

## Förstudie huvudvattenledning



V1000 Hässelby Holme  
Stockholm Vatten



2017-04-12

Uppdragsnr: 16123

Status: Granskningshandling

## Förstudie huvudvattenledning

V1000 Hässelby Holme  
Stockholm Vatten

### Beställare

Stockholm Vatten  
Tommy Giertz

### Konsult

Vatten & Miljöbyrån i Sverige AB  
Bergvikskurvan 11C  
973 31 Luleå

Organisationsnummer: 556735-9434  
Telefon: 0920-24 17 70  
E-post: [fornamn.efternamn@vmbyran.se](mailto:fornamn.efternamn@vmbyran.se)  
Hemsida: [www.vmbyran.se](http://www.vmbyran.se)

Uppdragsledare: Ulrika Larsson/Jenny Wäppling, KFS  
Handläggare: Tina Almgren, Helena Marttala  
Granskare: Kjell Lundqvist

## Innehåll

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b> .....	<b>5</b>
1.1	Bakgrund .....	5
1.2	Syfte och avgränsning .....	5
<b>2</b>	<b>Beskrivning av befintligt system</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Förutsättningar</b> .....	<b>7</b>
3.1	Fastighetsägare .....	7
3.2	Topografi och djup .....	8
3.3	Geoteknik .....	8
3.3.1	Geoteknik land .....	8
3.3.2	Geoteknik vatten .....	9
3.4	Ledningar och kablar .....	10
3.5	Skyddade områden .....	11
3.5.1	Natur.....	11
3.5.2	Kulturhistoria .....	12
3.5.3	Strandskydd .....	12
3.6	Tillstånd .....	12
3.6.1	Vattenverksamhet .....	12
3.6.2	Strandskydd .....	13
3.6.3	Tillstånd naturreservat .....	14
3.7	Gällande planer .....	14
3.7.1	Lövön .....	14
3.7.2	Hässelby strand .....	14
<b>4</b>	<b>Utformning av ny ledning</b> .....	<b>15</b>
4.1	Ledningsdimension-hydraulik .....	15
4.2	Ledningsmaterial .....	16
4.2.1	Stål (Cementbruk invändigt, PE utvändigt).....	16
4.2.2	Polyeten (PE) .....	16
4.2.3	Segjärn .....	16
4.2.4	Specialrör .....	17
4.2.5	Jämförelse och rekommendation av ledningsmaterial .....	17
4.3	Förläggningssätt/grundläggning .....	18
4.3.1	Grundläggning på pålade stöd.....	19
4.3.2	Grundläggning på ledningsbädd .....	20
4.4	Sektionering/växling.....	21
4.5	Övervakning/inspektion .....	22
4.5.1	Metoder för inspektion .....	22
4.5.2	Övervakning.....	22
<b>5</b>	<b>Förslag på ledningssträckning</b> .....	<b>24</b>
5.1	Lämpliga anslutningspunkter .....	24
5.2	Möjliga alternativ .....	25

6	Val av ledningssträcka .....	28
6.1	Landförläggning Lovön .....	28
6.2	Förläggning i vatten.....	30
6.3	Landförläggning Hässelby .....	31
7	Kostnader och tider .....	34
7.1	Investeringskostnader.....	34
7.2	Tidplan.....	34
8	Slutsatser och fortsatt arbete.....	35

Bilaga 1 Plan och profil

Bilaga 2 Tidplan

## 1 INLEDNING

### 1.1 Bakgrund

Stockholm Vatten planerar en dubbling av sin huvudvattenledning från vattenverket Lovö till Hjulsta. En första etapp är sträckan vid Hässelby Holme, mellan Koviken på Lovön och Strandliden vid Hässelby Strand, se Figur 1. Föreliggande rapport redovisar förstudie som skall utgöra beslutsunderlag för hur dubblingen på denna första delsträcka skall utföras.



Figur 1. Utredningsområde (karta från Eniro)

### 1.2 Syfte och avgränsning

Utredningens syfte är att utreda lämplig ledningssträckning och utformning för den nya huvudvattenledningen mellan Lovö och Hässelby strand, en sträcka på ca 1 km. Ledningens dubbling på resterande delar av befintlig ledningssträcka behandlas inte.

Målsättningen är att presentera en lösning med livslängd 150 år.

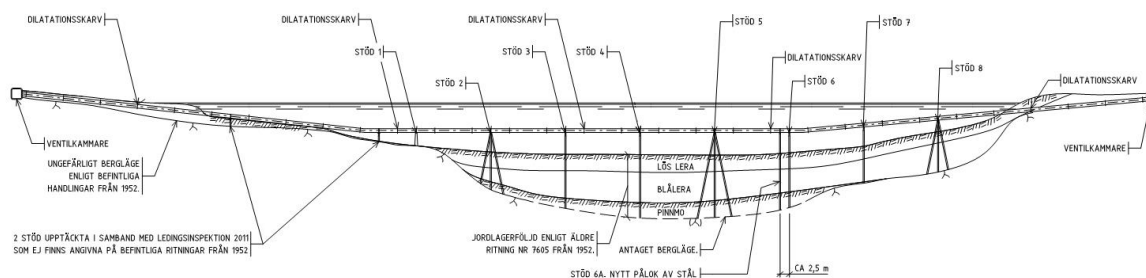
Under uppdragets inledande fas inträffade en incident där ett fartyg seglade på befintlig ledning med skador som följd, se även kapitel 2 nedan. Detta medförde att diskussioner uppkom kring att lägga två ledningar i samband med planerad dubbling. Vid en workshop tillsammans med berörda inom Stockholm Vatten (planering och drift) diskuterades frågan och den gemensamma slutsatsen var att den bästa lösningen är att befintlig ledning läggs om på sträckan mellan Hässelby Holme och Hässelby

strand (den skadade sträckan) i samband med planerad dubblering. Resterande del av befintlig ledning, mellan Lovö och Hässelby Holme föreslås renoveras i ett senare skede, då den nya ledningen är i drift.

## 2 BESKRIVNING AV BEFINTLIGT SYSTEM

Befintlig huvudvattenledning distribuerar dricksvatten från Lovö vattenverk till högreservoaren i Hjulsta, en sträcka på ca 10 km. Ledningen har en mycket viktig funktion där ett bortfall av ledningen kan innebära allvarliga konsekvenser för vattenförsörjningen i Västerort. Befintlig ledning är på den aktuella sträckan mellan Lovö och Hässelby strand mycket sårbar, på grund av dess utformning, vilken beskrivs närmare nedan.

Mellan Hässelby holme och Hässelby strand är befintlig dykarledning grundlagd på pålade stöd av trä, ca 6,5 m över botten och med ledningens hjassa på ca 6 m djup (se Figur 2). Vattennivån i Mälaren varierar normalt upp till en halvmeter sett över året. Ledningen är förlagd i fyllning närmast stränderna på ömse sidor om sundet. På Hässelby holmesidan kommer ledningen fram ur fyllningen ca 4-5 meter från strandkanten.



Figur 2. Befintlig ledning på pålade stöd.

Uppgifter om grundläggning för ledningen mellan Koviken och Hässelby holme saknas, men den är sannolikt grundlagd på ledningsbädd. Vattendjupet är på denna sträcka begränsat och bedöms vara mindre än 2 m.

Den landförlagda delen över Hässelby holme går delvis i en smal bergschakt. Befintlig ledningsrätt är 4 m bred. Ledningens belägenhet i vatten och på en ö gör att reparationstiderna blir långa, då dykare respektive båttransporter krävs. Läckor har förekommit på den landförlagda delen över Hässelby Holme.

I november 2016 inträffade, som redan nämnts, en incident där ett fartyg tappade roderfunktion och grundstötte/seglade på ledningen vid Hässelby holme vilket ytterligare har belyst vikten av att öka säkerheten i systemet genom en dubblering (se Figur 3). Ledningen skadades och har sedan dess varit tagen ur drift, vilket man klarar under en kortare period, men det innebär att säkerheten i systemet sänks. För att klara vattenleveransen behöver trycket höjas på de två andra huvudledningarna ut från Lovö vattenverk, men skulle ytterligare haverier inträffa blir situationen svår att klara. Ett värsta scenario är att systemet i Västerort blir trycklöst och att risk för förorening av nätet uppstår vilket kan innebära stora sociala, medicinska och ekonomiska konsekvenser.



Figur 3. Grundstötning på befintlig ledning i november 2016

### 3 FÖRUTSÄTTNINGAR

I följande kapitel redovisas förutsättningar som råder inom område för föreslagen ledningsläggning.

#### 3.1 Fastighetsägare

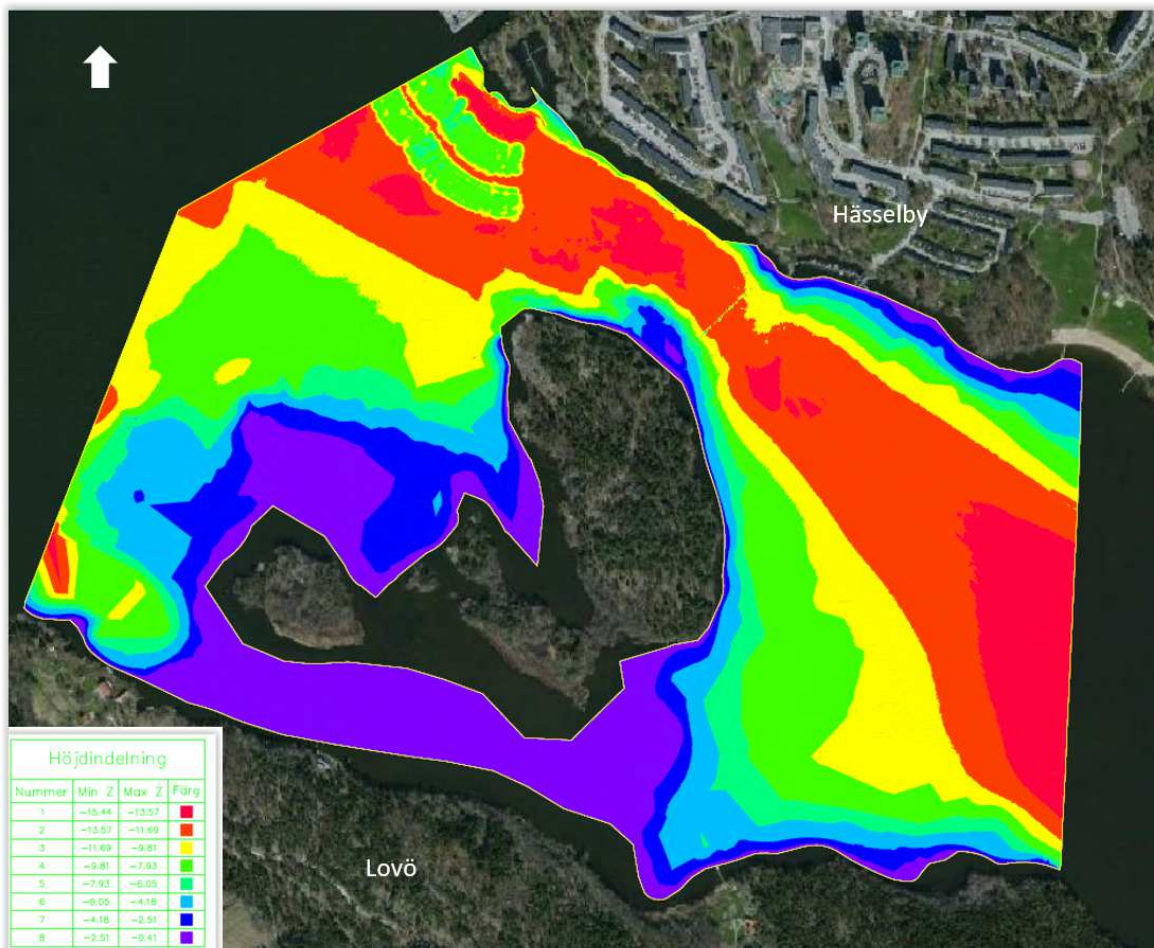
I Tabell 1 har berörda fastighetsägare inom utredningsområdet sammanställts. Beroende på val av ledningssträckning så kan någon falla bort.

Tabell 1 Berörda fastighetsägare.

Fastighet	Ägare	Beskrivning
Hogsta 4:1	Statens fastighetsverk	Berörd fastighet på Lovön
Maltesholm 1	Stockholm stad	Hässelby strand
Grimsta 1:2	Stockholm stad	Hässelby strand/Grimsta naturreservat

## 3.2 Topografi och djup

Topografiska förutsättningar på land och i vatten har studerats via erhållet material från Stockholm Vatten och Avfall respektive Sjöfartsverket. Djupförhållanden i området redovisas i Figur 4.



Figur 4. Bottendjup inom utredningsområdet, djup angivet i meter.

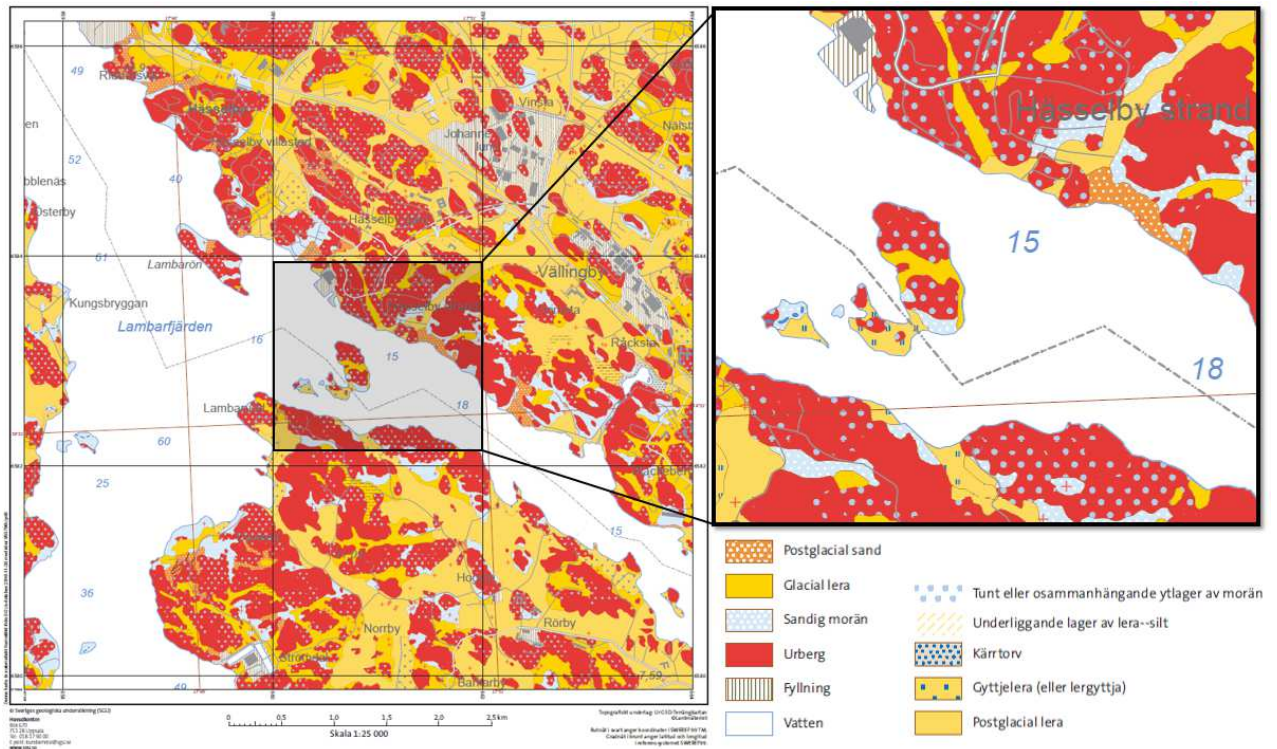
## 3.3 Geoteknik

### 3.3.1 Geoteknik land

Granit och gnejs är dominerande berggrund på Lovön.

Jordarter i aktuellt område illustreras i Figur 5 och har studerats tillsammans med motsvarande karta över jorddjup (SGU). Marken vid aktuellt område på Lovön består av ett relativt tunt skikt med gyttejlera. Aktuellt område på Hässelby strand består av glacial lera närmast strandlinjen och tunt eller osammanhängande ytlager av morän. Jorddjupskartan visar att det generellt sett är det nära till berg i hela området, särskilt på de aktuella områdena med morän.





Figur 5 Jordartskartan 1:25 000–1:100 000 för aktuellt område (SGU).

### 3.3.2 Geoteknik vatten

Botten vid den befintliga ledningen mellan Hässelby holme och Hässelby strand består enligt äldre ritningar av ett 3 - 4,5 m tjockt lager lös lera på 6 - 8 m blålera på 3 - 4,5 m pinnmo på berg. Vattendjupet är ca 14 m i farleden.

Bottenprofilen längs den tänkta ledningssträckningen framgår av Figur 17. För att klargöra grundläggningsförhållandena måste en geoteknisk undersökning utföras längs den föreslagna ledningssträckningen. Grundundersökningen bör omfatta provtagning för att bestämma skjuvhållfasthet och konsolideringsgrad för leran samt Jb-sondering för att bedöma bergläget.

### 3.4 Ledningar och kablar

En elkabel följer den befintliga huvudvattenledningen. I övrigt inga kända ledningar eller kablar på Lovösidan.

Studerade alternativ korsar en kabel av osäker typ i vatten (belägen mellan Hässelby holme och Hässelby strand).

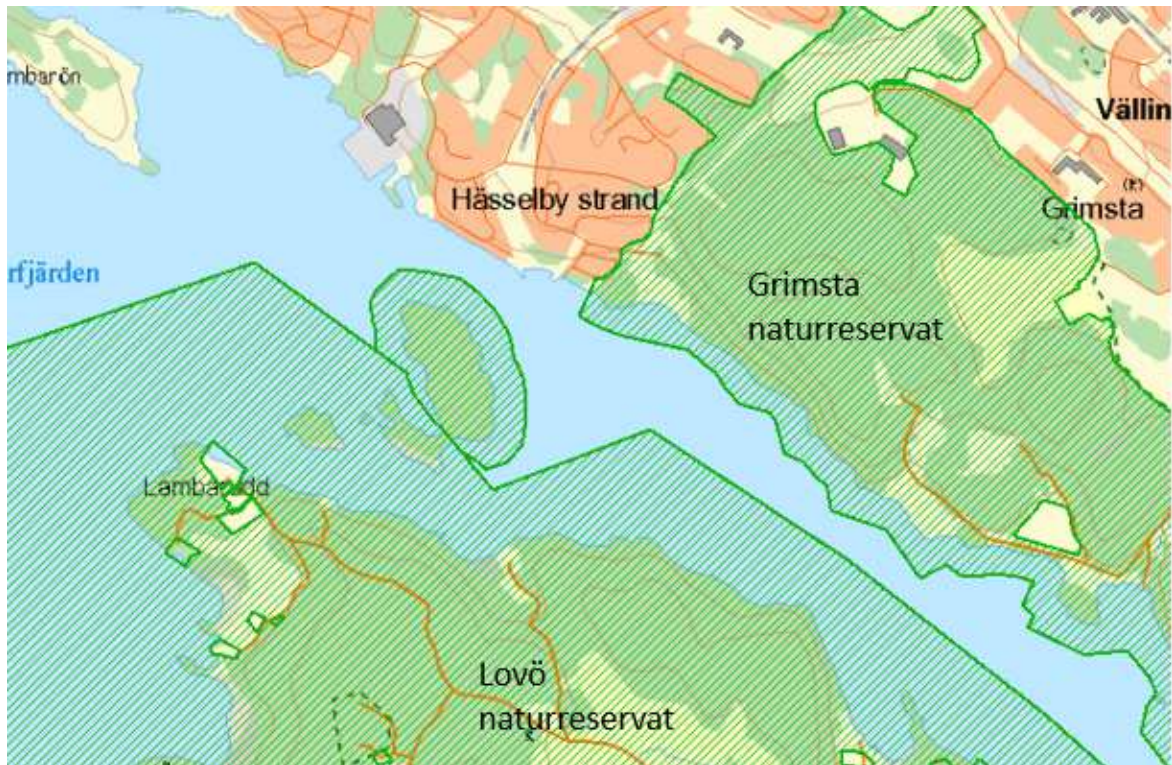
På Hässelbysidan på land förekommer ett stort antal ledningar och kablar beroende på vilken ledningssträckning man väljer, se Figur 6. På Lovösidan förekommer inga ledningar och kablar utöver befintlig huvudvattenledning.



Figur 6 Befintliga ledningar och kablar inom utredningsområdet.

## 3.5 Skyddade områden

### 3.5.1 Natur



Figur 7 Naturreservat (grön skraffering) i aktuellt område. Karta från Naturvårdsverket.

#### 3.5.1.1 NATURRESERVAT LOVÖN

Aktuellt område på Lovön ingår i Lovö naturreservat. Statens fastighetsverk är förvaltare för naturreservatet. Lovön tillsammans med närliggande små öar är ett viktigt rekreationsområde från västra och centrala Stockholm och bedöms som särskilt värdefullt både ur ett kulturmiljö- och naturmiljöperspektiv. Stora delar av ön är oexploaterad. Vissa stränder på Lovön bedöms ha höga naturvärden och ön har ett stort antal fornlämningar. Av dessa anledningar har Lovön skyddats i form av naturreservat. Naturreservatet avser att skydda det stora, kulturpräglade och tätortsnära naturområdet som Lovön utgör.

Under perioden 1 maj-30 september råder förbud mot genomfartstrafik i Kovikssundet mellan Lovön och Hässelby holme (Länsstyrelsens föreskrifter om sjötrafik 01FS 2001:138 p. 323).

Inom det aktuella området finns inga Natura 2000-områden.

#### 3.5.1.2 NATURRESERVAT GRIMSTA

Invid Hässelby strand finns Grimsta naturreservat som inrättades 2004 och även omfattar Hässelby holme. Förvaltare av Grimsta naturreservat är Stockholm stad. Grimsta naturreservat är en del av den regionala grönstrukturen och därmed ett viktigt natur- och friluftsområde. Syftet med reservatet är att vårda och utveckla området så att natur-, kultur- och rekreationskvaliteter för allmänheten stärks. Området skall bevara som regional grönstruktur och reservatet är en del i att på ett långsiktigt sätt säkra en biologisk mångfald.

### 3.5.1.3 VATTENSKYDDSSOMRÅDE

Hela det aktuella området ingår i Östra Mälarens vattenskyddsområde (Naturvårdsverket, 2016).

### 3.5.2 Kulturhistoria

Inventering av kulturmiljö har gjorts via den publika sökfunktionen Fornminnesregistret, Fornsök, (Riksantikvarieämbetet, 2016), där även Sjöfartsverkets maritima informationssystem (SjöMIS) om vrak och fartygsförlistningar integrerats.

Inom det aktuella området finns enligt underlag inga fornminnen som skulle beröras av studerad åtgärd. Närmast vrak är beläget cirka 100–200 meter nedströms från eventuell ny ledningssträckning.

### 3.5.3 Strandskydd

Generellt strandskydd gäller vid Hässelby strand. Stranden vid Lovön omfattas av utvidgat strandskydd (300 meter). Strandskyddets syfte är att säkra förutsättningarna för allmänhetens rörliga friluftsliv, att åtgärder inte inskränker på den allmänrättsliga tillgängligheten och att bevara goda livsvillkor på land och i vatten för djur och växter.

## 3.6 Tillstånd

### 3.6.1 Vattenverksamhet

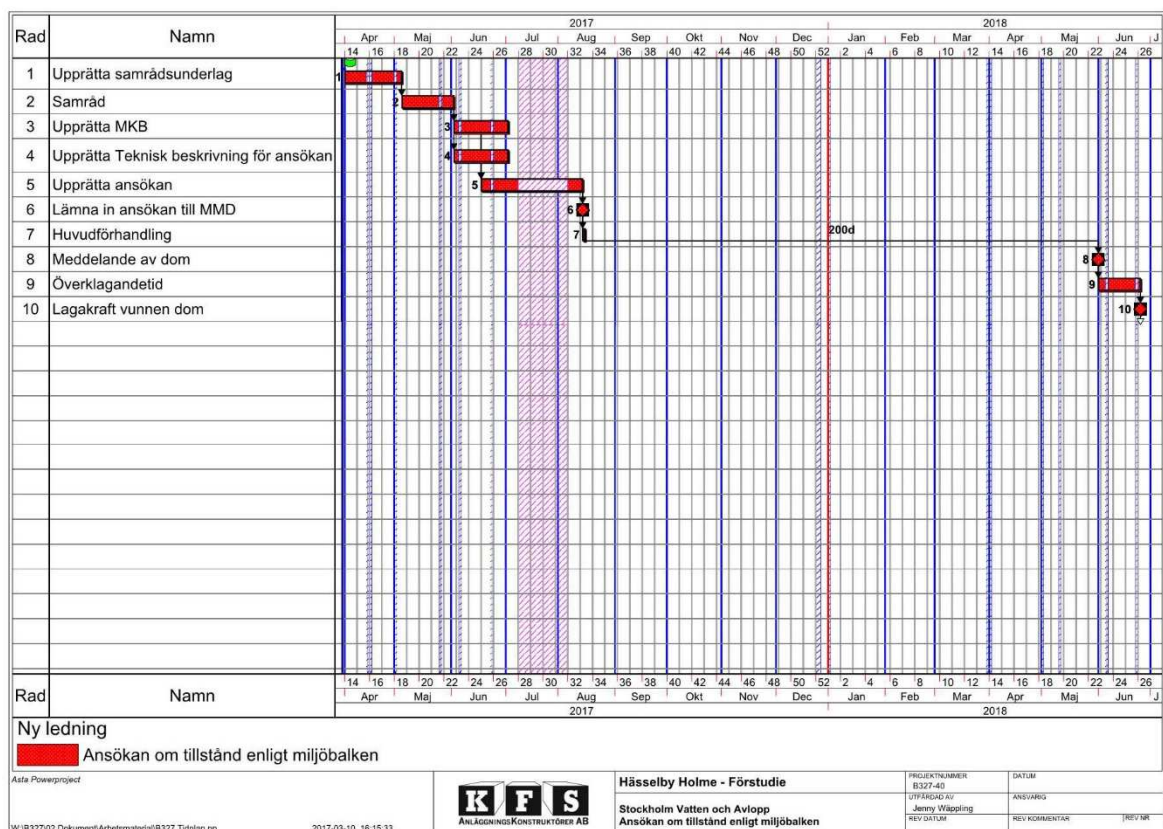
Nedläggning av ledning i ett vattenområde klassas som anmälningspliktig vattenverksamhet, vilket innebär att anmälan om vattenverksamhet krävs till Länsstyrelsen (enligt förordning 1998:1388 om vattenverksamhet m.m.). Anmälningspliktig vattenverksamhet innefattar även fyllning, pålning, grävning, schaktning och muddring i ett vattenområde annat än vattendrag om den bottenyta som verksamheten omfattar vattenområdet uppgår till högst 3000 kvm. Vattenverksamheten får påbörjas tidigast åtta veckor efter anmälan gjorts och annat inte föreskrivits av tillsynsmyndighet.

För mer omfattande åtgärder än de ovan beskrivna krävs tillstånd för vattenverksamhet som prövas av Mark- och Miljöödomstolen i Stockholms län. En tillståndsansökan består av en teknisk beskrivning av vattenverksamheten, en fullständig miljökonsekvensbeskrivning (MKB) och hur man avser att begränsa negativ miljöpåverkan och för framtiden övervakar och kontrollerar den sökta vattenverksamheten. Inför en tillståndsansökan i Mark- och miljöödomstolen ska samråd hållas med Länsstyrelsen. Tidigt samråd måste också hållas med eventuella enskilda som berörs av vattenverksamheten. Inför dessa tidiga samråd upprättas samrådsunderlag av sökande. Samrådsunderlaget ska innehålla en beskrivning av den planerade vattenverksamhetens omfattning och vilka konsekvenser på allmänna och enskilda intressen som kan uppstå. Efter samråden upprättas en samrådsredogörelse, som utgör beslutsunderlag för Länsstyrelsens bedömning om betydande eller icke-betydande miljöpåverkan. Vid betydande miljöpåverkan krävs samråd med utökad krets, bland annat med centrala myndigheter. Bestämmer om vattenverksamhet finns i miljöbalkens 11 kapitel, förordningen (1998:1388) om vattenverksamheter mm och lag (1998:812) med särskilda bestämmelser om vattenverksamheter. En fullständig tillståndsansökan ska innehålla:

- Uppgifter om sökanden och ombud.
- Uppgift om vad sökanden har för rådighet över vattnet inom det område där vattenverksamheten ska bedrivas (rådigheten är en processförutsättning för att få bedriva vattenverksamhet).
- Berörda parter (fastighetsägare, nyttjanderättsinnehavare med mera).

- Teknisk beskrivning, ritningar och kartor som behövs för att beskriva vattenverksamheten, dess omfattning och utformning.
- En fullständig miljökonsekvensbeskrivning enligt 6 kapitlet miljöbalken
- Vilka skyddsåtgärder som behövs samt hur vattenverksamheten ska kontrolleras.
- Uppgifter om skada och ersättning.

I dagsläget är erforderligt förläggningssätt okänt då geotekniska förhållanden på botten för aktuella ledningssträckningar ej har utretts. Preliminärt görs dock bedömningen att förläggningen kommer kräva sådana åtgärder som innebär en tillståndsprövning. Generellt brukar en tillståndsprövning ta cirka 6–12 månader efter en komplett tillståndsansökan inkommit till Mark- och miljödomstolen. Dessförinnan ska erforderliga handlingar upprättas (beskrivna ovan) och samråd hållas och redogöras.1 En tidplan för tillståndsprocessen redovisas i Figur 8.



Figur 8. Tidplan för tillståndsprocessen.

### 3.6.2 Strandskydd

Inom strandskyddsområde gäller förbud mot anläggningsarbeten. Dispens kan ges om det finns särskilda skäl. Generellt prövas ansökningar om strandskyddsdispens av aktuell kommun. Dispens från strandskydd inom statliga naturreservat, såsom Lovön, prövas av Länsstyrelsen. Vid eventuell tillståndsprövning för vattenverksamhet kan samordnad prövning enligt MB 21 kap. 4 § åberopas, vilket innebär att prövningen av strandskyddsdispens ingår i tillståndsprövningen för vattenverksamheten.

### 3.6.3 Tillstånd naturreservat

För anläggande av ny ledning i mark eller vatten inom naturreservaten Lovön och Grimsta råder tillståndsplikt där tillståndsprövning görs av Länsstyrelsen respektive Stockholm stad (Stadsbyggnadskontoret). Reservatsföreskrifterna utgör inte hinder för underhåll, renovering eller utbyte av befintliga ledningar inom naturreservatet.

Tillståndsansökan för dessa typer av åtgärder ska först och främst innefatta åtgärdens syfte samt en beskrivning/motivering hur åtgärden är av allmänt intresse samt varför åtgärden inte kan tillgodoses utanför reservatet. Den planerade åtgärden ska redovisas i form av kartor, skisser samt tekniska beskrivningar. Därtill ska eventuella skador eller påverkan på natur- och/eller kulturvärden beskrivas samt vilken hänsyn sökanden avser att ta för att begränsa eventuella skador.

Om stora skador eller påverkan på naturvärden befaras kan en miljökonsekvensbeskrivning vara nödvändig. Vid skada av natur- eller kulturvärden kan kompensationsåtgärder krävas.

Exakt innehåll för respektive tillståndsansökan beskrivs mer i detalj på Länsstyrelsens respektive Stockholm stads webbsida.

Handläggningstid hos både Stockholms stad och Länsstyrelsen bedöms vara ett par månader och bedöms inrymmas i handläggningstiden för tillståndsprövning för vattenverksamhet.

## 3.7 Gällande planer

### 3.7.1 Lovön

Aktuellt område på Lovön är inte detaljplanelagt, men är i översiktsplanen utpekad som regional grönstruktur som är viktig för människors rekreation och friluftsliv samt för att bibehålla eller utveckla den biologiska mångfalden. Området tillhör friluftsområdet Norrby skog. En stor del av Lovön har utpekats som riksintresse för kulturmiljövård och buffertzona för världsarv. Aktuellt område på Lovön ligger utanför denna del.

### 3.7.2 Hässelby strand

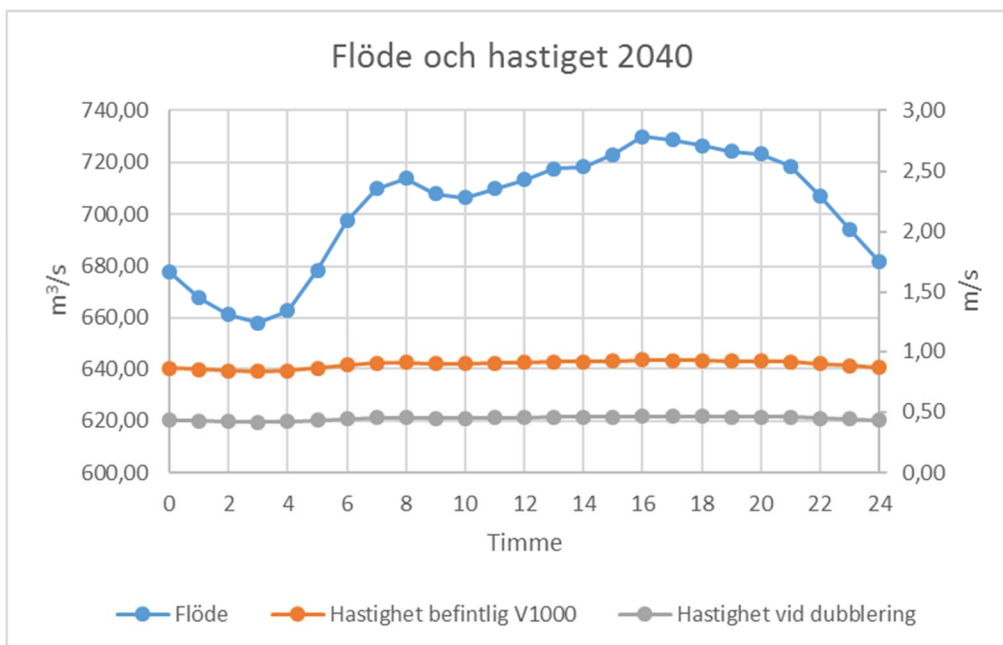
Aktuellt område på Hässelby strand är detaljplanelagt, där den större delen är avsedd för obebyggd allmän parkmark.

Enligt gällande översiktsplan (Stockholm stad) ingår Grimsta naturreservat i den regionala grönstrukturen.

## 4 UTFORMNING AV NY LEDNING

### 4.1 Ledningsdimension-hydraulik

Stockholm Vatten har utrett dubbling av vattenledningen på hela sträckan mellan Lovö vattenverk och reservoaren i Tensta. Bedömningen är, utifrån prognoser om framtida förbrukning, att behovet att dubbla hela ledningssträckan inte finns inom de närmaste 25-30 åren. Passagen över sundet är dock prioriterad att genomföra utifrån den risk som föreligger med endast en ledning över sundet och de konsekvenser som det skulle medföra vid ett haveri. Rekommenderad ledningsdimension är samma som befintlig ledning för att kunna upprätthålla full kapacitet även om en av ledningarna behöver stängas av. I Figur 9 nedan redovisas prognos för flöde år 2040 och hastighet med en respektive två ledningar.



Figur 9. Totalt flöde och hastighet i aktuell ledning vi en respektive två ledningar. Prognosticerat flöde år 2040.

## 4.2 Ledningsmaterial

I följande kapitel presenteras kortfattat de rörmaterial som övervägts under utredningens gång.

### 4.2.1 Stål (Cementbruk invändigt, PE utvändigt)

De stålrör som är dominerande på den svenska marknaden i dag saluförs av företaget SSAB. Stålrören spiralsvetsas med pulverbågsvetsning och skyddas invändigt med betong eller epoxi och utvändigt med polyeten eller polyuretan. Rören tillverkas i olika stålqualiteter. Stålets egenskaper förändras inte med tiden.

Stockholm vatten använder stål enligt SS-EN 10217-5. Rören ska vara korrosionsskyddade. Vid liten risk för korrosion ska rören vara utvändigt skyddade med polyeten. Vid måttlig eller stor risk för korrosion ska utvändigt korrosionsskydd utföras med polyeten och katodiskt skydd. För invändigt svetsning används från  $\geq 800$  mm svetsmuffrör med OV-fog. För utvändigt svetsning används svetsmuffrör med DIN-fog.

För att uppnå lång livslängd upp emot 150 år för sjöförlagda stålrör rekommenderar SSAB stålsort P355, med 16 mm godstjocklek och 6 mm PE-beläggning. Då rören ligger i en sval miljö helt under vatten bedöms förutsättningarna för att klara detta krav goda. Normalt används vid markförläggning rör med godstjocklek 11 mm och 3 mm PE-beläggning. DIN-fog är inte möjlig att utföra på rör med godstjocklek 16 mm, där används stumsvets. Stumsvets skarv tål transport av ledning på vatten under flottsarbete och kan bättre hantera att rörledning böjs.

### 4.2.2 Polyeten (PE)

Stockholm vatten använder, enligt projekteringsanvisningarna, endast PE-rör i dimensioner  $\leq 630$  mm. Diskussion kring möjlighet att använda PE-rör i det aktuella projektet har förts med Stockholm Vatten men har inte bedömts vara intressant. En anledning till detta är att det de senaste åren har förekommit problem med läckage på stora elsvetsmuffar vilket inneburit kostsamma reparationsinsatser på nylagda ledningar.

Efter diskussion med materialkunniga i branschen (Rickard Kärrbrant, Swerea Kimab) samt erfarna entreprenörer har det dock bedömts intressant att belysa materialet ytterligare. En särskilt intressant lösning är möjligheten att erhålla långa rörlängder (upp till 600 m) från fabrik. I ett sådant fall erhålls ett helt homogent rör, med i det aktuella fallet endast en skarv i vatten. En rörtillverkare med fabrik i Norge finns som kan leverera rör med släpbåt till Stockholm.

PE-rör tillverkas av olika materialkvaliteter där, de vanligaste materialen är PE 80 och PE 100, där siffran utgör en beteckning på materialets hållfasthet. Ett PE-material med låg densitet är mjukare och får lägre hållfasthet än ett material med hög densitet. PE-rören är flexibla och anpassar sig lätt efter bottenkonturen, inga speciella rördelar krävs. Då PE-rör flyter vattenfylld behöver röret viktas för att ligga stabilt på botten. Även PE-rör (i detta fall avses material PE100, SDR11 (PN16)) bedöms ha goda förutsättningar för lång livslängd upp emot 150 år.

### 4.2.3 Segjärn

Segjärn är en legering av järn, kol och kisel. Även andra ämnen ingår i mindre mängd som t.ex. magnesium som gör materialet segt och med högre hållfasthet. De mekaniska egenskaperna hos segjärn förändras inte med tiden och är konstanta under rörledningsnätets hela livslängd. Två kända tillverkare/återförsäljare finns på marknaden i Sverige, Tubman/PAM Natural och Gustavsbergs Rörssystem/VRS-rör.



PAM Natural tillverkas enligt EN545:2002 klass C30 och är invändigt belagda med cementbruksisolering samt utvändigt belagda med 400g aluminizink/m<sup>2</sup>+ytfinish med blå epoxi. Rördelarna är invändigt och utvändigt belagda med epoxi. Dragsäkra kopplingar finns.

VRS-rören tillverkas enligt EN545:2010 och är invändigt belagda med ett sulfatbeständigt betongskikt. Utvändigt finns 3 olika typer av beläggning, med zink, zink aluminium-beläggning och zink-beläggning med ytskikt av pigmenterad specialbetong enligt DIN EN 15 542. Fogarna är dragsäkra.

Vid användning av segjärnsrör vid sjöförläggning ska ledningarna vara dragsäkra och korrosionsskyddade. Dragsäkring ska vara av typ Universal TIS-K, klass 9, och korrosionsskydd ska bestå av metallisk zink, epoxy, fiberarmerad cementbruk, ZM och gummimanschett över fog.

Enligt leverantören Tubman har segjärn en livslängd på minst 150 år. Liksom för stål bedöms förutsättningarna för detta goda då rören är belägna i en sval miljö helt under vatten. Vid läckage kan dykare reparera med en reparationsmuff på plats, alternativt att luft tillsätts till ledningen, varpå den flyter upp och reparation kan utföras.

#### **4.2.4 Specialrör**

En intressant tanke som diskuterats inom ramen för uppdraget är att lägga ned rör designade för en mycket lång livslängd och som inte behöver underhållas. Det ställer dock mycket höga krav på rörmaterial och utformning. En light variant på detta är att öka godstjocklek och korrosionsskydd, vilket beskrivs under kapitel 4.2.1 ovan. Utöver detta har också specialrör av olika slag studerats för att ge input i ämnet, bl.a. exempel på gasrör i Östersjön, se 4.2.4.1 nedan.

##### **4.2.4.1 NORDSTREAM**

I det studerade exemplet har två parallella stålrör anlagts mellan Ryssland och Tyskland i Östersjön där ledningssträckningen är 1220 kilometer lång. Ledningarna består av ett 27-41 mm tjockt ställager, täckt av 60-110 mm cement och ett 4,2 mm tjockt korrosionsskydd (HDPE). Cementlagrets syfte är att ge röret tyngd och därigenom undvika uppflytning. Ledningarna är dimensionerade för ett tryck på 220 bar (en vattenledning har ett tryck på upp till 7 bar). Den livslängd som dimensioneras för är 50 år. För ledningarna finns schemalagda inspektioner både ut- och invändigt. Detta är ett exempel på hur rör kan specialdesignas och skräddarsys för ett speciellt ändamål, vilket är en intressant möjlighet att beakta i kommande projekt.

#### **4.2.5 Jämförelse och rekommendation av ledningsmaterial**

Val av ledningsmaterial diskuterades vid den workshop som hölls med Stockholm Vatten i januari 2017. Rekommendationen utifrån workshopen var att välja stålrör. Främsta anledning som framkom var att stålrören är enklare att reparera om en skada uppstår. Samtliga studerade rör kan dock förväntas ge en ledning med lång livslängd och god funktion. För att belysa kostnadsbilden för olika material har budgetpriser på de olika rörmaterialen tagits in och redovisas i tabell nedan. Man bör dock vara medveten om att installationstiden skiljer sig åt mellan materialen, vilket gör att priserna inte är direkt jämförbara. Exempelvis är PE-rör i 5-600 meters längder mycket snabba att installera. Fogning av segjärnrör går också relativt snabbt, dock är rörlängderna kortare vilket ger fler fogar.

Tabell 1. Jämförelse budgetpriser rörmaterial, samtliga avser rör DN1000

	Stål 16 mm, PE 6 mm, 12 m rör	Stål 11 mm, PE 3 mm, 12 m rör	Segjärn Universal Standard, 6,88 m rör	PE100, SDR11 (PN16) 550 m rör Obs! Di=818,2 mm
kr/m	6820	5413	5772	7819
Hela sträckan materialkostnad, Mkr	8,2*	6,5*	6,9 *	8,6**

\*inkl. frakt till Stockholm

\*\*550 m längder, frakt till Södertälje

### 4.3 Förläggningssätt/grundläggning

Nedan presenteras två alternativa förläggningssätt för dykarledningen. Metoderna går även att kombinera beroende på grundläggningsförhållandena.

Ledningen tillverkas på land, förses med skyddslock i ändarna och flottas på plats. Med tanke på ledningens längd, ca 1,1 km, och att den korsar en farled bör den tillverkas i två eller fler delar som skarvas på plats. Skarven kan utföras i spontlåda/kassun som fylld med färskvatten. Ledningen sänks med hjälp av vajerspel från pråmar samtidigt som den kontrollerat fylls med vatten, se Figur 10.

Dykarledningen korsar farleden mellan Lovön och Hässelby. Arbetet med grundläggning och sänkning måste utföras i farleden vilket innebär att farleden måste stängas för sjötrafik under den period dessa arbeten pågår. Samråd bör hållas i ett tidigt skede med Sjöfartsverket angående detta.

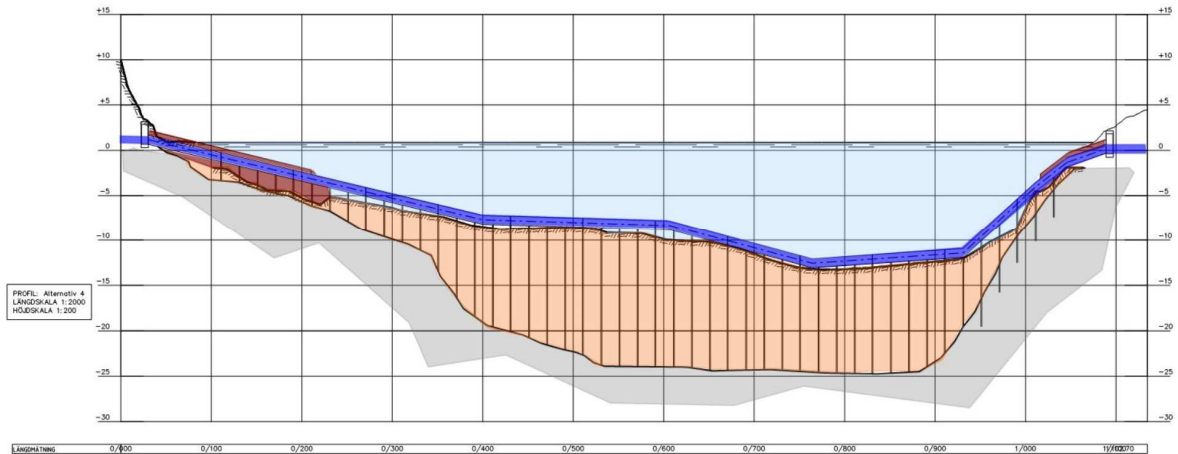
Kostnaderna för de båda alternativen bedöms vara jämförbara.



Figur 10. Exempel på sänkning av dykarledning.

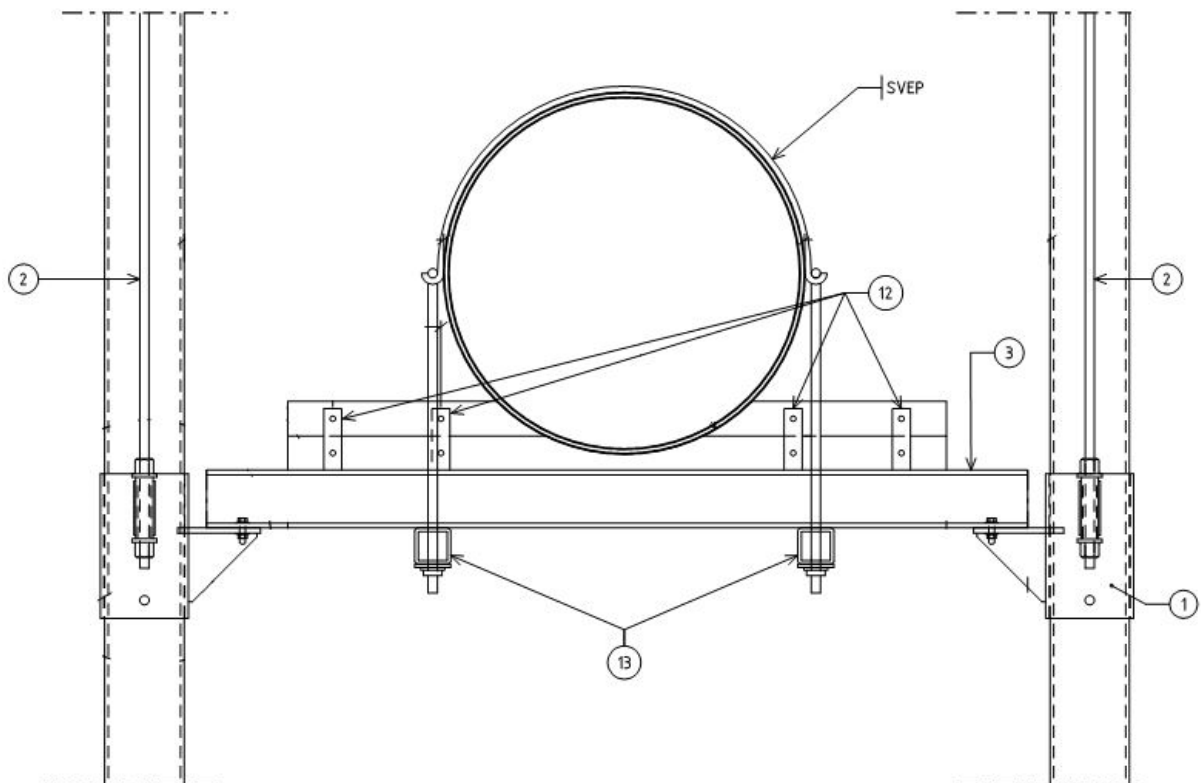
### 4.3.1 Grundläggning på pålade stöd

Den nya ledningen kan grundläggas på pålade stöd liknande befintlig ledning. Ledningen bör dock förläggas på ett större djup, nära botten. Stöden placeras med centrumavstånd ca 20 m. En principlösning för ledningssträckning enligt alternativ 4 i kapitel 5.2 presenteras i Figur 11.



Figur 11 Förläggning av ledning på pålade stöd. Bergnivån är antagen.

Stålrörspålar slås till fast botten från stödbensflotte. Ett upplagsok installeras på pålarna med hjälp av dykare. Ledningen fästs med svep i pålstöden (Figur 12).



Figur 12. Exempel på pålat stöd med upplagsok och svep. (Visad utformning är anpassad för eftermontage av stödet och kan förenklas vid nybyggnation där stödet byggs först.)

Dykarledningen korsar farleden vilket innebär att farleden måste stängas under delar av entreprenaden. Omfattningen av arbeten i farleden bedöms vara:

- Installation av pålar och upplagsok ca 8 - 10 veckor
- Sänkning av ledning ca 2 veckor

Fördelar:

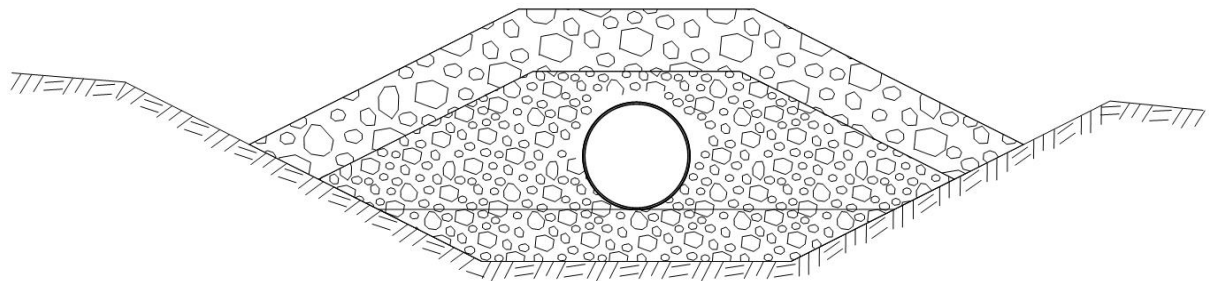
- Ledningen är åtkomlig för inspektion från utsidan.
- Eventuella läckor är enkla att lokalisera.
- Begränsat behov av schakt på sjöbotten.

Nackdelar:

- Ledningen är exponerad för yttre påverkan som påsegling, draggande ankare o.dyl.
- Montagearbeten måste göras av dykare på ca 15 m djup.
- Omfattningen av arbete i farleden är större än för alternativet med pålade stöd.
- Metoden är något mer komplicerad än grundläggning på ledningsbädd. Större precision krävs när ledningen sänks på plats.

#### 4.3.2 Grundläggning på ledningsbädd

Den nya ledningen kan grundläggas på en ledningsbädd på botten och förses med skyddsfyllning (se Figur 13). Botten måste jämnas av vilket innebär muddring av lösa massor. Då botten sannolikt består av lera bör den påförda vikten av skyddsfyllningen inte överstiga vikten av den lera som schaktas bort.



Figur 13. Exempel på skyddsfyllning samt förläggning på ledningsbädd.

Dykarledningen korsar farleden vilket innebär att farleden måste stängas under delar av entreprenaden. Omfattningen av arbeten i farleden bedöms vara:

- Muddring ca 3 - 4 veckor
- Sänkning av ledning ca 2 veckor

Fördelar:

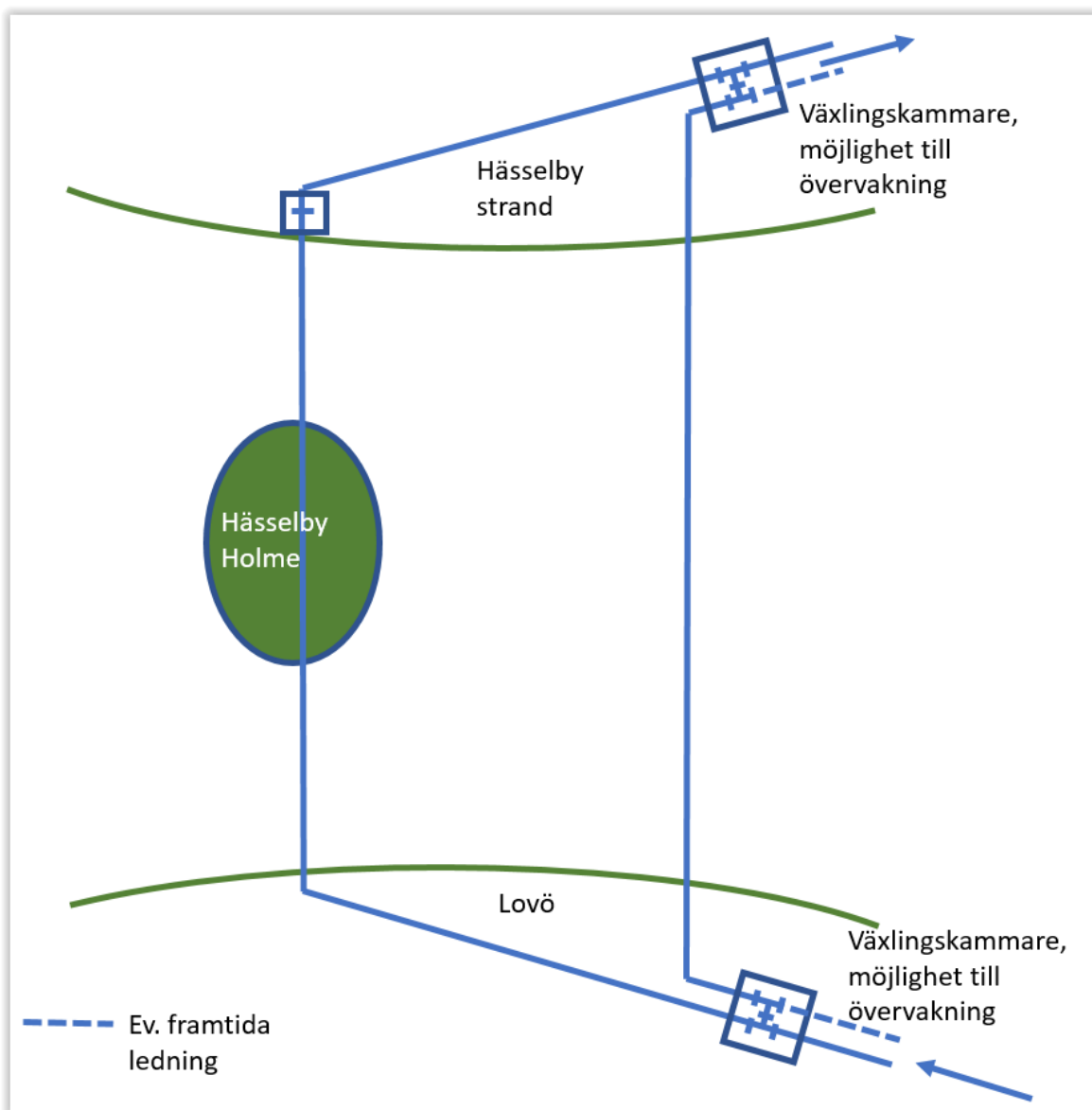
- Ledningen är skyddad från yttre påverkan.
- Behovet av dykararbete är mindre än för alternativet med pålade stöd.
- Omfattningen av arbete i farleden är mindre än för alternativet med pålade stöd.
- Metoden är relativt okomplicerad att utföra.

Nackdelar:

- Ledningen är inte åtkomlig för inspektion från utsidan.
- Eventuella läckor är svårare att lokalisera än för alternativet med grundläggning på pålok.
- Behov av muddring längs stora delar av ledningssträckningen.

#### 4.4 Sektionering/växling

Huvudvattenledningar bör utformas så att lämpliga ledningssektioner kan stängas av vid behov, t.ex. vid planerade eller akuta reparationer. Avståndet mellan avstängningsventiler bör väljas så att rimliga tider för tömning/fyllning av ledning erhålls. I detta fall bedöms det lämpligt med placering av avstängningsventil på var sida av sundet. Vid dubblerade ledningssträckor bör också s.k. växlingskammare anläggas för att kunna välja vilken av de båda ledningarna som skall var i drift vid reparationer eller andra insatser. Principiell utformning redovisas i Figur 14.



Figur 14. Placering och utformning av ventilkammare/växlingskammare, principfigur

## 4.5 Övervakning/inspektion

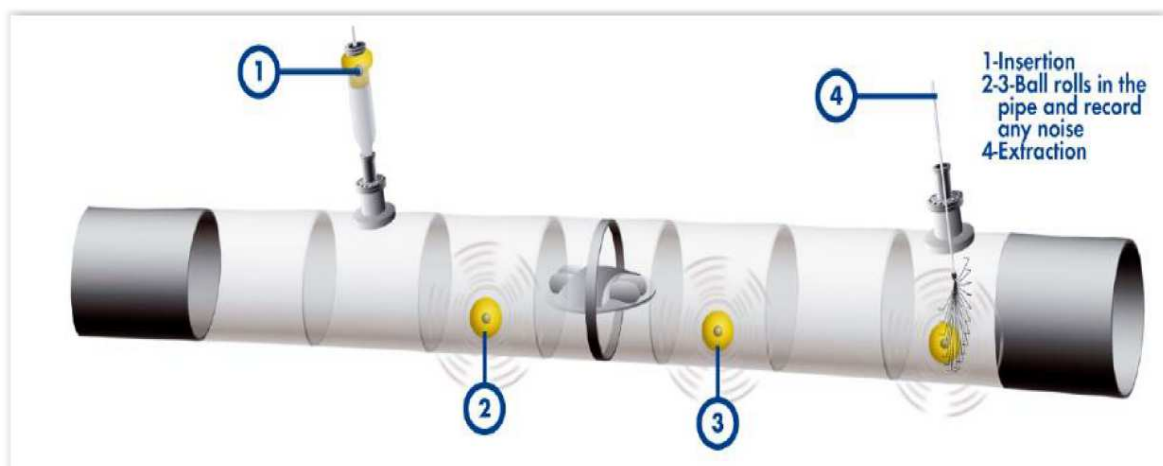
Det finns olika sätt att övervaka en ledning t.ex. kontinuerligt med hjälp av mätning och signalöverföring eller genom inspektion med jämna mellanrum. Några möjliga metoder beskrivs nedan, fler finns dock på marknaden.

### 4.5.1 Metoder för inspektion

Utveckling av inspektionsmetoder för vattenledningar pågår på flera håll. En metod som provats med framgång i Sverige är Smartball som beskrivs närmare nedan.

#### 4.5.1.1 SMARTBALL

Den metod som i dagsläget bedöms vara intressantast för inspektion av aktuell huvudvattenledning är Smartball, se figur 15. Metoden har potential att visa på små läckor, exempelvis vid en påbörjad fogförskjutning, och går ut på att en ”boll” transporteras inuti det vätskefyllda röret samtidigt som den registrerar akustisk aktivitet (hydrofon). Ljudskillnader används för att spåra deformationer eller andra oregelbundenheter i röret. Smartball kan även statusbedöma ledningsmaterialet och upptäcka korrosion, gropar och sprickor. Sträckor upp till 25 km kan inspekteras i ett svep med Smartball, för att få in utrustningen i ledningen behövs anbörningar av dimension Ø100 mm i respektive ände av ledningsträckan. Metoden redovisar läckor utifrån en bedömning av storlek: liten, medel, stor. När det gäller läcksökning kan smartball användas på alla rörmaterial, men för att kunna bedöma ledningsmaterialets status behöver ledningen vara tillverkad av metall. En uppgift om kostnader har lämnats i SVU-rapport 2016-07. Planering och förarbete kostar 20 000 euro, läcksökning för 10 km ledning 50 000 euro, för upp till 40 km ledning kommer ett tillägg på 90 000 euro. Över 40 km ledning kommer ytterligare ett tillägg på 20 000 euro.



Figur 15. Smartball läcksökningsmetod i vattenledning ([www.puretechnologiesltd.com](http://www.puretechnologiesltd.com)).

### 4.5.2 Övervakning

Idag görs kontinuerliga flödesmätningar i form av att en ledning stängs av varpå flödesmätning utförs med mobil mätutrustning. Läckor kan även upptäckas genom att virvlar uppkommer på öppna vattenytor (vid sjöförlagd ledning) eller att en vak bildas vintertid. Även högre produktion vid vattenverket är en indikation på uppkommen läcka.

Som komplement till ovanstående befintliga åtgärder föreslås också att ledningen övervakas så att förändringar från normalt driftläge kan upptäckas snabbt och därmed spara tid vid en akut situation. Övervakningen kan hjälpa till att upptäcka en läcka, snabbare lokalisera och isolera en läcka, vilket i

slutänden leder till kortare driftavbrott. Mer eller mindre avancerade metoder finns på marknaden, som också är mer eller mindre kostsamma och med varierande krav på strömförsörjning och uppkoppling mot GSM-nätet för signalöverföring.

För sjöledningen för Hässelby holme föreslås, som lägsta nivå, att tryckmätning med batteridrivna tryckkloggrar försedda med larm installeras. Larmnivåer trimmas in utifrån förekommande normalvärden på ledningen. Flödes- och/eller tryckmätare kan ge indikation på uppkommen läcka, men kan dock inte hjälpa till med lokalisering av denna. Ett exempel på system för lokalisering av läcka, vilket underlättar för snabb reparation, beskrivs i nedanstående stycke. Systemet heter Pipeminder-T och tillverkas av Syrinix.

#### 4.5.2.1 PIPEMINDER-T

Pipeminder-T tillverkas av Syrinix och är ett övervakningssystem för ledningsnät. Systemet ansluts permanent till större huvudvattenledningar och ger realtidsdata för driften och tidig indikering av begynnande och plötsliga läckor. För att övervaka ledningen registreras data gällande tryck, flöde och vibroakustik. Systemet nyttjar en samling av sensorer som hydrofon i direkt kontakt med vattnet, geofon i kontakt med röret och digital tryckmätning som genom insamling/sammanställning av data kan identifiera läget på läckor i ett tidigt skede. Läget kan bestämmas genom att Pipeminder-enheterna monteras parvis och jämför data mellan enheterna.

Kostnaden för en Pipeminder-T lösning är ca 500-600 000 kr inklusive abonnemang på en portal där loggade värden lagras. Huruvida denna portal uppfyller Stockholm Vattens krav på säkerhet behöver studeras vidare eller om det finns andra lösningar som är bättre lämpade. Systemet kan kompletteras med flödesmätning och kan då användas för larm vid rörbrott.

Systemet används av bl.a. Thames Water och Anglian Water i Storbritannien.

#### 4.5.2.2 IPSS

IPSS står för intelligent Pipeline Surveillance System och tillverkas av Silixa. Det används huvudsakligen för övervakning i realtid av gas- och oljeledningar men fungerar även för vattenledningar. Systemet består av en optisk fiber installerad utvändigt längs ledningen samt en mätutrustning installerad i t.ex. en mätkammare. För övervakning registreras en akustisk signal bestående av amplitud, frekvens och fas längs hela ledningen. Systemet kan övervaka och lokalisera små och stora läckage längs långa ledningssträckor. Man har även möjlighet att övervaka och lokalisera sättningar längs ledningen.

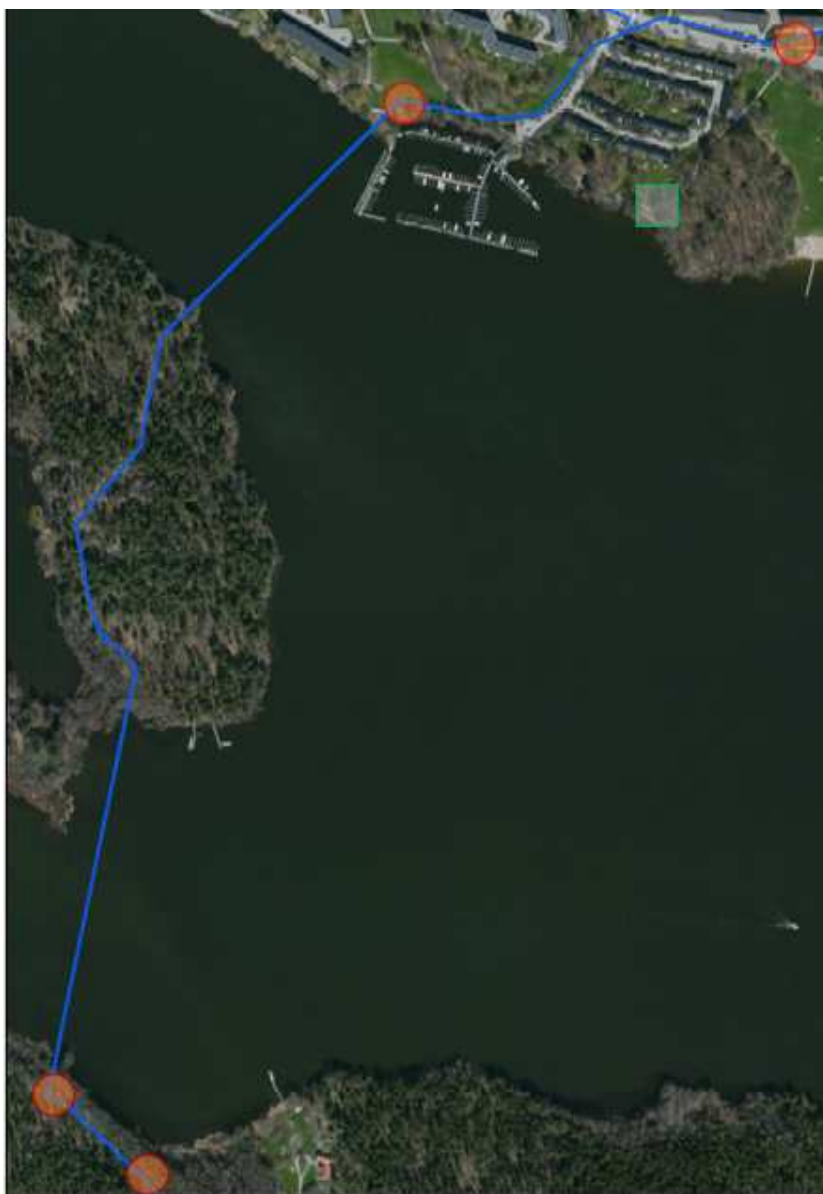
Kostnaden för installation av en iPPS-lösning är ca 2,5-3,5 miljoner kr.

## 5 FÖRSLAG PÅ LEDNINGSSTRÄCKNING

Inledningsvis togs lämpliga anslutningspunkter fram utifrån det befintliga ledningsnätet. Fem möjliga ledningssträckningar skissades upp och utreddes översiktligt. För- och nackdelar utifrån förutsättningar, säkerhet och genomförbarhet diskuterades under en workshop med representanter från Stockholm Vatten och Avfall. Utifrån workshopen valdes de lämpligaste sträckningarna ut för vidare utredning i denna förstudie.

### 5.1 Lämpliga anslutningspunkter

Lämpliga anslutningspunkter illustreras i Figur 16, där befintlig huvudvattenledning illustreras i blått, eventuellt nytt landfäste på Hässelby strand med grön kvadrat respektive möjliga anslutningspunkter med röd cirkel.



Figur 16 Lämpliga anslutningspunkter (befintlig huvudvattenledning i blått).

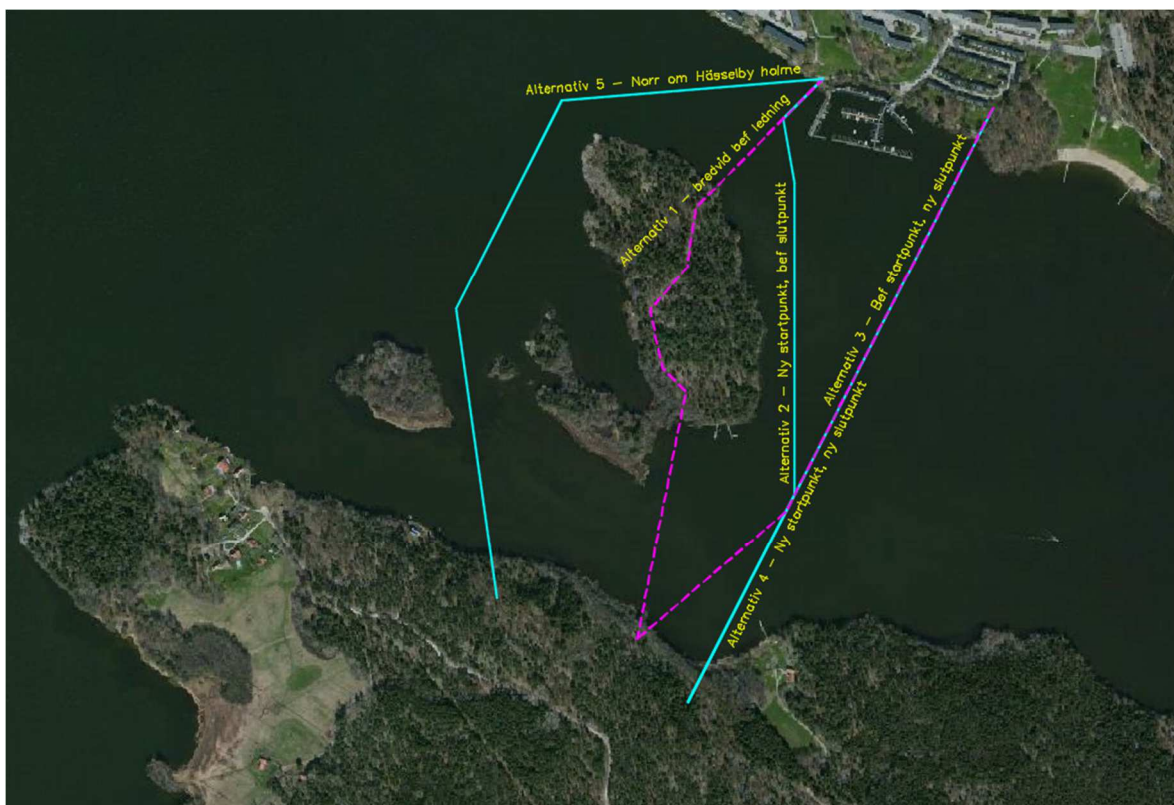


På Lovön ses två möjliga anslutningspunkter, dels använda samma anslutningspunkt som befintlig ledning och dels kan en ny anslutningspunkt anläggas något uppströms vid Koviken.

På Hässelby strand finns också två möjliga anslutningspunkter, dels använda samma anslutningspunkt som befintlig ledning väster om småbåtshamnen och dels ses möjligheten att anlägga ett nytt landfäste söder om småbåtshamnen och förlägga anslutningspunkt högre upp i systemet (i höjd med Maltesholmsvägen, röd markering mest norrut).

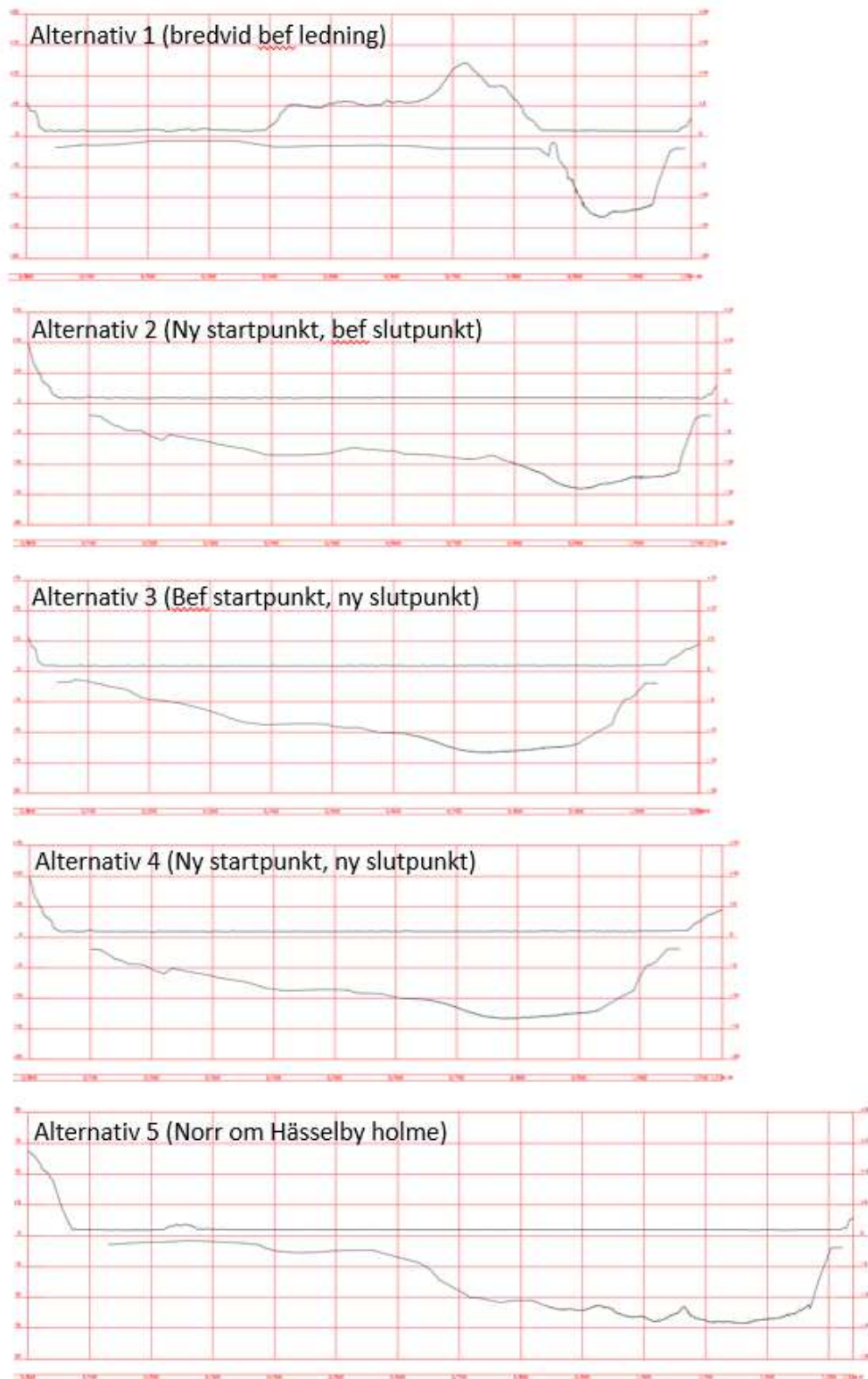
## 5.2 Möjliga alternativ

Inledningsvis togs ett antal möjliga alternativa ledningssträckningar fram, dessa illustreras i Figur 17. Alternativ 1 följer befintlig ledning och innebär att ledningen dras via Hässelby holme. Övriga alternativ innebär att ledningen sjöförläggs hela sträckan. Alternativ 2 innebär en ny anslutningspunkt på Lovön och att ledningen ansluts på Hässelby strand till samma anslutningspunkt som befintlig huvudvattenledning. Alternativ 3 innebär att befintlig anslutningspunkt på Lovön används och ansluts på Hässelby strand till en ny punkt. Alternativ 4 innebär nya anslutningspunkter både på Lovön och Hässelby strand. Alternativ 5 innebär en ny anslutningspunkt ledningen sjöförläggs hela sträckan, dras norr om Hässelby holme och ansluts till befintlig anslutningspunkt.



Figur 17 Möjliga ledningssträckningar.

Profiler för de möjliga ledningssträckningarna illustreras översiktligt i Figur 18 och har upprättats utifrån höjddata för mark (Metria) samt djupdata i vatten (Sjöfartsverket).



Figur 18 Översikt, profiler över alternativa ledningssträckningar.

De möjliga alternativen har analyserats och diskuterats vid en workshop tillsammans med representanter från Stockholm Vatten och Avfall utifrån givna förutsättningar, bland annat topografi,

djup, säkerhetsaspekter och genomförbarhet. I Tabell 2 redovisas samtliga diskuterade alternativ samt anledning till att de valts bort. Alternativ 4 var det alternativ som förordades i första hand och som beskrivs närmare i följande kapitel.

Tabell 2. Studerade alternativ.

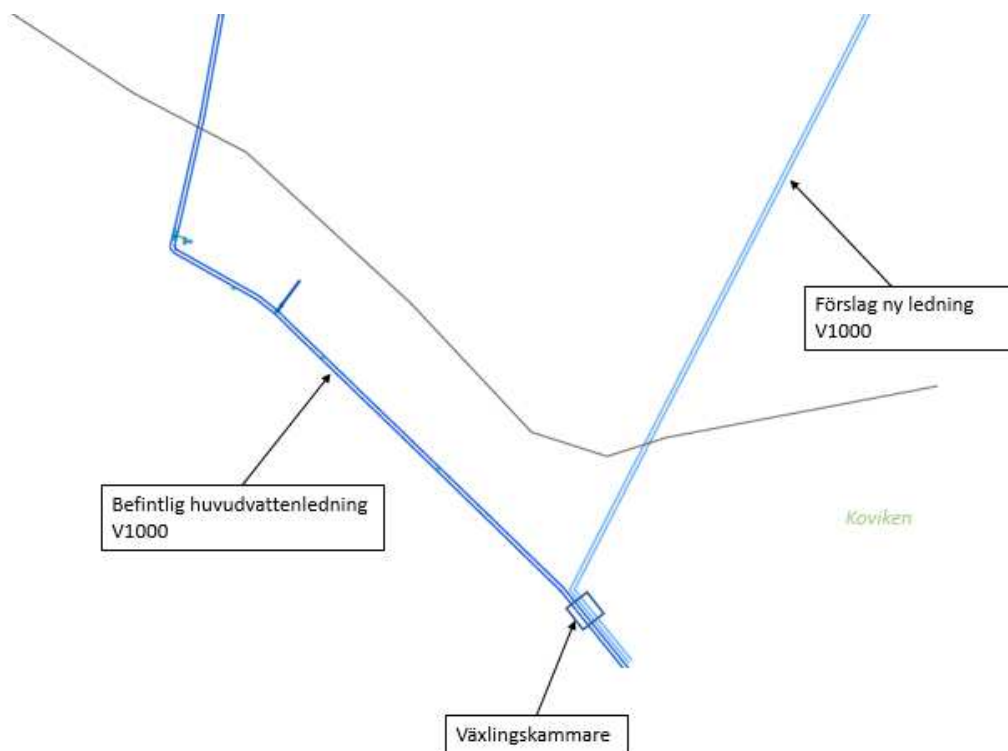
Alternativ	Beskrivning	Orsak till att alternativet valts bort, x = alternativ som kvarstår i utredningen
1	Längs befintlig ledning	Ryms ej i befintlig ledningsrätt. Innebär grunda förhållanden, risk för stor andel muddring. Kräver sprängning, vilket innebär en risk för befintlig ledning. Låg säkerhet med ledningar på litet avstånd från varandra.
2	Ny startpunkt, bef slutpunkt	Låg säkerhet med ledningar på litet avstånd från varandra.
3	Bef startpunkt, ny slutpunkt	x
4	Ny startpunkt, ny slutpunkt	x  Hydrauliskt fördelaktig sträckning i både plan och profil.
5	Norr om Hässelby holme	Sträckning passerar fågelskyddsområde och innebär grunda förhållanden, risk för stor andel muddring. Betydligt längre sträckning än övriga studerade alternativ.

## 6 VAL AV LEDNINGSTRÄCKA

I följande kapitel redovisas den förordade (valda) ledningssträckan närmare.

### 6.1 Landförläggning Lovön

Den landförläggning som krävs på Lovösidan är relativt kort då befintlig ledning ligger ca 25 m från stranden. Den nya ledningen ansluts enligt tidigare beskrivning via en nyanlagd växlingskammare. Där ledningen går ut i sjön blir det tämligen snabbt djupt. Markområdet är idag tätt bevuxet av slyskog och marken utgörs av lera eller morän, dock med litet djup till berg. Detta gör att risk för bergschakt kan föreligga.



Figur 19 Föreslagen ledningssträckning, Lovön.



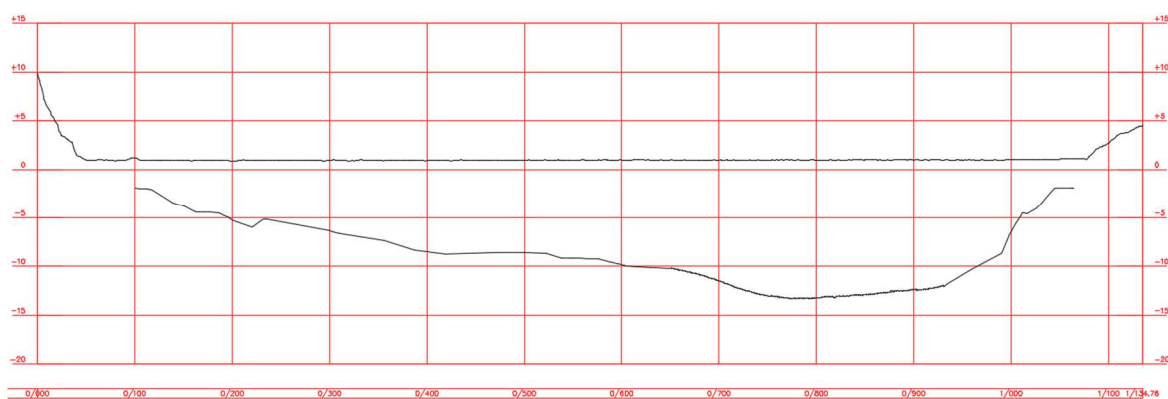
*Figur 20. Möjligt landfäste, vy mot norr, på Lovösidan*



*Figur 21. Vy längs med befintlig serviceväg, nytt landfäste till vänster i förgrunden*

## 6.2 Förläggning i vatten

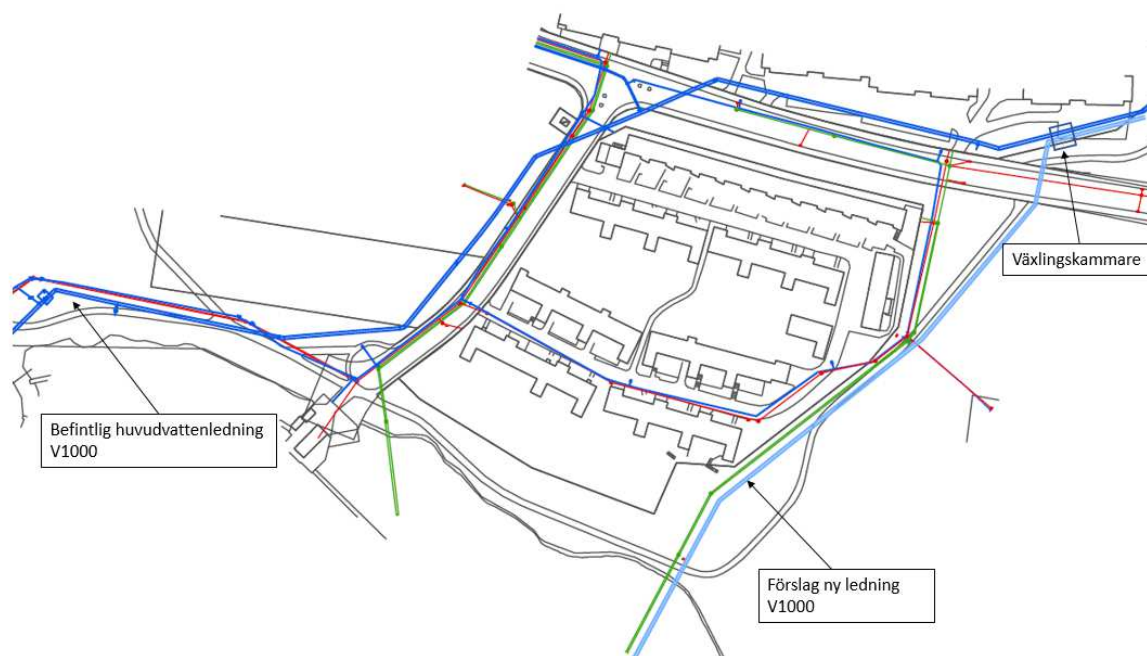
Ledningen anläggs enligt förfarande som beskrivs i kapitel 4.3. I nära anslutning till landfästena (vattendjup < 3 m) behöver ledningen schaktas ned under botten och förses med skyddsfyllning, se Figur 13. Grundläggningsmetod, ledningsbädd på botten alternativt pålade stöd, för resterande del av sträckan behöver utredas då geoteknisk undersökning klargjort bottenbeskaffenheten.



Figur 22 Djupprofil för vald ledningsträckning.

### 6.3 Landförläggning Hässelby

Den ledningsdraging som rekommenderas på Hässelbysidan är att i stort sett följa befintlig gångväg i kanten av Grimsta naturreservat, en sträcka på ca 200 m. Anslutning till befintlig ledning i närheten av Sparrisbackens vändplan har också övervägts, men bedöms ge en sämre lösning. Nackdelen med föreslagen sträckning är att arbeten behöver utföras inom naturreservat. Genom god dialog med Stockholms stad i frågan och en väl utarbetad tillståndsansökan bedöms det dock vara en framkomlig väg. Mitt på sträckan finns en relativt trång passage, där risk för bergschakt föreligger. Längs sträckningen ligger också en större dagvattenledning att ta hänsyn till. Växlingskammare föreslås placeras i grönyta där ledningarna går ihop. Studerad ledningsträckning vid Hässelby strand löper parallellt med en befintlig dagvattenledning samt en elledning. Parallellt med Maltesholmsvägen finns även ett antal ledningsstråk (el) som den studerade ledningssträckningen korsar.



Figur 23 Föreslagen ledningssträckning, Hässelby strand.



*Figur 24. Vy från landfäste på Hässelbysidan*



*Figur 25. Möjlig ledningssträckning, vy mot söder, på Hässelbysidan*





*Figur 26. Möjlig ledningssträckning, vy mot norr, på Hässelbysidan*



*Figur 27. Möjlig ledningssträckning, vy mot norr, på Hässelbysidan*

## 7 KOSTNADER OCH TIDER

### 7.1 Investeringskostnader

En översiktlig kostnadsuppskattning har utförts för det föreslagna alternativet. Kostnaderna för installation av dykarledningen är svåra att uppskatta. Osäkerheterna ligger huvudsakligen i transport från tillverkningsplats, utförande av montageskarvar på plats och själva sänkingsförfarandet. Kostnaderna för att installera ledningen är 1/3 av den totala kostnaden för dykarledningen.

Även kostnad för den landförlagda delen är svårbedömd bl.a. pga närheten till berg. En förfinad kostnads kalkyl behöver göras under projekteringsskedet då mer fakta finns tillgängligt. Uppskattade kostnader redovisas i Tabell 3.

Tabell 3. Kostnadsuppskattning

Anläggningsdel	Kostnad (Mkr)
Landförlagd ledning	13,4
Sjöförlagd ledning	36,4
<b>Summa</b>	<b>49,8</b>

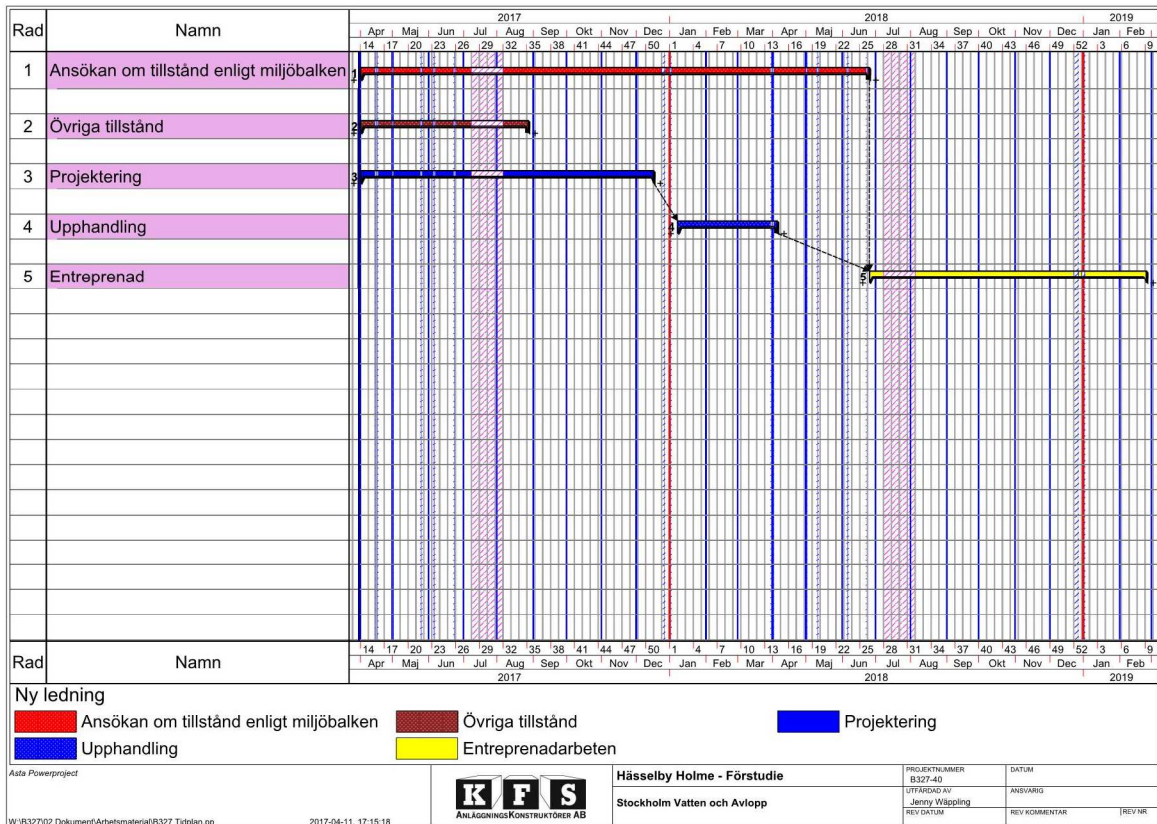
I kostnader ovan ingår 20 % oförutsett, samt kostnader för projektering, byggledning och kontroll på ca 1,7 miljoner kronor.

Omläggning av befintlig ledning på passagen mellan Hässelby Holme och Hässelby strand, ca 260 m i vatten, skulle vid samma meterpris som ovanstående land på ca 9,5 miljoner kronor. Samordningsfördelar kan dock finnas som kan påverka prisbilden positivt.

### 7.2 Tidplan

Ett förslag på tidplan för projektet redovisas i Figur 28. En mer detaljerad version av tidplanen redovisas i bilaga 2. Det som bedöms vara tidskritiskt är ansökan om tillstånd för vattenverksamhet enligt miljöbalken.

Dykarledningen korsar farleden vilket innebär att farleden måste stängas under delar av entreprenaden. För alternativet grundläggning på pålade stöd bedöms omfattningen av arbeten i farleden grovt vara 8 – 10 veckor plus ca 2 veckor för sänkning av ledning. Motsvarande tid för alternativet grundläggning på ledningsbädd är grovt 3 – 4 veckor plus ca 2 veckor för sänkning av ledning.



Figur 28. Översiktlig tidplan.

## 8 SLUTSATSER OCH FORTSATT ARBETE

Utredningen visar att nyläggning av en parallell ledning mellan Lovön och Hässelby enligt alternativ 4, dvs ca 300 meter söder om befintlig ledning är det bästa alternativet sett ur ett flertal aspekter. Med denna sträckning fås en lämplig hydraulisk utformning av ledningen, en bra anpassning till befintlig ledning vid anslutningspunkterna och ett läge väl avskilt från befintlig ledning i vattnet vilket är gynnsamt ur risk- och säkerhetssynpunkt. I utredningen föreslås dimension 1000 mm för den nya ledningen, dvs samma som befintlig ledning. Utifrån diskussioner som hållits under projektets gång föreslås rörmaterial stål av 16 mm godstjocklek och med 6 mm yttre PE-beläggning. Rörmaterialiet förväntas innebära en lång livslängd (upp emot 150 år).

Ledningen över sundet har konstaterat vara en sårbar punkt på huvudledningsnätet och det är högprioriterat att arbeta vidare och genomföra dubbleringen så snart som möjligt. Den tidplan som presenteras i föregående kapitel visar tider för ett relativt snabbt men realistiskt genomförande. Dock behöver de mest tidskritiska delarna påbörjas omgående för att tidplanen skall hålla. Följande huvudaktiviteter föreslås under våren 2017:

- Tillstånd vattenverksamhet  
Handläggningstiden hos Mark- och Miljöödomstolen bedöms vara en kritisk faktor vilket gör att tillståndsansökan bör tas fram snarast och lämnas in till domstolen. I tillståndsansökan skall även tillstånd för omläggning av befintlig ledning mellan Hässelby Strand och Hässelby Holme tas med.

- Tillstånd gällande ledningsläggning i naturreservat  
Samråd/dialog med Stockholms stad respektive Länsstyrelsen bör inledas omgående gällande ledningsdragning inom reservaten Grimsta respektive Lovö. Besök på plats rekommenderas där skyddsvärda träd märks ut för att kunna planera optimal ledningssträckning. Efter utmärkning utförs inmätning av omgivning inkl. träd för framtagande av ritningar som sedan kommuniceras med respektive myndighet. Eventuella restriktioner gällande tidpunkt för schakt klargörs.
- Kontakt med Sjöfartsverket  
Sjöfartsverket kontaktas i ett tidigt skede för att klargöra eventuella begränsningar utifrån fartygs/båttrafik i området.
- Undersökning av grundförhållanden  
Geotekniska undersökningar såväl i vatten som på land planeras för att klargöra förutsättningar för grundläggning av ledningen. Särskilt brådskande är undersökning av bottenförhållanden, gärna i en några meter bred korridor. Geotekniska förutsättningar för landförlagda delar avvaktas med till dess att ledningssträckning fastställts. Lämpligt program för geoteknisk undersökning tas fram i samråd med geoteknisk konsult.
- Utformning av ventilkammare  
Utformning och placering av ventilkammare inklusive eventuell övervakning bör utredas.
- Systemutformning/framtagande av systemhandling.  
Utformning och genomförande av ledningsdubbleringen bör utredas till sådan nivå att detaljprojektering kan sättas i gång direkt efter sommarsemester 2017.