



Author
Axel Lehmann
Phone
+46 10 505 15 28

Date
2016-03-21
Project ID
713028

E-mail
axel.lehmann@afconsult.com

Client
Norrtälje kommun

Norrtälje hamn, Norrtälje

Pir med omgivning

Geoteknisk utredning

ÅF-Infrastructure AB

Axel Lehmann
Handläggare

Mikael Johansson
Granskare



Innehåll

1	Uppdrag	3
2	Objektbeskrivning	3
3	Underlag	4
4	Utförda undersökningar	4
5	Mark- och jordlagerförhållanden	4
5.1	Topografi	4
5.2	Vegetation	4
5.3	Geotekniska förhållanden	4
5.3.1	Allmänt	4
5.3.2	Pir med omgivning	4
6	Geohydrologiska förhållanden	5
6.1	Jordens materialegenskaper	5
6.1.1	Piren och dykdalberna	6
6.1.2	Strandpromenaden	7
7	Sättningar	8
7.1	Östra kajen och strandpromenaden	8
7.2	Nya piren	8
8	Stabilitetsförhållanden	8
8.1	Strandpromenaden	8
8.2	Östra kajen och Piren	9
9	Rekommendationer	9
9.1	Grundläggning	9
9.1.1	Östra kajen	9
9.1.2	Nya piren	9
9.1.3	Strandpromenaden	10
9.2	Schaktning	10
9.3	Kompletterande undersökningar	10

Bilaga 1	B280 Inspektion av pir och dykdalber, Norrtälje hamn, 14 sidor
----------	--



PM GEOTEKNIK

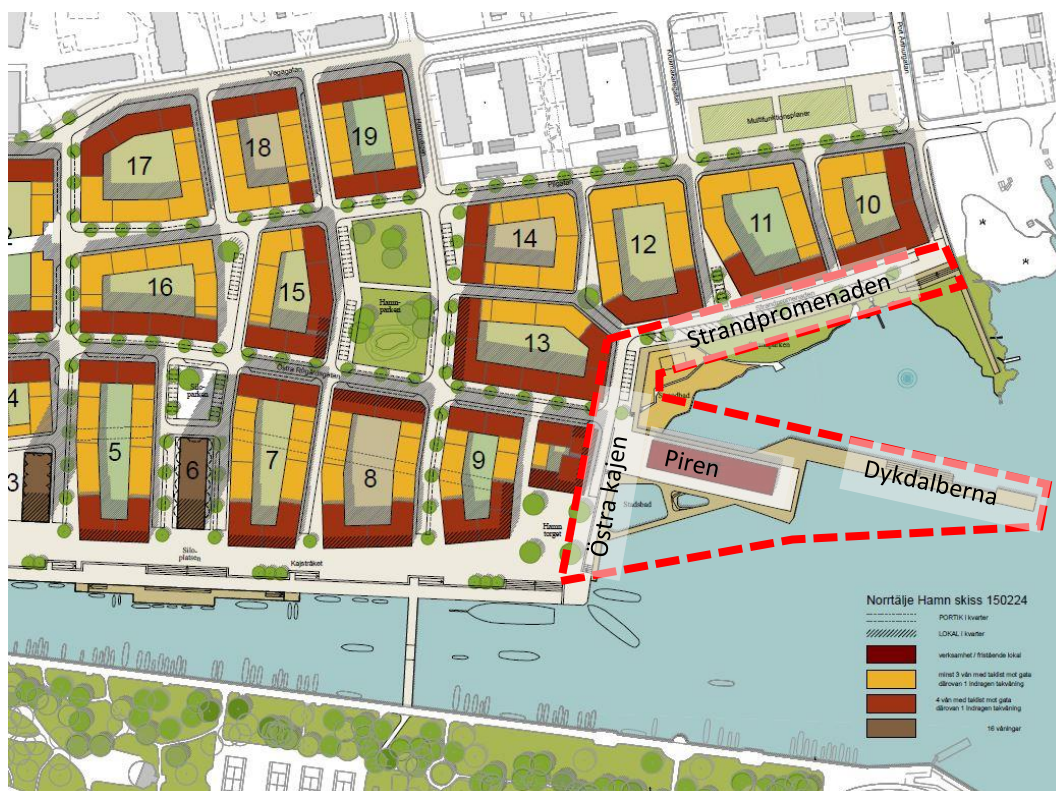
1 Uppdrag

På uppdrag av Norrtälje kommun har ÅF Infrastructure utfört en geoteknisk markundersökning inför detaljplanearbetet för sex olika delar kring Norrtälje hamn i Norrtälje.

Dessa delar är:

- Gång och cykelbro över hamninlopp
- Ombyggnad av pir och kaj
- Småbåtshamn. Tälje s:30
- Exploatering av kvarter 17-19
- Exploatering av kvarter 8, 15-16 samt park
- Exploatering av kvarter 9-14

Detta PM behandlar endast delområde pir och kaj. Se figur 1.1 nedan.



Figur 1.1 Delområde ombyggnad av pir och kaj

I uppdraget har även ingått inspektion av befintlig pir och dykdalber för att utröna dess nuvarande kondition. Se bilaga 1, "B280 Inspektion av pir och dykdalber, Norrtälje hamn", daterad 2015-11-30.

2 Objektbeskrivning

För detta deluppdrag planeras det att byggas en ny pir i samma läge som den befintliga samt en förlängning av piren ungefär i läge för befintliga dykdalber. Vidare planeras en ny strandpromenad och eventuellt ett utomhusbad. På piren planeras eventuellt en ny byggnad för ännu ej känd verksamhet. Östra kajens och strandpromenadens färdiga markhöjd planeras att bli +2 m.



PM GEOTEKNIK

3 Underlag

Underlag som använts vid framtagande av detta PM är:

- Markteknisk undersöknings rapport Norrtälje hamn, Pir med omgivning 713028, ÅF Infrastructure AB, daterad 2016-03-21
- Markteknisk undersökningsrapport Norrtälje hamn 13U22495-100, Bjerking AB, daterad 2013-09-06, rev 2013-12-20
- PM Geoteknik Norrtälje hamn 13U22495-100, Bjerking AB, daterad 2013-09-06, rev 2013-12-20
- Reparation av nordöstra kajen – förstudie 2142696, Sweco VBB, daterad 2006-12-21

4 Utförda undersökningar

Sondering i, och provtagning av jord har utförts av ÅF Infrastructure AB under november till december 2015. Förutom att geotekniska parametrar undersökts, har prov lämnats in på laboratorium för geoteknisk analys. Se MUR daterad 2016-02-26.

Inspektion av befintlig pir och dykdalber utfördes i november 2015. Se bilaga 1, "B280 Inspektion av pir och dykdalber, Norrtälje hamn", daterad 2015-11-30.

5 Mark- och jordlagerförhållanden

5.1 Topografi

Inmätta borrhäls punkter har på land en nivå som varierar mellan ca +0,5 och +2,0 längs nuvarande kaj. I läget för planerad strandpromenad ligger marknivån på mellan +1,0 och +0,0. Befintlig pirs marknivå varierar mellan +1,0 och +1,3 (höjdsystem RH00).

Sjöbotten utanför befintlig kaj och längs piren södra sida ligger på ca nivå -6,5 till -7. Längs med dykdalberna ligger sjöbotten på ca nivå -6 till -6,5 (höjdsystem RH00).

5.2 Vegetation

Marken längs befintlig kaj och på piren består av hårdgjorda ytor. Inom planerad strandpromenad består marken av dels en grusad yta och dels ett område med vass.

5.3 Geotekniska förhållanden

5.3.1 Allmänt

Sett på Norrtälje hamns område generellt är marken överst utfylld. Därunder följer gyttja, gyttjelera, lera på lermorän på berg. De lösa sedimenten som gyttja och lera är tunnare i den södra hamndelen, d.v.s. i Societetsparken, samtidigt som sedimentmaktigheten ökar norrut i området. Sedimentmaktigheten är som störst mellan norra kajen och Såggatan. Därefter minskar maktigheten åter.

5.3.2 Pir med omgivning

5.3.2.1 Östra kajen

Östra kajen är uppbyggd med en bakåtförankrad spont som nyligen installerats utanför en äldre spont. Innanför spontan har ett påldäck byggts. Då dessa byggnationer pågått vid undersökningstillfället så har inga undersökningar utförts på själva kajen. Det finns dock tidigare utförda undersökningar i befintlig kajlinje samt undersökningar utförda på vatten av ÅF strax utanför kajen.



I kajen finns överst ca 2-5 m fyllning bestående av mestadels grus och sand, men även tegelrester och leca (lättfyllning) har påträffats. På djupet har fyllningen blandats med den underliggande gyttjan/leran.

Under fyllningen följer mycket lös gyttja eller gyttjelera med en mäktighet på ca 5 m. Gyttjan/gyttjeleran underlagras av ett upp till 30 m mäktigt lager lermorän på berg. Bergnivån har påträffats på mellan 39 och 41 m djup.

5.3.2.2 Piren

Befintlig pir består på dess södra och östra sida av en bakåtförankrad spont med en krönbalk av armerad betong. På pirens norra sida utgörs den av en plattformskaj uppbyggd som en armerad betongplatta på betongpålar i fyra rader.

Vattendjupet strax söder om piren är ca 7 m. Sjöbotten består av 2-2,5 m fyllning täckt av ca 0,5 m avsatt sediment. Därunder följer omkring 4 m löst sediment, troligen gyttja och lera, på lermorän på berg. Hejarsonderingar har stoppat på 20 till 24 m djup under vattenytan. Bergnivån har inte undersökts här.

5.3.2.3 Dykdalberna

Dykdalberna utgörs av 6 st mindre betongkonstruktioner grundlagda på 5 träpålar vardera och en större betongkonstruktion grundlagd på 3 pålgrupper med 7 till 8 pålar vardera. Förutom dessa finns ytterliga tre dykdalber grundlagda på 8-10 betongpålar vardera strax norr om de 6 som är grundlagda med träpålar.

Vattendjupet kring dykdalberna är ca 6 m. Sjöbotten består här av 4 till 8 m gyttja och lera följt av lermorän på berg. Hejarsonderingar har stoppat på 20 till 27 m djup under vattenytan. Bergnivån har inte undersökts här.

5.3.2.4 Strandpromenaden

Marken i området består överst av 0-1 m fyllning på 8 till 10 m gyttja och lera följt av lermorän på berg. Hejarsonderingar har stoppat på 14 till 24 m djup under vattenytan. Bergnivån har påträffats i endast en undersökningspunkt, på ca 24 m djup längst öster ut. I samma undersökningspunkt har även block påträffats på 20-21 m djup. I undersökningspunkt BG62 har större sten eller block påträffats på 6-7 m djup.

6 Geohydrologiska förhållanden

Inga grundvattenobservationsrör finns inom delområdet. I befintligt grundvattenrör BG1030W ca 30 m norr om undersökningspunkt BG70 har grundvattennivån uppmäts till mellan +0,3 (2013-07-03) och +0,6 m (2013-06-03). Marknivån vid grundvattenröret är +1,2 m. Grundvattennivån kan förväntas avta söderut till havsnivån.

Havsnivån låg på mellan +0,0 och -0,5 vid undersökningstillfället.

6.1 Jordens materialegenskaper

Vid dimensionering av grundkonstruktioner skall geoteknisk kategori 2 väljas enligt SS-EN 1997.



PM GEOTEKNIK

6.1.1 Piren och dykdalberna

För **fyllningen** gäller nedan dimensionerande värden för respektive egenskaper:

Egenskap	Djup (m)	Härlett värde, X	η	Karaktäristiskt värde, X_k	Partial-koefficient, γ_M		Dimensionerande värde, X_d
Friktionsvinkel (grader)		35	0,95	33,6	γ_f	1,3	25,9
Elasticitetsmodul (MPa)		19	0,90	17,1	γ_E	1,5	11,4
Tunghet (kN/m ³)		19	1,00	19,0	γ_γ	1,0	19,0

Härledda värden för elasticitetsmodul är empiriskt värde valt enligt TK Geo 13, 5.2.2.5.2. Härledda värden för friktionsvinkel är empiriskt värde valt enligt TK Geo 13, 5.2.2.8. Härledda värden för tunghet är empiriskt värde valt enligt TK Geo 13, 5.2.2.2.1.

För **gyttjan/gyttjeleran** gäller nedan dimensionerande värden för respektive egenskaper:

Egenskap	Djup (m)	Härlett värde, X	η	Karaktäristiskt värde, X_k	Partial-koefficient, γ_M		Dimensionerande värde, X_d
Odränerad skjuvhållfasthet (kPa)	7	3,4	0,90	3,1	γ_{cu}	1,5	2,0
	13	10	0,90	9,0	γ_{cu}	1,5	6,0
Tunghet (kN/m ³)	7-13	14,0	1,00	14,0	γ_γ	1,0	14,0

Värden mellan angivna djup beräknas genom interpolering.

Härledda värden för skjuvhållfasthet är bedömt utifrån utvärdering av CPT-sondering och fältvingförsök. Härlett värde för tunghet är empiriskt värde valt enligt TK Geo 13, 5.2.2.2.1. Skjuvhållfastheten har reducerats med avseende på flygränsen enligt 5.2-4 i TK Geo 13, 5.2.3.6.1.4 Fallkonförsök.

För **lermoränen** gäller nedan dimensionerande värden för respektive egenskaper:

Egenskap	Djup (m)	Härlett värde, X	η	Karaktäristiskt värde, X_k	Partial-koefficient, γ_M		Dimensionerande värde, X_d
Odränerad skjuvhållfasthet (kPa)	13	10	0,90	9,0	γ_{cu}	1,5	6,0
	16	130	0,90	117,0	γ_{cu}	1,5	78,0
Tunghet (kN/m ³)	13-16	22,0	1,00	22,0	γ_g	1,0	22,0

Värden mellan angivna djup beräknas genom interpolering.



PM GEOTEKNIK

Härledda värden för skjuvhållfasthet är bedömt utifrån utvärdering av CPT-sondering. Härlett värde för tunghet är empiriskt värde valt enligt TK Geo 13, 5.2.2.2.1.

6.1.2 Strandpromenaden

För **fyllningen** gäller nedan dimensionerande värden för respektive egenskaper:

Egenskap	Djup (m)	Härlett värde, $\bar{X}$	η	Karaktäristiskt värde, X_k	Partial-koefficient, γ_M		Dimensionerande värde, X_d
Friktionsvinkel (grader)		35	0,95	33,6	$\gamma_{\phi'}$	1,3	25,9
Elasticitetsmodul (MPa)		19	0,90	17,1	γ_E	1,5	11,4
Tunghet (kN/m ³)		19	1,00	19,0	γ_γ	1,0	19,0

Härledda värden för elasticitetsmodul är empiriskt värde valt enligt TK Geo 13, 5.2.2.5.2. Härledda värden för friktionsvinkel är empiriskt värde valt enligt TK Geo 13, 5.2.2.8. Härledda värden för tunghet är empiriskt värde valt enligt TK Geo 13, 5.2.2.2.1.

För **gyttjan/gyttjeleran** gäller nedan dimensionerande värden för respektive egenskaper:

Egenskap	Djup (m)	Härlett värde, $\bar{X}$	η	Karaktäristiskt värde, X_k	Partial-koefficient, γ_M		Dimensionerande värde, X_d
Odränerad skjuvhållfasthet (kPa)	7	3,4	0,90	3,1	γ_{cu}	1,5	2,0
	13	10	0,90	9,0	γ_{cu}	1,5	6,0
Tunghet (kN/m ³)	7-13	14,0	1,00	14,0	γ_γ	1,0	14,0

Värden mellan angivna djup beräknas genom interpolering.

Härledda värden för skjuvhållfasthet är bedömt utifrån utvärdering av CPT-sondering och fältvingförsök. Härlett värde för tunghet är empiriskt värde valt enligt TK Geo 13, 5.2.2.2.1. Skjuvhållfastheten har reducerats med avseende på flygränsen enligt 5.2-4 i TK Geo 13, 5.2.3.6.1.4 Fallkonförsök.

För **lermoränen** gäller nedan dimensionerande värden för respektive egenskaper:

Egenskap	Djup (m)	Härlett värde, $\bar{X}$	η	Karaktäristiskt värde, X_k	Partial-koefficient, γ_M		Dimensionerande värde, X_d
Odränerad skjuvhållfasthet (kPa)	13	10	0,90	9,0	γ_{cu}	1,5	6,0
	16	130	0,90	117,0	γ_{cu}	1,5	78,0
Tunghet (kN/m ³)	13-16	22,0	1,00	22,0	γ_γ	1,0	22,0



Värden mellan angivna djup beräknas genom interpolering.

Härledda värden för skjuvhållfasthet är bedömt utifrån utvärdering av CPT-sondering. Härlett värde för tunghet är empiriskt värde valt enligt TK Geo 13, 5.2.2.2.1.

7 Sättningar

7.1 Östra kajen och strandpromenaden

Jorden i området består till stora delar av sättningsbenägen lera med mellan 6 och 10 m mäktighet. Om marknivån höjs till planerade +2 m kommer oacceptabelt höga sättningar att uppstå här om inga förstärkningsåtgärder utförs. Överslagsmässigt beräknas sättningarna bli 30-40 cm. Sättningarna över området kan dock bli större eller mindre beroende på om marken utsätts för högre eller lägre belastning, eller om den sättningsbenägna leran har större eller mindre mäktighet.

7.2 Nya piren

Enligt i detta dokument bilaga 1 "B280 Inspektion av pir och dykdalber, Norrtälje hamn" har sjunkhål uppstått i ytbeläggningen längs spontkajen. I hålen kan konstateras att fyllningen innanför har satt sig upp till 1,5 m. Om planerad markhöjning utförs till nivå +2 m kommer marken belastas med ytterligare ca 2,5 m fyllning, vilket innebär att marken sätter sig ytterligare om inga förstärkningsåtgärder utförs.

8 Stabilitetsförhållanden

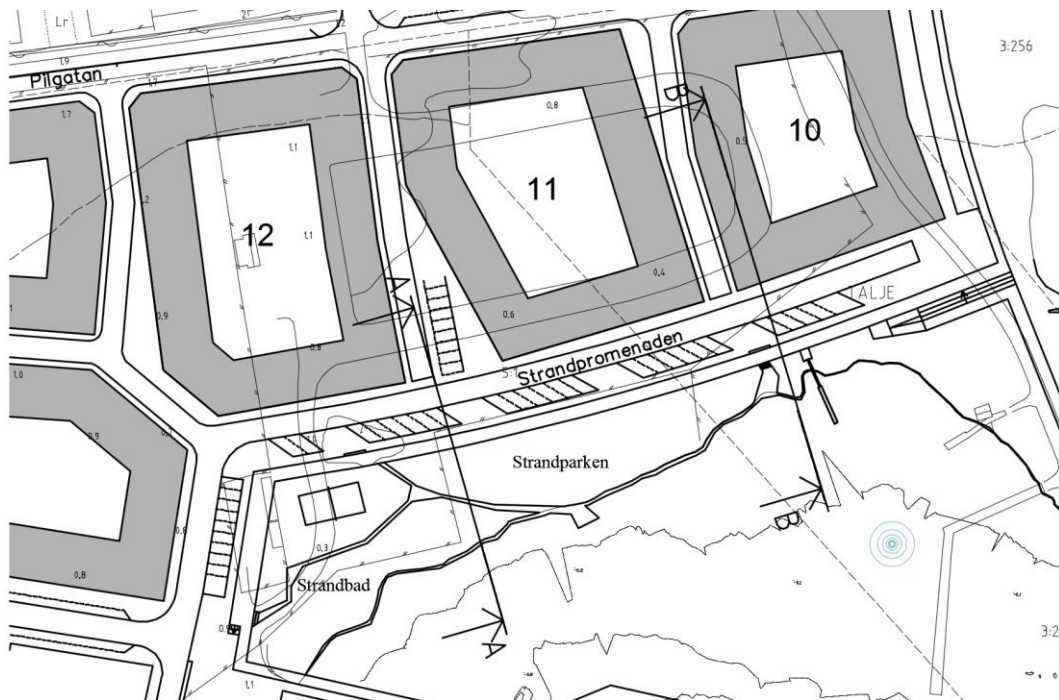
8.1 Strandpromenaden

I nedan tabell presenteras beräknade säkerhetsfaktorer för olika lastförutsättningar på strandpromenaden om inga förstärkningsåtgärder vidtas. Marknivån är planerad till +2 m. Säkerhetsfaktorerna har beräknats med kombinerad analys. För godtagbar säkerhet mot stabilitetsbrott ska säkerhetsfaktorn F_{komb} vara större än 1,35–1,45.

Sektion	Markytans nivå	Last på parkering	Last på gångstråk	Lasternas utbredning	Lasternas avstånd från kajkant	F_{komb}
A-A	+2	Ingen	Ingen	-	-	1,77
	+2	20 kPa	5 kPa	6 m, 4 m	7,5 m, 1 m	1,31
	+0	Ingen	20 kPa	6 m	1 m	2,59
B-B	+2	Ingen	Ingen	-	-	1,35
	+2	20 kPa	5 kPa	6 m, 4 m	7,5 m, 1 m	1,03
	+0	Ingen	20 kPa	6 m	1 m	2,35

Skillnaden i säkerhet mot stabilitetsbrott mellan sektionerna beror på nivåskillnaden mellan befintlig markyta och planerad är större i sektion B-B. Se figur 8.1 nedan.

Sammanfattningsvis kan man säga att risken för skred är överhängande om man inte utför några förstärkningsåtgärder för strandpromenaden.



Figur 8.1 Beräkningssektionernas lägen i plan

8.2 Östra kajen och Piren

Inga stabilitetsberäkningar har utförts för dessa delar då risken för stabilitetsbrott utan stödkonstruktion är ganska uppenbar pga. den höga nivåskillnaden mellan planerad marknivå och intilliggande sjöbotten.

9 Rekommendationer

9.1 Grundläggning

9.1.1 Östra kajen

Östra kajen bör liksom närliggande kaj utföras med en ny bakåtförankrad spont som installeras utanför den gamla, samt ett påldäck grundlagt på spetsburna pålar slagna till berg innanför denna spont. Spontfot slås till minst nivå -12 m. Bakåtförankringen rekommenderas att utgöras av jordankare.

9.1.2 Nya piren

Den södra sk spontkajen bör föras med en ny bakåtförankrad spont utanför den gamla. Spontfot slås till minst nivå -12 m. Bakåtförankringen rekommenderas att utgöras av jordankare. Innanför spanten byggs ett påldäck som grundläggs på spetsburna pålar slagna till berg. Då den befintliga fyllningens sammansättning är okänd och potentiellt kan innehålla grova massor kan grundläggningen av påldäcket behöva utföras med borrade stålplålar.

För den norra sk plattformskajen kan befintligt påldäck i stort sett behållas i nuvarande skick. Däcket föras efter bilning med ett nytt ytskikt. Detta förutsätter dock att ingen större byggnad än 1 våning planeras byggas på piren.



PM GEOTEKNIK

Den nya planerade förlängningen av piren österut behöver grundläggas på pålar. Dessa kan eventuellt vara mantelburna kohesionspålar drivna ner till den fastare delen av lermoränen, dvs. nivåer mellan -20 till -25 m. Detta måste dock verifieras med provpålning och statisk provbelastning.

9.1.3 Strandpromenaden

Den planerade strandpromenaden kommer av stabilitetsskäl behöva utföras som ett påldäck med mur som grundläggs på spetsburna pålar slagna till berg.

Alternativt kan strandpromenaden utföras som en bakåtförankrad spont. Bakåtförankringen rekommenderas att utgöras av jordankare. Planerad markuppfyllnad innanför sponten kommer dock att ge upphov till sättningar och måste därför förstärkas med förslagsvis kalkcementpelare installerade till överkant lermorän. Dock måste man först verifiera om kalkcementförstärkning fungerar genom att utföra inblandningsförsök på geotekniskt laboratorium.

9.2 Schaktning

Några djupare schakt är nog inte aktuella inom delområdet, men i läget för strandpromenaden är grundvattnets trycknivå hög (nära markytan). Detta ökar risken för hydraulisk bottenuppträckning vid schakt, vilket ska beaktas.

9.3 Kompletterande undersökningar

Provgropsgrävningar bör utföras i befintlig pir för att klargöra fyllningens sammansättning.

Kompletterande jordbergsondering bör utföras för pir och strandpromenad för att verifiera pållängder.

Inblandningsförsök bör göras i geotekniskt laboratorium på upptagna lerprover.



Bilaga 1

B280 Inspektion av pir och dykdalber

Norrtälje hamn