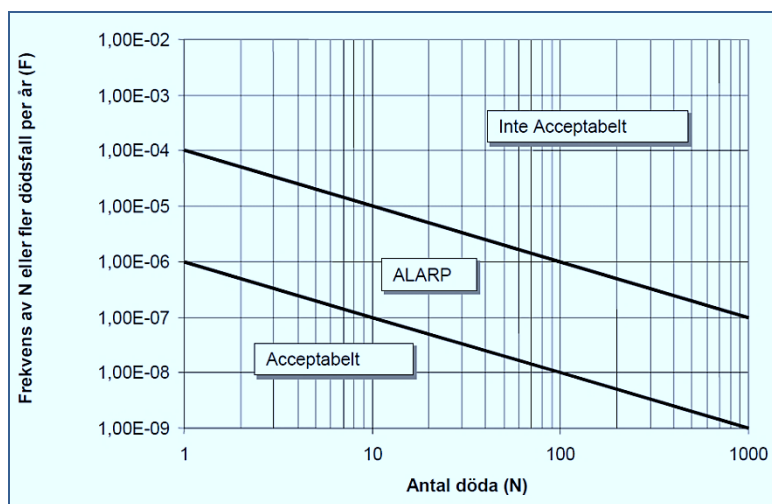
Transporter av farligt gods har sedan länge varit föremål för riskanalyser och metodik och ett flertal rekommendationer har publicerats av olika myndigheter. Det finns dock inga formellt reglerade acceptanskriterier för samhällets verksamhetsprövning i Sverige men utifrån praxis i vissa andra länder och inom vissa industrisektorer kan följande gränser sägas utgöra etablerade riktlinjer:

- > 10^{-5} per år, oacceptabel risk, verksamheter med dessa risknivåer tolereras ej
- $\leq 10^{-5} \geq 10^{-7}$ per år, ALARP risker som bör minimeras med praktiskt möjliga åtgärder
- < 10^{-7} per år, låg risk, acceptabel nivå, påkallar i regel inga kompletterande åtgärder

I en riskmatris kan acceptanskriterier visualiseras av diagonaler mellan de olika färgfälten och på likande sätt är det möjligt att för samhällsriskerna presentera acceptanskriterier grafiskt med diagonaler som definierar de tre områdena; oacceptabel, ALARP, acceptabel risk.

Samhällsrisk kvantifieras ofta med hjälp av så kallade FN-kurvor som anger samband mellan olycksfrekvenser och ackumulerade konsekvenser i form av antal omkomna. FN-kurvan anger samband mellan sannolikhet för olika olyckstyper och det ackumulerade antalet omkomna vid dessa olyckor.

Figuren nedan visar ett schematiskt FN-diagram där acceptanskriterier, som delar in området i tre zoner, inritats som diagonaler. De logaritmiska skalorna får i detta fall lutningen -1.



Figur 19. Exempel på acceptanskriterier för samhällsrisk.

Diagrammet ovan visar ett fall där de två gränsnivåerna för sannolikhet vid 1 dödsfall per olycka anges av:

- > 10^{-4} per år, oacceptabel risk, verksamheter med dessa risknivåer tolereras ej
- $\leq 10^{-4} \leq 10^{-6}$ per år, ALARP risker som bör minimeras med praktiskt möjliga åtgärder
- < 10^{-6} per år, låg risk, acceptabel nivå, påkallar i regel inga kompletterande åtgärder

Dessa gränser har föreslagits i Sverige för värdering av samhällsrisk vid transport av farligt gods (SKL, 2012).

Vissa riskvärderingssituationer, liksom människors subjektiva uppfattning om acceptabla risker, baseras på en ambition att undvika stora olyckor med många dödsoffer medan det kan vara lättare att acceptera mer frekventa olyckor med enstaka dödsfall. I FN-kurvor, som den på föregående sida, kan denna aversion mot stora olyckor representeras av acceptanskriterier med brantare lutning, exempelvis -2.

I denna studie är det främst de olycksscenarier som identifierats i kapitel 3.3 som anses utgöra påseglingsrisk för de planerade bostadshusen i Marievik 15 då ett passerande fartyg som girar till en kurs så att kajanläggningar och byggnader kan påseglas och skadas. Av särskilt intresse är sannolikheten för att byggnaderna med bostäder skall kunna skadas och samhörande konsekvenser i form av skador och omkomna.

För de här aktuella olycksriskerna för bostadshus finns inga etablerade acceptanskriterier i Sverige. Olycksscenarier med katastrofala konsekvenser, exempelvis att ett högt bostadshus helt kollapsar på grund av påsegling, kan i detta fall ses som ett exempel med hög riskaversion som inte kan accepteras även om sannolikheten är ytterst låg.

5 Riskanalys

För att förtydliga orsaks- och konsekvenssambanden i en riskanalys kan de prioriterade olyckstyperna sammanfattas som händelser innefattande kontakt mellan fartyg och byggnad/kaj. Sannolikheten för sådana händelser och effekten av olycksförebyggande åtgärder kan då illustreras av ett förenklat felträd. Konsekvensanalysen beskriver de konsekvenser, vad avser människor i byggnaderna, som kan uppstå vid olika typ och omfattning av kontakt mellan fartyg och byggnad/kaj.

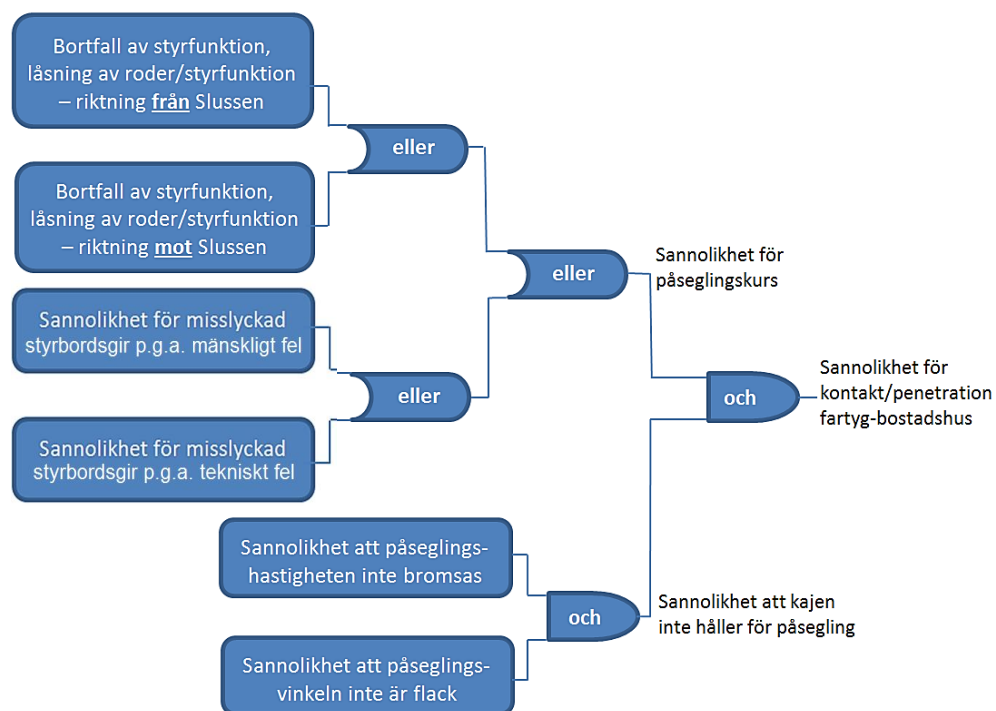
I föregående kapitel prioriterades olyckstyperna:

- i-a)** Misslyckad styrbordsgir som en följd av mänskliga misstag.
- i-b)** Oavsiktlig avvikelse från korrekt passagelinje och misslyckad styrbordsgir på grund av tekniskt roderfel.
- i-c)** Misslyckad styrbordsgir på grund av blackout, förlust av framdrivning.
- i-d)** Misslyckad styrbordsgir på grund av oväntade väjningsmanövrar.
- ii-k)** Bortfall av styrfunktion, låsning av roder/styrorgan i fullt utslag.
- ii-l)** Fel i styr- och reglersystem som kan ge fel respons från reglage på bryggan.

Villkoren för dessa olyckstyper/risker kan ställas upp i ett förenklat, schematiskt felträd för vidare riskanalys. Villkoren i felträdet i Figur 20 innebär att sannolikheten för sluthändelsen "kontakt/penetration mellan fartyg och byggnader" är en produkt (villkorssymbolen "och") av sannolikheterna för att kajen inte stoppar fartyget och att ett fartyg har påseglingsskurs.

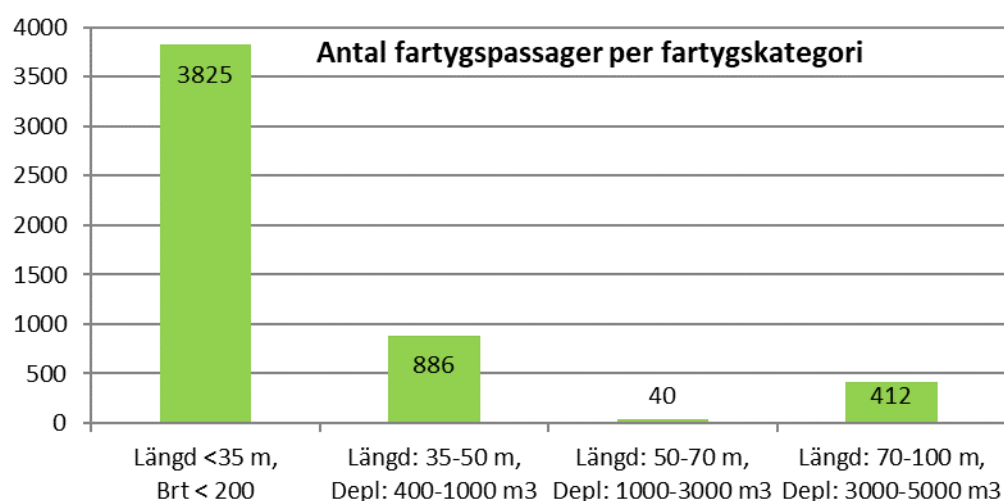
Påseglingssannolikheten är i sin tur *summan* av de två sannolikheterna som anges till vänster om villkorssymbolerna märkta "eller". Sannolikheten att kajen inte håller bestäms, förutom av kajens dimensionering, främst av fartygets hastighet, dess displacement och påseglingsvinkeln och illustreras i felträdet av ett "och"-villkor.

Resultatet av beräkning med hjälp av ett felträd ger sannolikheten för en viss typ av påseglingsolycka och kvantifieras numeriskt av en förväntad frekvens per år eller omräknas till en förväntad returperiod, det vill säga det antal år som statistiskt kan förväntas mellan upprepade olyckstillfällen. Låg olycksfrekvens motsvaras alltså av en lång returperiod som båda därmed är förenade med låg risk.



Figur 20. Förenklat schematiskt felträd för sannolikheten av att byggnaderna påseglas.

För att förenkla riskbedömningarna delas fartygstrafiken in i olika storlekskategorier eftersom olika fartygsstorlekar ger olika krafter vid påsegling. Storleksindelningen görs i olika längdintervall med motsvarande displacementsintervall. Fartyg med en brutto mindre än 200 och fritidsbåtar utelämnas eftersom de inte bedöms utgöra någon fara jämfört med kategorier av större fartyg.



Figur 21. Antal fartygspassager genom Hammarbyslussen (2012) indelat i olika storleksklasser.

Sannolikheter för de respektive påseglingsscenarierna för de olika displacementsintervallen beräknas i följande kapitel jämte tillhörande påseglingshastigheter och -vinklar.

I de tre följande styckena beskrivs påseglingssannolikheten för den inre sydvästra delen (cirka 100 m) av Marievikskajen, den mellersta delen (cirka 200 m) och den yttersta kajdelen (cirka 100 m) med Marievik 15, i separata avsnitt för att underlätta överblick.

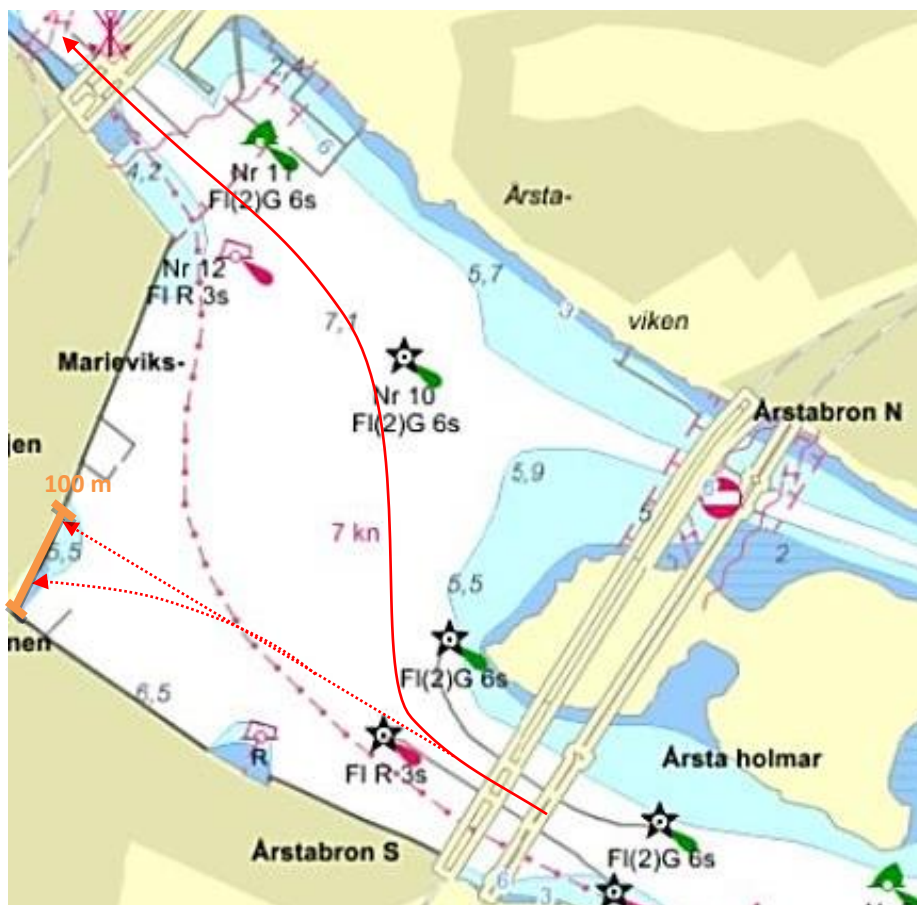
5.1 Sannolikhet för att ett fartyg har påseglingkurs mot inre delen av Marievikskajen

Eftersom utformningen av Hammarbyfarleden medför en styrbordsgir för fartygstrafik, i riktning från Hammarbyslussen, bedöms de inre 100 meterna av Marievikskajen utsättas för liten påseglingsrisk. Endast under omständigheter som innebär ett bortfall av styrfunktion/låsning av roder, tekniska fel, där låsning av styrorgan i utslag åt babord, skulle ett fartyg i riktning från slussen kunna segla på den inre delen av kajen enligt de punktade pilarna i figuren nedan. Beroende på hur rodret låser sig kan olika påseglingsvinklar uppkomma.

För fartyg i riktning mot Hammarbyslussen anses ingen påseglingsrisk finnas för den inre delen av Marievikskajen.

Beroende på fartygsstorlek och styrarrangemangens utformning har olika fartyg olika minsta girradie. Ett fartyg med konventionellt roder och propellerarrangemang har vanligen en minsta girradie av storleksordningen 1,5 gånger fartygets vattenlinjelängd. Vissa fartygstyper, exempelvis vissa av de grusbåtar som trafikerar Hammarbyleden, är utrustade med så kallade azipod-arrangemang där propellrarna är monterade på vridbara stativ så att själva propelleraxeln, likt en aktersnurra, kan vridas till valfri vinkel i förhållande till längskeppslinjen och därmed ge större girmoment och snävare girradie.

För de största fartygen i leden med en längd av 100 m erhålls en minsta girradie på cirka 150 m. Om roderfelet uppstår precis innan styrbordsgiren, 100 m framför kajen, uppskattas påseglingsvinkeln för Marievikskajen till mellan 60 och 90 grader.



Figur 22. Möjliga oönskade påseglingssgilar vid roderfel/låsning – inre Marievikskajen.

Passagehastigheten antas vara omkring 7 knop för fartyg i riktning från Hammarbyslussen. Vid den oönskade giren kommer hastigheten att minska och påseglingshastigheten antas vid beräkningarna vara 1 knop lägre än passagehastigheten. Beroende på vilken girradie fartyget får kommer det att ta cirka 25 – 40 sekunder innan påseglingen sker och särskilt för de mindre fartygstyperna finns 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 som innebär att styrarrangemang låser sig i fullt utslag är mycket ovanliga. Mängden empiriska data är begränsad men Germanischer Lloyd (GL, 2003) refererar en undersökning som anger en sannolikhet för roderfel på $1 \cdot 10^{-5}$ per timme. Sannolikheten att få fullt roderutslag åt ena hållet (babord för trafik i riktning från Hammarbyslussen) kan då antas uppgå till $0,5 \cdot 10^{-5}$ per timme. För att ett sådant roderfel skall leda till påseglingsskurs måste det uppstå under en passagetid som motsvarar längden av den påseglingskritiska strukturen.

Med ovan beskrivna antaganden har sannolikheten för att ett roderfel uppstår under den kritiska delen av en fartygspassage, alltså innan styrbordsgir från Hammarbyslussen, förbi den inre delen av Marievikskajen (kajlängd 100 m) beräknats. Tillsammans med ett antaget totalt fartygsflöde om 1 338 fartyg större än 200 brutto,

blir returperioden för denna typ av påseglingsolycka cirka 33 191 år. Fördelat per respektive storlekskategori för fartygen blir returperioderna för denna typ av påsegling enligt tabellen nedan där även beräknade påseglingsfarter och intervall av möjliga påseglingsvinklar anges.

Tabell 3. Förväntad returperiod för påseglingsrisk av inre delen av Marievikskajen.

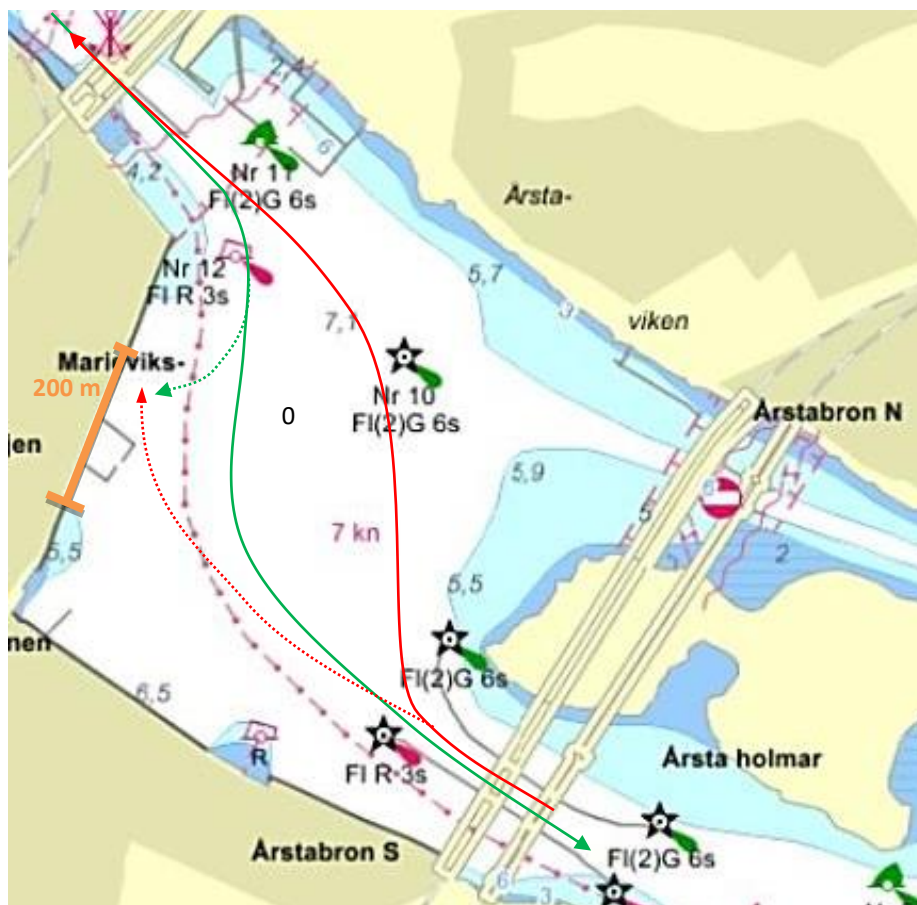
Fartygsstorlek	Påseglingsvinkel	Påseglingsfart	Förväntad returperiod
Depl 500-1 000 m ³ Längd 35 - 50 m	60 - 90 grader	6 knop	50 124 år
Depl 1 000-3 000 m ³ Längd 50 - 70 m	60 - 90 grader	6 knop	1 110 240 år
Depl 3 000-5 000 m ³ Längd 70 - 100 m	60 - 90 grader	6 knop	107 790 år
Depl 500-5 000 m ³ Längd 35 - 100 m	Totalt för alla fartyg:		33 191 år

5.2 Sannolikhet för att ett fartyg har påseglingkurs mot mellersta delen av Marievikskajen

För den mellersta delen av Marievikskajen, cirka 200 m, kan en påsegling orsakas av samtliga identifierade risker. Såväl mänskliga misstag, tekniska fel och roderfel kan bidra till att styrbordsgiren, i båda riktningar, kan misslyckas och leda till påseglingkurs. Figur 23 illustrerar påseglingsscenarion.

Den röda, punktade pilen markerar en kurs som är följd av en för sent initierad styrbordsgir, utifrån given kurslinjen för fartyg i riktning från Hammarbyslussen. Med hänsyn till farledens karaktär och att Årstabroarnas pelare passeras endast någon minut innan giren skall initieras är det osannolikt att rorgångaren exempelvis somnar och därför missar giren helt. Möjligen kan en total blackout på ett fartyg där framdrivnings- och styrfunktionen är integrerad leda till att giren helt uteblir. Den punktade, gröna pilen motsvarar ett scenario med misslyckad styrbordsgir i form av för sen upprätning av kursen eller låsning av roder under giren.

Olika typer av misslyckade girar orsakade av tekniska fel eller mänskliga misstag medför olika stora girradier. Mänskliga misstag, exempelvis att styrbordsroder läggs för sent innebär dock snarare att en snäv gir läggs väster om den tänkta passagelinjen och senare eventuellt korrigeras med en babordsgir för att komma tillbaka på tilltänkt passagelinje. Om en styrbordsgir misslyckas bedöms möjliga påseglingsvinklar kunna uppkomma inom intervallet 30 till 90 grader.



Figur 23. Påseglingsrisker för mellersta delen av Marievikskajen.

Det finns en möjlighet att babordsroder läggs i istället för styrbordsroder vilket kan ske exempelvis genom missförstånd på bryggan. Med hänsyn till farledens karaktär skulle troligen ett sådant misstag upptäckas och korrigeras genast. Möjligen kan en babordsgir även representera en möjlig oväntad väjningsmanöver för att undvika påsegling.

All olycksstatistik visar att mänskliga fel är vanliga bakomliggande orsaker till 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 (Kristiansen, 2005) där antalet felhandlingar relateras till den seglade distansen; $3 \cdot 10^{-5}$ per fartyg och nautisk mil. För den här specifika styrbordsgiren kopplas denna sannolikhet till en kritisk sträcka av 0,05 nautiska mil (50 m), vilket motsvarar sträckan varifrån giren initieras till dess att fartyget rätats upp efter styrbordsgiren.

Tekniska fel av typ blackout bedöms förekomma med avsevärt högre frekvens än fel med oönskade maximala roderutslag och sker inte sällan just i samband med pådrag exempelvis vid avgång från en sluss. Numeriska sannolikhetsvärden baseras vanligen på bas av tiden och baserat på jämförande värdering av olika empiriska modeller nyttjas här $2,5 \cdot 10^{-4}$ per timme (SSPA, 2008). Sannolikheten kopplas till en kritisk

tidsperiod som motsvarar passagen en sträcka av 0,05 nautiska mil vid 6 knop (50 m strax efter Årstabrons pelare).

Med antaganden enligt ovan har sannolikheten för att styrbordsgiren skall misslyckas på grund av mänskliga eller tekniska fel beräknats. Tillsammans med ett antaget totalt fartygsflöde om 1 338 fartyg större än 200 brutto blir returperioden för denna typ av påseglingsolycka cirka 626 år.

Tabell 4. Returperioden för påseglingsrisker från misslyckad styrbordsgir som en följd av tekniska och mänskliga fel – mellersta delen av Marievikskajen.

Fartygsstorlek	Påseglingsvinkel	Påseglingsfart	Förväntad returperiod
Depl 500-1 000 m ³ Längd 35 - 50 m	30 - 90 grader	6 knop	945 år
Depl 1 000-3 000 m ³ Längd 50 - 70 m	30 - 90 grader	6 knop	20 930 år
Depl 3 000-5 000 m ³ Längd 70 - 100 m	30 - 90 grader	6 knop	2 032 år
Depl 500-5 000 m ³ Längd 35 - 100 m	Totalt för alla fartyg:		626 år

Returperioden för roderfel blir, för samma fartygsflöde, 8 298 år.

Beräkningen utgår från påseglingsfarter upp till 6 knop. Fördelat per respektive storleksintervall blir returperioderna för denna typ av påsegling enligt tabellen nedan. Beräknade påseglingsfarter och intervall av möjliga påseglingsvinklar anges också i tabellen.

Tabell 5. Returperiod för påseglingsrisk av mellersta Marievikskajen som en följd av roderfel.

Fartygsstorlek	Påseglingsvinkel	Påseglingsfart	Förväntad returperiod
Depl 500-1 000 m ³ Längd 35 - 50 m	30 - 90 grader	6 knop	12 531 år
Depl 1 000-3 000 m ³ Längd 50 - 70 m	30 - 90 grader	6 knop	277 560 år
Depl 3 000-5 000 m ³ Längd 70 - 100 m	30 - 90 grader	6 knop	26 948 år
Depl 500-5 000 m ³ Längd 35 - 100 m	Totalt för alla fartyg:		8 298 år

Jämförs returperioderna för oönskad påseglingsskade som en följd av roderfel med misslyckad styrbordsgir är påseglingssannolikheten för det senare scenariot betydligt högre (kortare returperiod).

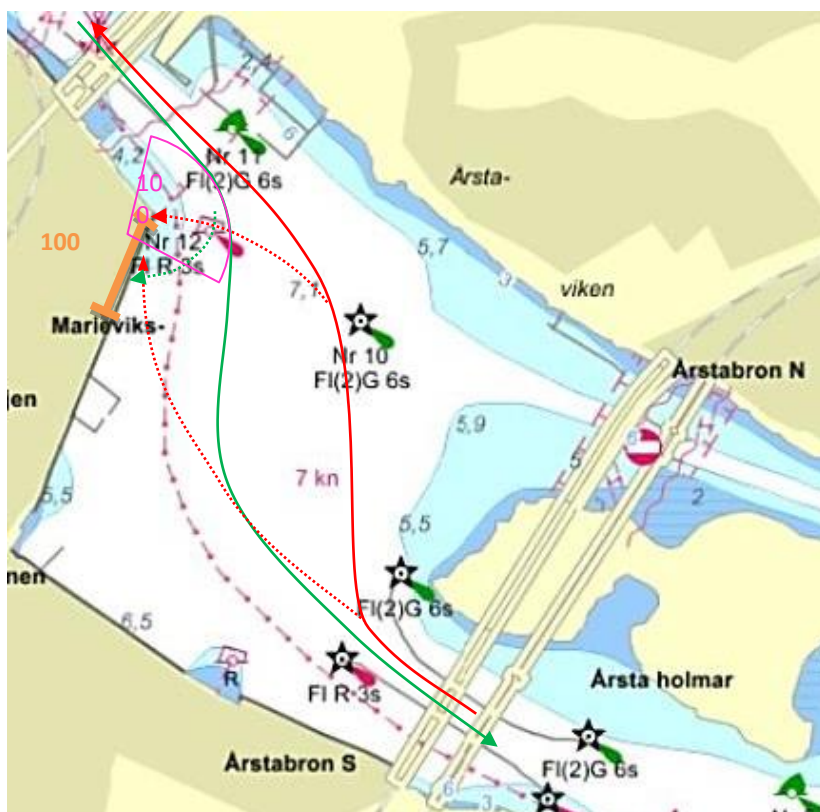
5.3 Sannolikhet för att ett fartyg har påseglingsskada mot Marievik 15

För de yttre 100 meterna av Marievikskajen där nya bostadsbyggnader planeras inom fastigheten Marievik 15, kan samtliga av de identifierade riskerna leda till en påsegling. Både mänskliga såväl som tekniska fel kan bidra till att styrbordsgiren, oavsett åt vilket håll fartyget färdas, kan misslyckas och leda till påseglingsskada. Figur 24 illustrerar påseglingsscenario för Marievik 15.

Av figuren framgår även att det norra hörnet av den yttre kajdelen är den plats där avståndet mellan den tänkta farledslinjen och den planerade bostadsbyggnaden är minst. Avståndet mellan farledens mittlinje (fartygens normala passagelinje) och hörnet av byggnad 4 i Marievik 15 är ca 100 m. Detta avstånd liksom avståndet mellan kajkant och den planerade byggnadens fasadliv mot norr, är större än för nuvarande byggnad och även för de planerade byggnader som tidigare (2015) var föremål för maritim riskanalys. I jämförelse med föreslagna riktlinjer för planering av bostadsbebyggelse i närheten av väg och järnväg med transport av farligt gods (Lst, 2016) är detta avstånd mindre än de 150 m som anges som tillräckligt skyddsavstånd utan att påkalla särskild riskutredning.

Liksom för den mellersta delen av kajen (kapitel 5.2) kan en för sent initierad styrbordsgir leda till en påsegling. Det är osannolikt att giren missas helt då fartygen passerar bropelare och ledverk innan det kommer in i Årstaviken och girar styrbord enligt utmärkt farled. En total blackout på ett fartyg där framdrivnings- och styrfunktionen är integrerad skulle dock kunna leda till att giren helt uteblir.

Om en styrbordsgir misslyckas beräknas möjliga påseglingsvinklar inom intervallet 0 till 30 grader.



Figur 24. Påseglingsskurser för Marievik 15.

Baserat på samma numeriska modell som tidigare, där antalet mänskliga felhandlingar relateras till den seglade distansen; $3 \cdot 10^{-5}$ per fartyg och nautisk mil (nm) beräknas

påseglingssannolikheten. För styrbordsgiren i riktning från Hammarbyslussen används en kritisk sträcka av 0,05 nautiska mil (50 m), vilket motsvarar sträckan varifrån giren initieras till dess att fartyget rätats upp efter styrbordsgiren. Kajdelens längd är kortare än den mellersta delen vilken också påverkar uppskattningen av påseglingssannolikheten.

För blackout och bortfall av styrfunktion används sannolikhetsvärdet $2,5 \cdot 10^{-4}$ per timme (SSPA, 2008). Sannolikheten kopplas till en kritisk tidsperiod som motsvarar passagen en sträcka av 0,05 nautiska mil vid 6 knop (50 m strax efter Årstabrons pelare).

Med antaganden enligt ovan har sannolikheten för att styrbordsgiren skall misslyckas på grund av mänskliga eller tekniska fel beräknats. Tillsammans med ett antaget totalt fartygsflöde om 1 338 fartyg större än 200 brutto blir returperioden för denna typ av påseglingssolycka för Marievik 15 cirka 1 251 år.

Tabell 6. Returperioden för påseglingsrisker från misslyckad styrbordsgir som en följd av tekniska och mänskliga fel – Marievik 15.

Fartygsstorlek	Påseglingsvinkel	Påseglingsfart	Förväntad returperiod
Depl 500-1 000 m ³ Längd 35 - 50 m	0 - 30 grader	6 knop	1 890 år
Depl 1 000-3 000 m ³ Längd 50 - 70 m	0 - 30 grader	6 knop	41 860 år
Depl 3 000-5 000 m ³ Längd 70 - 100 m	0 - 30 grader	6 knop	4 064 år
Depl 500-5 000 m ³ Längd 35 - 100 m	Totalt för alla fartyg:		1 251 år

Returperioden för roderfel blir, för samma fartygsflöde, betydligt högre: 16 596 år. Beräkningarna utgår från påseglingshastigheter om upp till 6 knop. Fördelning per fartygsstorlek med respektive returperiod visas i tabellen nedan. Beräknade påseglingssarter och intervall av möjliga påseglingssvinklar anges.

Tabell 7. Returperiod för påseglingsrisk av Marievik 15 som en följd av roderfel.

Fartygsstorlek	Påseglingsvinkel	Påseglingsfart	Förväntad returperiod
Depl 500-1 000 m ³ Längd 35 - 50 m	0 - 30 grader	6 knop	25 062 år
Depl 1 000-3 000 m ³ Längd 50 - 70 m	0 - 30 grader	6 knop	555 120 år
Depl 3 000-5 000 m ³ Längd 70 - 100 m	0 - 30 grader	6 knop	53 895 år
Depl 500-5 000 m ³ Längd 35 - 100 m	Totalt för alla fartyg:		16 596 år

5.4 Sammanfattning av påseglingssannolikheter

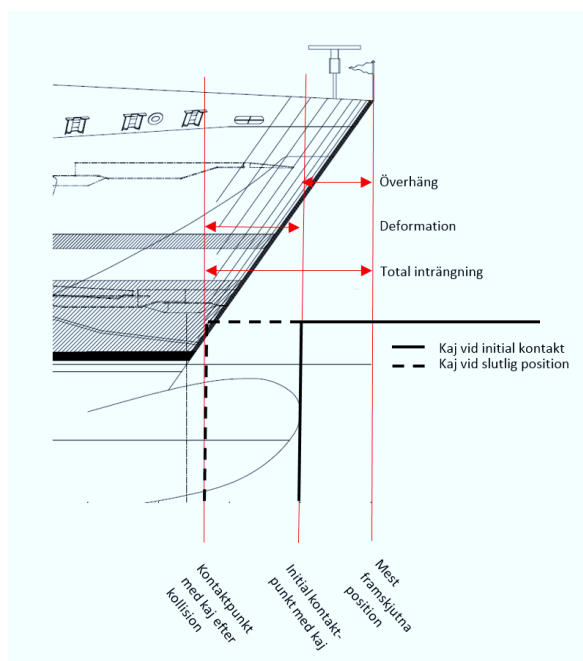
Ovan beräknade sannolikheter har skiljt på påseglingsrisker orsakade av oönskad styrbordsgir som en följd av roderfel/låsning av roder samt misslyckad styrbordsgir orsakad av mänskliga och tekniska fel. För att få en bättre jämförelsegrund har påseglingssannolikheterna för de respektive olyckstyperna slagits samman och returperiod har beräknats för de olika delarna av Marievikskajen. I tabellen nedan ges en överblick för returperioden baserat på hela fartygsflödet, det vill säga alla fartyg, samt för fartyg inom den största fartygskategorin.

Tabell 8. Sammanfattning av returperiod för de olika delarna av Marievikskajen.

Fartygsstorlek	Inre delen (100 meter kaj)	Mellersta delen (200 meter kaj)	Marievik 15 (100 meter kaj)	Hela Marieviks- kajen (400m kaj)
Alla	33 200 år	580 år	1 200 år	386
Depl 3 000-5 000 m ³ Längd 70 - 100 m	110 000	1 900	3 800 år	1 250 år

5.5 Konsekvenser av påsegling

Svårighetsgraden av konsekvenserna av en kontakt mellan fartyg och kaj beror främst av inträngningsdjup, samt i viss grad på vilken tid av dygnet olyckan sker. Deformation av bulb och stävsektioner under kajdäckets nivå bidrar också till den totala inträngningen. Trafiken förbi Marievikskajen 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, se Figur 25.



Figur 25. Schematisk bild som definierar; deformation, överhäng samt total inträngning.

Vattendjupet längs Marievikskajen är enligt sjökortet omkring 6 m, vilket innebär att ingen uppbromsande effekt på grund av grundstötning kan påräknas vid påsegling av de aktuella fartygsstorlekarna.

Förskeppen på fartyg ser olika ut, men gemensamt är att förskeppet har ett överhäng och att vissa fartyg har en utskjutande bulb under vattenlinjen. Utsträckningen av överhäng och eventuella utskjutande delar är normalt högst 2-3 m för fartyg av aktuella storlekar och kan därför inte träffa och skada fasaden såvida inte själva fartyget krossar och tränger in i kajdäcket. Vid en kajpåseglingsolycka under brant påseglingsvinkel kan förskeppet orsaka stor skada genom att kajdäcket krossas eller förskjuts eller att pålverkets bärighet skadas.

Om påseglingsvinkeln är flack och kajkanten inte krossas kommer fartyget att tvingas till en gir vid kajkontakten och en del av rörelseenergin omsätts då till rotation av fartyget. Låg friktion mellan kajkant och fartyg underlättar glidning och rotation och minskar därmed påseglingslasten mot kajen.

Kajens konstruktion är också betydelsefull för hur den deformeras vid påsegling och hur den överför påseglingslaster till påverk och bakomliggande strukturer och byggnader. Ett kraftigt dimensionerat kajdäck kan tänkas ta upp påseglingslaster utan att deformeras men beroende på förankring och grundläggning kan det också tänkas förskjutas horisontellt och därmed överföra påseglingslaster till bakomvarande strukturer som exempelvis bostadsbyggnader. Ett mindre kraftigt kajdäck kan däremot tänkas ta upp eventuella påseglingskrafter genom att det krossas eller veckas utan att överföra krafter till bakomvarande strukturer. Kajens konstruktion och dess separation eller eventuella bakåtförankring till byggnader är därför viktiga för vilka konsekvenser påseglingsolyckor kan ge. En kajkonstruktion med spontad front eller vinkelstödmur med fyllning bakom, innebär i regel att merparten av den totala inträngningen sker genom deformation av fartygsstäv medan kajen förmår absorbera kontaktkraften med mindre deformation.

För passagen förbi Marievikskajen tillhör fartyget Jehander 1 den största kategorin och var det mest frekventa fartyget under 2017 med över 400 passager. Baserat på detta bedöms därför Jehander 1 kunna representera en dimensionerande fartygstyp för beräkning av möjliga påseglingslaster, se Figur 7.

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 25. Det dimensionerande fartyget Jehander 1 saknar dock både något betydande överhäng och bulb. Inte heller något av de andra större fartyg som passerade 2017 bedöms ha något betydande överhäng.

Fartyget Solskär, som registrerades för ca 300 passager under 2017, har dock ett transportband som sticker ut ca 8 m framför stäven, se Figur 31. Transportbandets konstruktion och infästning i fartyget är dock veka i förhållande till skrovets och förstävens konstruktion. Det bedöms därför inte troligt att en påseglingshändelse som innebär att transportbandet når en byggnadsfasad kan leda till betydande strukturella skador på byggnaden.

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 påseglingssvinklar och konsekvenser till följd av de olika påseglingsscenarierna som redovisas i kapitel 5.5.1 - 5.5.3 nedan, kompletteras också av kvantitativa kraftberäkningar baserade på beräkningar av påseglingsscenarier i olika farter och under olika påseglingssvinklar. Kraftberäkningarna redovisas separat i kapitel 5.6.

5.5.1 Konsekvenser av påsegling av kajens inre del

Sannolikhet för påsegling av kajens inre del är mycket låg, men påseglingssvinklarna kan antas bli relativt branta och innebära att all fartygets rörelseenergi skall tas upp av deformation av fartygets stäv och kajen. Tänkbara scenarier gör det troligt att fartygets fart reducerats avsevärt från 7 knop innan påseglingssvinkeln genom back/bromsmanöver eller nödankring vilket reducerar påseglingskrafterna väsentligt.

5.5.2 Konsekvenser av påsegling av kajens mellersta del

För den mellersta kajdelen är avståndet mellan kajkanten och bakomvarande byggnader bitvis större än för övriga kajdelar och det finns inga bakåtförankringar mellan kaj och byggnader varför konsekvenserna här bedöms mindre allvarliga i detta avseende.

Människor som vistas på bryggor och omgivande kajer kan förväntas observera om ett fartyg ser ut att ha påseglingssvink och därmed även ha möjlighet att sätta sig i säkerhet genom att springa undan då påseglingshastigheten är av storleksordningen 5-6 knop (cirka 3 m/s). Fartygen kan eventuellt även avge varningssignaler för att uppmärksamma människor på kajen och i byggnaderna på påseglingssvinksfaran.

Den planerade badbryggan med eventuell bastu förläggs på motsvarande plats som dagens marina för fritidsbåtar och innebär att konsekvensbilden vid en eventuell påsegling kan skilja sig från övriga kajdelar. Personer som befinner sig på badanläggningens bryggpontoner kan också förväntas sätta sig i säkerhet vid uppenbar överhängande påseglingssvink. För personer som befinner sig i vattnet mellan och innanför pontonerna kan det ta längre tid att förflytta sig till en säker plats. Vid en eventuell påsegling av en yttre förankrad betongponton innebär dess tröghet att påseglingshastigheten bromsas upp. Kraftig vågrörelse kan uppstå innanför pontonen men en eventuell kollaps av pontonen kommer troligen att ske under rörelser av måttlig hastighet. Personer som befinner sig i en bastu kan ha mindre möjlighet att upptäcka faran men antalet personer och den tidsrymd som de befinner sig i i bastun är begränsade. Jämfört med dagens marina, med båtar där människor kan vistas även nattetid, samt med hänsyn till badbryggans pontonkonstruktion bedöms konsekvenserna av en eventuell påsegling bli mindre allvarliga än de som kan uppstå i dagsläget.

5.5.3 Konsekvenser av påsegling av kajens yttre del och Marievik 15

På den yttre delen av kajen planeras den östra fasaden ligga cirka 12 m innanför kajkanten. Idag finns bakåtförankringar mellan kaj och huskropp men planerad ny- och ombyggnad omfattar även kajens konstruktion och därmed finns förutsättningar att konstruera kajen så att byggnadsstrukturen inte kan äventyras vid en eventuell påsegling.

Vissa fartyg har särskilt stora utskjutande delar såsom exempelvis fartyget Nordanvind med ett cirka 10 m långt transportband för sand/grus som sticker ut framför fartygets stäv, se Figur 26. Under vissa omständigheter, som brant påseglingsvinkel och minimalt avstånd mellan kajkant och fasad skulle påsegling med detta fartyg, kunna ge skador och inträngning i fasaden även om fartygsstaven inte penetrerar själva kajkanten.



Figur 26. Fartyget Nordanvind (L 45m, B 6m, T 2,9m, lastkapacitet 350 ton) med ett utskjutande transportband. (foto B Forsman).

För de aktuella, planerade byggnaderna finns våningsplan med bostäder belägna på en höjd som kan motsvara transportbandets spets, men planerna för den nya hörnbyggnaden, byggnad 4, omfattar ett entresolplan som sträcker sig 6 m över markplan där en penetration av transportbandet skulle kunna ge betydande skador. Transportbandet kommer dock sannolikt att deformeras, vinklas upp eller vridas vid en påsegling.

Förskeppets höjd över vattenytan för fartyg av den största storlekskategorin är normalt omkring 5-7 m vilket motsvarar en nivå av ca 3 - 5 m upp på fasaden över marknivå, och kan vid eventuell kontakt med fasaden främst skada lokaler i byggnadens botten- eller entresolplan.

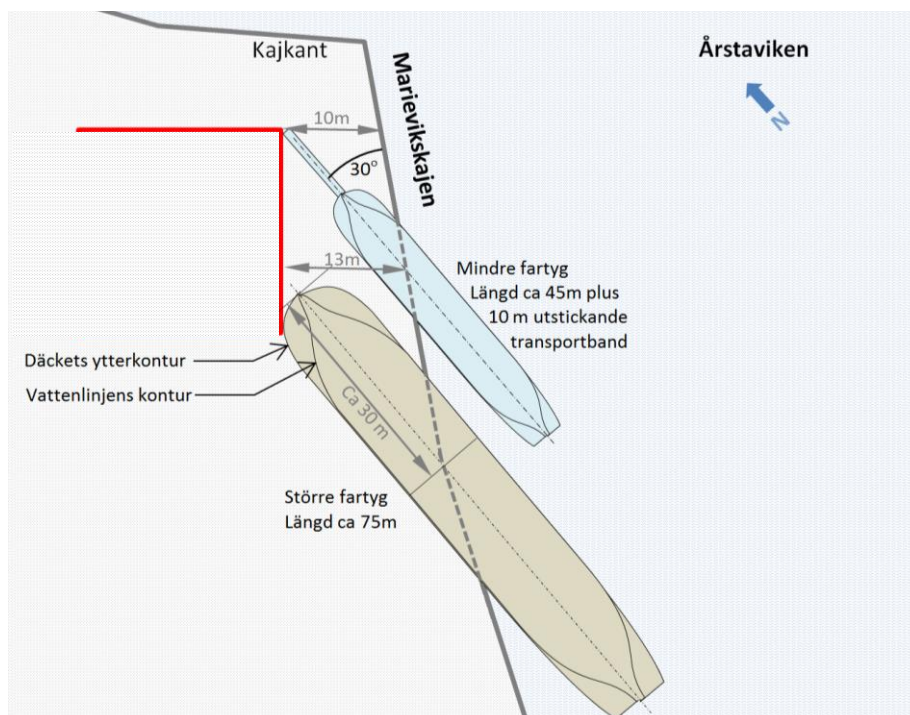
Ett värsta scenario där en påseglingsskada leder till kollaps av den bärande byggnadsstrukturen bedöms enligt byggherren dock inte kunna uppstå till följd av en fasadskada. Sannolikheten för att den centrala, bärande byggnadsstrukturen i den planerade bostadsbyggnaden skulle kunna skadas så allvarligt av en påseglingsolycka så att hela strukturen kollapsar, bedöms vara ytterst liten. Det krävs dock att de omgivande kajerna dimensioneras för att kunna ta upp påseglingskrafter från den dimensionerande fartygstypen (under branta påseglingsvinklar och farter upp till 7 knop) utan att påseglingslasterna överförs till och skadar byggnadens grundläggning och bärande strukturer. Konsekvenserna av ett värsta scenario med en helt kollapsande struktur skulle kunna vara mycket allvarliga med tiotals dödsfall.

En olycka nattetid då fler personer befinner sig i huset än under dagtid kan ge större förluster i antal dödsfall/personskador. Sjötrafiken är dock mindre nattetid än dagtid varför påseglingssannolikheten också kan antas vara mindre. Risk för liv är i första hand förenat med att delar av själva bostadsplanen i byggnaderna kollapsar eller att husgrunden penetreras med strukturskador i byggnadsdelarna ovanför skadan.

Möjliga konsekvenser av eventuella påseglingsolyckor med kajpenetration kan inte uppskattas i detalj men en påsegling nattetid med skador i fasad och bostadslägenheter kan tänkas leda till enstaka dödsfall. Vid särskilt kraftiga påseglingar med fasadpenetration och omfattande skador på lägenheter i flera våningsplan skulle i storleksordningen 1-5 personer kunna tänkas omkomma. Denna uppskattning baseras på att mellanväggar och tak i fastigheten rasar in.

Konsekvenserna vid påsegling med penetration av mindre omfattning, och utan omfattande strukturskador i våningsplanen, kan troligen inskränka sig till materiella skador eller personskador. Förskeppets höjd över vattenytan för fartyg av den största storlekskategorin är typiskt omkring 6 m vilket motsvarar en nivå av ca 4 m upp på fasaden över marknivå.

Skadeeffekterna skulle möjligen också kunna förstärkas om sekundära konsekvenser såsom exempelvis brand uppstår i fartyget vid påseglingen. Eftersom troliga påseglingsvinklar vid påsegling av Marievikskajens yttre del och fastigheten Marievik 15 är flacka, kommer en betydande del av rörelseenergin att tas upp genom rotation av fartyget och även om inträngningsdjup och skadeutbredning i kajen är betydande, bedöms det mycket osannolikt att den vinkelräta inträngningen i kajen skulle kunna uppgå till 7-8 m, vilket erfordras om ett fartygs stävöverhäng skall nå och skada husfasaden. Även för fartyg med långa utskjutande transportband skulle det erfordras betydande kajinträngning vid en påseglingsvinkel av 30°, se Figur 27.



Figur 27. Påseglingsscenario med kajpenetration och fasadkontakt utan rotation/glidning för två olika fartyg med 30° påseglingsvinkel. Notera att figuren endast är en principfigur och verklig kajinträngning vid påsegling av moderna kajkonstruktioner vanligen är av storleksordningen någon till några meter enligt olycksfarenheter och nedan presenterade beräkningsexempel.

5.6 Beräkning av kollisionskrafter och inträngningsdjup vid eventuell påsegling

5.6.1 Dimensionerande beräkningsfall

För att kunna avgöra hur långt ifrån kajkanten 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 påseglingsvinklar i intervallet 40° – 90°.

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 kajdäck, fyllnadsmassor och förankringar.

Beräknade påseglingskrafter ger värdefull input för kajdimensionering men för en detaljerad analys måste kajens konstruktion och koppling till byggnadernas grundläggning vara specificerad.

5.6.2 Modell

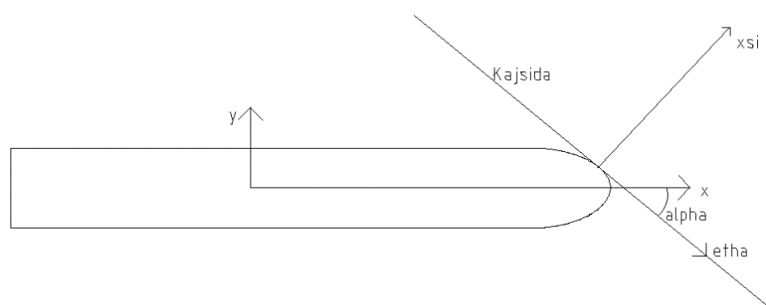
Dimensionerande fartyg för beräkningar av påseglingslaster är Jehander 1.

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).

5.6.3 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 28.



Figur 28. Schematisk bild över ett godtyckligt kollisionsförlopp med relevanta koordinatsystem.

Initialt har fartyget en hastighet V_x och en angreppsvinkel α , 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 påseglning. 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 Marievik saknar bogöverhäng kommer den totala inträngningen motsvara deformationen.

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

- Kollisionsscenario med vinkel, α , mellan fartyg och kaj om 40-90° beräknas.
- Jehander 1 används som dimensionerande fartyg.
- Kajen antas vara ogenomtränglig, all deformation antas sålunda ske i skrovkonstruktionen hos fartyget.
- Alla kollisionsscenario antas vara fullt plastiska, med följd att hela fartygets initiala kinetiska energi antas absorberas fullständigt som plastisk deformation 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 fartygsstäv, bedöms rimligt utifrån kända erfarenheter från kajpåseglingar. Om en större del av energiupptagningen antas ske genom deformation av kajen ökar det totala inträngningsdjupet och den maximala kontaktkraften minskar.

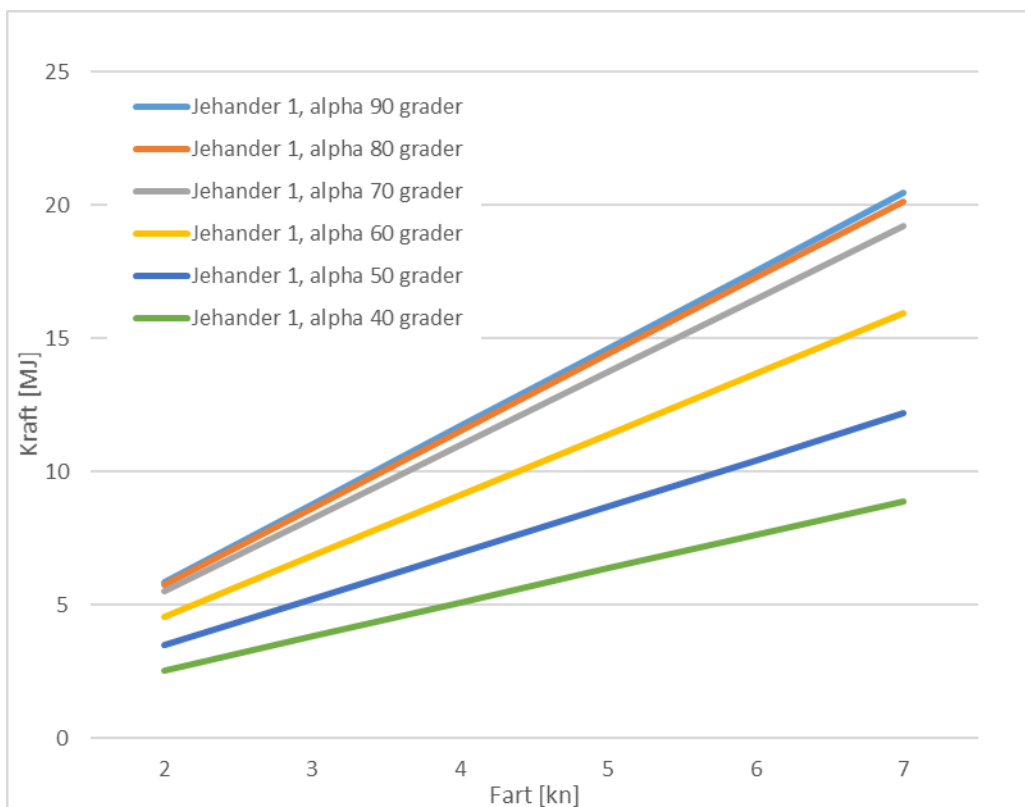
De beräknade möjliga inträngningsdjupen vid eventuell påsegling är relativt små men baserade på normala kajkonstruktioner för fartygsförtöjning.

Det är ännu inte fastställt i detalj hur kajerna vid Marievik kommer att konstrueras eller vilka behov av förstärkning som kan erfordras.

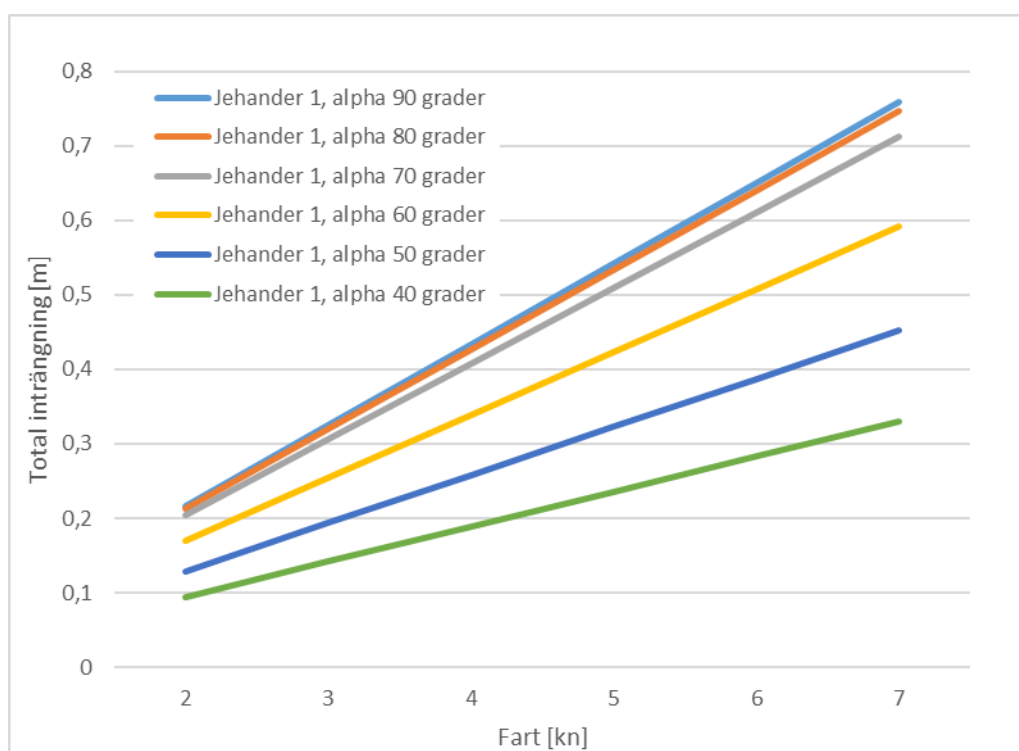
5.6.4 Resultat av kvantitativa konsekvensberäkningar

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.

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 29. Kraftpåkänning – Jehander 1 med påseglingsvinklar 40-90



Figur 30. Total inträngning för Jehander 1 vid kollisions med vinkel 40-90 grader.

Enligt Figur 30 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 på kajen då det minsta identifierade avståndet mellan fasadliv och kajkant är 12 m. Vid en kollisionsvinkel på 40 grader, blir den totala inträngningen 0,3 m vid en hastighet på 6 knop.

Fartyget Solskär som har ett 6 m långt transportband i fören kan därigenom dock orsaka en större total inträngning. Kraften vid en sådan kollision blir dock betydligt minder då detta fartyg har ett mindre displacement och transportbandet kan antas vara deformerbart i högre grad än byggnaderna. Vid kontakt mellan byggnad och transportbandet kan fönster krossas, men allvarliga skador på byggnadsstrukturen bedöms inte kunna uppstå. Med hänsyn till den relativt låga sannolikheten och de begränsade konsekvenserna, bedöms inte att särskilda konstruktions- eller dimensioneringskrav påkallas för de exponerade fasaderna.

5.7 Sammanvägning av sannolikhet och konsekvens

Den typ av påseglingsscenario som skulle kunna ge störst skada är den som innebär påsegling med ett stort fartyg under brant vinkel mot kajen och med relativt hög fart. Riskanalysen i föregående avsnitt visar dock på flera förhållanden som begränsar förutsättningarna för att sådana scenarier skall uppstå. Sannolikheten för påseglingsscenario har beräknats utifrån trafikstatistik och empiriskt kända felfrekvenser. En förväntad returperiod för kajpåsegling någonstans längs kajens yttre del med Marievik 15 är cirka 1 250 år.

Beräkningarna har gjorts för hela Marievikskajen och baseras på dagens trafikflöden, men även med en möjlig framtida ökning, är den beräknade sannolikheten betryggande låg. Vad gäller fartygsstorleken förväntas inte de maximala fartygsstorlekarna växa i framtiden i nämnvärd grad eftersom maximala dimensioner väsentligen ges av Hammarbyslussens storlek, farledens djup samt brohöjder.

Det bör påpekas att de nyttjade empiriska frekvenserna för olika felhändelser baseras på historiska olyckor bakåt i tiden och att de därmed är representativa för en äldre fartygsflotta av genomsnittlig standard i alla internationella vatten. Dagens och framtidens trafik förbi Marievik representerar en flotta av något yngre fartyg som är föremål för noggrann inspektion av teknisk och personell standard vilket också bidrar till att sannolikhetsbedömningarna kan anses konservativa.

För den största fartygskategorin (längd 70 - 100 m), vilken är den som bedöms kunna ge allvarligast kajskador och största inträngning, uppskattas returperioden för påsegling av Marievikskajens yttre 100 m till 3 800 år. Byggnad 4 vid kajens nordöstra hörn har en fasadlängd av ca 17 m, och returperioden för påsegling av motsvarande kritiska kajsträcka kan därmed räknas om med en faktor 0,17 eller en förväntad returperiod av 22 300 år. För byggnad 1, med ca 22 m fasadliv 12 m innanför kajkanten, kan returperioden på motsvarande sätt räknas om till 17 500 år.

På motsvarande sätt kan påseglingsrisken mot den planerade badanläggningen, som utgör omkring en tredjedel av den mellersta kajdelen, räknas om till en förväntad returperiod av 5 700 år för den största fartygskategorin.



*Figur 31. Fartyget Solskär vid N Hammarbykajen (Längd 38 m) med ett utskjutande matarband i fören.
(foto: A. Bakosch)*

6 Riskvärdering

6.1 Kriterier

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 såsom exempelvis blixtnedslag.

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.

6.2 Individrisk Marievik 15

Risken för att ett flerbostadshus skall påseglas och att boende skall skadas är en risk som den boende inte själv kan styra över. Acceptansen för sådana risker är i allmänhet lägre än i de fall där individen själv kan påverka risken. Vidare räknas risker i bostadsområden allmänt till de områden där samhället i planeringsprocessen särskilt eftersträvar låga risknivåer.

Den förväntade returperioden 22 300 år som uppskattats för påsegling av kritisk kajsträcka framför byggnad 4 på Marievik 15 kan omräknas till en sannolikhet av $5 \cdot 10^{-5}$ per år. Förväntade påseglingsvinklar för denna kajsträcka anges vara mellan $0 - 30^\circ$ men uppskattningsvis bedöms endast vinklar i intervallet $25 - 30^\circ$ kunna ge nämnvärd inträngning i kajen. Om påseglingsvinklarna antas jämnt fördelade över intervallet $0 - 30^\circ$, så reduceras sannolikheten för påsegling under kritisk vinkel mot kritisk kajsträcka till $1 \cdot 10^{-5}$ per år. Eftersom kajkonstruktionen förutsätts ha en avsevärd uppbromsande effekt på ett påseglande fartyg är denna sannolikhet för kritisk kajpåsegling inte lika med sannolikheten för att det påseglande fartyget når fasaden och skadar byggnaden.

Om kajens konstruktion antas vara av sådan hållfasthet att högst en tiondel av de kritiska påseglingsscenarierna kan ge så omfattande kajinträngning att fasaden nås, blir sannolikheten för påsegling med fasadskada omkring $1 \cdot 10^{-6}$ per år. Påsegling med

måttlig fasadskada bedöms vidare endast i vissa fall leda till dödsfall för personer som vistas i byggnaden och om dödsfall antas inträffa vid varannan fasadpåsegling kan motsvarande individrisk uppskattas till $5 \cdot 10^{-7}$ per år. Även för byggnad 1, med 12 m avstånd mellan kajkant och fasadliv och motsvarande påseglingssannolikhet som för byggnad 4, kan individrisken uppskattas till $5 \cdot 10^{-7}$ per år.

Kajen och dess konstruktion vad avser uppbromsande effekt är en viktig riskreducerande faktor. Med den planerade kajbredden av 12 m och med de dimensionerande påseglingsscenarion som beskrivs ovan, bedöms att det finns goda förutsättningar att konstruera kajen så att den uppskattade individrisken ytterligare reduceras eller åtminstone inte överskrids.

För den mellersta kajdelen är avståndet mellan byggnadsfasaderna och kajkanten bitvis större än för övriga kajdelar. Individrisken avseende kajpåsegling för personer som vistas i byggnaderna bedöms därför lägre än för övriga byggnader med kortare avstånd mellan kajkant och fasadliv. Planerade bryggor utanför kajkanten bedöms också bidra något till minskad kajinträngning vid eventuell påsegling. Individrisken för personer som uppehåller sig på bryggorna eller i vattnet vid en badanläggning beror delvis på hur bad- och brygganläggningar utformas avseende möjligheter att observera och sätta sig i säkerhet vid överhängande påseglingsrisk.

För den inre kajdelen är avstånd mellan byggnadernas fasadliv och kajkant större än för de mest exponerade byggnaderna och den uppskattade påseglingssannolikheten avsevärt lägre än för övriga kajdelar. Individrisken bedöms därför också vara lägre för denna kajdel.

6.3 Samhällsrisk Marievik 15

Den planerade konstruktion av byggnad 4 bedöms enligt uppdragsgivaren vara sådan att den inte kan kollapsa på grund av något tänkbart värsta fall av påsegling med aktuella fartyg. Därmed bedöms det inte relevant att värdera samhällsrisk och scenarier med tiotals dödsfall som skulle kunna tänkas vara aktuella vid en total byggnadskollaps. Övriga byggnader bedöms överlag vara mindre exponerade för motsvarande värsta fall av påseglingsolyckor.

Med hänvisning till de föreslagna acceptanskriterier som refereras i kapitel 4.3, kan noteras att sannolikheten för påsegling som ger byggnadskollaps bör ligga under 10^{-8} per år.

6.4 Övriga risker

För utomhusbadanläggningen är utnyttjandeperioden begränsad. Den bedöms omfatta ca 3½ månad om året och främst nyttjas under dagtid, vilket medför att den individspecifika risken reduceras.

Beroende på var en eventuell tilläggsplats för pendelfartyg placeras kan konfliktsituationer med passerande handelsfartyg tänkas uppstå som kan påverka sjösäkerhet och påseglingsriskerna. Pendelfartygens storlek och vikt (storleksordningen 150 ton) bedöms dock inte utgöra någon betydande risk för påseglingsskador av områdets kajer eller planerade byggnader i området.

6.5 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*.
- 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 felen kan uppstå – *stor osäkerhet*.
- Uppskattning av möjliga konsekvenser – antal skadade vid påsegling, var vistas boende - *stor osäkerhet*.

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

7 Riskreducerande åtgärder

Den redovisade analysen indikerar låga risknivåer men förutsätter att kajkonstruktion och -kondition ses över och förbättras i de sektioner där påseglingsscenarier skulle kunna skada bakomliggande byggnader. För hela kajen och den planerade badbryggan, vid kajens mellersta del, förutsätts vidare att kajtor och bryggdäck utformas så att de medger sikt mot farleden och passerande fartyg och utan onödiga barriärer som försvårar förflyttning eller snabb evakuering av ytor som hotas av fartygpåsegling.

För att undvika möjliga konflikter och riskfyllda närsituationer med passerande handelsfartyg, bör en eventuell tilläggsplats för pendelbåtar placeras avskilt från den passerande trafikens farledslinje och girpunkter. Detta innebär att en tilläggsplats nära Marievikskajens nordöstra hörn bör undvikas. Den inre eller mellersta delen av kajen kan troligen erbjuda lämpligare placering utan konfliktrisker. Lägen med fri sikt mellan tilläggsplatsen och den passerande farleden bedöms fördelaktiga. Placering i närheten av badanläggningen bedöms vara möjlig men särskild hänsyn till påseglingsrisk av pendelbåt måste då tas vid utformning av tilläggsplats och exponerade delar av badanläggningen och dess pontonbryggor.

Tänkbara kompletterande eller alternativa riskreducerande åtgärder för att minska sannolikheten för, eller konsekvenserna av, påsegling skulle kunna omfatta konstgjorda grundbankar/grund eller energiupptagande kassuner/stenkistor liksom ytterligare hastighetsbegränsning för passerande fartyg. Konstgjorda grundbankar är dyra att anlägga och begränsar manöverutrymme och användbarheten av kajerna. Ytterligare fartbegränsning ger förlängda transporttider och kan i vissa fall hämma manöverförutsättningarna för vissa fartygstyper och bedöms inte attraktiva mot bakgrund av att passagen av Marievik utgör en del av en farled utpekad som riksintresse.

7.1.1 Riskreducerande åtgärder för den inre delen av kajen

Sannolikheten för påsegling av kajens inre delar är mycket låg men eftersom påsegling kan ske under brant vinkel är det motiverat att se över kajkonstruktion och -kondition så att skadliga påseglingslaster inte kan överföras till bakomvarande byggnader.

7.1.2 Riskreducerande åtgärder för mellersta kajdelen och badanläggningen

För den mellersta kajdelen är avstånden mellan kaj och bakomliggande byggnader bitvis större än 12 m, varför behovet av åtgärder för att förhindra att eventuella påseglingslaster överförs till byggnaderna bedöms vara litet. Byggnaderna är vidare fristående från kajkonstruktionen som inte har några bakåtförankringar som kan överföra påseglingslast.

Badanläggningens U-formade brygga med öppning mot farleden förutsätts ge fri sikt mot Årstaviken och därmed också möjligheter för personer på bryggorna att kunna sätta sig i säkerhet vid överhängande påseglingsrisk. För att minska risker för konflikt

mellan badande och sjötrafik bör badområdet avgränsas till området mellan bryggorna genom staket på bryggornas utsida och med bojad lina mellan de yttre bryggnockarna. Liknande åtgärder och anordningar finns exempelvis vid närbelägna Tanto strandbad utanför Hornstulls Strand.

Om den planerade badanläggningen utformas med en bastu konstruerad på en yttre flytande betongponton, kommer betongpontonen vid en eventuell påsegling delvis att fungera som en energiupptagande fender och minska påseglingslasterna på själva kajen. Med hänsyn till risker för personer som befinner sig i badet, bedöms riskerna kunna reduceras genom att den yttre pontonen utformas och förankras för att kunna ta upp en del av lasten vid en eventuell påsegling. Bad utanför området som avgränsas av pontonerna bedöms vara förenat med större risker från båttrafik och utgöra en fara för passerande fartygstrafik. Bad utanför anläggningens pontoner bör därför ej tillåtas.

7.1.3 Riskreducerande åtgärder för den yttre delen av kajen – Marievik 15

Även om påseglingssannolikheten inte skiljer sig väsentligt för den yttre delen av kajen, jämfört med den mellersta kajdelen, innebär det kortare avståndet mellan fasadliv och kajkant för byggnad 1 och 4 samt närheten till farledens mittlinje att risknivån bedöms något högre och att särskilda åtgärder kan påkallas. I samband med översyn och renovering av denna kajdel är det viktigt att kajen byggs om så att inga bakåtförankringar kan överföra eventuella påseglingslaster till bakomvarande byggnad och att kajkonstruktionen dimensioneras för att klara påseglingslaster från dimensionerande fartyg i 30° påseglingsvinkel i 6 knop utan att omfattande struktureller fasadskador uppstår. Vid eventuella påseglingsscenarier är påseglingsvinkeln troligen relativt flack och en stor del av rörelseenergin tas upp av att fartygets stäv glider längs kajkanten så att kursriktningen ändras. Kajkrönet bör därför lämpligen utformas med en krönbalk/hammarband eller längsgående fender som medger glidning längs kajkanten.

7.2 Riskreducerande effekt av planerade och föreslagna åtgärder

Trots att de redovisade sannolikheterna för påsegling är låga (returperioderna är långa) har ett antal riskreducerande åtgärder identifierats och föreslagits. Åtgärderna är främst av konsekvensreducerande slag och de viktigaste är relaterade till utformning av kajen framför byggnaderna och kajens energiupptagande förmåga.

Den redovisade analysen omfattar ingen detaljerad värdering av dagens risker i det aktuella området och det föreligger inte heller något underlag för bedömning av den nuvarande kajens energiupptagande egenskaper och kondition. Det är dock sökandes avsikt att undersöka status och genomföra erforderliga förstärknings- och reparationsåtgärder på kajen och den samlade riskbedömningen utgår från att dessa åtgärder genomförts.

8 Resultat och slutsatser

Antalet passager i Hammarbyslussen domineras av de yrkesfartyg som är kortare än 30 m. De största yrkesfartygen (längd: 70-100 m) är få till antalet och utgjorde endast 8% av det totala antalet passager under 2012. I genomsnitt passerar ett fartyg per dag av den största storleksklassen. Även om trafiken med stora fartyg kan tänkas öka i framtiden indikerar statistik och beräkningar att risken är liten för påsegling av kaj.

Högsta tillåtna fart i farleden är 7 knop och strömhastigheter i Hammarbyleden anses inte påverka sjöfarten i området.

Hammarbyleden, mellan Hammarbyslussen och Liljeholmsbroarna, är utformad så att fartyg i färdriktning från slussen gör en styrbordsgir i södra farleden efter Årsta holmar. Detta innebär att alla fartyg i den riktningen, under ett visst tidsintervall, kommer att ha stävriktning som pekar mot Marievikskajen. De har alltså en påseglingsskurs vilket medför att ett flertal olika påseglingsscenarier kan uppstå om styrbordsgiren misslyckas som en följd av tekniska fel eller mänskliga misstag.

Även i motsatt färdriktning, från Liljeholmsbron mot Hammarbyslussen, kan styrbordsgiren misslyckas, och som en följd av roderlåsning kan påsegling av Marievikskajen potentiellt ske även vid gång i riktning mot Hammarbyslussen.

Följande, identifierade scenarion har undersökts med avseende på påseglingsrisker:

- i-a)** Misslyckad styrbordsgir som en följd av mänskliga misstag.
- i-b)** Oavsiktlig avvikelse från korrekt passagelinje och misslyckad styrbordsgir på grund av tekniskt fel.
- i-c)** Misslyckad styrbordsgir på grund av blackout, förlust av framdrivning.
- i-d)** Misslyckad styrbordsgir på grund av oväntade väjningsmanövrar.
- ii-l)** Bortfall av styrfunktion, låsning av roder/styrorgan i fullt utslag.
- ii-m)** Fel i styr- och reglersystem som kan ge fel respons från reglage på bryggan.

Dessa identifierade riskscenarion sammanfattas i två olyckstyper:

- Önskad påseglingsskur orsakad av roderfel/bortfall av styrfunktion.
- Misslyckad styrbordsgir som en följd av tekniska och mänskliga fel.

Baserat på en indelning av trafikflödet i Hammarbyleden i fyra olika fartygskategorier (olika displacementintervall) är det tydligt att det sker flest passager med mindre fartyg (brutto < 200). Dessa fartyg anses inte utgöra någon fara vid eventuell påsegling.

Påseglingssannolikhet för övriga fartygskategorier beräknas för olika delar av Marievikskajen; inre kajen (100 m), mellersta kajen (200 m) och Marievik 15 (100 m) och redovisas som förväntad returperiod, tillsammans med antagen påseglingssvinkel och hastighet.

En sammanfattning för de olika returperioderna för respektive kajdel (inkluderat båda identifierade olyckstyper) visar förväntad returperiod för påsegling med fartyg i det största storleksintervallet med längd 70 – 100 m, se Tabell 9.

Tabell 9. Returperiod för de största fartygstyperna för de olika delarna av Marievikskajen.

Fartygsstorlek	Inre delen (100 m kaj)(100 meter kaj)	Mellersta delen (200 m kaj)(200 meter kaj)	Marievik 15 (100 m kaj)100 meter kaj)	Hela Marieviks- kajen (400 m)
Depl 3 000-5 000 m ³ Längd 70 - 100 m	110 000	1 900	3 800 år	1 250 år

Förväntad returperiod för påsegling någonstans längs Marievikskajen av fartyg inom storleksintervallet längd 70 -100 m uppskattas för till storleksordningen 1 250 år. För kajens yttre del vid Marievik 15, där avstånd mellan kaj och fasadliv är minst, uppskattas motsvarande returperiod till 3 800 år. För påseglingsscenario med det dimensionerande fartyget mot denna kajdel är dock påseglingens vinklarna relativt flacka vilket förväntas ge ett glidande påseglingsförlopp med begränsat kajinträngningsdjup.

Den typ av påseglingsscenario som skulle kunna ge störst skada är den som innebär påsegling med ett stort fartyg under brant vinkel mot kajen och med relativt hög fart. Maximala kajlaster bedöms kunna uppstå vid en påsegling i 6 knop (maxhastigheten 7 knop reduceras vid gir), under en påseglingens vinkel om 30°, med ett fartyg av maximalt displacement på cirka 5 000 m³.

Även om det finns fartyg med överhäng eller utskjutande matarband i fören, utgör inte sådana matarband en fast del av fartyget. De kan skada byggnaden vid eventuell kontakt med fasaden men bedöms inte kunna äventyra byggnadens struktur.

Konsekvenserna för en eventuell påsegling beror på flera faktorer, främst fartygets penetrationsdjup och på vilken vertikal nivå kontakten sker med byggnaden, samt i viss grad på vilken tid av dygnet olyckan sker. Storleksordningen 1 personer skulle kunna tänkas omkomma om omfattande skador på fastighetens fasad uppstår som en följd av en kraftig påsegling (med penetration så att mellanväggar och tak rasar in). Under förutsättning att kajen framför byggnaderna i Marievik 15 konstrueras utifrån troliga dimensionerande påseglingsscenarioer, uppskattas individrisknivån för personer som vistas i byggnaden att bli låg och falla inom de ramar som normalt anses acceptabla med hänsyn till fastighetens planerade användning. Eftersom värsta fall scenarioer med påsegling som leder till byggnadskollaps anses ytterst osannolika, bedöms det inte relevant att uppskatta och värdera samhällsrisk.

Bland identifierade riskreducerande åtgärder kan framhållas att kajdäcket bör konstrueras så att det separeras från byggnadernas grundstruktur. På så vis kan eventuella påseglingskrafter inte direkt överföras från kajkant till huskropp. Vidare rekommenderas att kajens krönbalk/hammarband utformas med en kontinuerlig fender eller annat arrangemang som medger att ett påseglande fartyg får en glidande kontakt längs kajkanten.

Eventuell tilläggsplats för pendelfärja bör anläggas så att konflikter med passerande fartyg undviks. För den planerade badanläggningen bör en eventuell yttre betongponton med bastu och dess förankring utformas så att den kan ta upp en del av energin vid en eventuell påsegling. Bad utanför bryggpontonernas utsidor eller avgränsande bojlinor mellan yttre bryggnockar bör ej tillåtas.

9 Referenser

Brandkonsulten, 2018. Marievik 15 m fl, Stockholm. Riskbedömning, Version 8. 2018-12-21

Eniro, 2013, "Sjökort", <http://kartor.eniro.se/>

Fastighetsvärlden, 2013, <http://www.fastighetsvarlden.se/notiser/amf-river-40-000-kvm-kontor-i-marievik/>

Germanischer Lloyd (GL), 2003, "Offshore-Windpark Kriegers Flak, Technische Risikoanalyse", Bericht Nr. ERI 2003.54

Kristiansen, S., 2005, "Maritime Transportation – Safety Management and Risk Analysis"

Länsstyrelsen Stockholm, 2001, "Stockholms läns författningssamling", <http://www.lansstyrelsen.se/stockholm/SiteCollectionDocuments/Sv/djur-och-natur/Sjotrafik/Dykforbud/1%202001%20138.pdf>

Länsstyrelsen Stockholm, 2003, "Riskanalyser i detaljplanprocessen", http://www.lansstyrelsen.se/stockholm/SiteCollectionDocuments/Sv/publikationer/2003/R0315_webb.pdf

Lst, 2016. "Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods". Länsstyrelsen Stockholm, Fakta 2016:4. 2016-04-11.

MSB, 2013, "Framtidens storstäder", <https://www.msb.se/RibData/Filer/pdf/27226.pdf>

Sjöfartsverket, 2013, "Hammarbyslussen", <http://www.sjofartsverket.se/Sjofart/Lotsning/Lotsomraden/Lotsomrade-Sodertalje/Farleder--broar/Stockholmsleden/Hammarby-slussen/#sthash.4bXRvxMp.dpuf>

SjöV, 2016. Distribution av flytande bränslen på Mälarens och Stockholms inre vattenvägar. Sjöfartsverket Infrastruktur, Dnr: 15-03104, Mars 2016

SMHI, 2011, "Uppskattning av ytströmmar, Slussen Etapp 4", kort sammanfattning för Tyréns. Vahil Khodagolian.

SMHI, 2012, SMHI Rapport Nr 2011-61, "Hydrodynamiska utredningar i Slussen-projektet Etapp 4", DNr2011/738/204 Ver1.0. granskad 2012-01-20 Kjell Wickbom.

SKL, 2012, "Transporter av farligt gods, Handbok för kommunernas planering", Sveriges kommuner och Landsting. DNr2011/738/204 Ver1.0. granskad 2012-01-20 Kjell Wickbom

SRV, 1997, "Värdering av risk", <http://rib.msb.se/Filer/pdf%5C9838.pdf>

SSPA. (2011-12-21). SSPA Rapport 20095258-04, Projekt Slussen, Maritima risker under byggtiden - Riskbedömning .

SSPA. (2012). Riskanalys Mälarprojektet SSPA Rapport Nr 20116032.

SSPA, 2008, "Methodology for Assessing Risks to Ship Traffic from Offshore Wind Farms", Project 2005-4028

Stockholms Hamnar (STH), 2013, - kontaktperson: Anita Krafft och Lena Fogelberg

TS. (2013). Säkerhetsstudie - Kollisioner med kaj vid stävtilläggning åren 2003 - 2012. Transportstyrelsen. 16.03 TSS 213-286.



Marievik 15 m fl, Stockholm

Riskbedömning
Version 8

2018-12-21

Marievik 15 m fl, Stockholm**Riskbedömning****Uppdragsgivare:** JM AB**Upprättad av:**Anna Mårtensson
Brandingenjör/Civilingenjör
riskhanteringMartin Wier
Brandingenjör/Civilingenjör
riskhantering**Internkontrollerad av:**Henric Fält
Brandingenjör/Civilingenjör
riskhantering

Version 8	2018-12-21	AMN	HF
Version 7	2018-10-12	AMN, MW	HF
Version 6	2018-09-04	AMN, MW	KF
Version 5	2018-01-12	AMN, MW	KF
Version 4	2016-09-09	AMN, FM	KF
Version 3	2016-09-08	AMN, FM	KF
Version 2	2016-08-29	AMN, FM, KF	HF
Version 1	2016-06-17	AMN, FM, KF	HF
Version	Datum	Utförd av	Kontrollerad av

Innehållsförteckning

Sammanfattning	4
1 Inledning	6
1.1 Syfte och mål	6
1.2 Bakgrund	6
1.3 Avgränsningar	6
1.4 Styrande dokument och riktlinjer	7
1.5 Underlag	8
1.6 Revideringar	8
2 Metod	9
2.1 Riskanalys	9
2.2 Riskvärdering	10
2.3 Tillämpningar i denna riskbedömning	12
3 Riskanalys	13
3.1 Områdesbeskrivning	13
3.2 Förändringar inom planområdet	13
3.3 Skyddsobjekt	14
3.4 Riskidentifiering	15
4 Riskuppskattning	18
4.1 Hammarbyleden	18
5 Riskvärdering	24
5.1 Individrisk	24
5.2 Samhällsrisk	27
6 Riskreduktion	30
7 Verifiering av riskreducerande åtgärder	31
7.1 Individrisk	31
7.2 Samhällsrisk	32
8 Hantering av osäkerheter	33
9 Slutsats	34
10 Referenser	35
Appendix A Frekvensberäkningar påsegling	37
Appendix B Konsekvensberäkning – Värmestrålning	40
Appendix C Riskberäkningar	42

Sammanfattning

Denna riskbedömning har tagits fram som kompletterande underlag, vilket har efterfrågats av Länsstyrelsen Stockholm, i samband med framtagande av ny detaljplan för området Marievik i Stockholm. Berört område omfattar fastigheterna M15, M19, M22, M23, M24, M25, M26, M27, M28, M30 samt gatumarken mellan fastigheterna och Årstaängsvägen respektive fastigheterna och kajen.

Aktuellt område är beläget i nära anslutning till Hammarbyleden (sjöfartsled) och industrijärnvägsspår. I närheten av planområdet finns det även verksamheter som hanterar farligt gods.

Avsikten är att riva några av de befintliga byggnaderna för att ge plats åt nya byggnader. De flesta byggnader i området planeras dock att behållas men kommer att byggas på med fler våningsplan. De flesta byggnaderna kommer att fortsätta att inrymma kontorsverksamhet. Fastigheterna M15 och M22 planeras att inrymma bostäder, förskola och kommersiella ytor. M15 planeras även att inrymma ett garage under mark. Det är inte fastställt om påbyggnad på befintligt garage i fastigheten M30 kommer att inrymma hotell eller kontor, detta påverkar inte risknivån i denna riskbedömning. Byggnaden på fastigheten M28 är befintlig och planeras utan tillkommande byggrätt i den nya detaljplanen.

De nuvarande detaljplanerna över området medger bebyggelse för kontors- och industriändamål och det krävs därför en ny detaljplan.

Riskbedömningen upprättas för att bland annat utreda hur riskerna kopplade till transporter av farligt gods på Hammarbyleden samt närheten till industrispåret och verksamheter i närheten som hanterar farligt gods kan påverka berört område. Dessutom har suicidrisken beaktats i riskanalysen. Företaget SSPA har sedan tidigare upprättat en riskanalys med avseende på påseglingsrisken, vilken har utgjort underlag till denna riskanalys och de riskreducerande åtgärder som föreslås i denna riskbedömning.

Riskbedömningen har utförts som en detaljerad analys där en kombination av kvalitativ- och kvantitativanalys har legat till grund för resultaten.

Riskbedömningen visar att det erfordras riskreducerande åtgärder för att risknivån för den mellersta kajen och M15-kajen ska anses vara acceptabel. Även de riskreducerande åtgärder som föreslås i riskanalysen upprättad av SSPA (2018) ska vidtas, som till viss del framgår nedan avseende kajdäck och bryggors konstruktion samt utformning av kajens krönbalk/hammarband.

- Fasader som vetter mot Hammarbyleden där avståndet mellan byggnad och kajkant understiger 30 m utförs med obrännbart material.
- Kajen, bryggor inklusive badbryggan och ytor utmed byggnaderna som är placerade nära vattnet ska utformas så att det är lätt att rymma bort från vattnet. Ytorna ska även utformas med fri sikt över Hammarbyleden.
- Byggnader och lokaler som är placerade inom 30 m från kajkant utformas så att utrymning kan ske bort från vattnet.
- Kajdäck, bryggor etc konstrueras så att de separeras från byggnadernas grundkonstruktion.
- Kajens krönbalk/hammarband förses med sammanhängande fender eller motsvarande så att sannolikheten ökar att ett eventuellt påseglande fartyg får en glidande kontakt mot kajkanten.

För att reducera risken för suicid rekommenderar Brandkonsulten AB att det vidtas åtgärder för att förhindra att obehöriga tar sig upp till de högre planen i byggnaderna, t ex bostadshusens eller kontorens takterrasser. Vidare rekommenderar Brandkonsulten AB att det finns tillräckligt höga räcken eller motsvarande, vilket reducerar risken att någon faller/hoppar från hög höjd.

Samtliga byggnaders våningsantal har inte fastställts i detalj, men det påverkar ej risknivåerna i denna handling.

1 Inledning

1.1 Syfte och mål

Denna rapport utgör riskbedömning i samband med framtagande av ny detaljplan för området Marieviks udde och omfattar fastigheter M15, M19, M22, M23, M24, M25, M26, M27, M28, M30 samt gatumarken mellan fastigheterna och Årstaängsvägen respektive fastigheterna och kajen. Riskbedömningen syftar dels till att identifiera och värdera eventuella risker som kan påverka den föreslagna planförändringen, dels till att vid behov presentera förslag på riskreducerande åtgärder, inklusive verifiering av dessa, vilka innebär en för ändamålet acceptabel risknivå.

Målet med riskbedömningen är att skapa ett beslutsunderlag för detaljplaneärendet med avseende på olika risker. Rapporten ska presentera de förutsättningar, t ex verifierade riskreducerande åtgärder, kring vilken en ny detaljplan för det aktuella planområdet kan genomföras.

1.2 Bakgrund

Berört område är beläget i nära anslutning till Hammarbyleden (sjöfartsled) och industrijärnvägsspår. I närheten av planområdet finns det även verksamheter som hanterar farligt gods.

Avsikten är att riva några av de befintliga byggnaderna på Marieviks udde men de flesta byggnader inom området kommer att behållas. Det ska dock tillskapas byggrätter för att bygga på de befintliga byggnaderna med fler våningsplan. De flesta byggnaderna planeras att fortsätta att inrymma kontorsverksamhet. Fastigheterna M15 och M22 planeras främst att inrymma bostäder men i markplan kommer det även att finnas förskola och kommersiella ytor. Fastigheten M15 planeras även att inrymma ett garage under mark. Det är inte fastställt om planerad påbyggnad på befintligt garage i fastigheten M30 kommer att inrymma hotell eller kontor. Byggnaden på fastigheten M28 är befintlig och planeras utan tillkommande byggrätt i den nya detaljplanen. Flertalet av byggnaderna kommer att förses med takterrasser.

De nuvarande detaljplanerna över området medger bebyggelse för kontors- och industriändamål och det krävs därför en ny detaljplan.

Länsstyrelsen Stockholm har i ett samrådsyttrande daterat 2016-02-22 bland annat efterfrågat en riskanalys som beaktar riskerna med industrispåret som passerar berört område samt transporter av farligt gods på sjöfarleden. Detta är primärt grunden till att denna riskbedömning tas fram.

Under 2018 tog SSPA fram en riskanalys där påseglingsrisken har utvärderats. SSPA är ett konsultföretag som tillhandahåller tjänster inom fartygsdesign och marina operationer. Påseglingsrisken som har räknats fram i SSPA:s riskanalys har legat som grund för denna riskbedömning.

1.3 Avgränsningar

Riskbedömningen i denna rapport är avgränsad till att endast behandla olycksrisker som kan leda till negativa effekter på människors liv. Eventuella hälsoeffekter som uppkommer till följd av normal vardaglig vistelse inom planområdet beaktas inte.

Planändringens miljöpåverkan under byggtid, brukartid eller till följd av en olyckshändelse beaktas inte i riskbedömningen.

Risker som härstammar från uppsåtliga händelser eller illvilja, med undantag för suicidrisken, beaktas inte i riskbedömningen.

Riskkällor som ligger mer än 150 m från berört planområde har inte beaktats i riskbedömningen.

Brandkonsulten AB förutsätter att transporter av farligt gods sker enligt de myndighetskrav som gäller för aktuell typ av transport.

Brandkonsulten AB förutsätter att hanteringen av brandfarlig vara sker enligt lagen om brandfarliga och explosiva varor med tillhörande föreskrifter.

1.4 Styrande dokument och riktlinjer

Styrande dokument finns i form av olika lagstiftningar med tillhörande förordningar och föreskrifter samt riktlinjer och rekommendationer som anger när en riskanalys/riskutredning/riskbedömning ska eller bör utföras.

Som stöd för riskbedömningen används rapporten "Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods" (Länsstyrelsen Stockholm, 2016). Rapportens rekommendationer används som riktlinjer avseende risker i den fysiska planeringen i Stockholms län. I rapporten framgår bl a följande rekommendationer avseende bebyggelse intill vägar med transporter av farligt gods. Det anges dock inga rekommenderade skyddsavstånd eller riskreducerande åtgärder vid bebyggelse nära en sjöfarled där det går transporter med farligt gods.

1.4.1 Bebyggelse vid primär led av farligt gods

- Minst 25 meter byggnadsfritt ska lämnas närmast transportleden.
- Tät kontorsbebyggelse närmare än 40 m från vägkant bör undvikas.
- Sammanhållen bostadsbebyggelse eller personintensiv verksamhet närmare än 75 m från vägkant bör undvikas.
- Inom 30 m ska följande åtgärder vidtas för bebyggelse som klassas som bostäder, centrum, vård, handel, skola, kontor, industri, tillfällig vistelse, verksamheter, friluftsliv och camping, besöksanläggningar och drivmedelförsörjning:
 - fasader utförs i obrännbart material alternativt i lägst brandteknisk klass EI 30.
 - friskluftsintag riktas bort från vägen.
 - det ska finnas möjlighet att utrymma bort från vägen.Inom 30 m ska dessutom fönster utföras i lägst brandteknisk klass för bebyggelse som klassas som bostäder, centrum, vård, handel, skola, kontor, tillfällig vistelse och besöksanläggningar.

1.4.2 Bebyggelse vid sekundär led av farligt gods

- Minst 25 meter byggnadsfritt bör lämnas närmast transportleden. Detta gäller bebyggelse som klassas som bostäder, centrum, vård, handel, skola, friluftsliv och camping, kontor, tillfällig vistelse och besöksanläggningar.

1.4.3 Bebyggelse vid järnvägar

- Minst 25 m närmast järnvägen ska lämnas byggnadsfritt.
- Tät kontorsbebyggelse närmare än 30 m från spårkant bör undvikas.
- Sammanhållen bostadsbebyggelse och personintensiva verksamheter närmare än 50 m från spårkant bör undvikas.
- Inom 30 m ska följande åtgärder vidtas för bebyggelse som klassas som bostäder, centrum, vård, handel, skola, kontor, industri, tillfällig vistelse, verksamheter, friluftsliv och camping, besöksanläggningar och drivmedelförsörjning:
 - fasader utförs i obrännbart material alternativt i lägst brandteknisk klass EI 30.
 - friskluftsintag riktas bort från järnvägen.
 - det ska finnas möjlighet att utrymma bort från järnvägen.

Risker ska beaktas och bedömas inom 150 m från farligt godsled i samband med detaljplaneprocessen. En riskbedömning ska genomföras för att fastställa om det krävs ytterligare åtgärder än vad som anges av Stockholms Länsstyrelse för att risknivån inom berört område ska ses som acceptabel (Länsstyrelsen Stockholm, 2016).

Utöver ovanstående finns riktlinjer i rapporten "Riskanalyser i detaljplaneprocessen – vem, vad när & hur" (Slettenmark, 2003).

1.5 Underlag

Följande underlag har använts i denna riskbedömning.

- Platsbesök genomfört 2016-05-24.
- Ritningsunderlag upprättat av Brunnberg & Forshed Arkitektkontor AB.
- Brandskyddsbeskrivningar över fastigheten M15, upprättade av Brandkonsulten AB daterade 2017-11-10.
- Samrådsyttrande, *Detaljplan för fastigheten Marievik 15 m fl i stadsdelen Liljeholmen, Stockholm stad*, Länsstyrelsen Stockholm daterad 2016-02-22.
- Riskanalys, *Identifiering av påseglingsrisker och riskanalys - DP Marievik*, upprättad av SSPA Sweden AB daterad 2018-04-23.
- Utredning kring eventuell utökning av bränsletransporter på Mälaren, *Distribution av flytande bränslen på Mälarens och Stockholms inre vattenvägar*, upprättad av Sjöfartsverket (ej daterad).
- Utredning kring eventuell utökning av bränsletransporter på Mälaren, *Distribution på Mälaren, slutrapport v 8*, upprättad av Brave Logistics Oy daterad 2016-01-29.
- Telefon- och mailkonversation med Transportstyrelsen, Sjöfartsverket, SSPA, Stockholms Hamnar samt verksamheter i närområdet som hanterar brandfarlig vara.
- Statistik över fartyg och båtar som under år 2015 passerade Hammarbyslussen.
- Utredning om Marieviks uddes inverkan på helikoptertransporter till och från helikopterflygplatsen vid Södersjukhuset, upprättad av WSP Sverige AB, daterad 2018-06-26.
- Inkomna synpunkter från Stadsbyggnadskontorets planavdelning, *SBK granskning av inkomna handlingar v 24-28 2018*, Stockholm stad 2018-08-23.

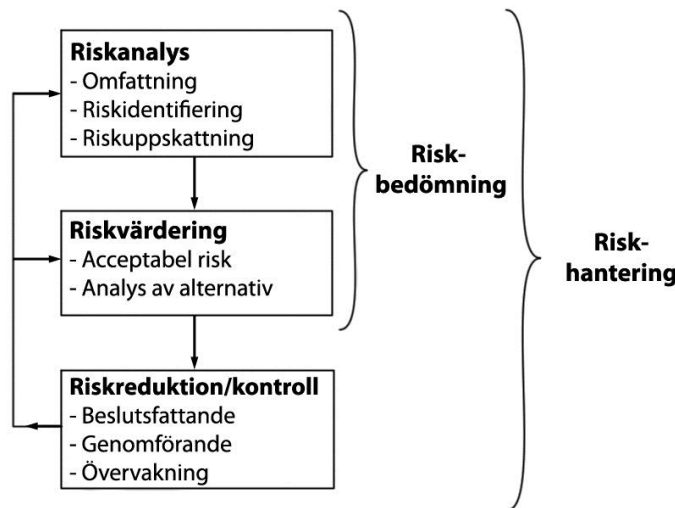
1.6 Revideringar

Riskbedömningen ska uppdateras efter behov i enlighet med projektets olika skeden och vid ändringar i förutsättningar som har stor påverkan på resultatet av riskbedömningen.

Denna version innehåller endast mindre revideringar som ej har påverkat riskprofilerna. |

2 Metod

Denna riskbedömning är upprättad med vägledning i en grundläggande modell för riskhantering framtagen av den Internationella elektrotekniska kommissionen (IEC, 1995). Modellen som visas i Figur 1 är framtagen som ett stöd för riskhantering inom tekniska system men är i dess fundamentala delar även applicerbar för riskutredningar i detaljplaneärenden.



Figur 1: Modell för riskhantering, återskapad från IEC (1995, s.41)(författarens översättning).

Enligt IEC:s modell kan riskhantering delas upp i två block; riskbedömning och riskreduktion. Riskbedömningen består i sin tur dels av en riskanalys, dels en riskvärdering.

2.1 Riskanalys

2.1.1 Omfattning och riskidentifiering

Riskanalysen syftar till att definiera systemet som ska analyseras, identifiera risker samt göra en inledande uppskattning av desamma. I detaljplaneärenden avgränsas normalt riskanalysen till att endast omfatta det berörda planområdet. I samband med definiering av systemet görs också en identifiering av skyddsobjekt, dvs de byggnader eller verksamheter inom planområdet gentemot vilka riskexponeringen ska utredas. Det kan röra sig om personintensiva lokaler, bostäder eller andra verksamheter som innebär en stadigvarande vistelse av människor.

Vidare sker en identifiering av riskkällor, dvs potentiella verksamheter, transporter etc i planområdets omgivning (riskkällor kan i vissa fall även finnas inom planområdet) vilka i samband med en viss oönskad händelse kan utgöra en fara för de personer som vistas inom det berörda planområdet. Exempel på riskkällor kan vara transporter av farligt gods, bensinstationer, järnvägar etc. Riskidentifieringen omfattar en beskrivning av respektive riskkälla samt en initial bedömning av deras möjliga bidrag till den övergripande riskbilden. Den initiala bedömningen kan sägas utgöra en grovsällning bland riskkällorna för att identifiera vilka av dem som erfordrar en mer detaljerad analys. Redan i detta skede kan alltså vissa riskkällor avfärdas utan att genomgå den mer detaljerade riskuppskattningen.

2.1.2 Riskuppskattning

Riskuppskattningen är den huvudsakliga och mer detaljerade utredningen kring riskerna och dess förutsättningar. Riskuppskattningen ska beskriva hur riskerna kan initieras samt karaktären och frekvensen på dess skadliga konsekvenser, med syftet att presentera ett mått på risknivå.

Riskuppskattningen baseras ofta på kvantitativa analyser såsom frekvens och konsekvensanalyser men kan även utgöras av kvalitativa resonemang. Det senare kan exempelvis vara aktuellt i de fall där kvantitativ information är otillräcklig. I sådana situationer kan dock samråd med sakkunniga anses motsvara en rimlig nivå.

Det finns flera olika sätt att presentera risk. De vanligaste är individrisk och samhällsrisk. Individrisk beskriver risken för att en individ omkommer och uttrycks i en frekvens per år. Individrisk redovisas vanligen i form av riskkonturer på en karta eller i form av ett diagram som visar risknivå som funktion av avståndet från riskkällan.

Samhällsrisk återspeglar risken för ett helt område och resultatet beror på antalet personer som kan tänkas påverkas av risken. Samhällsrisk inkluderar samtliga personer som kan tänkas vistas inom ett område oavsett hur långvarig vistelsen är. Samhällsrisk redovisas ofta med en s k FN-kurva, där FN står för *frequency number*. FN-kurvan beskriver sambandet mellan ackumulerad frekvens och antal omkomna.

2.2 Riskvärdering

2.2.1 Allmänt

Riskvärderingen innebär att de risker som identifieras och uppskattas i riskanalysfasen ska värderas och tolkas. Syftet med detta är att utreda huruvida riskerna är för stora eller kan anses vara acceptabla med hänsyn till den planerade verksamheten, och sedermera även fastställa om riskreducerade åtgärder krävs eller ej. Riskvärderingen grundas på fyra grundläggande principer i enlighet med Davidsson, Lindgren och Mett (1997):

1. **Rimlighetsprincipen** - en verksamhet bör inte leda till risker som är rimliga att undvika.
2. **Proportionalitetsprincipen** - de totala riskerna förknippade med en verksamhet bör inte vara oproportionerligt stora i förhållande till verksamhetens fördelar.
3. **Fördelningsprincipen** - riskerna förknippade med en verksamhet bör vara skäligt fördelade i samhället i relation till nyttan med verksamheten.
4. **Principen om undvikande av katastrofer** - risker bör hellre realiseras i mindre olyckor med begränsade konsekvenser än tvärt om.

För att underlätta riskvärderingen krävs någon form av acceptanskriterier. En del i detta består vanligen av att risker delas in i tre kategorier; generellt acceptabla, acceptabla under vissa förutsättningar och oacceptabla risker. En sådan uppdelning skapar två gränser; en gräns som avgör upp till vilken nivå risker generellt sett anses vara acceptabla och en gräns över vilka risker som inte får existera. I området mellan dessa två gränser, även kallat ALARP-området (*as low as reasonably practicable*) ska risker göras så små som möjligt med rimliga åtgärder. Risker som ligger nära den övre gränsen kan exempelvis tänkas accepteras antingen om riskreduktion är omöjlig, eller om kostnaderna för riskreduktionen är oproportionerligt stora. Risker som ligger nära den nedre gränsen kan tänkas accepteras om kostnaden för riskreducerande åtgärder överstiger nyttan. Figur 2 visar de tre kategorierna för värdering av risk.



Figur 2: Konceptet med de två gränserna för acceptabla/oacceptabla risker, samt ALARP-området (Davidsson m fl, 1997).

2.2.2 Acceptanskriterier vid detaljerad riskbedömning

Sverige har i dagsläget inga nationellt fastlagda kriterier för acceptabla eller oacceptabla risker. Davidson m fl (1997) har dock tagit fram förslag på acceptanskriterier avseende undre, respektive övre gränsen enligt resonemanget ovan. Dessa är enligt följande.

Individrisk

Övre gräns för ALARP-området: 10^{-5} per år.

Övre gräns för område med huvudsakligen acceptabla risker: 10^{-7} per år.

Samhällsrisk

Övre gräns för ALARP-området: $F=10^{-4}$ per år för $N=1$.

Övre gräns för område med huvudsakligen acceptabla risker: $F=10^{-6}$ per år för $N=1$.

Lutning på FN-kurva: -1.

Övre gränsvärde för möjliga konsekvenser: Inget.

Undre gränsvärde för tillämpning av kriterier: $N=1$.

Transportrisker

Transportrisker, till exempel sådana förknippade med transporter av farligt gods, måste delvis behandlas annorlunda. Först och främst måste risker för trafikanter särskiljas från risker för dem som vistas utmed transportleden. I riskbedömningar för detaljplaneområden belägna utmed transportleder är det främst risker för dem som vistas utmed den aktuella transportleden som är relevanta att studera.

Vad gäller individrisk är tolkningen densamma oavsett om det är fasta punktrisker som analyseras eller transportrelaterade risker. Kriterierna enligt ovan för individrisk kan därför tillämpas även för transportrelaterade risker.

Samhällsrisk är dock beroende av den aktuella sträckans längd, eftersom samhällsrisk ökar ju längre sträcka som studeras. Därmed bör acceptanskriterierna för transportrisker lämpligen korrigeras till den studerade sträckans längd. Davidson m fl (1997) föreslår att de ovannämnda kriterierna för samhällsrisk ska gälla för transportrisker längs en sträcka av 1 km. Baserat på detta kan kriterierna således skalas om till den aktuella sträckans längd.

2.3 Tillämpningar i denna riskbedömning

Kvantitativa mått på risker presenteras i denna riskbedömning i form av dels individrisk, dels samhällsrisk.

I denna riskbedömning tillämpas platsspecifik individrisk, vilket innebär risken för att en individ omkommer om den vistas på en specifik plats i ett år. Individrisker redovisas med diagram över risknivå som funktion av avstånd från en specifik punkt. I denna riskanalys har referenspunkten valts till kajkanten. En referenspunkt har valts med hänsyn till att vissa av de fartyg som seglar in i kajen tränger in i kajen och kan nå byggnadens fasad. Riskbedömningen tillämpar acceptanskriterier för acceptabel/oacceptabel risknivå enligt föregående avsnitt.

Samhällsrisk redovisas med FN-kurva och acceptanskriterier för acceptabel/oacceptabel risknivå. Vid kvantitativ värdering av samhällsrisk förknippad med transportrisker skalas acceptanskriterierna om till den aktuella kajsträckan, dvs planområdets sträcka längs den berörda transportleden för farligt gods.

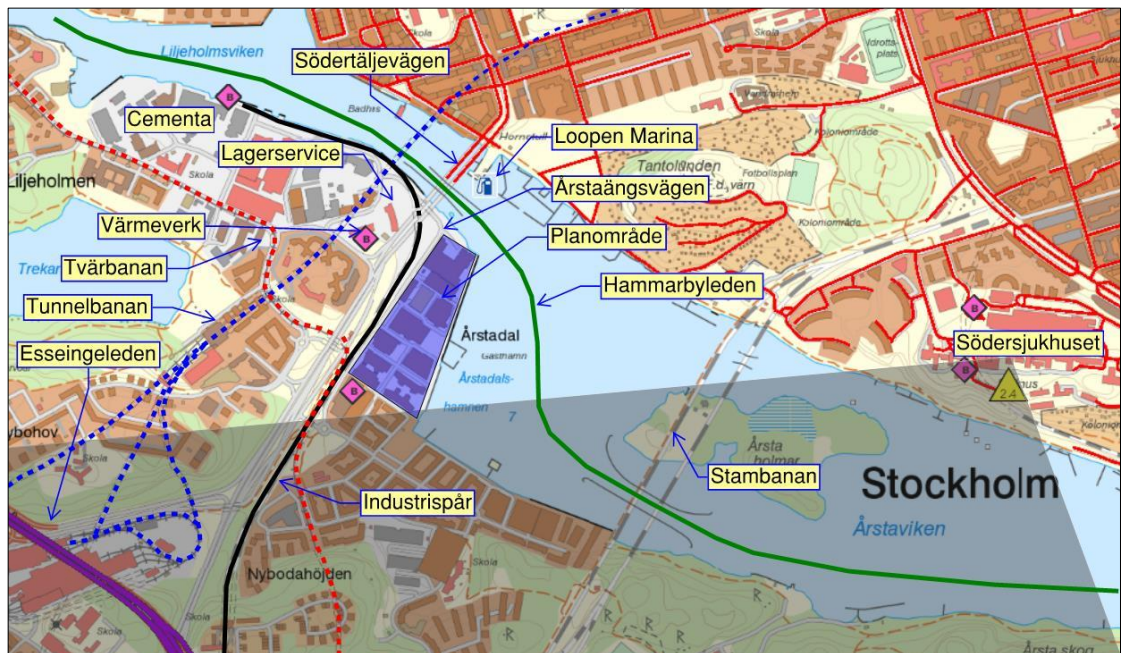
3 Riskanalys

3.1 Områdesbeskrivning

Det aktuella planområdet ligger i Liljeholmen, Stockholm. Figur 3 visar områdets placering och dess närhet till Hammarbyleden (sjöfartsled), Industrispår (järnvägsspår), Forum Värmes reservvärmeverk, verksamheten Lagerservice (hanterar bl a gasol), betongfabriken Cementa, Essingeleden, Tvärbanan, Tunnelbanan och Stambanan. Området, blåmarkerat i Figur 3, omfattar fastigheter M15, M19, M22, M23, M24, M25, M26, M27, M28, M30 samt gatumarken mellan fastigheterna och Årstaängsvägen respektive fastigheterna och kajen.

Tidigare fanns det en sjömack vid restaurang Loopen Marina som är belägen på Södermalm strax norr om planområdet. Sjömacken lades dock ner 2010 och enligt verksamheten finns det i nuläget inga planer på att starta upp macken igen (Loopen Marina, 2016).

Befintliga byggnader i direkt anslutning till planområdet utgörs av kontor, skola och restauranger. Hastigheten på Årstaängsvägen, vilket är vägen vid planområdet, är begränsad till 50 km/h och sikten vid vägen är god.



Figur 3: Planområdets placering i Liljeholmen i Stockholm. Grå markering visar inom vilken zon helikopter till och från Södersjukhuset färdas inom.

3.2 Förändringar inom planområdet

De ändringar som planeras inom berört planområde är dels ändring av verksamhet men även att tillåta högre våningsantal än tidigare. Följande förändringar planeras inom respektive fastighet, i Figur 4 framgår det var de olika fastigheterna är belägna:

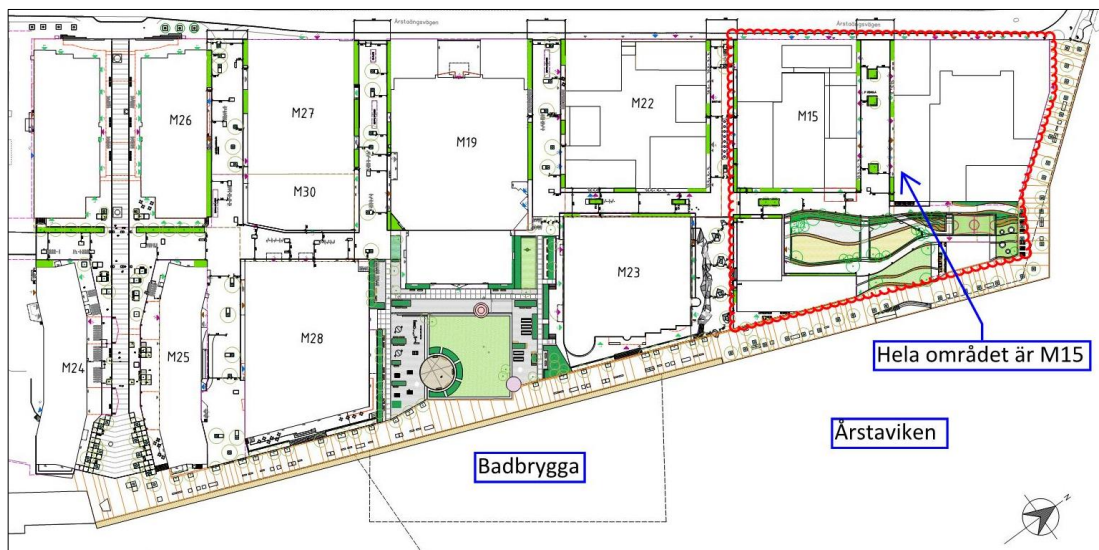
- **M15**, befintligt kontorshus och markparkering med underbyggt garage rivs och ersätts med ett flerbostadshus i fyra kvarter mellan 6-32 våningar. Fastigheten planeras även att inrymma kommersiella lokaler och förskola i markplan.
- **M19**, befintlig kontorsfastighet i åtta våningsplan behålls. Fastigheten kompletteras med ny byggrätt med två stycken tvåvånings paviljonsbyggnader mot Årstaängsvägen.

- **M22**, befintligt kontorshus och parkeringshus rivs och ersätts med ett flerbostadshuskvarter med sex stycken huskroppar mellan 7-25 våningar. Fastigheten planeras även att inrymma kommersiella lokaler och förskola i markplan.
- **M23**, en befintlig kontorsfastighet där det planeras att genomföras en mindre rivning i gatuplan. Plan 9 rivs och byggnaden kompletteras med två nya våningsplan.
- **M24**, en befintlig kontorsbyggnad. Plan 9 rivs och ersätts med två nya våningsplan.
- **M25**, en befintlig kontorsfastighet. Plan 9 rivs och ersätts med två nya våningsplan.
- **M26**, en befintlig kontorsfastighet. Plan 8 rivs och ersätts med tre nya våningsplan.
- **M27** en befintlig kontorsfastighet. Tre våningsplan rivs och ersätts med fem nya plan, vilket innebär att byggnaden kommer att inrymma 9 våningsplan.
- **M28**, en befintlig fastighet i åtta våningsplan utan tillkommande byggrätt i detaljplanen.
- **M30**, befintligt garage i två våningsplan som behålls och ovanpå garaget uppförs en byggnad i 15 våningsplan samt ett indraget våningsplan. Byggnaden planeras att antingen inrymma hotell eller kontor.

Det planeras även att byggas en badbrygga ut i vattnet, se Figur 4. Utformningen av badbryggan är i dagsläget inte helt fastställd.

Byggnader planeras att förses med takterrasser.

I nuvarande detaljplaner för området medges enbart bebyggelse för kontors- och industriändamål.



Figur 4: Fastigheter inom området Marievik som omfattas av den nya detaljplanen.

3.3 Skyddsobjekt

I analysen utgörs skyddsobjektet av de planerade byggnaderna samt människor som vistas inom planområdet. Intelligande byggnader och verksamheter ingår inte som skyddsobjekt i denna analys.

3.4 Riskidentifiering

Riskidentifiering syftar till att identifiera riskkällor inom och utanför planområdet som kan påverka något av de definierade skyddsobjekten.

Riskidentifieringen omfattar en beskrivning av respektive riskkälla samt en initial bedömning av deras bidrag till den övergripande riskbilden. Riskkällor som ej bedöms bidra till den totala risknivån avfärdas utan att genomgå den mer detaljerade riskuppskattningen.

De riskkällor som beaktas i analysen utgörs av Hammarbyleden (sjöfartsled), industrispår (järnvägsspår), Fortum Värmes reservvärmeverk, verksamheten Lagerservice (hanterar bl a gasol), betongfabriken CEMENTA, Essingeleden, tvärbanan, tunnelbanan, stambanan samt suicidrisken.

3.4.1 Hammarbyleden

Planområdet ligger i nära anslutning till Årsta- och Liljeholmsviken där Hammarbyleden passerar, se grön linje i Figur 3. Det är fastigheterna M15, M23, M24, M25 och M28 som ligger närmast vattnet, se Figur 4. Det är byggnaderna inom M15 som placeras närmst Årstaviken och det kortaste avståndet mellan byggnad och östra kajkanten är ca 12 m. Det kortaste avståndet till kajkant för byggnad inom fastighet M23 och M28 är ca 19 m. Det kortaste avståndet mellan byggnad M24 respektive M25 och kajkant är ca 22 respektive 14 m.

Den högsta tillåtna hastigheten på Hammarbyleden är 7 knop, vilket gäller för samtliga fartyg (01FS 2001:138). Avståndet mellan Hammarbyledens mittlinje och berörda byggnader är som kortast ca 100 m (SSPA, 2018).

På Hammarbyleden passerar det främst fritidsbåtar men även yrkestrafik (t ex färjetrafik, kustbevakningen, polis och godstrafik). Det förekommer transporter av farligt gods på Hammarbyleden och enligt Skoglund (2016) på Sjöfartsverket är det främst transporter av brandfarlig vätska som sker på Hammarbyleden förbi planområdet.

Risker kopplade till påsegling av fartyg som transporterar farligt gods bedöms kunna påverka planområdet och ska därför beaktas vidare i denna riskbedömning.

3.4.2 Industrispår, järnvägsspår

Direkt väster om planområdet passerar järnvägsspåret Industrispåret och hastigheten på studerad sträcka är låg, se heldragen svart linje i Figur 3. Spåret används främst för transporter till och från CEMENTA och enligt Joanna Askergren på CEMENTA sker det endast transporter av cement samt flygaska på spåret.

Det förekommer även att museitåg (ånglok) kör på spåret, vilket endast används som persontåg.

Avståndet mellan Industrispåret samt planområdet är ca 22 m och Årstaängsvägen skiljer av planområdet från Industrispåret. Med hänsyn till avståndet samt att tåget måste passera Årstaängsvägen bedöms tåget vid en eventuell urspärning inte kunna nå planområdet.

Med hänsyn till att det inte sker några transporter av farligt gods på Industrispåret samt den låga sannolikheten att ett urspärat tåg når planområdet bedömer Brandkonsulten AB att riskerna med spåret är låga. Risker kopplade till Industrispåret kommer därmed inte att hanteras vidare i denna riskbedömning.

3.4.3 Fortum Värme reservvärmeverk

Väster om planområdet ligger Fortum Värmes värmeverk, se Figur 3. Enligt Harry Hådel (2016) på Ellevio är värmeverket ett reservverk som endast används under vinterhalvåret när det är kallt ute. Användningen av verket varierar men enligt Hådel används det sällan.

På området finns det 8 st gasolflaskor, 45 l per flaska, 5 st mindre eldrörspannor samt en dieseltank på 400 m³. Antalet transporter av diesel och gasol är kopplat till hur mycket värmeverket används. Enligt Hådel sker det sällan transporter av farligt gods till verket och transporterarna går inte på Årstaängsvägen, vilket innebär att transporterarna inte passerar direkt i anslutning till planområdet.

Enligt uppgifter från verksamheten finns det planer på att lägga ner värmeverket. Beslut om när detta i så fall skulle ske har ej tagits.

Det kortaste avståndet mellan värmeverket och planområdet är ca 130 m. Med hänsyn till avståndet samt att det inte sker transporter av brandfarlig vara direkt intill planområdet bedömer Brandkonsulten AB att värmeverket och transporterarna ger ett marginellt riskbidrag. Risker kopplade till verksamheten samt transporterarna av gasol och diesel kommer därmed inte att hanteras vidare i denna riskanalys.

3.4.4 Lagerservice

Lagerservice har sin verksamhet väster om planområdet på andra sidan Södertäljevägen, se Figur 3. Enligt Peter Olsson (2016) på Lagerservice hanterar de delvis gasol men även så kallade luftgaser, dvs icke-brännbara och icke-giftiga gaser, t ex argon. Gasflaskorna förvaras både inomhus samt utomhus. Brandkonsulten AB har inte fått ta del av hur stora gasmängder som hanteras inom området men Brandkonsulten AB förutsätter att hanteringen av gasflaskorna sker enligt lagen om brandfarliga och explosiva varor med tillhörande föreskrifter.

Enligt verksamheten sker det leveranser av gasolflaskor ca 1 gång/vecka och leveranser av luftgaser sker ca 2 gånger/vecka. Leveranserna sker dock inte på Årstaängsvägen, vilket innebär att de inte passerar direkt intill planområdet.

Avståndet mellan Lagerservice och planområdet är som kortast ca 90 m. Med hänsyn till avståndet samt att det inte sker transporter på Årstaängsvägen bedömer Brandkonsulten AB att både verksamheten och transporterarna ger ett marginellt riskbidrag. Risker kopplade till verksamheten samt transporter kommer därför inte att hanteras vidare i denna riskanalys.

3.4.5 Cementa

Cementa har en cementdepå på ca 540 m väster om planområdet, se Figur 3. Enligt Joanna Askengren (2016) på Cementa hanterar de inget farligt gods inom sitt område. Med hänsyn till att verksamheten inte hanterar något som kan innebära en risk för planområdet kommer verksamheten inte beaktas mer i denna riskanalys.

3.4.6 Essingeleden

Söder om planområdet passerar Essingeleden vilken är en primär väg för farligt gods-transporter, se lila heldragen linje i Figur 3. Detta innebär att stora mängder transporter passerar på vägen varje dag. Det kortaste avståndet mellan planområdet och Essingeleden är ca 720 m. Med hänsyn till avståndet bedömer Brandkonsulten AB att vägen ger ett marginellt riskbidrag. Risker kopplade till Essingeleden kommer därför inte att hanteras vidare i denna riskanalys.

3.4.7 Tunnelbanan

Tunnelbanan passerar väster om planområdet, se blå-streckad linje i Figur 3. Det kortaste avståndet mellan Tunnelbanan och planområdet är ca 200 m. Den del av tunnelbanan som passerar planområdet är belägen under mark. Med hänsyn till avståndet samt att tunnelbanan är belägen under mark bedömer Brandkonsulten AB att en olycka med Tunnelbanan inte kommer att ha någon påverkan på aktuellt område. Risker med tunnelbanan kommer därmed inte att hanteras vidare i denna riskanalys.

3.4.8 Tvärbanan

Väster om planområdet passerar Tvärbanan, se röd-streckad linje i Figur 3. Årstaängsvägen skiljer av planområdet från Tvärbanan. En eventuell urspårning av Tvärbanan bedöms inte kunna nå planområdet med hänsyn till att avståndet mellan spåret och planområdet uppgår till ca 40 m samt att tåget måste passera Årstaängsvägen för att nå området. Risker kopplade till Tvärbanan kommer därmed inte att hanteras vidare i denna riskanalys.

3.4.9 Stambanan

Stambanan passerar väster om planområdet, se Figur 3, och det kortaste avståndet är ca 550 m. Det förekommer transporter av farligt gods på järnvägen men med hänsyn till avståndet bedömer Brandkonsulten AB att järnvägsavsnittet ger ett marginellt riskbidrag. Risker med Stambanan kommer därför inte att hanteras vidare i denna riskanalys.

3.4.10 Tung trafik

Det finns en risk att en transport med tungt fordon kör av Årstaängsvägen och påverkar byggnaderna.

Enligt Joanna Askengren (2016) på Cementa förekommer det biltransporter med cement etc till och från deras verksamhet men enligt hennes vetskap sker inte många av dessa transporter på Årstaängsvägen.

Av de övriga verksamheterna (Lagerservice samt Ellevio) i närområdet som Brandkonsulten AB har varit i kontakt med sker det inga tunga transporter till dem via Årstaängsvägen.

Med hänsyn till att tung trafik inte frekvent passerar planområdet, vägbanans utformning förbi planområdet samt att hastighetsbegränsningen är 50 km/h bedöms sannolikheten för en sådan olycka som mycket liten. Vidare analys av risker kopplade till påkörning kommer därför inte att genomföras.

3.4.11 Suicid

Byggnaderna kommer främst att inrymma bostadslägenheter eller kontorslokaler. Eventuellt kommer en byggnad (M30) att inrymma hotellverksamhet. Byggnaderna kommer att förses med takterrasser, vilka förutsätts nyttjas av de boende/kontorspersonal och deras gäster i respektive byggnad.

Samtliga terrasser kommer att förses med räcke eller motsvarande som är minst 1,10 m högt. Högt belägna terrasser kommer bl a av vindskäl troligen att förses med glasträcken som är ännu högre.

I snitt begår ca 1 500 människor i Sverige självmord varje år och statistik visar att drygt 4 % av alla suicider begås genom hopp från hög höjd (Karolinska Institutet, 2016). Enligt Britta Alin-Åkerman (2016) på NASP, Karolinska Institutet, är det främst tillgängligheten som avgör hur en självmordsbenägen väljer att ta sitt liv.

Då det främst är de boende/personal som vistas på de högre nivåerna bedömer Brandkonsulten AB att risken att någon begår självmord från någon av byggnaderna inte är högre än i något annat bostadshus/kontosbyggnad. Med hänsyn till detta kommer suicidrisken inte att beaktas mer i denna riskanalys. Brandkonsulten AB rekommenderar dock att åtgärder ska vidtas som gör det svårare för utomstående att ta sig upp till höga platser, vilket exempelvis kan ske med portkod, nyckellås eller kortläsare. Vidare rekommenderar Brandkonsulten AB att det finns tillräckligt höga räcken eller motsvarande som minskar risken att någon faller/hoppar från hög höjd.

3.4.12 Helikopterkrasch

Helikoptertransporter till Södersjukhuset sker över Marieviksområdet. Enligt en utredning som har tagits fram av WSP Sverige AB (2018) är det enbart en del av fastigheten M24 som ligger inom helikopterns in- och utflygningsssektor, se grå markering i Figur 3. Vidare anger WSP Sverige AB (2018) att en helikopter anpassar sin lägsta flyghöjd utifrån kända hinder, t ex byggnader, och att de dessutom alltid har en säkerhetsmarginal när de flyger över kända hinder.

Brandkonsulten AB bedömer att sannolikheten för att en helikopter kraschar in i någon av byggnaderna är liten. En helikopterkrasch in i planområdet bedöms dessutom som låg med hänsyn till att enbart en liten del av planområdet är placerat inom Södersjukhusets ut- och inflygningsssektor. Risken med helikopterinflygningar till Södersjukhuset kommer därför inte att hanteras vidare i denna riskanalys.

Byggnadernas stomme kommer inte att dimensioneras för att klara av att en helikopter alternativt ett mindre sportflygplan kör in i fastigheten. Detta med hänsyn till att sannolikheten för en sådan olycka bedöms som mycket liten.

4 Riskuppskattning

Detta avsnitt presenterar potentiella scenarier som Brandkonsulten AB har identifierat i anslutning till planområdet. Riskidentifieringen baseras på platsbesök och informationsinhämtning.

SSPA (2018) har under våren 2018 upprättat en riskanalys där risker kopplade till påsegling beaktats. Eftersom risken för påsegling redan har utretts i riskanalysen som SSPA har tagit fram beaktas endast påseglingsrisken med farligt godstransporter och påföljande effekter i denna riskanalys. De resultat som presenteras i riskanalysen, upprättad av SSPA, har dock använts som underlag i denna riskanalys.

4.1 Hammarbyleden

Hammarbyslussen är belägen öster om planområdet och de fartyg som passerar igenom Hammarbyslussen passerar vanligtvis även Marievik. Slussen är 115 m lång och 17,4 m bred och de fartyg som passerar slussen får maximalt vara 110 m långa, 15 m breda samt 5,5 m djupgående (Sjöfartsverket, 2016).

Under år 2015 skedde det totalt 27 156 passager av fartyg genom Hammarbyslussen och i denna riskanalys görs antagandet att samtliga fartyg även passerade förbi planområdet. Av dessa fartyg utgjordes 4 600 st av yrkestrafik (Stockholms Hamnar, 2016). Enligt Jonas Sjögren (2016) på Stockholms Hamnar utgörs den mesta gods-trafiken av grus- och stentransporter men det förekommer även transporter av farligt gods. Enligt Patrik Skoglund (2016) på Sjöfartsverket sker det endast ett fåtal transporter av farligt gods förbi planområdet och av dem är det främst brandfarlig vätska som transporteras. Brandkonsulten AB har inte fått ta del av vilka andra ämnen som kan transporteras på Hammarbyleden förbi planområdet och i denna riskanalys görs därför antagandet att alla farligt godstransporter utgörs av brandfarlig vätska.

Utifrån den statistik som Brandkonsulten AB har tagit del av är det möjligt att 5 % av alla yrkesfartyg som passerade Hammarbyslussen under 2015 kan ha transporterat farligt gods (Stockholms Hamnar, 2016). Statistiken redovisar dock samtliga fartyg som har passerat Hammarbyslussen, vilket kan innebära att ett fartyg med farligt gods kan ha lossat sin last när de passerar Hammarbyslussen en andra gång. Antagandet att 5 % av alla fartyg som passerar Hammarbyslussen transporterar farligt gods bedöms därför som konservativt. Dessutom är det Skoglund (2016) på Sjöfartsverket bedömning att det endast sker ett fåtal transporter med farligt gods förbi planområdet.

I november 2015 stängdes Karl Johan-slussen för ombyggnad och planerar att öppnas igen först under 2022. Under denna tidsperiod hänvisas samtliga fartyg som vill slussas mellan Saltsjön och Mälaren vidare till Hammarbyslussen (Stockholms Hamnar, 2015). Detta innebär att trafiken förbi Marievik förväntas att öka fram till 2022 men eftersom denna ökning endast förväntas vara ett fåtal år samt att förändringarna inom planområdet inte förväntas vara färdigställda innan 2022 beaktas inte denna tillfälliga ökning i denna riskanalys.

Drivmedelsdepåerna Loudden (Stockholm Stad) och Berg (Nacka) ska avvecklas och Södertälje hamn har fått tillstånd att utöka sin verksamhet i bränslehamnen. För att inte belasta vägnätet med ett ökat antal transporter i framtiden undersöks i dagsläget möjligheten att istället utnyttja sjötransporter (Sjöfartsverket, u.d). Totalt förväntas det bli två transporter i veckan och de förväntas ske på trafikslungan "Stockholmsslingan", se nedanstående rutt (Brave Logistics Oy, 2016):

Södertälje – Bromma – Ulvsunda – Ropsten – Södertälje.

Detta innebär att antalet farligt godstransporter på Hammarbyleden förbi planområdet kan komma att öka i framtiden men eftersom fartygen passerat både Bromma och Ulvsunda innan de passerar planområdet kommer fartygen med största sannolikhet att vara mindre lastade när de passerar Marievik.

I denna riskanalys görs antagandet att 5 % av de yrkesfartyg som passerar Hammarbyslussen transporterar farligt gods. Den eventuella ökning som kan bli aktuell i samband med att hamnarna Berg och Loudden avvecklas bedöms dock kunna innefattas i dessa 5 %.

I riskanalysen upprättad av SSPA (2018) har antagandet gjorts att fritidsbåtar samt fartyg med displacement mindre än 200 m³ inte kommer påverka planområdet i samma utsträckning som de större fartygen och dessa fartyg har därför inte beaktats i riskanalysen. Brandkonsulten AB delar SSPA:s uppfattning och beaktar i följande riskanalys endast de större fartygen.

Den norra kajen vid M15 har tidigare bedömts av SSPA (2018) som mindre exponerad för påsegling då den delvis är skyddad av ledverk avsedda att styra in fartygen mot passagespannet under Liljeholmsbron. Påsegling på den norra kajen kommer därför inte att studeras vidare i denna riskbedömning.

Påsegling skulle däremot kunna ske på den östra kajen. SSPA har i sin riskbedömning delat upp den östra kajen i tre olika delar; *den inre delen*, *den mellersta delen* och *Marievik 15*. Påseglingsrisken varierar mellan de tre indelningarna och i denna riskbedömning behålls den uppdelning av kajen som SSPA har i sin riskbedömning.

De olycksscenarier som har studerats i den tidigare upprättade riskanalysen kan sammanfattas till följande två punkter (SSPA, 2018):

- Önskad påseglingsgir till följd av roderfel/bortfall av styrfunktion.
- Misslyckad styrbordsgir till följd av tekniska eller mänskliga fel.

Brandkonsulten AB har varit i kontakt med Transportstyrelsen (2016) och enligt dem är det inte vanligt förekommande att ett fartyg seglar in i en byggnad. Med hänsyn till att tillåtna hastigheten på Hammarbyleden är låg (7 knop) samt att avståndet mellan kajkant och byggnad är ca 10 m anser Transportstyrelsen att sannolikheten för påsegling är liten och menar att fartyg som färdas i låga hastigheter inte lär tränga in i kajen. Vissa fartyg har dock långt utskjutande delar, ex transportband, som vid en påsegling av kajen skulle kunna orsaka skada på byggnaderna.

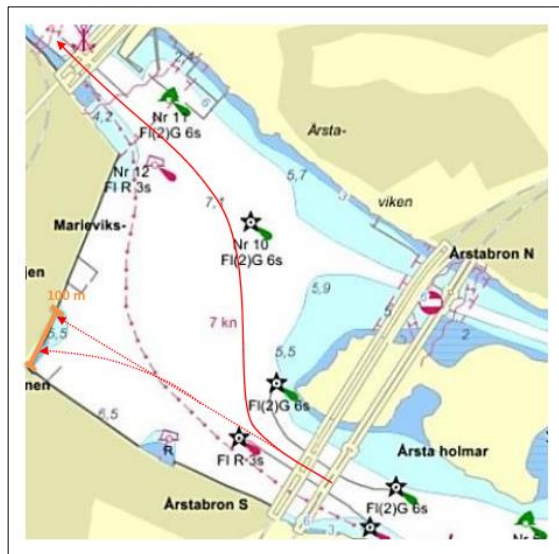
Vidare bedömer Transportstyrelsen att sannolikheten att ett fartyg som seglar in i en kaj och börjar brinna med hänsyn till att de fraktar farligt gods är låg. Det förekommer dock att fartyg seglar på varandra och börjar brinna av den anledningen.

Scenarier som involverar att två fartyg seglar på varandra och antänds samt att det sker ett läckage av brandfarlig vätska i vattnet som sedan antänds beaktas dock inte i denna riskanalys. Detta med hänsyn till att de människor som vistas inom planområdet förväntas hinna sätta sig i säkerhet innan det uppstår kritiska strålningsnivåer mot berörda byggnader i detta scenario.

4.1.1 Inre delen av Marievikskajen

I Figur 5 ses berörd del av Marievikskajen (100 m) och även olika påseglingsscenarier, se röda pilar. SSPA (2018) har tidigare bedömt att det inte finns någon risk för påsegling för de fartyg som färdas i riktning mot Hammarbyslussen.

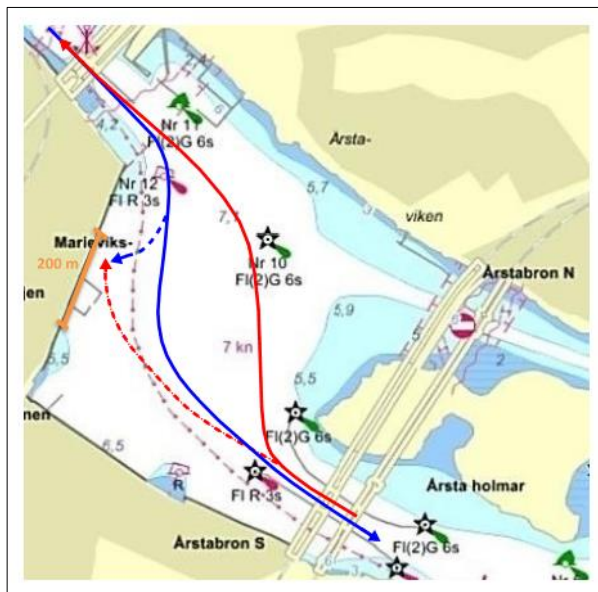
Påseglingssvinklar för den inre delen av Marievikskajen bedöms vara mellan 60 – 90° (SSPA, 2018). Det är byggnader på fastigheterna M24, M25 och M28 som ligger längs med den inre delen av kajen.



Figur 5. Scenarier för hur en påsegling skulle kunna påverka den inre delen av Marievikskajen (SSPA, 2018).

4.1.2 Mellersta delen av Marievikskajen

I Figur 6 ses berörd del av Marievikskajen (200 m) och även olika påseglingsscenarier, se röda och blåa pilar. Påseglingssvinklar för den inre delen av Marievikskajen bedöms vara mellan 30 – 90° (SSPA, 2018). Det är byggnader på fastigheterna M15 och M28 som ligger längs med den mellersta delen av kajen. Även den planerade badbryggan ligger inom detta område.

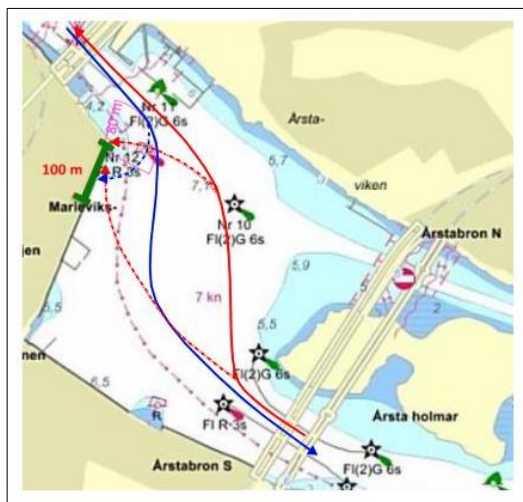


Figur 6. Scenarier för hur en påsegling skulle kunna påverka den mellersta delen av Marievikskajen (SSPA, 2018).

4.1.3 Marievik 15

I Figur 7 ses berörd del av kajen (100 m) samt olika påseglingsscenarier, se röda och blåa pilar. Det är enbart byggnader inom M15 som ligger vid studerad del av Marievikskajen.

Påseglingsvinklar för den östra kajen bedöms vara mellan 0 – 30° men det är mer troligt att fartyget glider längs med kajen istället för att påverka byggnaderna negativt (SSPA, 2018). Enligt SSPA (2018) är det främst påseglingsvinklar mellan 25 – 30° som förväntas ge omfattande inträngning i kajen.



Figur 7: Scenarier för hur en påsegling skulle kunna påverka Marievik 15 (SSPA, 2018).

4.1.4 Scenarioval

Samtliga transporter av farligt gods på Hammarbyleden förbi planområdet antas omfatta brandfarlig vätska.

A.1 Påsegling på den inre kajen av ett fartyg som transporterar farligt gods. Påseglingen leder till kajinträngning och fasaden nås av fartygets förskepp. Olyckan leder till antändning av ett utsläpp av brandfarlig vätska.

A.2 Påsegling på den inre kajen av ett fartyg som transporterar farligt gods. Påseglingen leder till kajinträngning men fasaden nås inte av fartyget. Olyckan leder till antändning av ett utsläpp av brandfarlig vätska.

A.3 Påsegling på den mellersta kajen/badbryggan av ett fartyg som transporterar farligt gods. Påseglingen leder till kajinträngning samt att fasaden nås av förskeppet. Olyckan leder till antändning av ett utsläpp av brandfarlig vätska.

A.4 Påsegling på den mellersta kajen/badbryggan av ett fartyg som transporterar farligt gods. Påseglingen leder till kajinträngning men fasaden nås inte av fartyget. Olyckan leder till antändning av ett utsläpp av brandfarlig vätska.

A.5 Påsegling på den mellersta kajen/badbryggan av ett fartyg som transporterar farligt gods. Påseglingen leder inte till kajinträngning men fasaden nås av fartygets förskepp. Olyckan leder till antändning av ett utsläpp av brandfarlig vätska.

A.6 Påsegling på den mellersta kajen/badbryggan av ett fartyg som transporterar farligt gods. Påseglingen leder varken till kajinträngning eller att fasaden nås av fartygets förskepp. Olyckan leder till antändning av ett utsläpp av brandfarlig vätska.

A.7 Påsegling på kajen vid Marievik 15 av ett fartyg som transporterar farligt gods. Fartyget har kritisk påseglingsvinkel, vilket leder till kajinträngning och att fasaden nås av förskeppet. Olyckan leder till antändning av ett utsläpp av brandfarlig vätska.

A.7 Påsegling på kajen vid Marievik 15 av ett fartyg som transporterar farligt gods. Fartyget har kritisk påseglingsvinkel, vilket leder till kajinträngning men fasaden nås inte av förskeppet. Olyckan leder till antändning av ett utsläpp av brandfarlig vätska.

A.8 Påsegling på kajen vid Marievik 15 av ett fartyg som transporterar farligt gods men som inte har kritisk påseglingsvinkel. Påseglingen leder inte till kajinträngning men till att fasaden nås av fartygets förskepp. Olyckan leder till antändning av ett utsläpp av brandfarlig vätska.

A.9 Påsegling på kajen vid Marievik 15 av ett fartyg som transporterar farligt gods men som inte har kritisk påseglingsvinkel. Påseglingen leder varken till kajinträngning eller att fasaden nås av fartygets förskepp. Olyckan leder till antändning av ett utsläpp av brandfarlig vätska.

4.1.5 Frekvens och konsekvens

I riskanalysen upprättad av SSPA (2018) framgår det att sannolikheten att det sker en påsegling på respektive kajdel varierar enligt följande:

- Påsegling på den inre delen av Marievikskajen är ca $3,01 \cdot 10^{-5}$. Sannolikheten är beräknad med en påseglingsvinkel mellan 60 – 90°.
- Påsegling på den mellersta delen av Marievikskajen är ca $1,17 \cdot 10^{-3}$. Sannolikheten är beräknad med en påseglingsvinkel mellan 30 – 90°.
- Påsegling på Marievikskajen vid Marievik 15 är ca $8,33 \cdot 10^{-4}$. Sannolikheten är beräknad med en påseglingsvinkel mellan 0 – 30°.

Dessa sannolikheter har legat till grund för beräkning av sannolikheten för påsegling av ett fartyg som transporterar farligt gods på respektive del av Marievikskajen.

För respektive scenario med transport av farligt gods har frekvens och konsekvens beräknats och frekvensberäkningarna återfinns i Appendix A och konsekvensberäkningen i Appendix B.

Antal omkomna vid en olycka är en grov bedömning. Indata till beräkningarna är konservativt antagna och bedömning av antalet omkomna är konservativt gjorda. Utifrån de osäkerheter som finns angående mängden transporter m m är detta ett medvetet val som givetvis kan komma att revideras när mer detaljerad information finns tillgänglig.

I Appendix C återfinns en sammanställning av respektive scenarios sannolikhet och konsekvensområde.

5 Riskvärdering

5.1 Individrisk

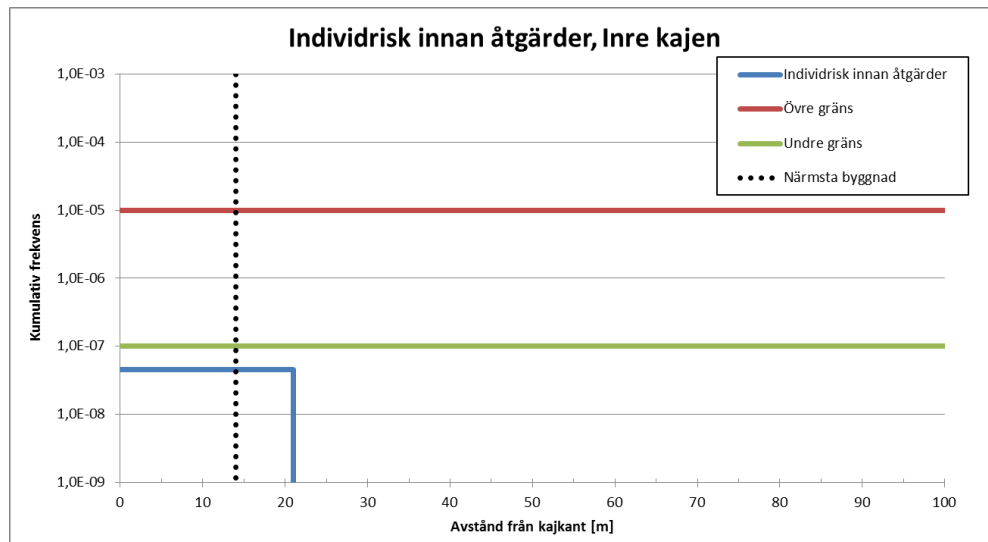
Individrisk är ett mått på risken för att en individ omkommer om den vistas på en specifik plats i ett år. Generellt innebär detta att individrisken är beroende av på vilket avstånd från riskkällan man befinner sig.

Vid samtliga beräkningar av individrisk har Brandkonsulten AB antagit att kajdäck, bryggor etc är separerade från byggnadernas grundkonstruktion så att inga krafter från påseglingen överförs in i byggnaderna.

Brandkonsulten AB har gjort antagandet att inga personer som vistas inom området mellan kajkant och byggnad förväntas omkomma. Detta med hänsyn till att de förväntas bli uppmärksamma på om ett fartyg har påseglingsskurs och därmed kunna sätta sig i säkerhet. Detta gäller även för de personer som vistas på badbryggan då människorna förväntas varna varandra om ett fartyg skulle ha påselingskurs.

5.1.1 Inre kajen

Figur 8 redovisar individrisken för inre kajen som diagram över risknivå som funktion av avstånd från kajkanten (referenspunkten).



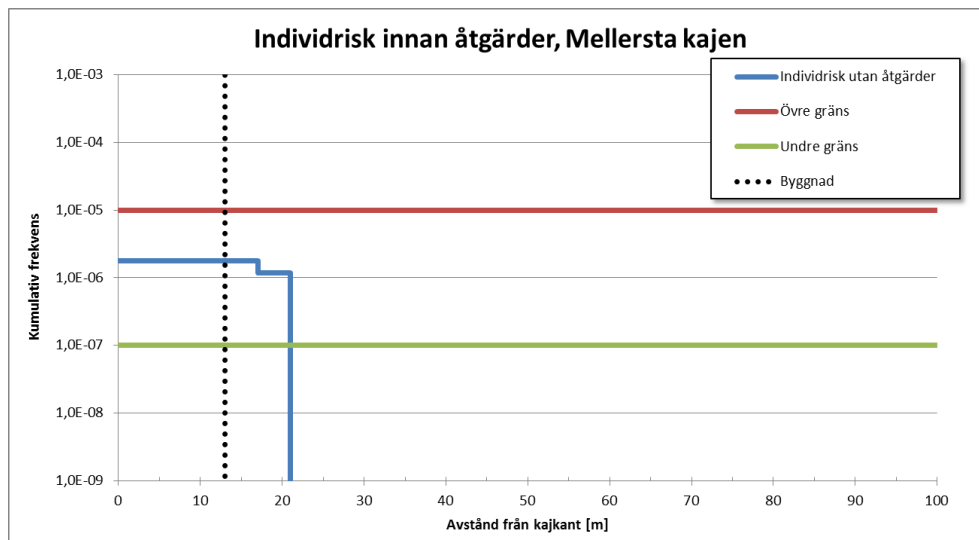
Figur 8. Individrisk innan åtgärder, inre kajen.

Den svarta prickade linjen visar det kortaste avståndet (14 m) mellan kajkant och byggnad. Brandkonsulten AB har gjort antagandet att inga personer som vistas inom detta område förväntas omkomma. Detta med hänsyn till att de förväntas bli uppmärksamma på om ett fartyg har påseglingsskurs och därmed kunna sätta sig i säkerhet.

Individriskprofilen visar att risknivå ligger under den s k ALARP-zonen. Med hänsyn till att individriskprofilen ligger under ALARP-zonen är utgångspunkten att inte riskreducerande åtgärder behöver vidtas.

5.1.2 Mellersta kajen

Figur 9 redovisar individrisken för mellersta kajen som diagram över risknivån som funktion av avstånd från kajkanten (referenspunkten).



Figur 9. Individrisk innan åtgärder, mellersta kajen.

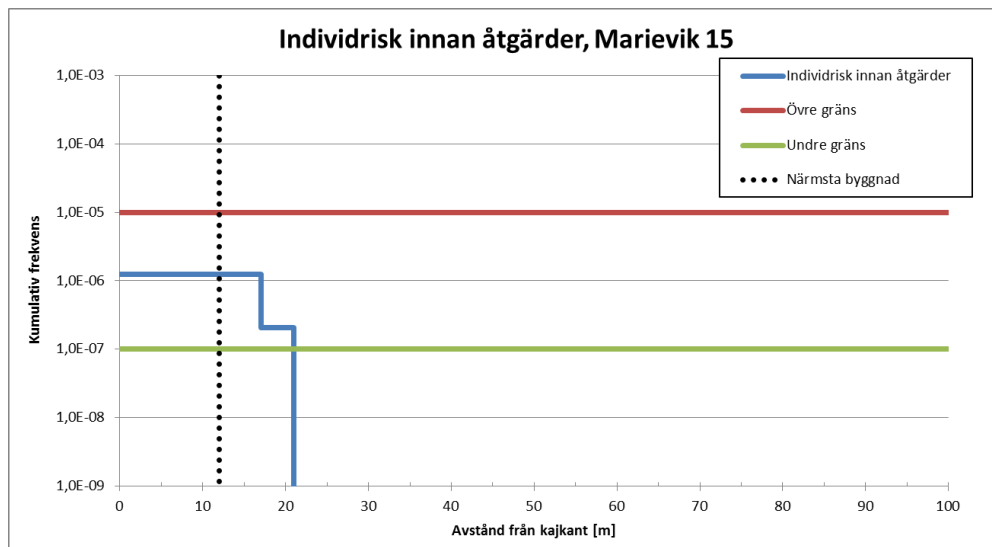
Den svarta prickade linjen visar det kortaste avståndet (13 m) mellan kajkant och byggnad. En del av M15 ingår i den Mellersta kajen och det är en av byggnaderna inom M15 som avses med den svart prickade linjen. Övriga byggnader vid den Mellersta kajen är placerade ca 18 m från kajkant.

Individriskprofilen visar att risknivån ligger inom den s k ALARP-zonen inom ca 20 m från kajkanten.

Med hänsyn till att individriskprofilen ligger inom ALARP-zonen är utgångspunkten att kostnadseffektiva och skäliga riskreducerande åtgärder ska vidtas. Riskreducerande åtgärder presenteras i kapitel 6.

5.1.3 Marievik 15

Figur 10 redovisar individrisken för den yttre delen av Marievik 15 som diagram över risknivå som funktion av avstånd från kajkanten (referenspunkten).



Figur 10: Individerisk innan åtgärder, Marievik 15.

Den svarta prickade linjen visar det kortaste avståndet (12 m) mellan kajkant och byggnad.

Individeriskprofilen visar att risknivå ligger inom den s k ALARP-zonen inom 21 m från kajkanten, dock är individerisken högre inom 17 m från kajkanten.

Med hänsyn till att individeriskprofilen ligger inom ALARP-zonen är utgångspunkten att kostnadseffektiva och skäliga riskreducerande åtgärder ska vidtas. Riskreducerande åtgärder presenteras i kapitel 6.

5.2 Samhällsrisk

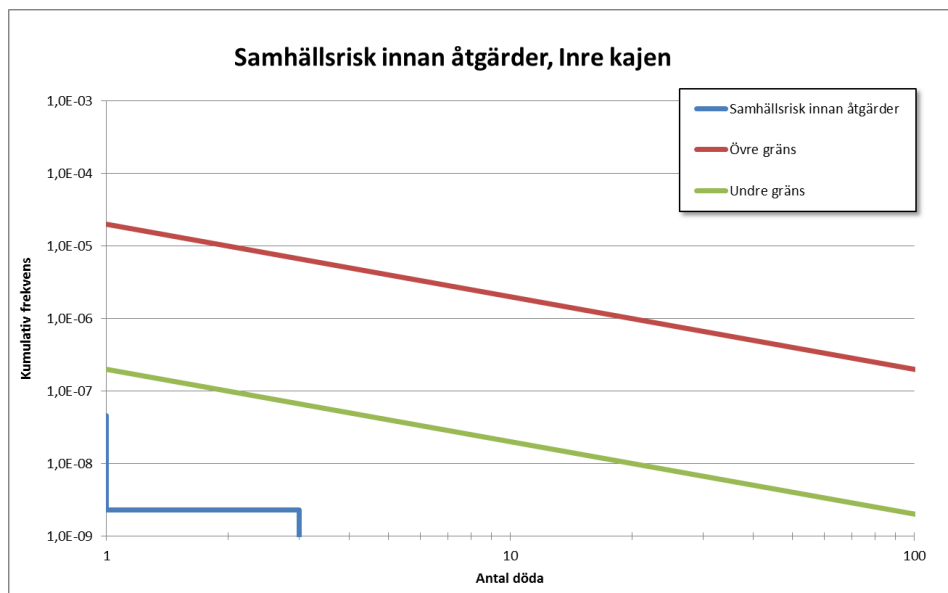
Samhällsrisk är till stor del beroende av antalet personer som vistas inom det studerade skadeområdet. Värderingen av samhällsrisk har avgränsats till att endast omfatta planområdet och de personer som vistas inom detsamma.

Uppskattning av antalet omkomna vid respektive scenario framgår i avsnitt B3 i Appendix B.

Vid beräkning av samhällsrisk har Brandkonsulten AB antagit att kajdäck, bryggor etc är separerade från byggnadernas grundkonstruktion så att inga krafter från påseglingen överförs in i byggnaderna.

5.2.1 Inre kajen

Figur 11 visar samhällsrisk i form av FN-kurva. Observera att acceptanskriterierna har skalats om till den studerade kajsträckans längd. Kriterierna har reducerats till 20 % med hänsyn till att den undersökta kajsträckan är 400 m (40 % av 1 km) och att det endast kan ske påverkan på ena sidan av fartyget (hälften av 40 %).

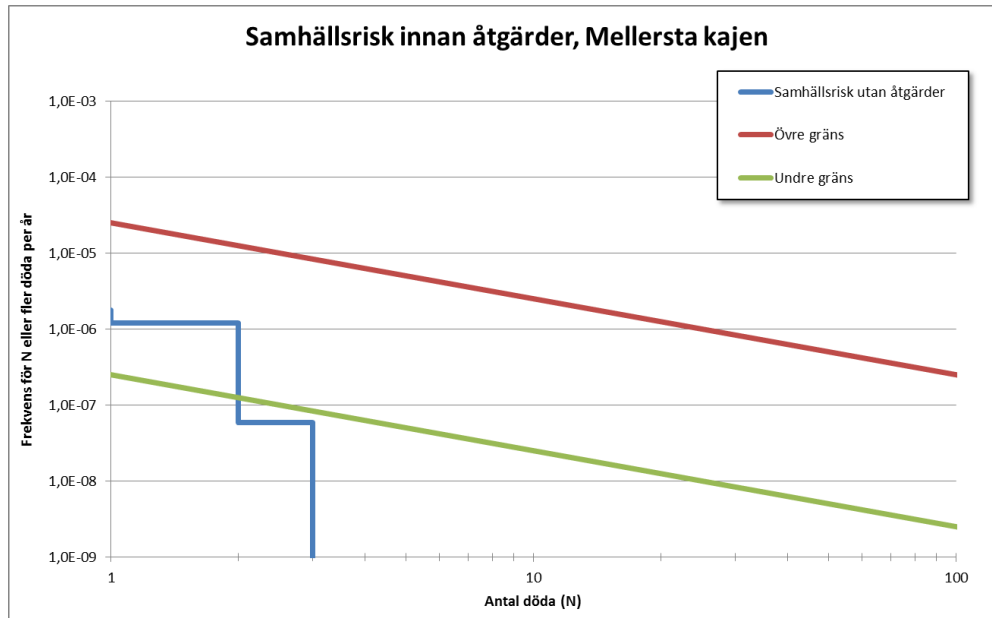


Figur 11. Samhällsrisk innan åtgärder, Inre kajen.

I Figur 11 framgår det att alla scenarier med påsegling av ett fartyg som transporterar brandfarlig vätska som ger upphov till en brand påverkar människorna som visas inom berört område negativt. Riskerna är dock låga och ligger under ALARP-området. Med hänsyn till detta behöver inga riskreducerande åtgärder vidtas.

5.2.2 Mellersta kajen

Figur 12 visar samhällsrisk i form av FN-kurva. Observera att acceptanskriterierna har skalats om till den studerade kajsträckans längd. Kriterierna har reducerats till 25 % med hänsyn till att den undersökta kajsträckan är 500 m (50 % av 1 km) och att det endast kan ske påverkan på ena sidan av fartyget (hälften av 50 %).



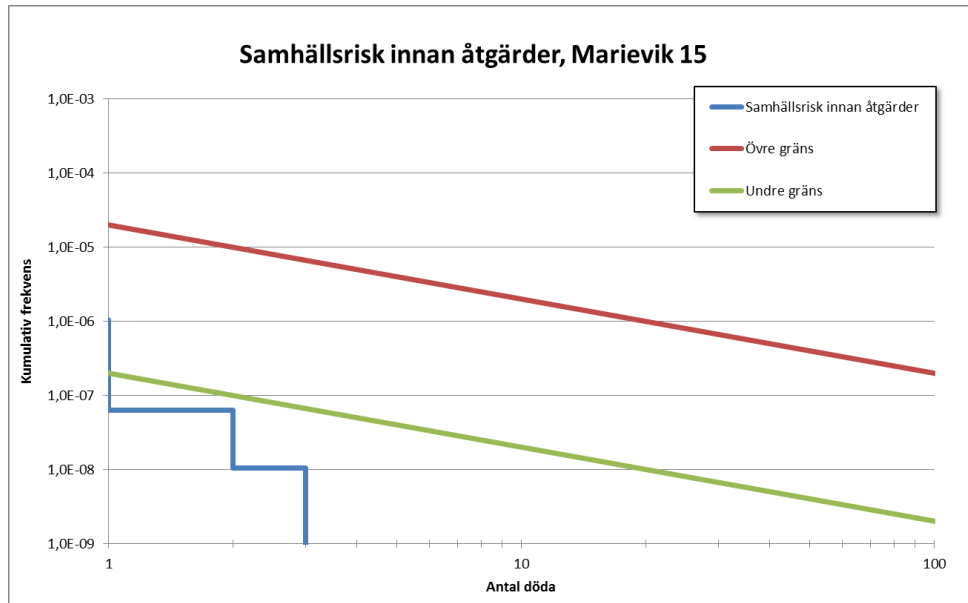
Figur 12. Samhällsrisk innan åtgärder, Mellersta kajen.

Samhällsriskerna visar att samtliga scenarier med påsegling av ett fartyg som transporterar brandfarlig vätska som ger upphov till en pölbrand på fartyget påverkar människorna som visas inom området negativt. Riskerna ligger i mitten av ALARP-området.

Eftersom samhällsriskerna ligger inom ALARP-zonen behöver kostnadseffektiva och skäliga riskreducerande åtgärder vidtas för att minska risknivån. Riskreducerande åtgärder presenteras i avsnitt 6.

5.2.3 Marievik 15

Figur 13 visar samhällsrisk i form av FN-kurva. Acceptanskriterierna har skalats om till den studerade kajsträckans längd. Kriterierna har reducerats till 20 % med hänsyn till att den undersökta kajsträckan är 400 m (40 % av 1 km) och att det endast kan ske påverkan på ena sidan av fartyget (hälften av 40 %).



Figur 13: Samhällsrisk innan åtgärder, Marievik 15.

I FN-kurvan framgår det att scenarier med påsegling av ett fartyg som ej når byggnad får ett stort utslag och medför att risknivån hamnar inom ALARP-området. Scenariot med påsegling av ett fartyg som har kritisk påseglingsskurs och som når byggnaden med sitt förskepp ligger däremot under ALARP-området. Detta innebär att det främst är scenarierna där det brinnande fartyget stannar kvar vid kajkanten som medför att riskprofilen hamnar inom ALARP-zonen.

Eftersom samhällsrisk ligger inom ALARP-zonen behöver kostnadseffektiva och skäliga riskreducerande åtgärder vidtas för att minska risknivån. Riskreducerande åtgärder presenteras i avsnitt 6.

6 Riskreduktion

Enligt den genomförda riskuppskattningen och värderingen har det konstaterats att risknivån för mellersta kajen och M15-kajen erfordrar riskreducerande åtgärder. Brandkonsulten AB bedömer att de föreslagna åtgärderna är rimliga att vidta med hänsyn till deras riskreducerande effekt samt bedömd kostnad i relation till nytta. Förutom nedanstående riskreducerande åtgärder ska de åtgärder som redovisas i riskanalysen upprättad av SSPA (2018) beaktas, som till viss del framgår nedan avseende kajdäck och bryggors konstruktion samt utformning av kajens krönbalk/hammarband.

- Fasader som vetter mot Hammarbyleden där avståndet mellan byggnad och kajkant understiger 30 m utförs med obrännbart material.
- Kajen, bryggor inklusive badbryggan och ytor utmed byggnaderna som är placerade nära vattnet ska utformas så att det är lätt att rymma bort från vattnet. Ytorna ska även utformas med fri sikt över Hammarbyleden.
- Byggnader och lokaler som är placerade inom 30 m från kajkant utformas så att utrymning kan ske bort från vattnet.
- Kajdäck, bryggor etc konstrueras så att de separeras från byggnadernas grundkonstruktion.
- Kajens krönbalk/hammarband förses med sammanhängande fender eller motsvarande så att sannolikheten ökar att ett eventuellt påseglade fartyg får en glidande kontakt mot kajkanten.

För att reducera risken för suicid rekommenderar Brandkonsulten AB att det vidtas åtgärder för att förhindra att obehöriga tar sig upp till de högre nivåerna, t ex bostadsföreningens eller kontorens takterrasser. Vidare rekommenderar Brandkonsulten AB att det finns tillräckligt höga räcken eller motsvarande, vilket reducerar risken att någon faller/hoppar från hög höjd.

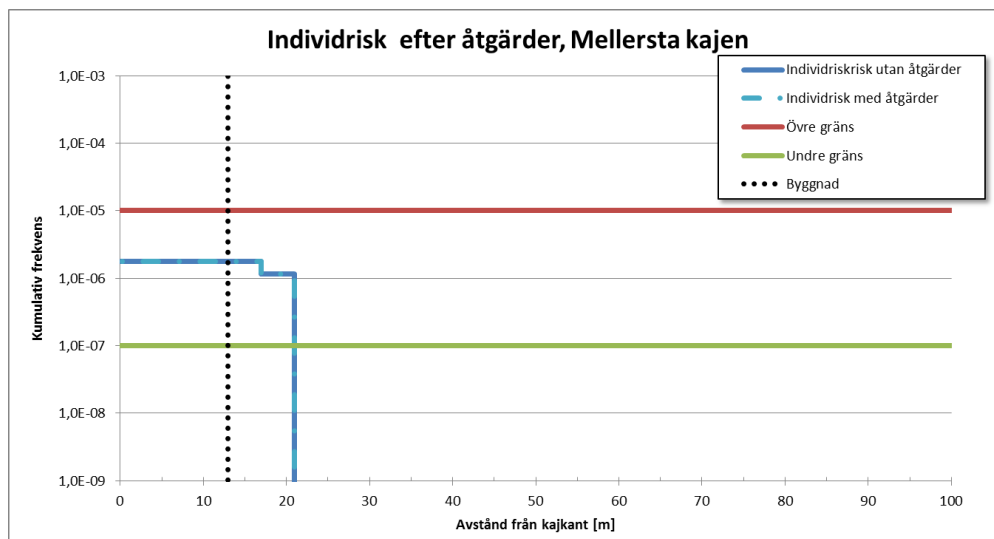
7 Verifiering av riskreducerande åtgärder

Människor som vistas utomhus, t ex på kajen och badbryggan, antas hinna sätta sig i säkerhet innan kritiska förhållanden uppstår. Ett fartyg som har påseglingkurs kan dessutom påkalla uppmärksamhet med hjälp av varningssignaler, vilket minskar sannolikheten att någon överraskas av olyckan. Människor som vistas på badbryggan och kajen bedöms även varna varandra om det skulle förekomma människor som inte noterar fartyget som har påseglingssvinkel. Människor som vistas i bostadslägenheterna bedöms dock inte vara lika observanta på vad som händer utomhus.

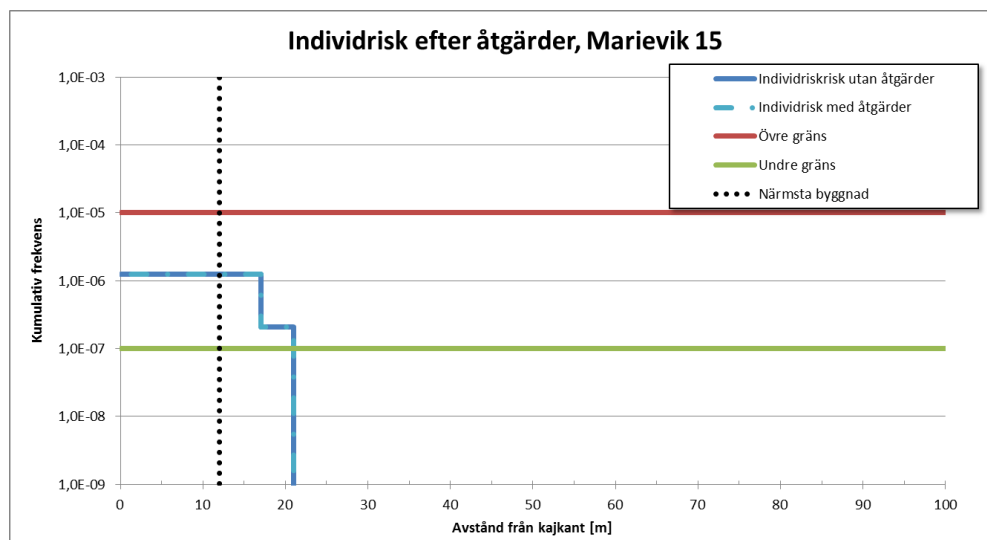
7.1 Individrisk

Den ljusblå prick-streckade linjen i Figur 14-15 visar individrisken efter att föreslagna åtgärder vidtas och den heldragna blå linjen visar individrisken innan åtgärder för respektive del av kajen. I figurerna framgår det att risknivån inte förändrats även om riskreducerande åtgärder vidtas.

En åtgärd som skulle medföra att individrisken reduceras är att montera ett strålningskydd mellan byggnaderna och kajkanten. Med hänsyn till att de beräkningar och antaganden som har gjorts i denna riskanalys är konservativa bedöms inte denna åtgärd som tillräckligt kostnadseffektiv för att den ska bli aktuell utifrån den nytta som den medför. Dessutom förväntas det att de människor som vistas på kaj/bryggor hinna sätta sig i säkerhet i händelse av en påsegling då de kan förväntas se när ett fartyg kommer. Ett fartyg som har påseglingssvinkel kan dessutom påkalla uppmärksamhet med hjälp av varningssignaler, vilket minskar sannolikheten att någon överraskas av olyckan. Människor som vistas på badbryggan och kajen bedöms även varna varandra om det skulle vistas människor som inte noterar fartyget som har påseglingssvinkel. De människor som vistas inomhus kan sätta sig i säkerhet genom att förflytta sig bort från fönsterpartierna. Då det ska finnas möjlighet att utrymma bort från kaj/brygga behöver människor som vistas i byggnaderna inte utsätta sig för fara vid en utrymning. Med hänsyn till detta bedömer Brandkonsulten AB att individrisknivån kan accepteras utan att ytterligare åtgärder vidtas.



Figur 14. Individrisk efter åtgärder, mellersta kajen.



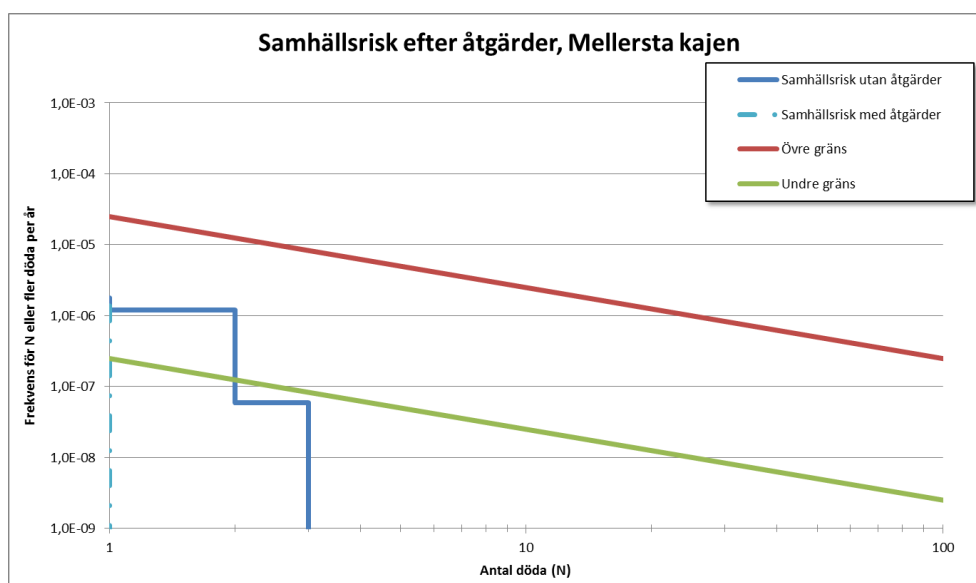
Figur 15: Individrisk efter åtgärder, Marievik 15.

7.2 Samhällsrisk

Samhällsrisk efter att de riskreducerande åtgärder som presenterats i avsnitt 6 vidtas redovisas i Figur 16-17 för respektive kajdel.

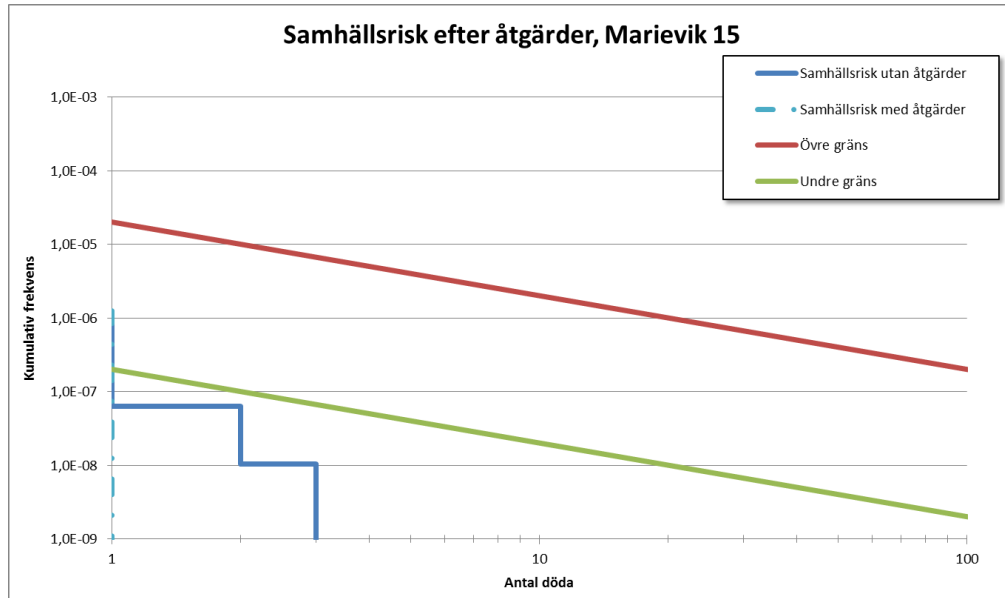
Den ljusblå prick-streckade linjen visar samhällsrisk efter att åtgärder vidtas och den heldragna blå linjen visar samhällsrisk innan åtgärder. I figurerna framgår det att samhällsrisk sjunker om riskreducerande åtgärder vidtas.

Brandkonsulten AB bedömer att människor främst förväntas omkomma till följd av att de utsätts för höga strålningsnivåer. Genom att utforma kajen, badbryggan och ytorna utmed byggnaderna som är placerade nära vattnet så att det är fri sikt över Hammarbyleden och så att det är lätt att utrymma bort från vattnet bedöms personer som vistas längs med vattnet kunna sätta sig i säkerhet om ett fartyg har påseglingskurs. Genom att utforma byggnader så att utrymning kan ske mot sidor som ej vetter mot kajen undviks risken att personer som befinner sig inom någon av byggnaderna utsätter sig för fara i samband med utrymning. Med hänsyn till detta bedömer Brandkonsulten AB att en person förväntas omkomma till följd av brand på ett fartyg oavsett om förskeppet når byggnadens fasad eller inte.



Figur 16. Samhällsrisk efter åtgärder, mellersta kajen.

I Figur 16 ses samhällsrisk efter riskreducerande åtgärder för den mellersta kajen. I figuren framgår det att samhällsrisk sjunker om åtgärder vidtas och att risknivån ligger lågt inom ALARP-området. Brandkonsulten AB bedömer att man kan godta att risknivån ligger lågt inom ALARP-området då skäliga och kostnadseffektiva riskreducerande åtgärder redan vidtas.



Figur 17. Samhällsrisk efter åtgärder, Marievik 15.

I Figur 17 visas samhällsrisk för den yttersta delen av kajen, Marievik 15, efter riskreducerande åtgärder. Åtgärderna medför att samhällsrisk sjunker men fortfarande är inom ALARP-området. Brandkonsulten AB bedömer att man kan godta att risknivån ligger inom ALARP-området då skäliga och kostnadseffektiva riskreducerande åtgärder redan vidtas.

8 Hantering av osäkerheter

Vid analys av risker måste osäkerheter i indata och bedömningar särskilt beaktas. Brandkonsulten AB har inte fått ta del av uppgifter kring exakt hur många fartyg som transporterar farligt gods förbi planområdet, vad som transporteras samt hur mycket som transporteras. I riskanalysen har statistik över antalet passager i Hammarbyslussen under år 2015 utgjort grunden vid antagandet över hur många fartyg som kan ha transporterat farligt gods. Brandkonsulten AB har räknat bort de fartyg som inte bedöms transporterar farligt gods, t ex kustbevakningen, sightseeingbåtar och sand- och grusfartyg. Detta innebär att antalet fartyg som i analysen transporterar farligt gods är konservativt antaget. Vidare är det möjligt att ett fartyg som transporterar farligt gods har lämnat av sin last när de passerar Hammarbyslussen en andra gång. Detta har inte beaktats i riskanalysen.

Brandkonsulten AB har endast fått ta del av uppgifter kring att det sker transporter av brandfarlig vätska förbi planområdet. Det är dock möjligt att det sker transporter av andra ämnen. Detta har inte beaktats i riskanalysen.

I denna riskanalys har endast påseglingsrisken med att ett fartyg som transporterar farligt gods beaktats. Detta med hänsyn till att den generella risken för påsegling sedan tidigare beaktats i riskanalysen upprättad av SSPA (2018).

I denna riskbedömning har antagandet gjorts att branden på fartyget uppstår vid fören vid kajen. Enligt Forsman (2018) förvaras främst gods i fartygets akter, vilket i så fall skulle innebära att en brand kan förväntas uppstå längre bort från berört område och därmed inte ha samma skadepåverkan för de som vistas i området.

Vid beräkning av sannolikheten för påsegling med farligt gods har de sannolikheter som beräknades fram i riskanalysen upprättad av SSPA (2018) utgjort grunden. Brandkonsulten AB har bedömt att de antaganden som har gjorts i SSPA:s riskanalys är rimliga och vissa av de antaganden som har gjorts i den tidigare riskanalysen av SSPA (2018) har även använts i denna riskanalys.

Brandkonsulten AB har generellt sett valt att vara konservativ i bedömningarna. I analysen gjorda bedömningar kan således komma att ändras med ytterligare och mer detaljerad information.

När det gäller bedömningar av konsekvenser är det viktigt att beakta att dessa utgår från erfarenheter inom Brandkonsulten AB utifrån litteraturstudier, tidigare utförda riskanalyser och bedömningar m m. För en läsare av denna riskbedömning är det därför viktigt att beakta att resultatet skulle kunna skilja sig åt om någon annan utfört analysen.

9 Slutsats

Om föreslagna riskreducerande åtgärder i kapitel 6 vidtas anser Brandkonsulten AB att risknivån i området blir acceptabel.

10 Referenser

- 01FS 2001:138. Länsstyrelsens i Stockholms län föreskrifter om sjötrafiken m m, utom vissa ankringsförbud, inom Stockholms län. Stockholms Länsstyrelse.
- Alin-Åkerman, B. (2016). NASP, Karolinska institutet, mailkonversation, 2016-06-02.
- Askergren, J. (2016). Cementa, mailkonversation, 2016-05-27.
- Brave Logistics Oy (2016). *Distribution på Mälaren, slutrapport v 8*, daterad 2016-01-29.
- Davidsson, G., Lindgren, M., & Mett, L. (1997). *Värdering av risk*. Karlstad: Statens räddningsverk.
- Forsman, B. (2018). SSPA, telefonkonversation, 2018-10-04.
- Hådell, H. (2016). Ellevio, telefonkonversation, 2016-05-24.
- IEC (International Electrotechnical Commission). (1995). *Dependability management - part 3: Application guide - section 9: Risk analysis of technological systems*. IEC 300-3-9 1995.
- Karolinska Institutet (2016). *NASP, Självmord i Sverige, Metoder för självmord*. [elektronisk], tillgänglig:< <http://ki.se/nasp/sjalvmord-i-sverige-0#header-5> > [Hämtad: 2016-06-02]
- Loopen Marina (2016). Loopen Marina, telefonkonversation, 2016-05-24.
- Länsstyrelsen Stockholm (2016). *Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods*. Rapport 2016:4, Stockholm: Länsstyrelsen Stockholm.
- MSB (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap). (2011). *ADR-S Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng*. MSBFS 2011:1.
- Olsson, P. (2016). Lagerservice, 2016-05-24.
- Sjöfartsverket (2016). *Hammarbyslussen*. [elektronisk], tillgänglig:<<http://www.sjofartsverket.se/Sjofart/Lotsning/Lotsomraden/Lotsomrade-Sodertalje/Farleder--broar/Stockholmsleden/Hammarby-slussen/>> [Hämtad: 2016-05-31]
- Sjöfartsverket (u.d). *Distribuition av flytande bränslen på Mälarens och Stockholms inre vattenvägar*, odaterad.
- Sjögren, J. (2016). Stockholms Hamnar, telefonkonversation, 2016-05-27.
- Skoglund, P. (2016). Sjöfartsverket, mailkonversation, 2016-06-09.
- Slettenmark, O. (2003). *Risikanalyser i detaljplaneprocessen – vem, vad, när & hur?* Rapport 15:2003, Stockholm: Länsstyrelsen i Stockholms län.
- SRV (Statens räddningsverk). (1996). *Farligt gods – riskbedömning vid transport*. Karlstad: Statens räddningsverk.
- SSPA (2018). *Identifiering av påseglingsrisker och riskanalys - DP Marievik*. 2018-04-23.
- Stockholms Hamnar (2015). *Slutslussat i Karl Johan-slussen*. [elektronisk], tillgänglig:< <https://www.stockholmshamnar.se/om-oss/nyheter/2015/slutslussat-i-karl-johan-slussen/>> [Hämtad: 2016-06-02]
- Stockholms Hamnar (2016). *Slussrapport, Hammarbyslussen 2015-01-01 – 2015-12-31*.
- Thomas, P.H. (1963). *The size of flames from natural fires*. Symposium (International) on Combustion, volym 9, nummer 1.
- Transportstyrelsen (2016). Transportstyrelsen, telefonkonversation, 2016-06-02.

WSP Sverige AB (2018). *Marieviks udde- Hinderanalys och utredning av detaljplanens inverkan på helikopterflygplatsen vid SÖS. 2018-06-26.*

Appendix A Frekvensberäkningar påsegling

A.1 Påsegling av fartyg som transporterar farligt gods

I anslutning till aktuellt planområde går Hammarbyleden där det sker transporter med farligt gods. Farligt gods är ett samlingsbegrepp för ämnen och produkter som har sådana farliga egenskaper att de kan skada människor, miljö och egendom om de inte hanteras rätt under exempelvis transporter eller om det skulle ske en olycka. Begreppet transport innefattar såväl förflyttning av godset som lastning och lossning samt kortare förvaring och hantering i samband med transport.

Farligt gods kan enligt ADR-S, vilket är ett internationellt regelverk gällande farligt godstransporter på väg och i terräng, delas in i olika klasser för ämnen med liknande egenskaper (MSB, 2011).

Enligt Skoglund (2016) på Sjöfartsverket är det främst brandfarlig vätska som transporteras på Hammarbyleden förbi planområdet. I framtiden kan det i samband med att hamnarna Berg och Loudden avvecklas bli aktuellt med ett ökat antal transporter av brandfarlig vätska förbi planområdet. Med hänsyn till ovanstående information från Sjöfartsverket görs antagandet i denna riskanalys att alla transporter av farligt gods förbi planområdet utgörs av brandfarlig vätska.

Marieviks udde har två kajer, den norra samt den östra kajen. SSPA (2018) har sedan tidigare bedömt att den norra kajen är skyddad mot påsegling. Ett fartyg med farligt gods som seglar på den östra kajen skulle däremot kunna påverka planområdet. SSPA har i sin riskbedömning delat upp den östra kajen i tre olika delar; *den inre delen, den mellersta delen* och *Marievik 15*.

Studerad kajsträcka vid *den inre kajen* och *Marievik 15* är ca 100 m. *Den mellersta kajen* är ca 200 m. Enligt Länsstyrelserna (2006) rekommenderas att risksituation analyseras vid exploatering inom 150 m från transportled för farligt gods. Brandkonsulten AB anser därför att det är rimligt att den studerade sträckan som inkluderas i analysen utökas med 150 m åt vardera hållet. Detta ger en total längd av ca 400 m för den studerade sträckan av *den innersta kajen* respektive kajen vid *Marievik 15* och ca 500 m för *den mellersta kajen*.

A.2 Sannolikhet för påsegling

Enligt riskanalysen upprättad av SSPA (2018) är sannolikheten att det sker en påsegling på de olika kajdelarna följande:

- Påsegling på den inre delen av Marievikskajen är ca $3,01 \cdot 10^{-5}$.
- Påsegling på den mellersta delen av Marievikskajen är ca $1,17 \cdot 10^{-3}$.
- Påsegling på Marievikskajen vid Marievik 15 är ca $8,33 \cdot 10^{-4}$.

I denna riskanalys har dessa sannolikheter använts som grund vid beräkning av sannolikhet för påsegling av ett fartyg som transporterar farligt gods.

A.3 Händelseträdsanalys

De olycksscenarier som identifierats i avsnitt 4.1.4 har studerats vidare i en händelseträdsanalys, baserat på följande delhändelser.

- Vilken är fördelningen mellan skadefall?
- Sker antändning?
- Vilken är reduktionen med hänsyn till påseglingvinkel?
- Vad är sannolikheten att fasad nås?

Händelseträdsanalysen framgår i tabellform i Appendix C. Valda sannolikheter och reduktionsfaktorer beskrivs nedan.

Fördelning mellan skadefall

Enligt den statistik från år 2015 över yrkestrafik som passerade Hammarbyslussen framgår det att ca 5 % av fartygen kan ha transporterat farligt gods. Den eventuella ökning som kan bli aktuell i framtiden bedöms dock kunna innefattas i dessa, 5 %, detta med hänsyn till att antagandet att 5 % av alla yrkesfartyg transporterar farligt gods är konservativt. Enligt Skoglund (2016) på Sjöfartsverket sker det endast ett fåtal transporter med farligt gods förbi planområdet. I riskanalysen upprättad av SSPA (2018) uppskattas en lägre andel farligt godstransporter förbi planområdet, men i denna riskanalys utgörs beräkningarna utifrån att 5 % av fartygen transporterar farligt gods vilket är ett konservativt antagande.

Sannolikhet för antändning

Sannolikhet för antändning givet en farligt godsolycka har antagits till 3 % i enlighet med SRV (1996).

Reduktion för påseglingsvinkel

Vid en påsegling kan fartyget antingen stanna vid kajen alternativt tränga in i kajen och på så sätt komma närmare byggnaden. Enligt Forsman (2018) kan det högst förväntas bli 3-4 meters kajinträngning om ett fartyg har kritisk eller brant påseglingsvinkel. Fartygens stäv bedöms därför inte kunna nå byggnaderna längs med Marieviks udde. Vissa fartyg har dock utstickande förskepp som skulle kunna nå byggnaderna och medföra skada på fasaden.

Enligt SSPA (2018) är det påseglingsvinklar mellan 60 – 90° som leder till att ett fartyg kör in i den inre kajen. För den mellersta kajen är det påseglingsvinklar mellan 30 – 90° som leder till att ett fartyg kör in i kajen. För kajen vid Marievik 15 är det påseglingsvinklar mellan 0 – 30° som leder till att ett fartyg kör in i kajen. I de frekvensberäkningar som redovisas i riskanalysen framtagen av SSPA (2018) har de reducerat sannolikheten för påsegling utifrån dessa vinklar.

Enligt SSPA (2018) är det endast påseglingsvinklar mellan 25 – 30° som kan ge kajinträngning i kajen vid Marievik 15 (M15). Detta innebär att sannolikheten för påsegling som leder till kajinträngning kan reduceras till 16,67 % ($5/30=0,16667$).

Enligt Forsman (2018) på SSPA så är det vinklar mellan 60 – 90° som kan förväntas ge kajinträngning i innersta och mellersta kajen. För innersta kajen innebär detta att sannolikheten för påsegling som leder till kajinträngning inte kan reduceras då påseglingsvinkeln är 60 – 90°. För den mellersta kajen innebär detta dock att sannolikheten för påsegling som leder till kajinträngning kan reduceras till 66,67 % ($60/90=0,6667$).

För de scenarier då ett fartyg inte har kritisk/brant påseglingskurs har denna sannolikhet satts till 1 eftersom det inte görs någon reduktion.

Sannolikhet för påsegling så att fasad nås

Då ett fartyg som seglar på kajen inte bedöms tränga in längre än 3-4 m kommer själva stäven inte att påverka byggnaderna. Vissa fartyg har dock förskepp som sticker ut, som medför att byggnadernas fasad kan ta skada. Enligt SSPA (2018) sticker förskeppen normalt ut 2-3 m från fartyget. Det kan dock förekomma längre förskepp och i denna riskbedömning görs det konservativa antagandet att var 20:e fartyg som seglar på kajen har ett förskepp på minst 10 m som skulle kunna nå de byggnader som ligger närmst kajkanten.

A.4 Konsekvens

Ett läckage av brandfarlig vätska som uppstår i samband med en påsegling kan ge upphov till en pölbrand. Pölbranden kan antingen uppstå på fartyget eller på kajen/marken nedanför fartyget. Brandkonsulten AB bedömer att den totala effekten inte påverkas av om pölbranden uppstår på fartyget eller på kajen/marken. I denna riskbedömning görs antagandet att den största delen av den brinnande vätskan kommer att stanna kvar på fartyget. Storleken på utsläppet påverkar pölbrandens storlek.

Antagandet görs att utsläppet är medelstort (1,1 kg/s) och att det totalt är 3 m³ brandfarlig vätska som läcker ut. På en plan yta motsvarar detta en pölbrand på ca 100 m² men eftersom branden kommer uppstå på ett fartyg kommer pölbranden inte vara cirkulär. Se Appendix B för strålningsberäkning samt konsekvensberäkning.

Appendix B Konsekvensberäkning – Värmestrålning

Följande beräkningar syftar till att utreda infallande strålningsnivå vid en pölbrand som uppstår i samband med att ett fartyg som transporterar brandfarlig vätska seglar på en kaj. Olyckan leder till ett läckage av brandfarlig vätska som antänds.

B.1 Dimensionerande skada

För det dimensionerande skadeutfallet beaktas endast påverkan på personer som befinner sig inom respektive konsekvensområde.

Gränsvärde för personskada är antaget till 15 kW/m².

Över 15 kW/m² finns en risk att antändning av material kan ske med pilotlåga. Strålningsnivån är då också så hög att det inte går att utrymma förbi ett område som utsätts för denna strålning.

Personer som vistas i en lokal som utsätts för mer än 15 kW/m² där man inte har möjlighet att själv utrymma eller där man inte har möjlighet att utrymma bort från strålningskällan antas förolyckas.

B.2 Beräkning av avstånd då den infallande strålningen är 15 kW/m²

Att beräkna vilket avstånd från en flamma till en punkt som den infallande strålningsintensiteten är 15 kW/m² består i huvudsak av tre moment. Det första är att bestämma hur stor den emitterade effekten är. Det andra momentet är att uppskatta flammans storlek (bas och höjd). Det tredje momentet är att bestämma hur stor del av den emitterade effekten som träffar målet, dvs beräkning av den sk synfaktorn (Φ).

Emitterad effekt

Vid beräkningarna i denna rapport har flammans genomsnittliga temperatur antagits vara 835 °C vilket motsvarar en emitterad effekt på 85 kW/m².

Dimensionerande utsläpp

Utsläpp i händelse av påsegling vid transport av brandfarlig vätska är antagen att ske enligt nedanstående dimensionerande händelse:

- Mellan utsläpp: 1,1 kg/s, totalt utsläppt mängd: 1980 kg (3 m³)

Värdena på det dimensionerande scenariot är valt i enlighet med SRV (1996).

Vid utsläpp och efterföljande brand är utsläppshastighet och utsläppt mängd inte direkt avgörande för det maximala skadeområdet utan storleken på den brinnande pölen är det som primärt påverkar både beräknad flamhöjd och infallande strålning från branden.

Om utsläppet sker på en helt plan yta motsvarar det en ca 100 m² stor pölbrand. Ytan där pölbranden uppstår bedöms dock inte vara helt plan.

Beräkning av flamhöjd

För att bestämma hur stor en flamma från en pölbrand blir finns olika empiriskt framtagna ekvationer att tillgå. I denna rapport har en ekvation av Thomas (1963) använts för beräkning av flamhöjder.

Thomas ekvation:

$$H_f = 42D \left[\frac{m''}{\rho \sqrt{gD}} \right]^{0,61}$$

där D är brandens diameter (m), m'' är förbränningshastighet (kg/m²s), g är tyngdaccelerationen (m/s²) och ρ är luftens densitet (kg/m³). Förbränningshastigheten är vald för bensin och är ca 0,055 (kg/m²s).

Vid beräkning av pölbrandens diameter (bredd) och flamhöjd görs antagandet att pölbranden är cirkulär, vilket ger en flamhöjd på ca 17 m och en bredd på ca 11 m.

Synfaktor

Med hjälp av beräknad flamhöjd och pölens utbredning approximeras i det här fallet flamman, dvs den emitterande kroppen, med en rektangel. Pölens diameter utgör rektangelns bas och flammans höjd utgör rektangelns höjd.

Den infallande strålningsintensiteten mot en punkt beräknas med följande ekvation (FOA, 1995):

$$I = E \cdot \Phi$$

där E är den emitterade effekten (kW/m²) och Φ är synfaktorn. Den infallande strålningsintensiteten är 15 kW/m² och den emitterade effekten är 85 kW/m² vilket ger en total synfaktor på 0,177.

B.3 Resultat

Enligt ovanstående beräkningar är den infallande strålningsintensiteten 15 kW/m² på ett avstånd på 17 m från pölbranden, vilket innebär att det inte är kritiska förhållanden om man vistas mer än 17 m från pölbranden.

Vissa av de fartyg som seglar in i kajen stannar kvar där medan ett fåtal bedöms kunna tränga in i kajen. Enligt Forsman (2018) är det dock rimligt att ett fartyg enbart tränger in några meter i kajen. Vissa fartyg har dock utskjutande delar som skulle kunna nå byggnaderna vid en påsegling men själva stäven bedöms inte tränga in så långt.

I scenarierna med kajinträngning antas fartygen tränga in 4 m i kajen.

Individrisker redovisas som funktion av avstånd från en specifik punkt och i denna riskanalys har referenspunkten valts till kajkanten. I tabellen nedan redovisas på vilket avstånd från referenspunkten som konsekvensområdet för respektive scenario sträcker sig. I tabellen framgår det även hur många som förväntas omkomma till följd av respektive scenario.

Människor som vistas utomhus, t ex på kajen och badbryggan, antas hinna sätta sig i säkerhet innan kritiska förhållanden uppstår. Ett fartyg som har påseglingkurs kan dessutom påkalla uppmärksamhet med hjälp av varningssignaler, vilket minskar sannolikheten att någon överraskas av olyckan. Människor som vistas på badbryggan och kajen bedöms även varna varandra om det skulle förekomma människor som inte noterar fartyget som har påseglingvinkel. Människor som vistas i bostadslägenheterna bedöms dock inte vara lika observanta på vad som händer utomhus.

I de fall då fartyget ej når byggnaden men börjar brinna bedöms 2 respektive 1 personer omkomma om det sker kajinträngning respektive inte. Resterande människor antas hinna ta sig bort från fönster och sätta sig i säkerhet.

I scenarierna då fartyget når byggnaden samt att fartyget tränger in i kajen antas 3 personer omkomma till följd av nedrasande byggnadsdelar samt den infallande strålningen.

I scenarierna då fartyget når byggnaden men att det stannar kvar vid kajkanten bedöms 2 personer omkomma till följd av nedrasande byggnadsdelar samt den infallande strålningen.

I scenarier med kajinträngning är konsekvensområdet 21 m och annars 17 m.



Appendix C Riskberäkningar

Riskberäkningar för påsegling med fartygt gods, Marievik 15										Efter åtgärder	
Typ av fartygt gods	Skadefall	Skadefall	Sannolikhet för resp skadefall	Sannolikhet för antändning	Sannolikhet för kasträngning så fasad nås	Reduktion för påseglingvinkel	Total olycksfrekvens med utsläpp och skada	Skadeområde (Radie, m)	Antal döda	Skadeområde (Radie, m)	Antal döda
Påsegling, Marievik 15	Påsegling med fartygt gods	Kritisk påseglingsskura, fasad nås	0,05	0,03	0,05	0,16667	1,04E-08	21	3	21	1
		Kritisk påseglingsskura, fasad nås inte	0,05	0,03	0,95	0,16667	1,98E-07	21	1	21	1
		Ej kritisk påseglingsskura, fasad nås	0,05	0,03	0,05	0,83333	5,21E-08	17	2	17	1
		Ej kritisk påseglingsskura, fasad nås inte	0,05	0,03	0,95	0,83333	9,90E-07	17	1	17	1

Riskberäkningar för påsegling med fartygt gods, Mellersta kajen										Efter åtgärder	
Typ av fartygt gods	Skadefall	Skadefall	Sannolikhet för resp skadefall	Sannolikhet för antändning	Reduktion för förskäpp längre än 10 m	Reduktion för påseglingvinkel	Total olycksfrekvens med utsläpp och skada	Skadeområde (Radie, m)	Antal döda	Skadeområde (Radie, m)	Antal döda
Påsegling, mellersta kajen	Påsegling med fartygt gods	Brant påseglingsskura, byggnad nås	0,05	0,03	0,05	0,6667	5,85E-08	21	3	21	1
		Brant påseglingsskura, byggnad nås inte	0,05	0,03	0,95	1,11E-06	2,92E-08	17	2	17	1
		Flack påseglingsskura, byggnad nås	0,05	0,03	0,05	0,3333	5,56E-07	17	1	17	1
		Flack påseglingsskura, byggnad nås inte	0,05	0,03	0,95	0,3333	5,56E-07	17	1	17	1

Riskberäkningar för påsegling med fartygt gods, Inre kajen									
Typ av fartygt gods	Skadefall	Skadefall	Sannolikhet för resp skadefall	Sannolikhet för antändning	Sannolikhet för att fasad nås	Reduktion för påseglingvinkel	Total olycksfrekvens med utsläpp och skada	Skadeområde (Radie, m)	Antal döda
Påsegling, inre kajen	Påsegling med fartygt gods	Brant påseglingsskura, fasad nås	0,05	0,03	0,05	1	2,26E-09	21	3
		Brant påseglingsskura, fasad nås inte	0,05	0,03	0,95	1	4,29E-08	21	1

Marievik – Kv M15

Påsegling av kajkonstruktion

Kapitel Innehåll

1	Allmänt	(s. 1)
2	Beskrivning av FE modell	(s. 2)
2-1	Material.....	(s. 3)
2-2	Randvillkor	(s. 6)
2-3	Last	(s. 7)
2-4	Elementnät	(s. 8)
2-5	Lösningsinställningar.....	(s. 8)
3	Resultat	(s. 9)
3-1	Eigenfrekvenser (Enbart hus)	(s. 9)
3-2	Tidsrespons i hus	(s. 9)
3-3	Dimensionerande laster i hus.....	(s. 10)
3-6	Respons i pålar.....	(s. 11)
3-5	Tryck mot fasad	(s. 11)
3-6	Töjningar i jord.....	(s. 12)

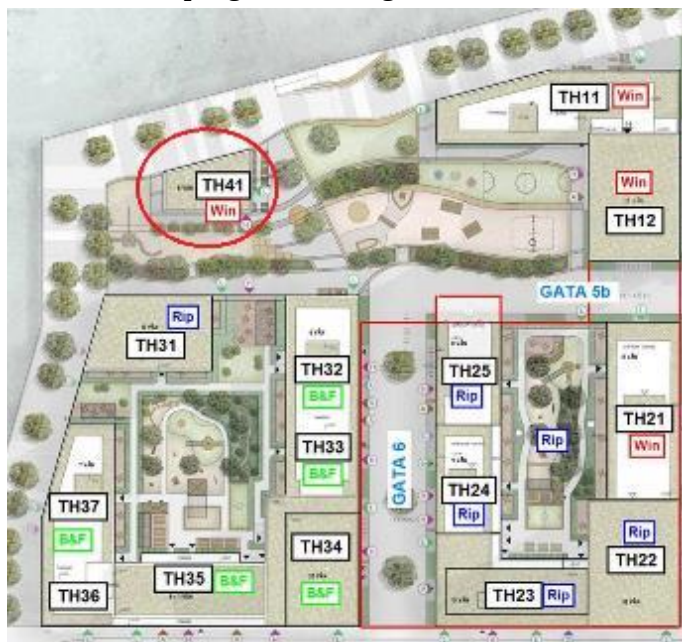
Appendix A – Tvärsnittsdata för hus

Appendix B – Mått

C	2019-05-22	Uppdaterat beräkning pga nytt utförande på hus.	CS
B	2015-11-30	Lagt till pålar i system. Uppdaterat materialparametrar för jord	CS
A	2015-10-12	Lagt till förskjutningar i jord	CS
Rev	Datum	Revideringen avser	Signatur
Upprättad av:			
2015-09-28 Christoffer S, 08-58 00 92 13			
Datum	Namn	Nr	Rev

1 Allmänt

Rapporten redovisar en analys av i vilken utsträckning hus (TH41, se Bilaga B) påverkas av en eventuell påsegling vid intilliggande kajkonstruktion. Beräkningen utförs med det kommersiella finita elementprogramet Bridge Plus V. 6.2-9.



Påseglingsförloppet beskrivs enligt avsnitt C.4.3 i EN1991-1-7. Metoden betraktar såväl elastiska som plastiska deformationer av fartyget. Rörelseenergin för fartyget reduceras med $(1-\cos\alpha)$ för att beakta sidopåsegling med en vinkel $\alpha < 45^\circ$. Då kajkonstruktionen kan betraktas som stel jämfört med omtilliggande jord utförs simuleringarna med en plan töjningsmodell med en bredd av 21.1m (motsvarar husets bredd). Jordens materialparametrar väljs för små töjningar ($\epsilon < 0.1\%$).

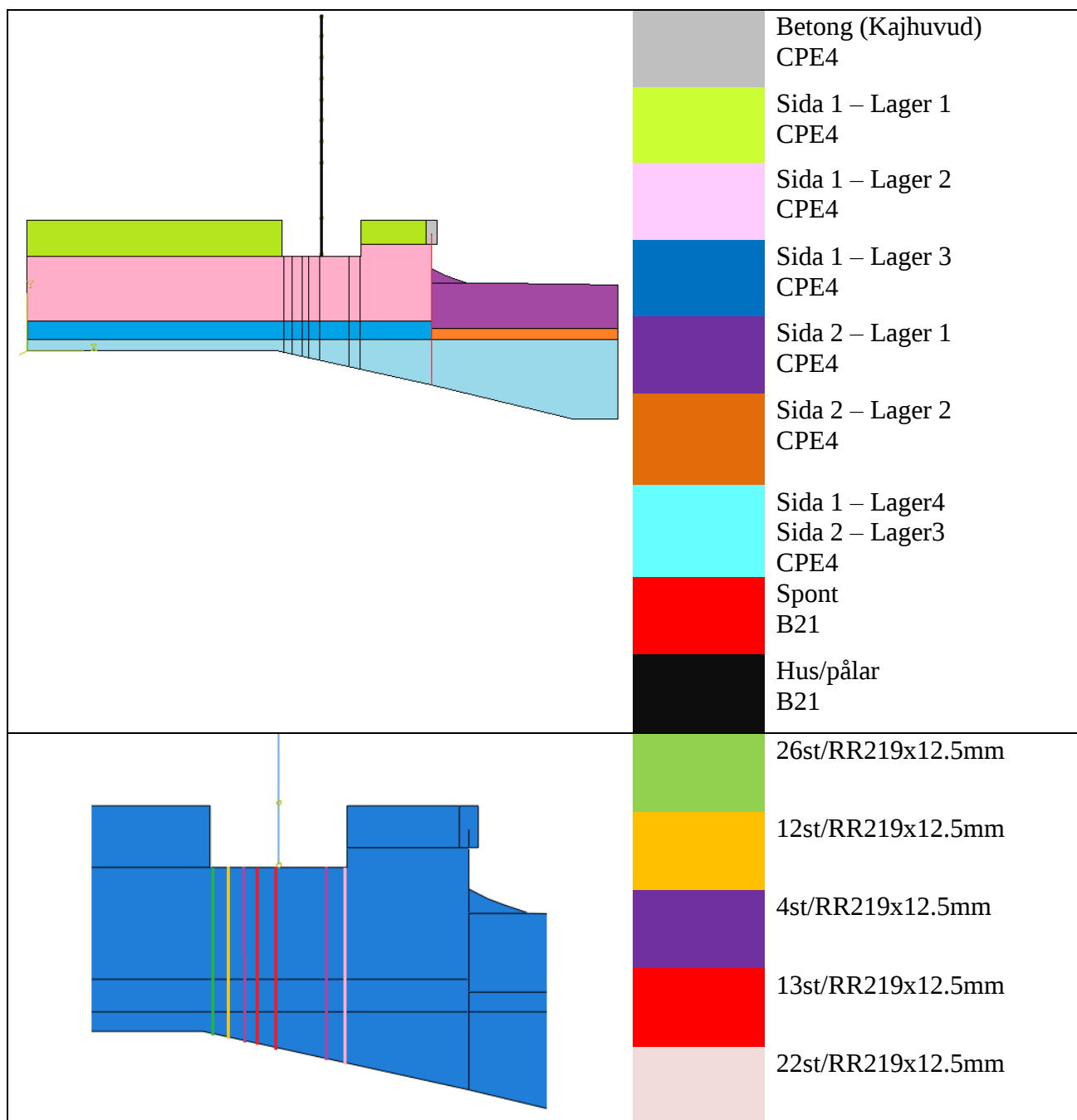
Nedanstående tabell sammanfattar nyckeltal från simuleringarna:

Hus	
Moment	$\pm 3 \text{ MNm}$
Tvärkraft	$\pm 700 \text{ kNm}$
Tryck mot källasväggar	40 kPa
RR219x12.5	
Moment:	$\pm 10 \text{ kNm/påle}$
Normalkraft:	$\pm 100 \text{ kN/påle}$

OBS! Snittkrafter från permanenta laster behöver adderas till de snittkrafter som redovisas i denna rapport.

2 Beskrivning av FE modell

Analysen utförs med hjälp av en 2-D finitelement modell enligt nedanstående figur. Jord och kajhuvud modelleras med plana töjningselement (CPE4). Övriga delar (pålar, hus och kaj) beskrivs med balkar (B21).

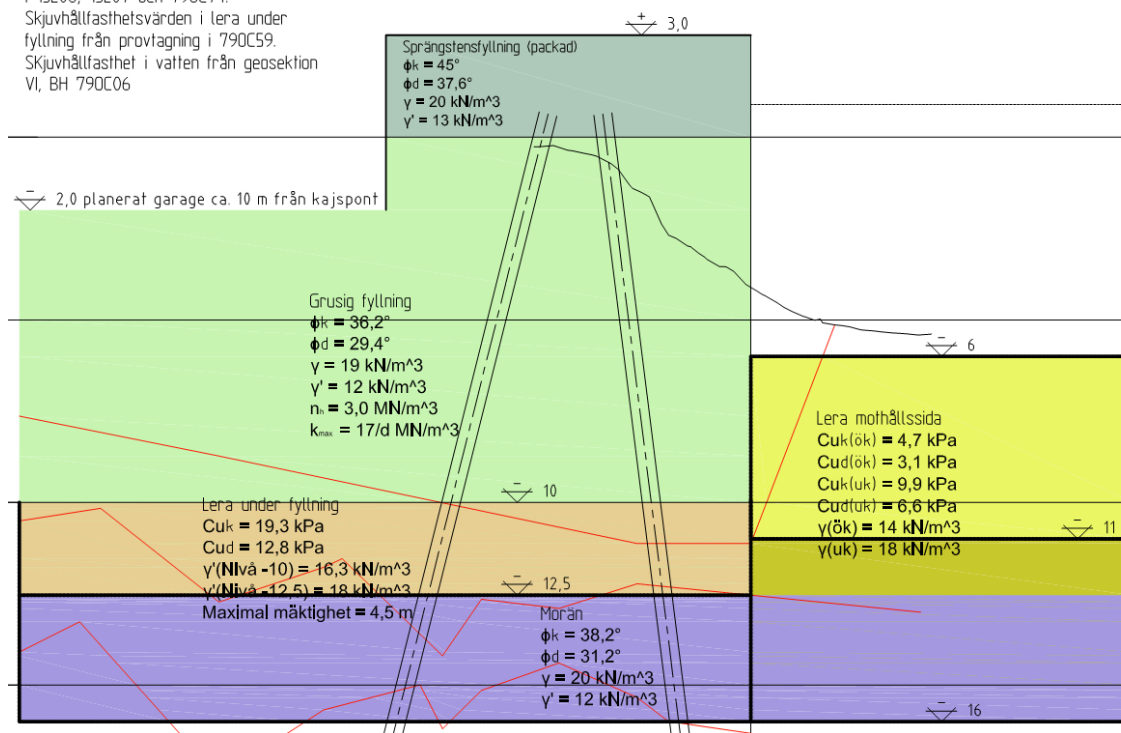


2.1 Material

Kontinuumelement

Utifrån de geotekniska sonderingarna erhålls följande materialparametrar för jorden:

Friktionsvinkel Fyllning från VIM-sondering i 15E06, 15E07 och 790C74.
Skjuvhållfasthetsvärden i lera under fyllning från provtagning i 790C59.
Skjuvhållfasthet i vatten från geosektion VI, BH 790C06



De dynamiska materialparametrarna uppskattas sedan enligt TK Geo 11 5.2.2.3.4 & 5.2.2.5.3. Observera att P-vågen (primärvågen) hastighet sätts till vattens (1300 m/s) under grundvattenytan.

	t [m]	ρ [kg/m ³]	E [MPa]	ν [-]	α [-]	β [-]
Betong (Kajhuvud)	21.1	2500	34000	0.2	0	0
Sida 1 – Lager 1	21.1	2000	148	0.2	0.0952	2.12E-4
Sida 1 – Lager 2	21.1	1200	381.4	0.466	0.0952	2.12E-4
Sida 1 – Lager 3	21.1	1630	42.9	0.48 ⁽¹⁾	0.0952	2.12E-4
Sida 1 – Lager 4	21.1	1200	510.6	0.453	0.0952	2.12E-4
Sida 2 – Lager 1	21.1	1400	10.5	0.48 ⁽¹⁾	0.0952	2.12E-4
Sida 2 – Lager 2	21.1	1800	22	0.48 ⁽¹⁾	0.0952	2.12E-4
Sida 2 – Lager 3	21.1	1200	374.9	0.466	0.0952	2.12E-4

1) Justerar ν enligt $\nu = \min(\nu, 0.48)$ för att undvika lösningar i FEM-lösning.

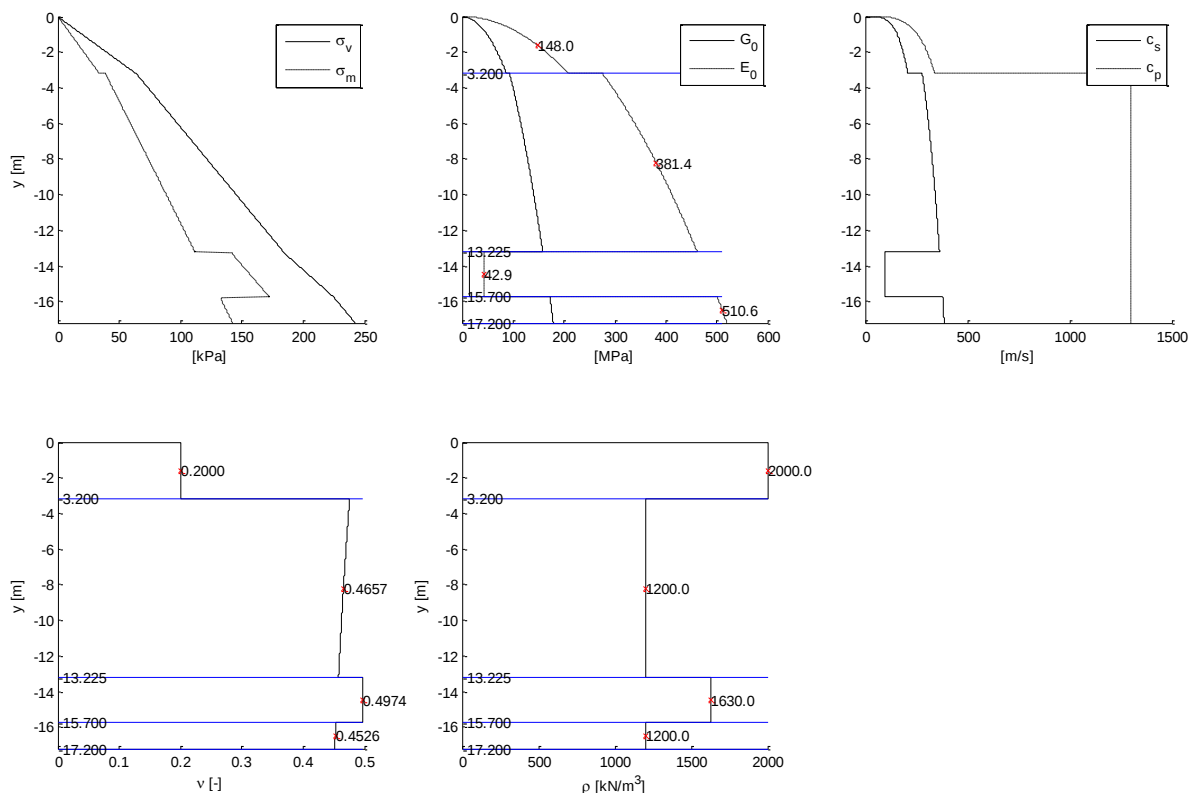
t = tjocklek på kontinuumelement

α & β = koefficienter för Rayleigh dämpning. För jord har det antagits att materialdämpningen är 1 % i frekvensintervallet 0.8 – 14.2 Hz (frekvenser väljs som 1:a och 3:e egenmoden för huset, se kap 3.1).

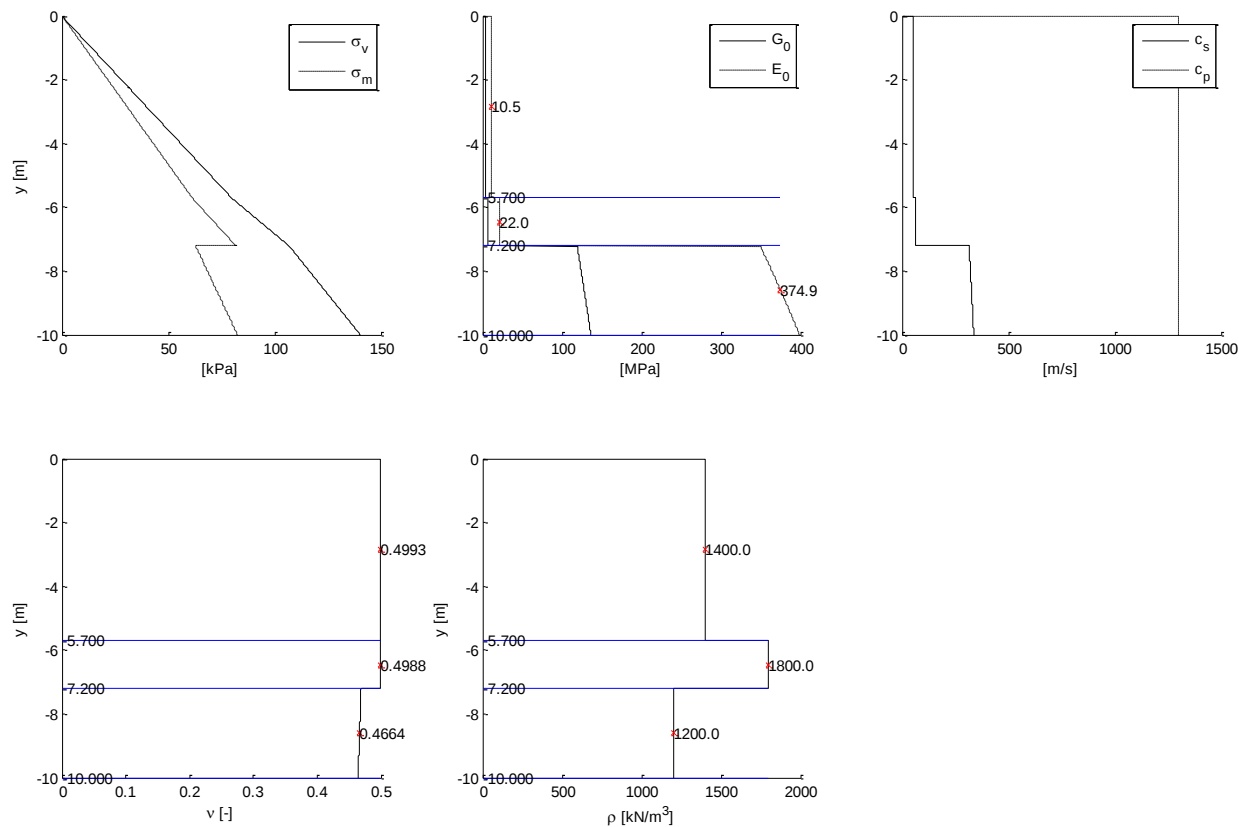
Upprättad av:
Christoffer S, 08-5800 92 13

Utskriftsdatum, tid
2019-06-10, 13:36:13

Dynamiska jordparametrar sida 1:



Dynamiska jordparametrar sida 2:



Balkar

	$A [m^2]$	$I [m^4]$	$E [GPa]$	$G [GPa]$	$\rho [kg/m^3]$	$\alpha [-]$	$\beta [-]$
Spont (AZ50)	0.528	0.02	210	105	7850	0	0
26st RR219x12.5	0.2648	0.00104	210	105	11638	0	0
12st RR219x12.5	0.1222	0.00048	210	105	11638	0	0
4st RR219x12.5	0.0407	0.00016	210	105	11638	0	0
13st RR219x12.5	0.1324	0.00052	210	105	11638	0	0
13st RR219x12.5	0.1324	0.00052	210	105	11638	0	0
4st RR219x12.5	0.0407	0.00016	210	105	11638	0	0
22st RR219x12.5	0.2241	0.00088	210	105	11638	0	0
Hus Plan 0-1	30.6	4.8	34	17	2500	0.0952	2.12E-4
Hus Plan 1-3	14.0	4.8	34	17	2837	0.0952	2.12E-4
Hus Plan 3-tak	9.4	4.8	34	17	2952	0.0952	2.12E-4

α & β = koefficienter för Rayleigh dämpning. För huset har det antagits att materialdämpningen är 1 % i frekvensintervallet 0.8 – 14.2 Hz (frekvenser väljs som 1:a och 3:e egenmoden för huset, se kap 3.1).

*) Tvärsnittskonstanter för huset redovisas i Appendix A

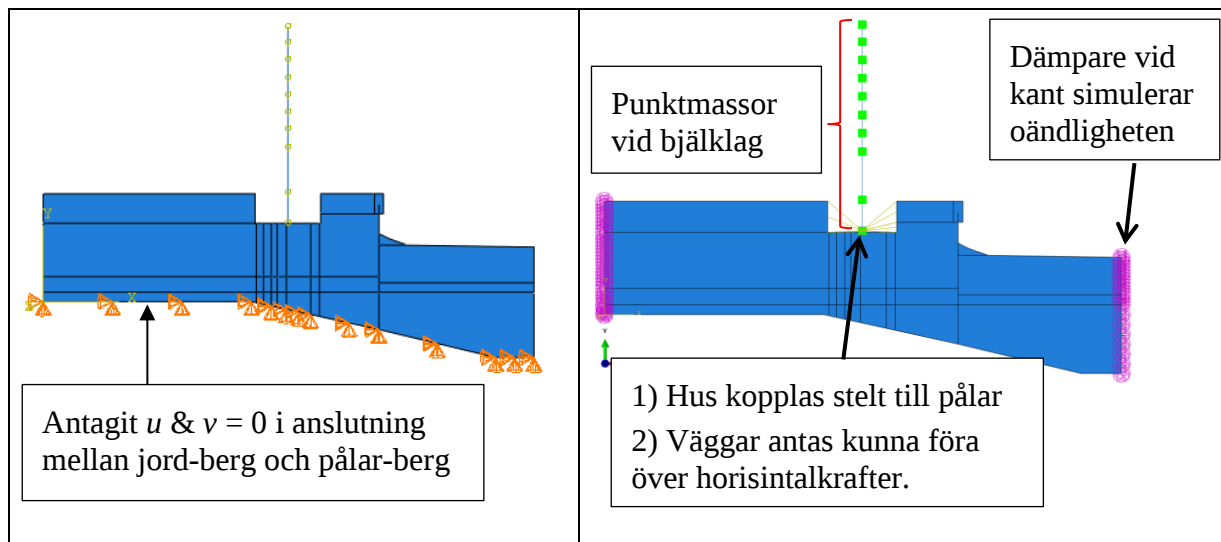
Beräkning av Rayleigh dämpning:

$$\alpha = 2\omega_1\omega_2(\xi_1\omega_2 - \xi_2\omega_1)/(\omega_2^2 - \omega_1^2)$$

$$\beta = 2(\xi_2\omega_2 - \xi_1\omega_1)/(\omega_2^2 - \omega_1^2)$$

2.2 Randvillkor

Nedanstående figur beskriver antagna gränsvillkor. Beräkning av dämpningskonstanter som applicerats vid ränderna för att dämpa bort P- och S-vågor redovisas också nedan.



Beräkning av dämpare:

$$\text{Skjuvmodulen: } G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

$$\text{P-vågshastighet: } v_p = \sqrt{\frac{E(1-\nu)}{\rho(1+\nu)(1-2\nu)}}$$

$$\text{Medverkande elementnät: } A_{trib} = 0.5 \times 21.1 = 10.6 \text{ m}^2$$

$$\text{Vertikal dämpare: } C_t = \rho C_s A_{trib}$$

$$\text{Horisontel dämpare: } C_n = \rho C_p A_{trib}$$

Namn	E [MPa]	ν [-]	ρ [kg/m ³]	D_n [MNs/m]	D_t [MNs/m]
Sida1Lag1	148	0,2	2000	7,4	3,7
Sida1Lag2	381,4	0,4657	1200	27,4	4,2
Sida1Lag3	42,9	0,48	1630	14,0	1,6
Sida1Lag4	510,6	0,4526	1200	26,9	4,9
Sida2Lag1	10,5	0,48	1400	6,4	0,7
Sida2Lag2	22	0,48	1800	10,5	1,2
Sida2Lag3	374,9	0,4664	1200	27,4	4,1

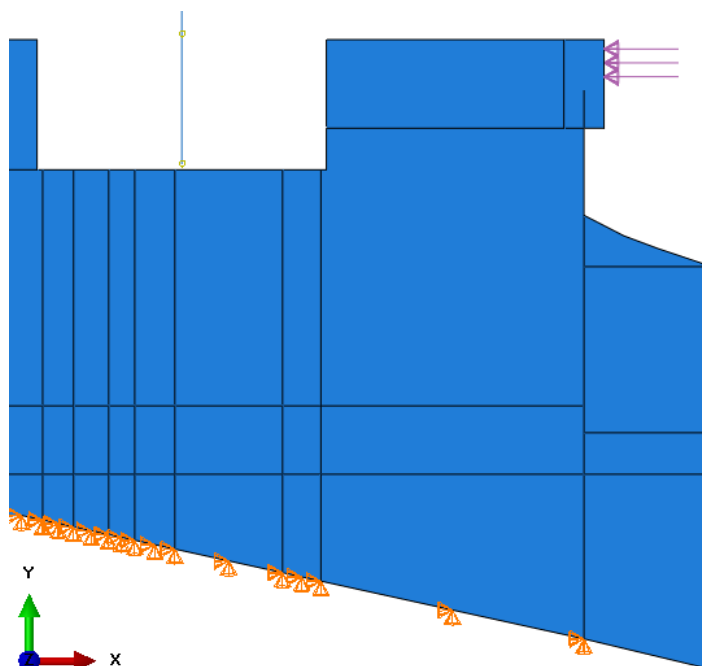
Massor vid bjälklag:

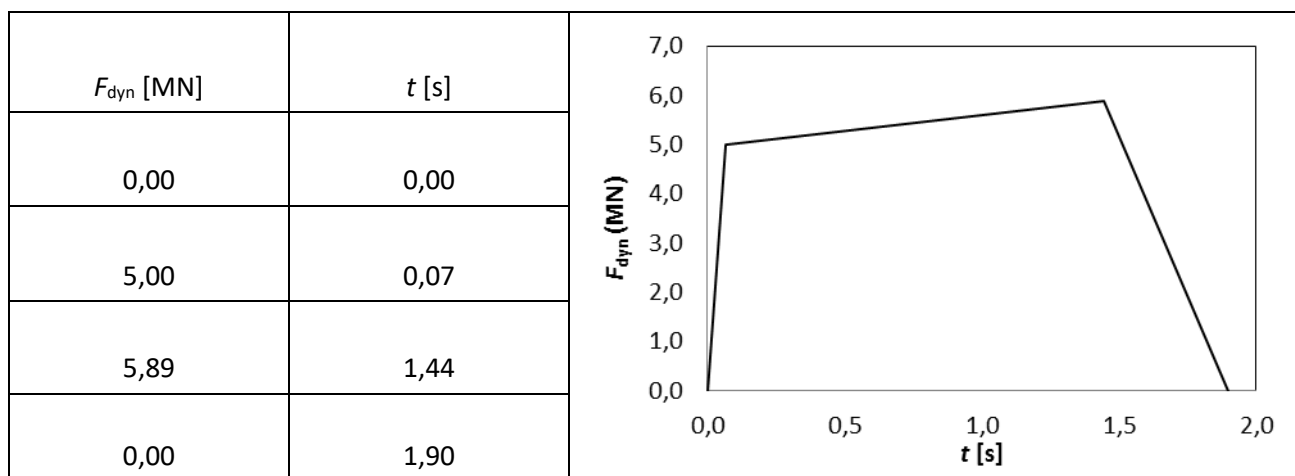
Namn	M [ton]
Btp	315.5
Plan 1	142.2
Plan 2-tak	134.1

2.3 Last

Lasten föreskrivs enligt avsnitt C.4.3 "Advanced ship impact analysis for inland waterways" i EN1991-1-7 med rättelser från EN1991-1-7:2006/AC:2010. Enligt EN1991-1-7: 4.6.2 framgår det att last ska appliceras 1.5m ovanför relevant vattennivå och spridas över en yta 0.5m x 1.0m (b x h).

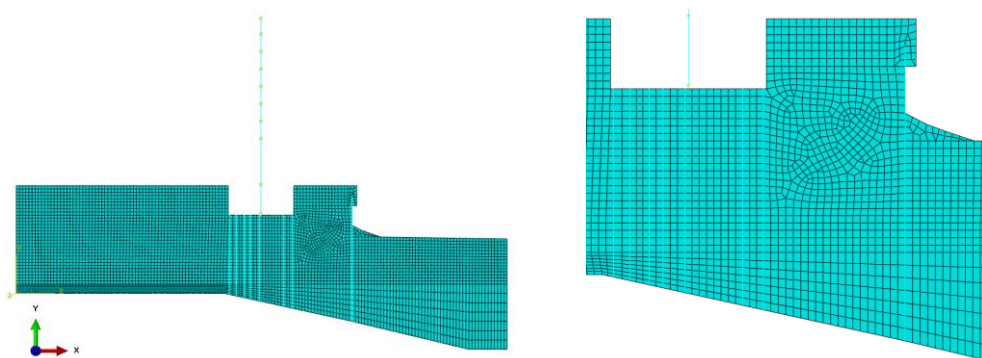
Kommentar		
α [°]	30	Påseglingsvinkel enligt rapport RE20157431-01-00
F_o [MN]	5	Kraft vid övergång mellan elastiskt/plastiskt beteende, se EN1991-1-7:2006/AC:2010 Fig C.3
c [MN/m]	60	Elastisk styvhet av båt, se EN1991-1-7:2006/AC:2010 Fig C.3
x_e [m]	0,1	Elastisk deformation, se EN1991-1-7:2006/AC:2010 Fig C.3
$m_{båt}$ [ton]	5000	Båtvikt, se EN1991-1-7 Tab. C.3
m^* [ton]	5000	
v_r [m/s]	3	Hastighet, enligt C.4.3 (Utan reduktion för påseglingsvinkel)
v_n [m/s]	1,50	Hastighet (reducerad mht påseglingsvinkel, se EN1991-1-7 Fig C.3)
E_{def} [MNm]	3,01	Kinetisk energin och reducerad map påseglingsvinkel (Ekv. C.10)
F_{dyn} [MN]	5,89	Dynamisk kollisionkraft, Ekv. C.9
F_D [MN]	5,44	se EN1991-1-7:2006/AC:2010 Fig C.3
t_r [s]	0,07	Tid med elastisk response (efter kollision), se EN1991-1-7:2006/AC:2010 Fig C.3
t_p [s]	1,38	Tid med plastiska deformationer, se EN1991-1-7:2006/AC:2010 Fig C.3
t_e [s]	0,45	Tid med elastisk response (avlastning), se EN1991-1-7:2006/AC:2010 Fig C.3





2.4 Elementnät

Jord, spont och hus har diskretiserats med en elementindelning på 0.5m.

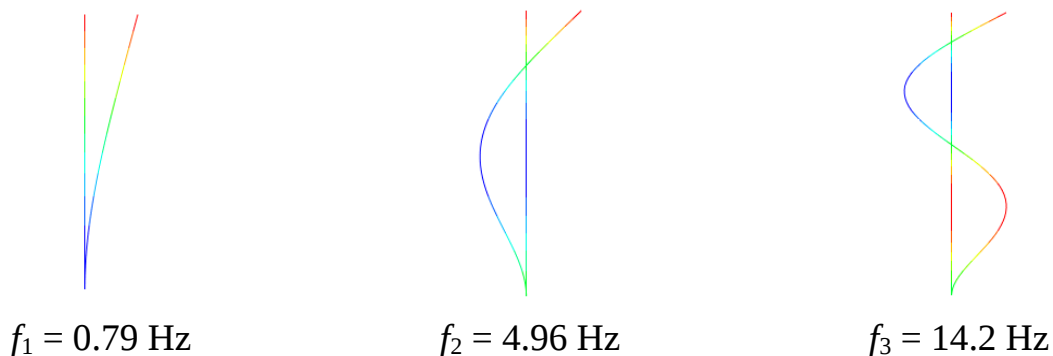


2.5 Lösninginställningar

Analyserna utförs för ett tidsförlopp av $t=5s$, med en konstant stegning på $\Delta t=0.001s$. Icke-linjära deformationer beaktas ej då de horisontella förskjutningarna är väldigt små (se Kap 3).

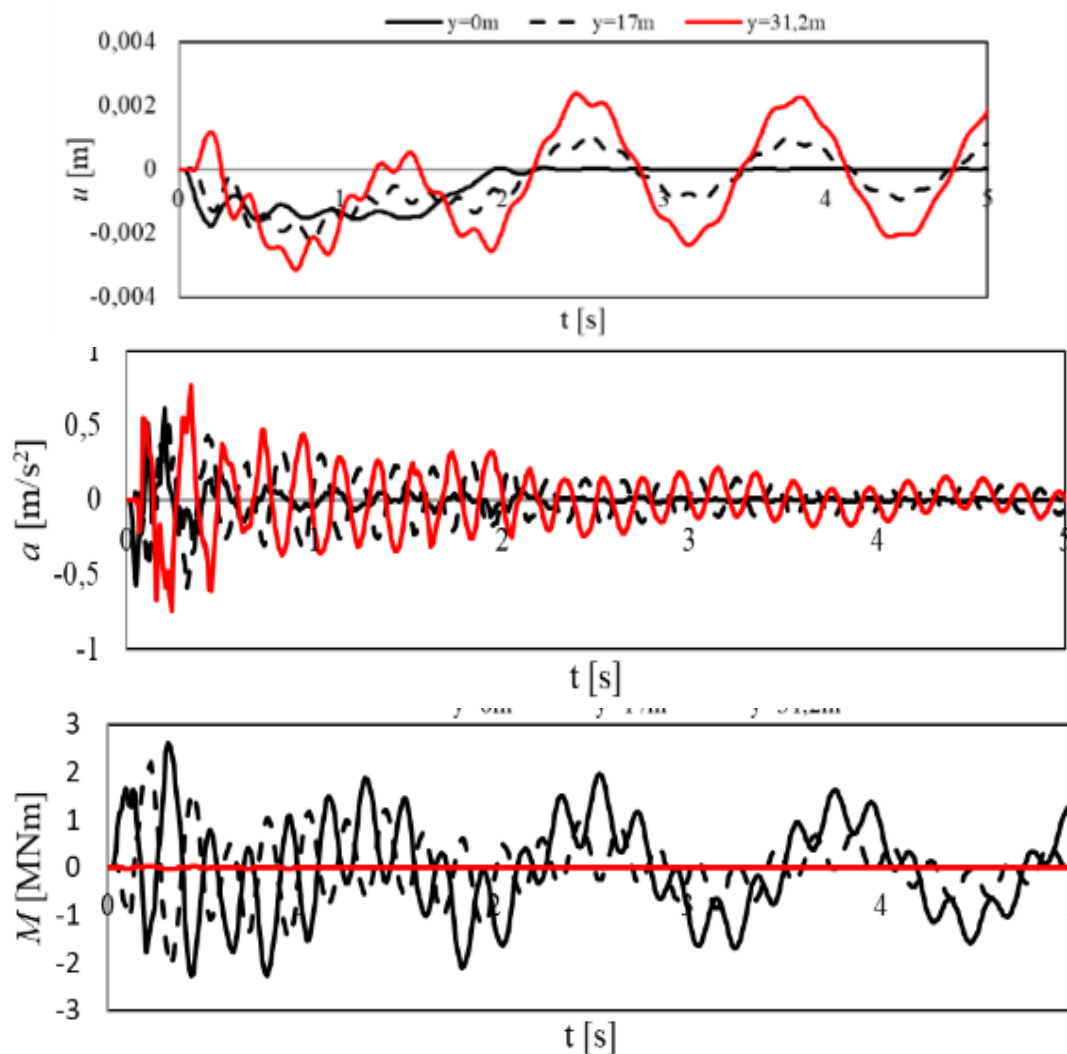
3 Resultat

3.1 Egenfrekvenser (Enbart hus)



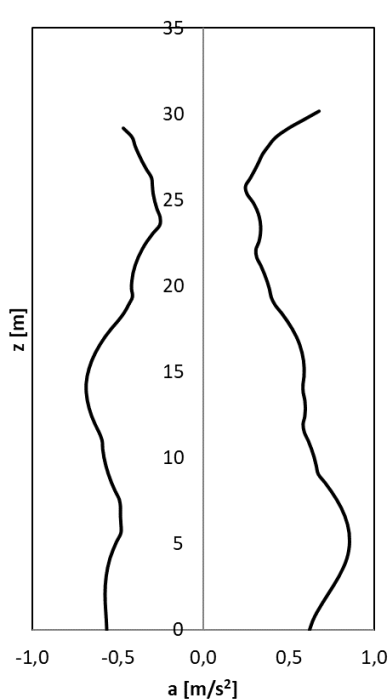
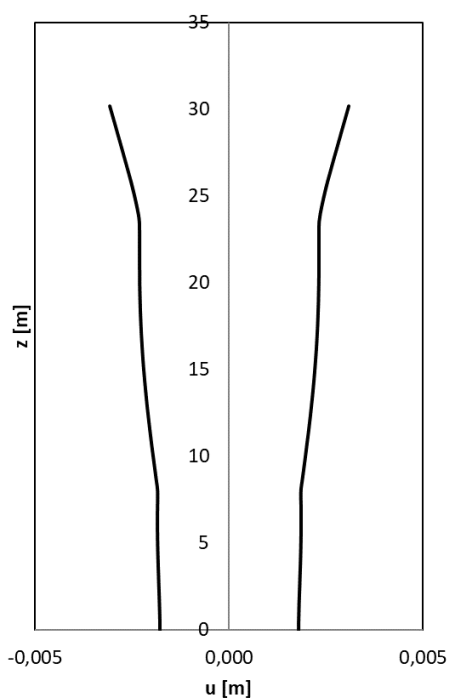
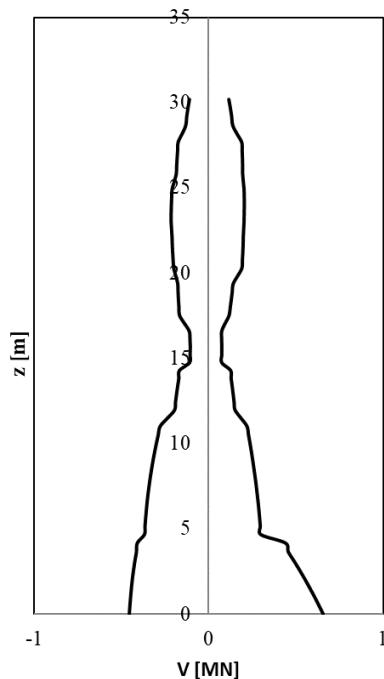
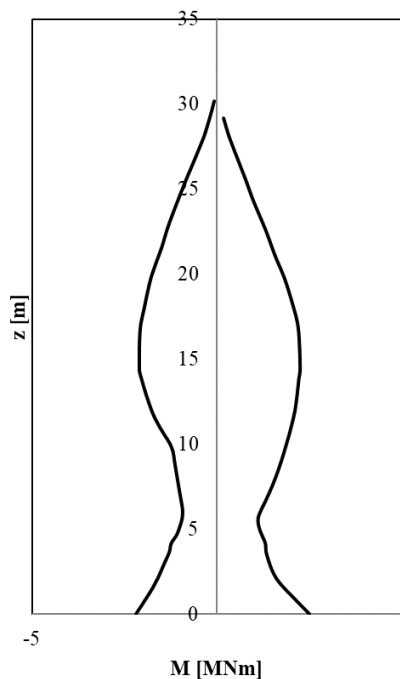
3.2 Tidsrespons i hus

I nedanstående figurer redovisas förskjutning, acceleration och moment för tre utvalda punkter längs huset.



3.3 Dimensionerande laster i hus

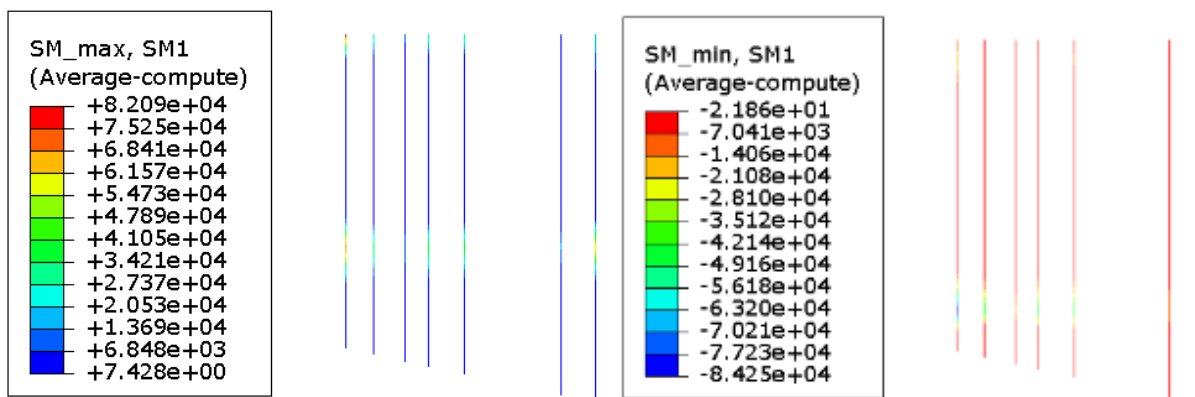
Snittkrafter i nedanstående figurer kan användas för att kontrollera att hisschaktet i hus TH41 har tillräckligt med armering. 0-nivån startar uk hus.



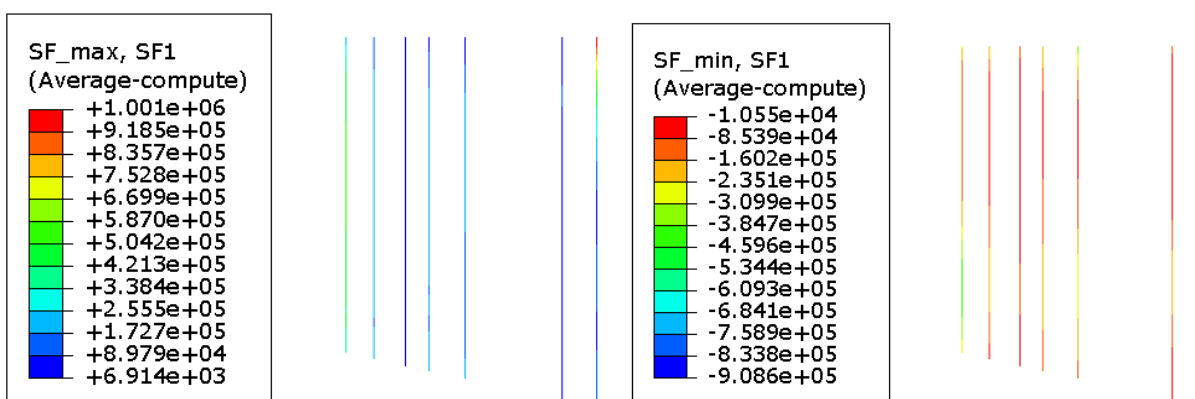
3.4 Respons i pÅlar

Snittkrafter i nedanstående figurer kan användas för att kontrollera att grundläggningen i hus TH41 har tillräckligt med kapacitet.

Moment [Nm]:

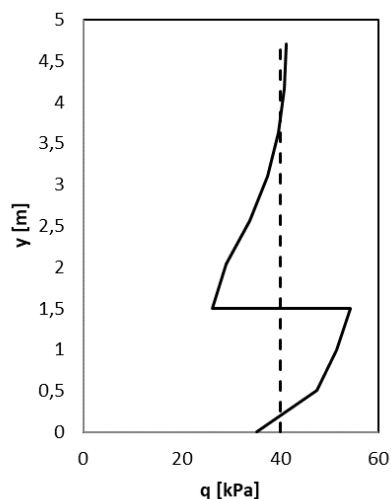


Normalkraft [N]:



3.5 Tryck mot fasad

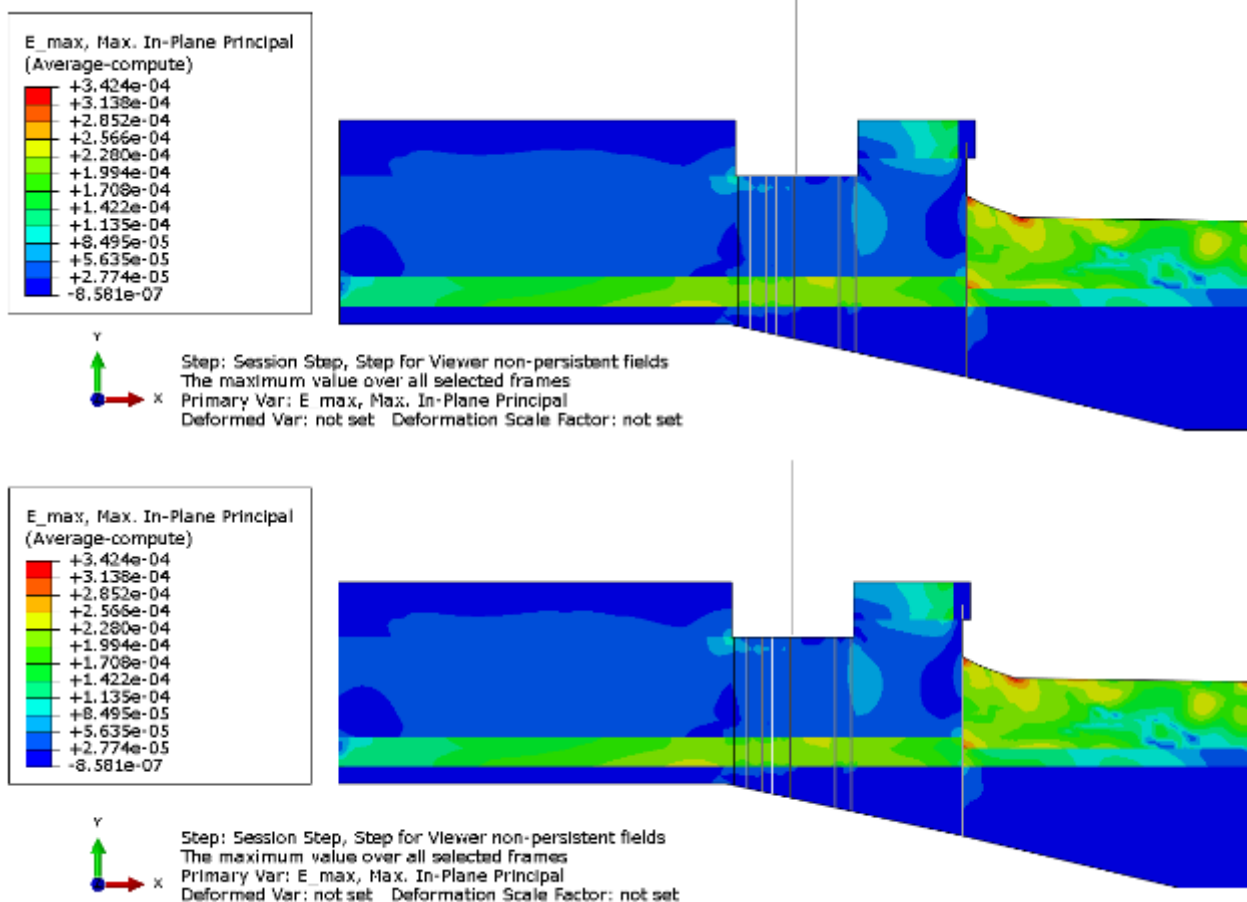
Enligt modellen blir grundtrycket mot källarvæggen:



Om ett medelvärde över väggen efterfrågas kan $q_h = 40$ kPa användas.

3.6 Töjning i jord

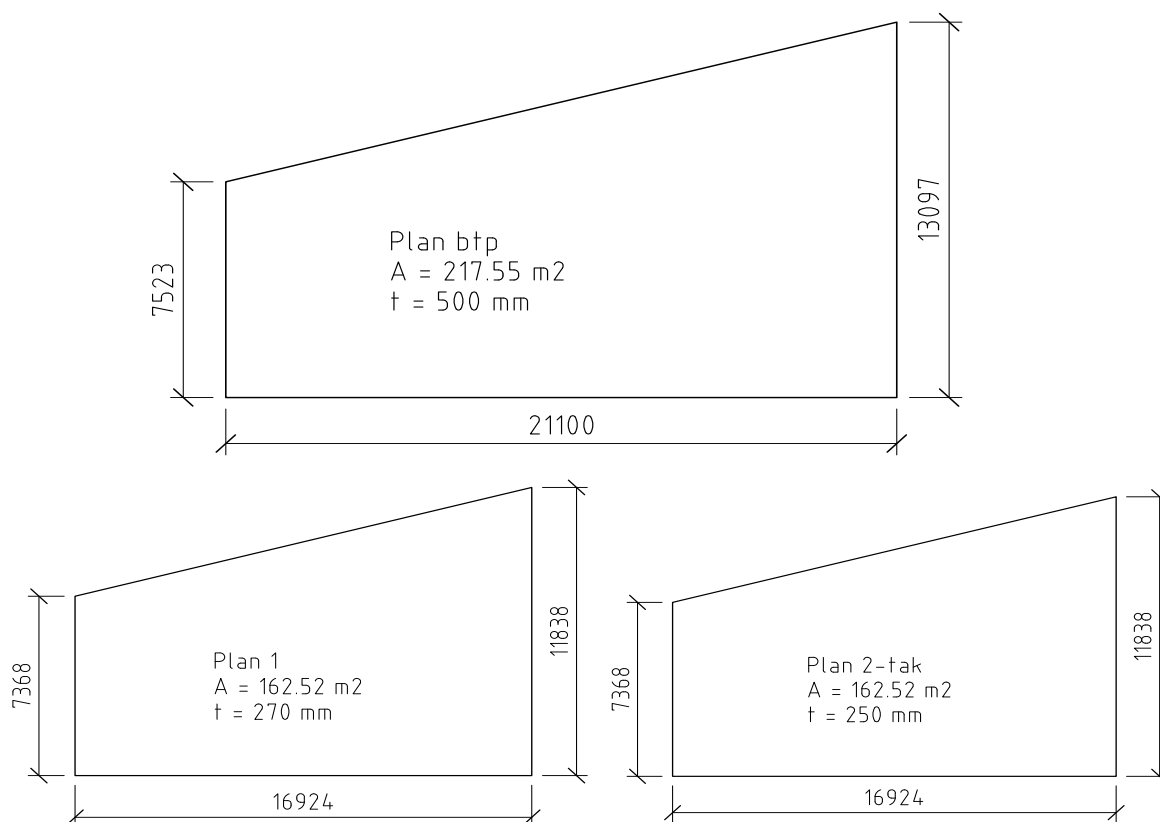
Töjningarna i jorden kan betraktas som små då $\varepsilon < 0.1 \%$ (mycket mindre i större delen av jorden). Detta medför att antagna styvheter för jorden är rimliga (Fig 5.2-6 i TK Geo 11).



Appendix A

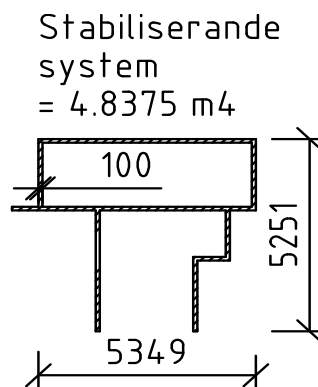
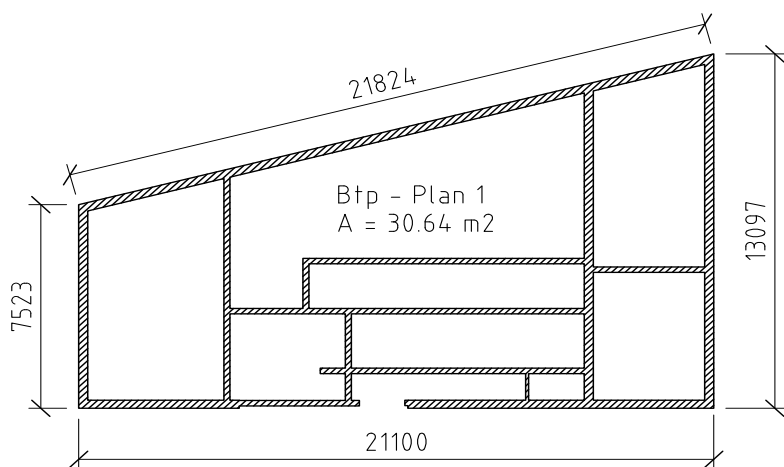
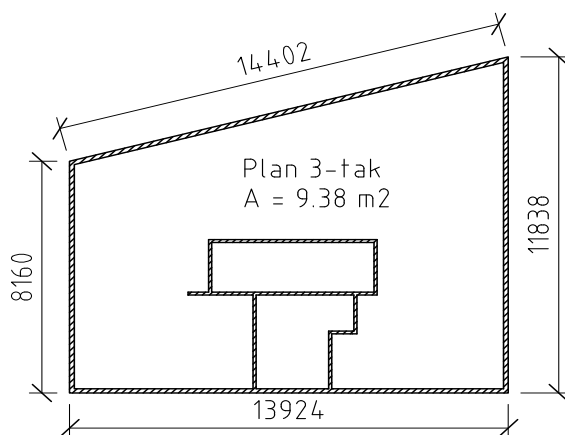
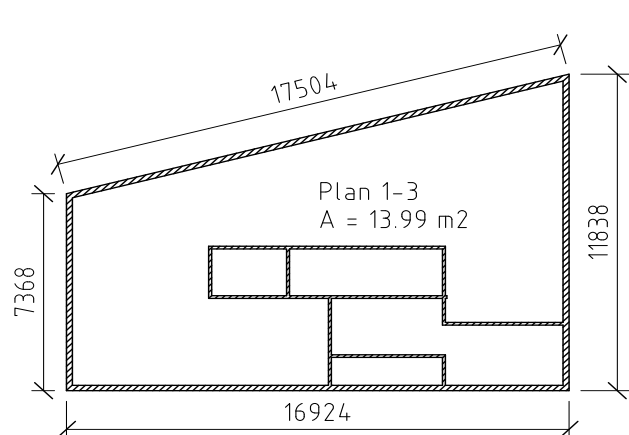
Bjälklag

Bjälklag	A [m ²]	t _{btg} [m]	ρ _{btg} [kg/m ³]	M _{btg} [kg]	t _{övr} [m]	ρ _{övr} [kg/m ³]	M _{övr} [kg]	m _{nyttig} [kg/m ²]	M _{nyttig} [kg]	M _{tot} [kg]
Btp	217,6	0,5	2500	271938	0	0	0	200	43510	315448
Plan 1	162,5	0,27	2500	109701	0	0	0	200	32504	142205
Plan 2	162,5	0,25	2500	101575	0	0	0	200	32504	134079
Plan 3	162,5	0,25	2500	101575	0	0	0	200	32504	134079
Plan 4	162,5	0,25	2500	101575	0	0	0	200	32504	134079
Plan 5	162,5	0,25	2500	101575	0	0	0	200	32504	134079
Plan 6	162,5	0,25	2500	101575	0	0	0	200	32504	134079
Plan 7	162,5	0,25	2500	101575	0	0	0	200	32504	134079
Plan 8	162,5	0,25	2500	101575	0	0	0	200	32504	134079
Tak	162,5	0,25	2500	101575	0	0	0	200	32504	134079



Väggar

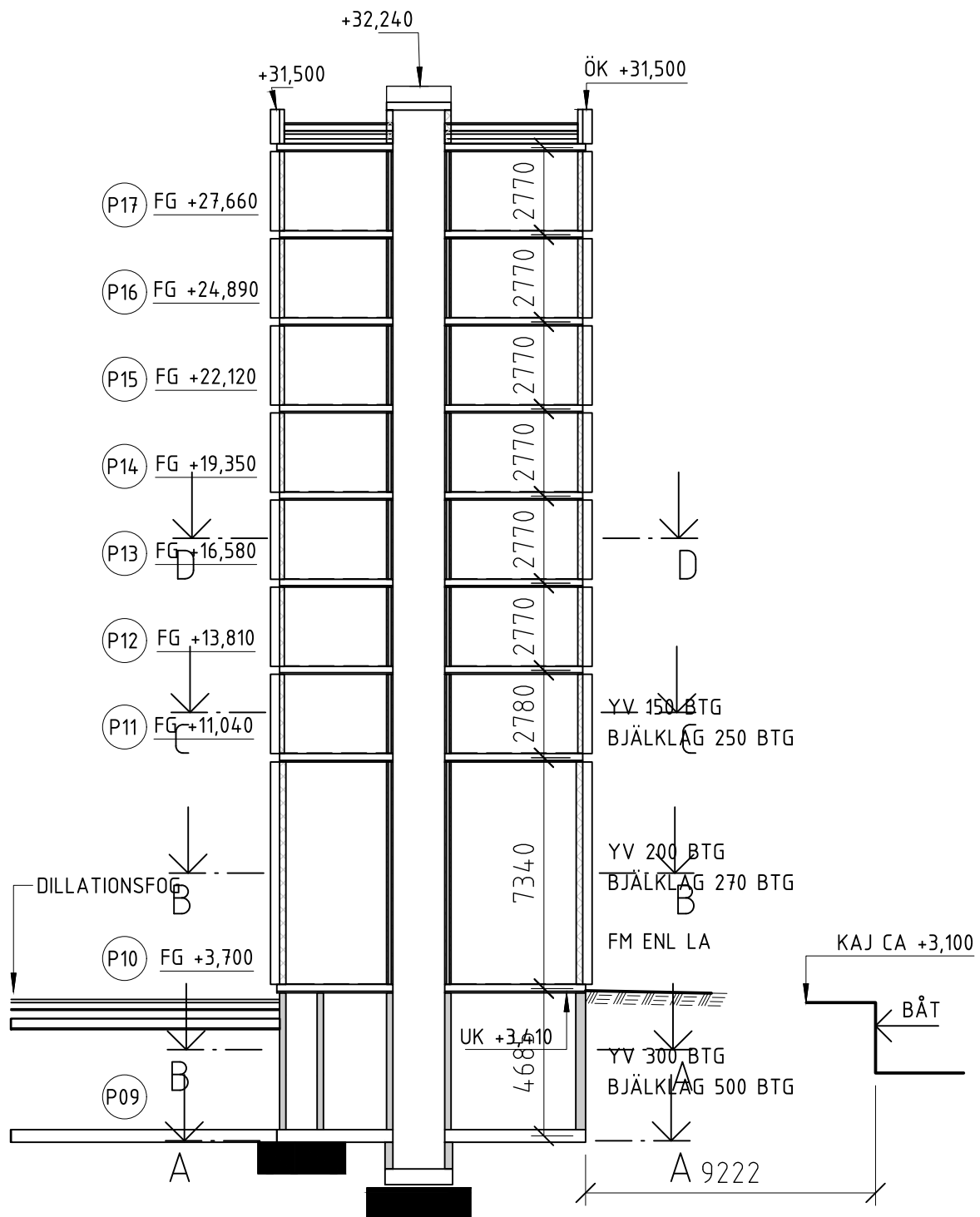
	Fasad				Innerväggar			Systemberäkning		
Plan	L	t _{tegel}	ρ _{tegel}	m	A _{btg}	ρ _{btg}	m	A	ρ _{eff}	I
	[m]	[m]	[kg/m ³]	[kg/m]	[m]	[kg/m ³]	[kg/m]	[m ²]	[kg/m ³]	[m ⁴]
Btp-Plan1	0	0	1600	0	30,6	2500	76600	30,6	2500	4,8
Plan 1-2	53,6	0,055	1600	4717	14,0	2500	34975	14,0	2837	4,8
Plan 2-3	53,6	0,055	1600	4717	14,0	2500	34975	14,0	2837	4,8
Plan 3-4	48,2	0,055	1600	4242	9,38	2500	23450	9,4	2952	4,8
Plan 4-5	48,2	0,055	1600	4242	9,38	2500	23450	9,4	2952	4,8
Plan 5-6	48,2	0,055	1600	4242	9,38	2500	23450	9,4	2952	4,8
Plan 6-7	48,2	0,055	1600	4242	9,38	2500	23450	9,4	2952	4,8
Plan 7-8	48,2	0,055	1600	4242	9,38	2500	23450	9,4	2952	4,8
Plan 8-tak	48,2	0,055	1600	4242	9,38	2500	23450	9,4	2952	4,8



Uppdragsnamn	Uppdragsnummer	Sida
Upprättat av	Datum	Reviderat den

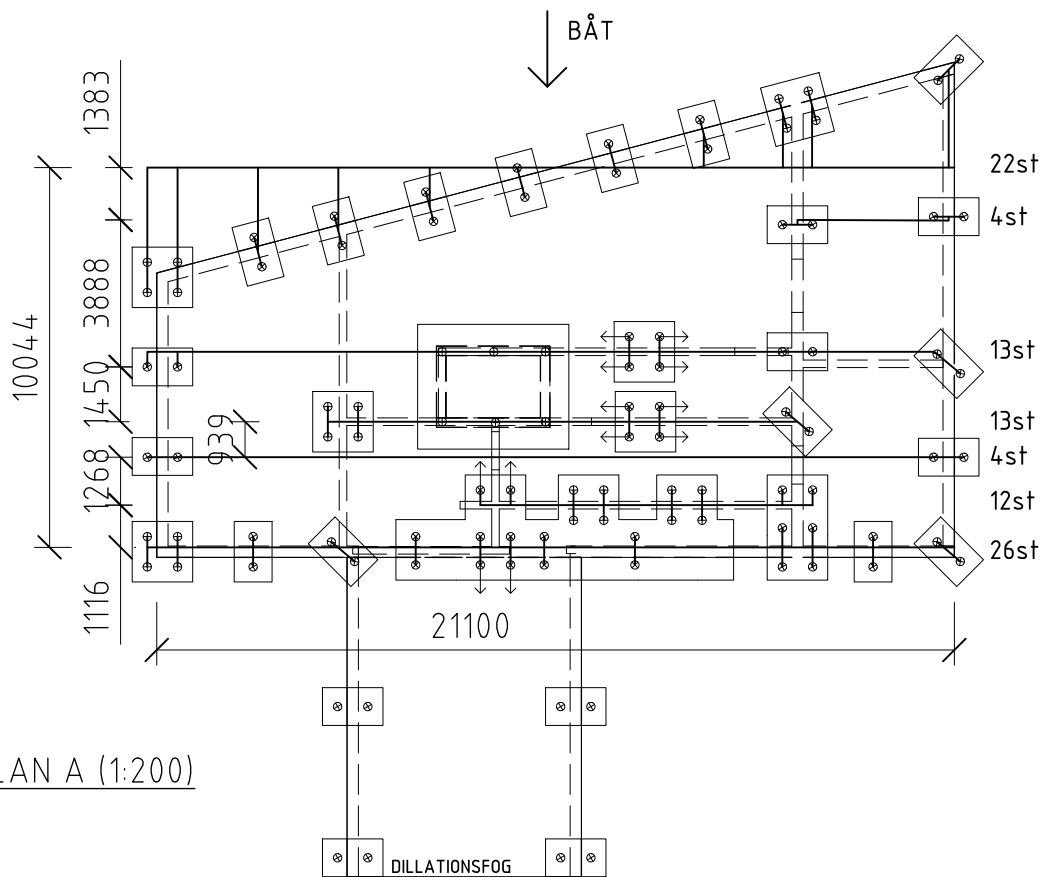
Appendix B

Elevation 1:200

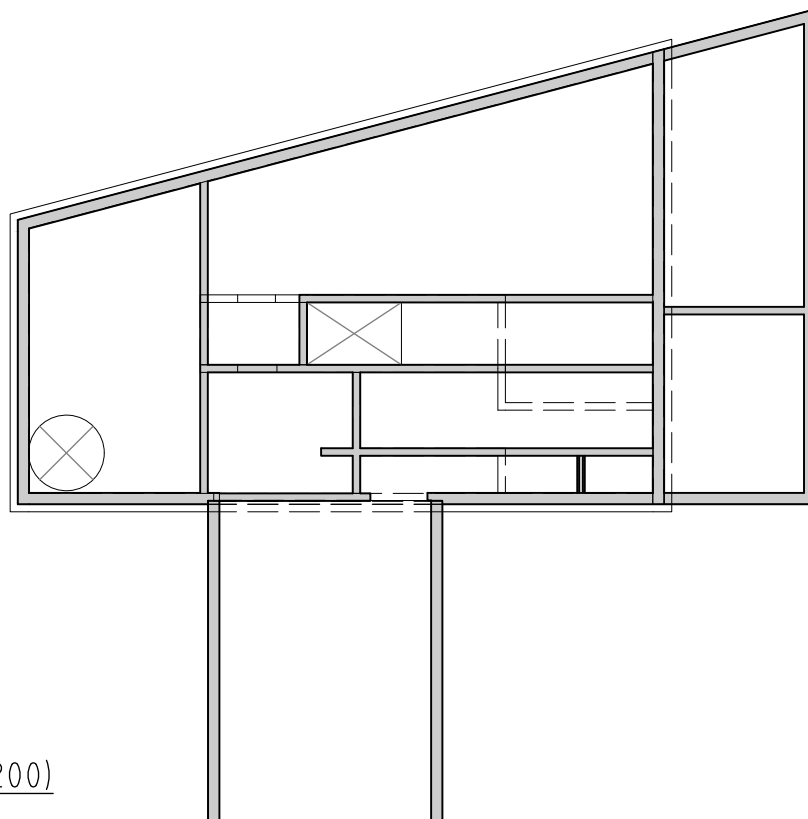


Uppdragsnamn	Uppdragsnummer	Sida
Upprättat av	Datum	Reviderat den

Pålplan/plan 1:200



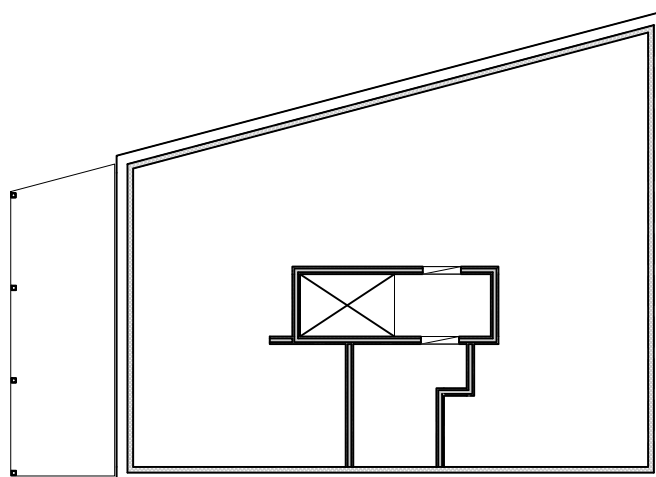
PLAN A (1:200)



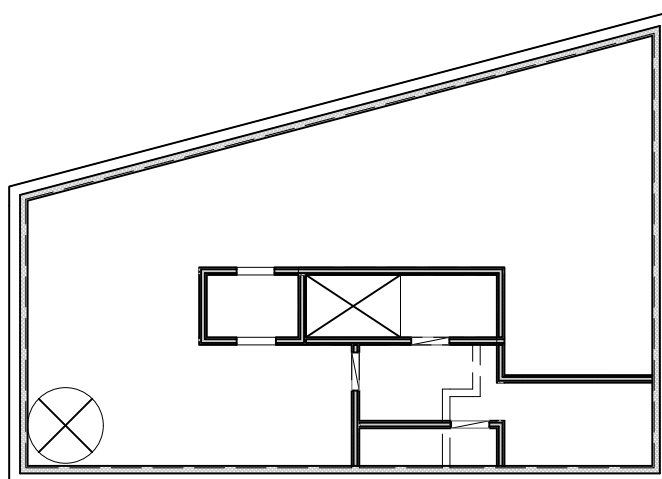
PLAN B (1:200)

Uppdragsnamn	Uppdragsnummer	Sida
Upprättat av	Datum	Reviderat den

planer 1:200



PLAN D (1:200)



PLAN C (1:200)