

Intended for  
**Miljøpunkt Nørrebro**

Document type  
**Rapport**

Date  
**November, 2017**

# BISPEENGEN

**TUNNELLÆGNING, BYUDVIKLING,**

**SKYBRUDSSIKRING OG ÅBNING AF LADEGÅRDS Å**



# TUNNELLÆGNING, BYUDVIKLING, SKYBRUDSSIKRING OG ÅBNING AF LADEGÅRDS Å

Revision **V05b**  
Date **7/11/2017**  
Made by **SH, TSTA, JRO, JRR**  
Checked by **JRO, TSTA**  
Approved by **SH**  
Description **Rapportering af tunnellægning af Bispeengbuen**

Ref Final\_Report\_Ladegårdså\_Fase\_1\_V05b.DOCX

## CONTENTS

<b>1.</b>	<b>INDLEDNING</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>SAMMENLIGNING AF TIDLIGERE UNDERSØGELSER</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>KONSTRUKTIONER</b>	<b>6</b>
3.1	Forudsætninger	6
3.2	Tværsprofilet	6
3.3	Længdeprofil	7
3.4	Tunnelkonstruktionen	7
3.4.1	Anlægsarbejdet	8
3.5	Anlægsoverslag	9
<b>4.</b>	<b>TRAFIK I ANLÆGSPERIODEN</b>	<b>11</b>
4.1	Forudsætninger	11
4.2	Trafikafvikling	11
4.3	Trafikken efter anlæg af tunnel	12
<b>5.</b>	<b>SKYBRUDSLØSNINGER</b>	<b>13</b>
5.1	Åbning af Ladegårds Å	13
5.2	Skybrudshåndtering	15
5.3	Infrastruktur	18
5.4	Forbehold og forudsætninger	18
<b>6.</b>	<b>BUSINESS CASE</b>	<b>20</b>
6.1	Resultater	20
6.2	Om analysen	20
6.3	Metode	21
6.4	Anvendte antagelser	22
6.5	Sammenfatning af business case	23
6.6	Følsomhedsanalyse	23

## APPENDICES

### Appendix 1

BISP-TEGN-001  
BISP-TEGN-002  
BISP-TEGN-003  
BISP-TEGN-004

## 1. INDLEDNING

Bispeengbuen står som en reminiscens fra 60'ernes voldsomme trafikplaner, som ville føre motorveje ind i de centrale bydele af København. Heldigvis blev disse planer ikke ført ud i livet og vi står nu med et København, der er verdenskendt for sine humane, grønne og klimavenlige løsninger og design. En situation der har ført vækst og udvikling ikke kun til hovedstaden men også til resten af landet.

Bispeengbuen er den eneste del af 60'ernes storstilede planer, der er udført. Det var planen at motorvejen i første sals højde skulle føres gennem byen til et stort udfletningsanlæg ved Sørerne. Som sagt er Bispeengbuen den eneste del af dette anlæg der er etableret, og der ses på Bispebuen forberedelse til flere til- og frakørsler, som aldrig er blevet etableret. Bispeengbuen fremstår derfor som en overdimensioneret struktur med meget spildplads.



**Figur 1 Modelfoto af 60'ernes trafikale ambitioner i området ved Bispeengen**

Bispeengbuen har altid medført diskussioner og protester lige fra dens åbning til i dag og den påfører området store visuelle og støjmæssige gener. Bispeengbuen ligger som navnet siger på et oprindeligt engområde, hvor flere å-systemer rammer hinanden – Grøndals Å, Lygte Å og Ladegårds Å. Området var således oprindeligt et vådområde, hvor vand fra flere oplande samles og fordeles.

Klimaudfordringerne, som vi oplever i disse år, og forstærket af de klimaforandringer, der forventeligt vil ske i de kommende år, betyder et akut stigende behov for at skabe klimaløsninger, som for Danmarks og Københavns vedkommende i høj grad handler om at løse ekstreme nedbørshændelser. Herigennem er opstået idéen med at undersøge potentialet i forhold til om den tidligere eng kan bidrage med at samle og forsinke skybrudshændelser og dermed reducere risikoen for oversvømmelser i området.

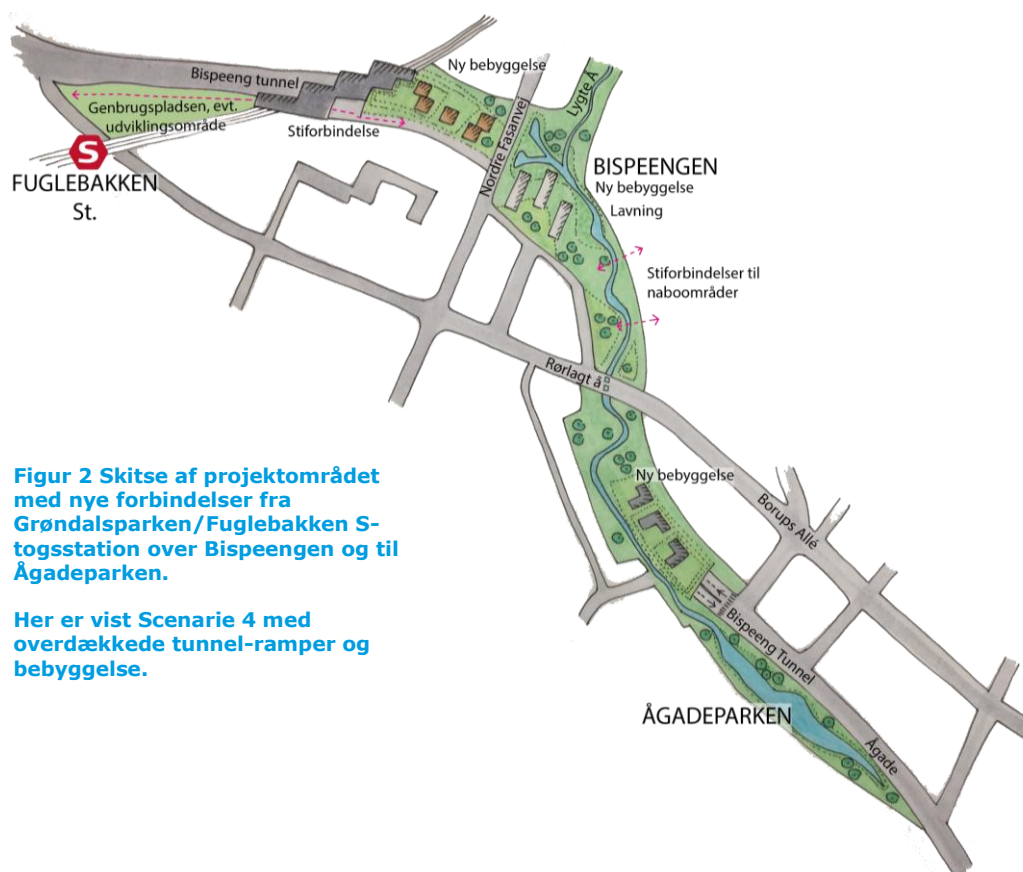
En omdannelse af Bispeengen fra at være et stort belagt område med et meget stort afstrømningsbehov til at være et grønt område med åbne naturmagasiner vil potentielt kunne bidrage til klimasikring af denne del af København og Frederiksberg.

Forslaget, som er beskrevet i denne rapport, er, at Bispeengbuen tunnellægges, og den trafikale funktion retableres med nøjagtig samme service, som vi kender det i dag. Der etableres 3 kørespor i hver retning og samme dimensionsgivende hastighed, som vi kører med i dag. Tunnelen vil således være fremtidssikret i forhold til en eventuel tunnelforbindelse helt til Søerne. Tunnelen er designet, så den opfylder EU's Tunneldirektiv, på samme måde som både den nu byggede Nordhavnsvejs-tunnel og det godkendte design for Femernforbindelsen. Det skal bemærkes, at frihøjden under S-banen umiddelbart i nordenden af den foreslåede Bispeeng tunnel er 4.4 meter og således under EU's Tunneldirektivs krav.

Tunnellægningen betyder, at naboerne i området får en betydelig reduktion af forurening, i støjniveauet samt, at arealet over tunnelen frigøres til en kombineret bebyggelse og skybrudsplan.

København er efterhånden verdenskendt for sin innovative byudviklingsmodel, der betaler for dyr, men nødvendig infrastruktur. Udvikling og salg af byggeretter i Ørestad og Nordhavn har betalt for den eksisterende Metro og den kommende Metrocityring. Således vil salg af byggeretter på det frilagte område ved Bispeengen ligeledes kunne indgå i finansieringen af tunnellægningen, ligesom andre indtægtskilder kan bidrage til medfinansieringen – herunder de allerede afsatte midler (125 mio DKK) til renovering af Bispeengbuen samt eventuelt også midler fra skybrudssikringen, da tunnellægningen potentielt kan stille et forsinkelsesvolumen til rådighed for skybrudsløsninger, som ellers skulle etableres med store anlægsomkostninger til følge.

Perspektivet for en omdannelse af Bispeengbuen til et nyt bykvarter Bispeengen er således, at København etablerer en multi-funktionel løsning i verdensklasse, som vil blive en showcase for klima og infrastrukturløsninger med livskvalitet for det enkelte menneske som omdrejningspunkt.



## 2. SAMMENLIGNING AF TIDLIGERE UNDERSØGELSER

Siden 2014 er der udarbejdet 2 undersøgelser, der begge redegør for mulighederne for en tunnellægning af vejforbindelsen fra Bispeengbuen til Søerne. Begge undersøgelser berører også muligheden for frilægning af Ladegårds Å.

- Åboulevard – forundersøgelser, Rambøll oktober 2014
- Omdannelse af Åboulevard – forundersøgelser, COWI januar 2016

Desuden er der udført flere overordnede studier for fritlægning af åen og udnyttelsen af området omkring Bispeengbuen med primært fokus på vand og klimatilpasning.

De to undersøgelser har ført til relativt forskellige linjeføringer og tværprofil, og har derfor også udmøntet sig i meget forskellige anlægsoverslag. Begge undersøgelser tog udgangspunkt i den endelige lange forbindelse til Søerne.

For at analysere, hvilket grundlag den nærværende undersøgelse skal baseres på, er der udført en sammenligning af de to undersøgelser, som ses opsummeret nedenfor.

ID	Emne	Sammenligning og konsekvens ved forskelle
1	Valg af tunneltype	<p>Rambøll har valgt en cut and cover tunnelløsning for alle 3 alternativer beskrevet i deres notat, mens COWI har valgt en boret tunnel for den længste af deres 3 alternativer og en cut and cover løsning for de 2 mindre lange alternativer.</p> <p>COWI vurderer i deres notat, at en boret tunnel er mest fordelagtig for en lang tunnelstrækning. Rambøll beskriver at en boret tunnel kan være det bedste valg, hvis tunnelen har en tilstrækkelig længde, fx at den forlænges helt ud til en kommende havnetunnel.</p> <p>Initialomkostningerne for en boret tunnel er meget store, hvilket gør en boret tunnel billigere pr. km jo længere den er.</p>
2	Tværsnit af tunnel	<p>Rambøll har i deres notat foreslået et tværprofil med følgende indvendige mål i hvert tunnelrør: 9,1 m bredt x 5,25 m højt, med behov for at øge højden lokalt ved placering af ventilation og ved tunnelåbningerne pga. af risiko for sneopbygning.</p> <p>COWI har i deres notat foreslået et tværprofil med følgende indvendige mål i hvert tunnelrør: 11,0 m bredt x 7,80 m højt.</p> <p>Til sammenligning har tunnelen på Nordhavnsvej følgende mål: 9,1 m bredt x 5,63 m højt (Samme mål er foreslået anvendt på den kommende Nordhavnstunnel).</p> <p>COWI har medtaget nødspor og kanal for røgudsugning. Begge dele er udeladt i Rambølls forslag samt på Nordhavnsvej og Nordhavnstunnelen.</p>
3	Frihøjde	<p>Rambøll har i deres notat forudsat en frihøjde på 4,55 m. COWI har forudsat en frihøjde på 5,2 m.</p> <p>Vejdirektoratet (VD), som ejer Bispeengbuen, stiller normalt krav om en frihøjde på min. 5,2 m over vej. Rambøll har vurderet, at der kan være en god mulighed for at VD acceptere at reducere dette krav, som har sin oprindelse i motorvejsprojekter. I en tunnel, hvor hastigheden bliver 60-70 km timen bør frihøjden ikke være 5,2 m, men kun godt 4,5 m.</p>

ID	Emne	Sammenligning og konsekvens ved forskelle
		<p>Det vil være meget dyrt at etablere en tunnel med en frihøjde på 5,2 m. Rambøll har vurderet at VD's krav om en frihøjde på 5,2 m kan udfordres.</p> <p>Ved Nordhavnsvej, som ejes af Københavns Kommune, haves en frihøjde i tunnelen på 4,63 m.</p>
4	Ventilation	<p>Rambøll har indbygget længdeventilation i deres tunnelløsning uden brug af kanal for røgudsugning.</p> <p>COWI har anvendt tværv ventilation og har indbygget kanal for røgudsugning i deres tunnelløsning.</p> <p>Rambølls vurderer, at det vil være tilstrækkeligt med længdeventilation og lokal udsugning af røg. Dette koncept er bl.a. brugt på Nordhavnsvej. Løsningen med tværv ventilation kræver et væsentligt større tunneltværsnit og er en dyrere løsning.</p>
5	Antal vejbaner og nødspor	<p>Både Rambølls og COWI's projekt har 2 vejbaner. Rambølls projekt viser en løsning uden nødspor, som anvendt på Nordhavnsvej og Nordhavnstunnelen. COWI's forslag inkluderer nødspor. Det ekstra nødspor er grunden til det bredere tværsnitsprofil.</p>
6	Tunnelløsninger og deres længde	<p>Rambøll har i deres notat beskrevet følgende 3 løsningsforslag:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hovedløsning: Tunnel med adgangsramper ved Søpavillonen og Borups Allé umiddelbart vest for vejkrydset Hillerødgade/Borups Allé. Længde 3,2 km</li> <li>• Alternativ løsning 1: Tunnel med adgangsramper ved Søpavillonen og Bispeengbuen umiddelbart øst for S-togsringbanen. Længde 2,55 km</li> <li>• Alternativ løsning 2: Tunnel med adgangsramper ved Søpavillonen og østlige udmunding af den eksisterende tunnel under Frederikssundsvej dvs. øst for Hulgårdsvej (Ring 2). Længde ca. 3,9 km</li> </ul> <p>Alle Rambølls alternativer foreslås at laves som cut and cover tunneler.</p> <p>COWI har i deres notat beskrevet følgende 3 løsningsforslag:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Scenarie L1 – lang boret tunnel fra Gyldenløvesgade/Nørre Farimagsgade til Frederikssundsvejens tunnel. Længde 4,3 km</li> <li>• Scenarie L2 – kort cut &amp; cover tunnel fra Åboulevard ved Rosenørns Allé til Nordre Fasanvej. Længde 2,25 km</li> <li>• Scenarie L3 – mellemlang cut &amp; cover tunnel fra Gyldenløvesgade/Nørre Farimagsgade til Hillerødgade/Borups Allé. Længde 3,35 km</li> </ul>
7	Antal til- og frakørselsramper	<p>Rambøll har i deres notat medregnet følgende antal til- og frakørselsramper:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hovedløsning, Længde 3,2 km, 3 tilkørsler og 3 frakørsler</li> <li>• Alternativ løsning 1, Længde 2,55 km, 2 tilkørsler og 2 frakørsler</li> <li>• Alternativ løsning 2, Længde ca. 3,9 km, 4 tilkørsler og 4 frakørsler</li> </ul> <p>CowI har i deres notat medregnet følgende antal til- og frakørselsramper:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Scenarie L1, Længde 4,3 km, 3 tilkørsler og 3 frakørsler</li> <li>• Scenarie L2, Længde 2,25 km, 1 tilkørsel og 1 frakørsel</li> <li>• Scenarie L3 – Længde 3,35 km, 2 tilkørsler og 2 frakørsler</li> </ul>



ID	Emne	Sammenligning og konsekvens ved forskelle
		COWI's løsninger har generelt 1 tilkørsel og 1 frakørsel mindre end Rambølls løsninger for tilsvarende tunnellængder.
8	Hastighed	Rambøll har anvendt en designhastighed på 60 km/t. COWI har anvendt en designhastighed på 70 km/t, men skriver i deres notat at en maksimumshastighed på 60 km/t må forventes.
9	Anlægsoverslag	<p>Rambøll har i deres notat lavet følgende anlægsoverslag:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hovedløsning, Længde 3,2 km, Anlægsoverslag 5,18 mia. kr. (1,6 mia. kr. pr. km)</li> <li>• Alternativ løsning 1, Længde 2,55 km, Anlægsoverslag 4,18 mia. kr. (1,6 mia. kr. pr. km)</li> <li>• Alternativ løsning 2, Længde ca. 3,9 km, Anlægsoverslag 6,23 mia. kr. (1,6 mia. kr. pr. km)</li> </ul> <p>Cowi har i deres notat lavet følgende anlægsoverslag:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Scenarie L1, Længde 4,3 km, Anlægsoverslag 9,16 mia. kr. (2,1 mia. kr. pr. km)</li> <li>• Scenarie L2, Længde 2,25 km, Anlægsoverslag 4,71 mia. kr. (2,1 mia. kr. pr. km)</li> </ul> <p>Scenarie L3 – Længde 3,35 km, Anlægsoverslag 6,64 mia. kr. (2,0 mia. kr. pr. km)</p> <p>COWI's overslag er ca. 30 % højere end Rambølls. Forskellen kan hovedsageligt forklares med det væsentlig større tunneltværsnit, som er udgangspunktet i COWI's anlægsoverslag.</p> <p>Hverken Rambøll eller COWI har inkluderet udgifter til etablering af et nyt byrum over tunnel. Udgifter til frilægning af ladegårdsåen er heller ikke inkluderet i hverken Rambølls eller COWI's overslag.</p> <p>COWI har ikke inkluderet nedrivning af Bispeengbuen i deres anlægsoverslag. Cowi vurderer denne udgift til 110 mio. kr. Rambøll har inkl. udgift til nedrivningen i deres anlægsoverslag. Rambøll vurderer denne udgift til ca. 70 mio. kr. inkl. 50 % korrektionstillæg.</p> <p>Både Rambøll og COWI har inkluderet et korrektionstillæg på 50 % oven i et fysikestimat i henhold til Ny anlægsprojektering på Transportministeriets område.</p>

Der er en række forhold som er stort set ens i de to løsninger, men på et par punkter adskiller de sig væsentligt.

Primært er Cowi's tunnelloøsning baseret på et fritrumsprofil med en højde på 5.2 meter, som er det profil Vejdirektoratet anbefaler. Rambøll har forudsat et profil med en højde på 4.55 meter, hvilket er i overensstemmelse med EU's Tunneldirektiv. Det er samtidig det profil, som allerede er bygget i Nordhavnsvejstunnelen med Københavns Kommune som bygherre, og i tæt samarbejde med Vejdirektoratet. Samtidig er det det tværsnit, som er projekteret og godkendt



for Femerntunnelen. Profilet er således godkendt både i en kort bygadetunnel med lav hastighed og i en lang motorvejstunnel med høj hastighed.

Tunnelen under S-banen støder direkte op til starten på den foreslåede Bispeengtunnel. Denne tunnel har en frihøjde på 4.4 meter og vil således være dimensionsgivende for de køretøjer, der kan passere (ligesom også Frederikssundsvejstunnelen har en lav frihøjde). Derfor vurderes det ikke formålstjenligt at etablere en stor overhøjde, hvorfor en frihøjde på 4.55 meter vurderes at kunne godkendes.

Rambølls vurderer, at det vil være tilstrækkeligt med længdeventilation og lokal udsugning af røg. Dette koncept er bl.a. brugt på Nordhavnsvej.

## 3. KONSTRUKTIONER

### 3.1 Forudsætninger

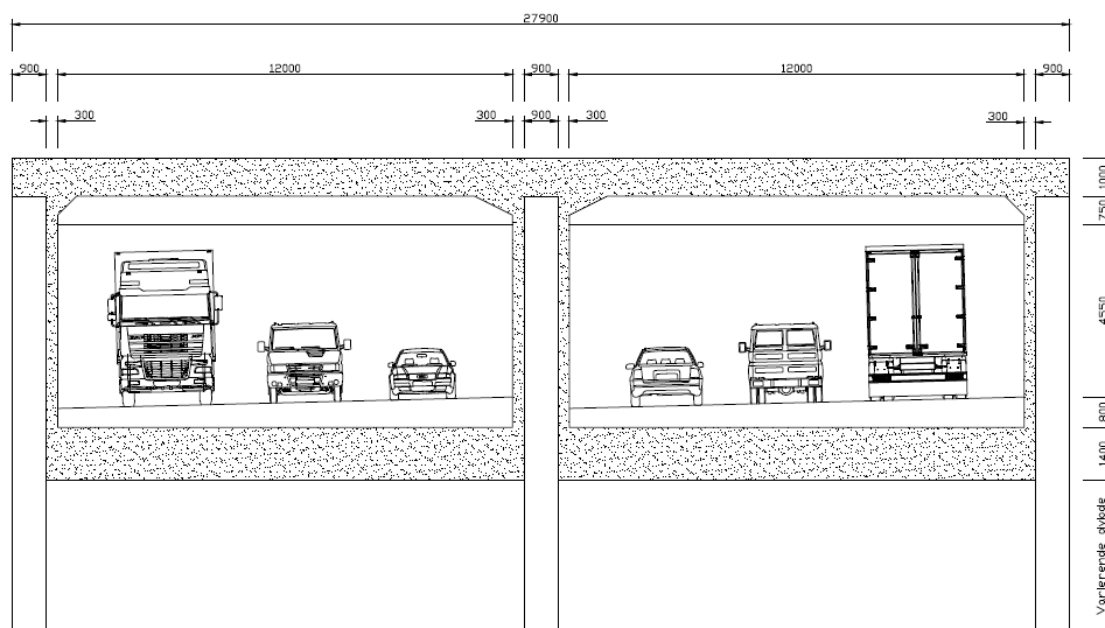
Efterfølgende er der udarbejdet et forslag til nedrivning af Bispeengbuen med tilhørende fundamenter samt etablering af ny tunnelkonstruktion. Følgende hovedforudsætninger ligger til grund for designet.

- Tunnelen skal tage udgangspunkt i den eksisterende S-bane tunnel, og det skal være muligt at overdække helt op til S-banen.
- Tunnelen skal efter etablering kunne levere samme funktionalitet som broen leverer i dag
- Tværprofilet skal overholde EU's Tunneldirektiv med en frihøjde på 4.55 meter. Ovenfor er redegjort for hvorfor det anses for rimeligt at dispensere fra Vejdirektoratets anbefaling om 5.2 meter.
- Det skal være muligt at etablere byggeri og landskab, herunder skybrudsløsninger oven på tunnelens linjeføring.
- Tunnelen skal kunne etableres i 4 optioner: 1. Basistunnel uden overdækning i nogen af enderne. 2. Basis plus overdækning mod S-banen. 3. Basis plus overdækning i enden ved Telehuset. 4. Basis plus overdækning i begge ender.
- Igangværende skybrudsløsninger i området skal kunne integreres i løsningen og der skal kunne etableres en frilægning af åen som en del af skybrudsløsningen.

### 3.2 Tværprofilet

Rambøll har forudsat et profil med en højde på 4.55 meter, hvilket er i overensstemmelse med EU's Tunneldirektiv. Det er samtidig det profil som allerede er bygget i Nordhavnsvejstunnelen opført med Københavns Kommune som bygherre, men i tæt samarbejde med Vejdirektoratet. Samtidig er det det tværsnit, som er projekteret og godkendt for Femerntunnelen. Profilet er således godkendt både i en kort bygadetunnel med lav hastighed og i en lang motorvejstunnel med høj hastighed.

Som en integreret del af tunnelen i Bispeengbuen ligger den eksisterende tunnel under S-banen. Denne tunnel har en frihøjde på 4.4 meter og vil således være dimensionsgivende for de køretøjer der kan passere. Derfor vurderes det ikke formålstjenligt at etablere en unødvendig overhøjde.



### 3.3 Længdeprofil

Længdeprofilet, som ligger i bilag til rapporten, starter med at dykke til den optimale dybde allerede med udgangen af S-banetunnelen. I basisoptionen er selve den overdækkede del af tunnelen 420 meter lang. Hertil kommer optioner på hhv 145 meter og 150 meter overdækning i enderne af tunnelstrækningen. Disse overdækkede ender er optioner og ikke nødvendige af anlægstekniske og trafikale årsager, men kan forøge det bebyggelige areal. Og de vil begrænse støjdbredelsen yderligere.

Længdeprofilets forløb sikrer, at tunnelen rammer det eksisterende profil ved Borups Plads, hvorfra forbindelsen fortsætter i det eksisterende forløb. Det vurderes hensigtsmæssigt, at en eventuel forlængelse af tunnelen videre ind mod søerne startes efter Borups plads, således at den nu foreslåede strækning kan stå alene både nu og i en fremtidig situation.

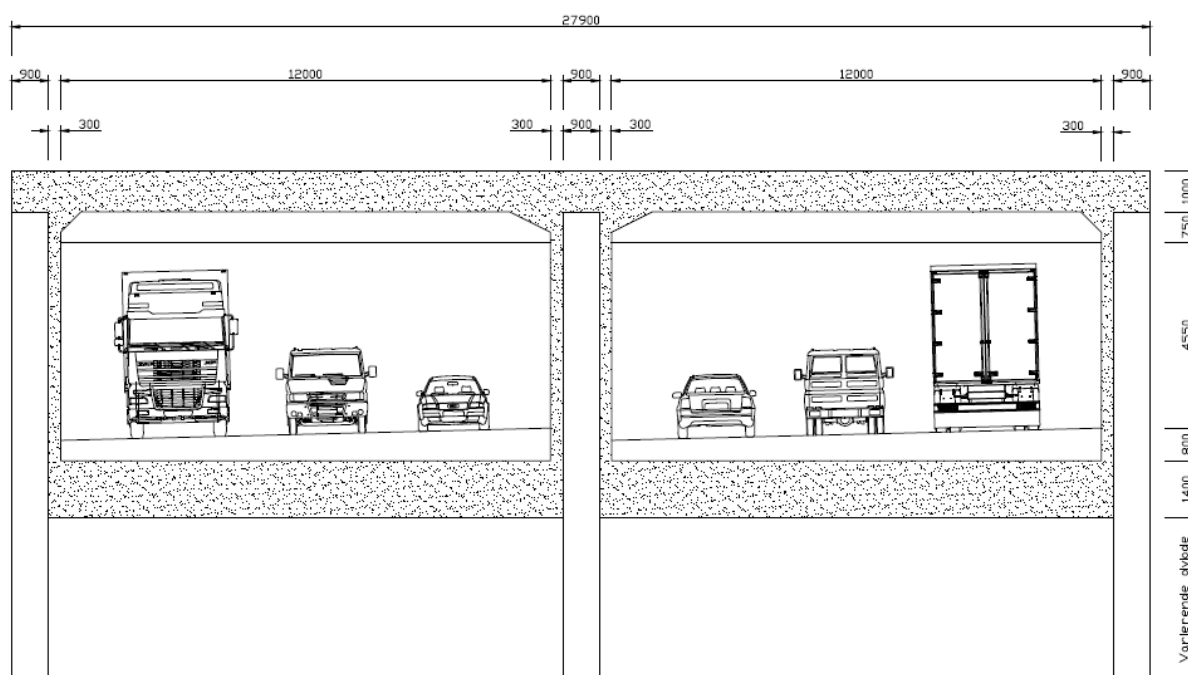
Længdeprofilet betyder at Nordre Fasanvej hæves ca. 1 meter, således at det ikke er så markant et dybdepunkt og regnvand kan styres til mere passende steder, således at Ndr. Fasanvej ikke oversvømmes under skybrud. Samtidig vil en regnvandsledning som forventes at løbe på tværs af Ndr. Fasanvej nemmere kunne passere under denne.

### 3.4 Tunnelkonstruktionen

Rambølls hovedforslag viser en løsning med en 410 m lang overdækket tunnel med ca. 150 m lange tilstødende ramper i hver ende. Hovedforslaget er vist på de vedlagte tegninger.

Det er muligt at lave en overdækning af ramperne i hver ende. Overdækningen er benævnt option 1 for den rampe i den nordvestlige ende mellem S-banen og Nordre Fasanvej og option 2 for den sydøstlige ende ved telehuset. Overdækningen vil rage op over det eksisterende terræn med en højde varierende fra 0-6,5 m. Den del af tunnelen, der ligger over terræn ved de 2 optioner, vil kunne skjules delvist med en terrænregulering eller sammenbygning med fremtidige bygningskonstruktioner.

Tunnelprofilet er vist nedenfor.



*Tunneltværsnit*

Tunneltværsnittet består af 2 kamre, der hver har følgende indvendige mål:

Bredde 12,00 m

Højde 5,25 m

Bredden på 12 m fremkommer af følgende forudsætning: Der etableres 3 spor med en gennemsnitsbredde på 3,33 m og en sikkerhedsafstand på 1 m i hver side.

Forudsætningen for højden er beskrevet i notat BISP-TSTA-001. Ved tunnelåbningerne vil højden være lidt større pga. risiko for sneophobning.

### 3.4.1 Anlægsarbejdet

Det bør afklares om der kan gives tilladelse til at anvende dele af genbrugsstationens areal og det sydlige tunnelrør under S-banen, så der kan afvikles trafik i 2 x 2 baner i anlægsperioden (se i øvrigt sektion 4.2).

Kan der ikke gives tilladelse, kan trafikken afvikles som følger:

Den eksisterende brokonstruktion på Bispeengbuen består af 2 parallelliggende brokonstruktioner. De 2 brokonstruktioner har hvert deres fundament. De tilstødende ramper er dog sammenbyggede. Det forventes og forudsættes, at den ene brokonstruktion kan nedrives med tilhørende del af rampeanlæg, og at den anden kan anvendes til dobbeltrettet trafik med 2 spor i den ene retning og et spor i den anden i en anlægsfase, da der kun kan føres 3 spor igennem tunnelrøret/broen under S-banen. Der skal skiftes i mellem morgen trafik og eftermiddags trafik.

Anlægsarbejdet forventes opdelt i følgende hovedfaser:

1. Ledningsomlægninger og etablering af grundvandssænkingsanlæg
2. Trafikomlægning
3. Nedrivning af den ene brokonstruktion med tilhørende rampedel
4. Etablering af det ene tunnelrør
5. Trafikomlægning fra bro til tunnel og/eller til overliggende terræn
6. Nedrivning af den anden brokonstruktion med tilhørende rampedel
7. Etablering af det andet tunnelrør
8. Omlægning af trafik til tunnel
9. Delvis retablering af terræn og krydsende veje
10. Etablering af byggeri, terrænoverflade (byrum), samt omlægning af Ladegårdsåen og med potentiel mulighed for skybruds foranstaltninger

Anlægsarbejdet med etablering af tunnelen (fase 1-9) forventes at tage 3 år. Etablering af byggeri, terrænoverflade inkl. beplantning samt omlægning af Ladegårds Å og etablering af skybrudsforanstaltninger forventes at tage yderligere 3 år.

### 3.5 Anlægsoverslag

Anlægsoverslaget dækker fase 1-9. Fase 10 forudsættes etableret af en developer og er derfor ikke medregnet i anlægsoverslaget. Fase 10 anses ikke som en udgift, men en indtægt, da det er muligt at sælge en byggeret i forbindelse med en tunnelløsning. Vurdering af den indtægt er beskrevet i efterfølgende afsnit 6. Hvis området indrettes til at håndtere skybrud vil forsyningsselskaberne finansiere denne del, hvilket vil være en yderligere indtægt til projektet.

Tunnelvæggene forudsættes etableret med sekantpæle beklædt med 300 mm beton. Det vil kræve yderligere undersøgelser om tunnelvæggene kan etableres på en mere økonomisk måde. Sekantpælene er tegnet 4 m under underside af bundpladen. Alt efter funderingsforholdene vil dybden af sekantpælene variere.

Det er forudsat at der kan placeres bygninger oven på tunnelkonstruktionen dog med den forudsætning, at hovedlasterne fra bygningerne føres ned i sekantpælevæggene. Hvor der placeres bygninger kan det være nødvendigt at føre sekantpælene ned til kalken. Dybden af kalklaget varierer en del på arealet, men forventes at ligge gennemsnitligt ca. 10 m under tunnelens bundplade. Udgift til dette er medregnet i anlægsoverslaget.

Top og bundplade udføres med insitu beton. Toppladens tykkelse er vurderet ud fra en antagelse om at tunnelen dækkes af et 2 m lag jord. Bundpladens tykkelse er vurderet ud fra en antagelse om grundvandtryk i terrænniveau.

Anlægsoverslaget for hovedløsninger er vist nedenfor. De enkelte delposter er vurderet ud fra erfaringer fra eksisterende nyere tunnelprojekter omregnet til størrelse, forhold m.m. så det svare til tunnelprojektet på Bispeengbuen. Fysikestimatet er 909 mio. kr. og dertil lægges et korrektionstillæg på 50% jf. Finansministeriets vejledning "Ny Anlægsprojektering" på Transportministeriets område. Anlægsoverslaget på 1,36 mia. kr. svarer til en km-pris på godt 1,8 mia. kr., hvilket svare til de faktiske anlægsudgifter på eksisterende projekter med tilsvarende kompleksitet.

**Hovedløsning**

Emne	mio. kr.
Arbejdspladsomkostninger	75
Ledningsomlægninger og arkæologi	100
Trafikomlægninger inkl. midlertidige veje	30
Nedrivning af brokonstruktion	45
Sekantpælevægge	108
Spuns inkl. Forankring	12
Jordarbejde inkl. miljø afgravning og påfyld	81
Grundvandshåndtering inkl. Reinfiltration	40
Beton, bundplade	97
Beton, vægge	30
Beton topplade	59
Vejopbygning, vejafvanding, skiltning	35
Brandisolering	9
Sekundære konstruktioner	30
M&E (mekanisk og elektrisk udstyr)	75
Rådgiverhonorar	83
<b>Total (Fysikestimat)</b>	<b>909</b>
Tillæg (50 %)	455
<b>Anlægsoverslag</b>	<b>1364</b>

Da anlægsoverslaget er udarbejdet ud fra grove estimater baseret på et simpelt skitseprojekt, er der tillagt et korrektionstillæg på 50 % oven i et fysikestimat i henhold til Ny anlægsprojektering på Transportministeriets område.

Anlægsoverslaget på option 1 (tunneloverdækning af ramperne mellem S-banen og Nordre Fasanvej) er på 95 mio. kr. Anlægsoverslaget på option 2 (tunneloverdækning af ramperne umiddelbart vest for Borups Plads) er det samme som anlægsoverslaget på option 1. Det forudsættes at overdækningen har samme længde på de 2 optioner. Vælges en løsning med både option 1 og 2 fås derved et anlægsoverslag på  $(1,36 + 0,095 + 0,095)$  mia. kr. = 1,55 mia. kr. Option 1 og 2 kan dog medføre en ekstra indtægt pga. af mulighed for salg af en større byggeret. Denne indtægt er ikke inkl. i ovenstående overslag.

Bygherres egne administrationsudgifter til opførelse af tunnelprojektet er ikke inkluderet i anlægsoverslaget. Bygherrerådgivning er inkluderet i alle faser af byggeriet (projektering, udbud, kontrahering, tilsyn og byggeledelse, aflevering samt 1 og 5 år gennemgange).

## 4. TRAFIK I ANLÆGSPERIODEN

### 4.1 Forudsætninger

Bispeengbuen er en meget trafikeret vejstrækning, men set i forhold til vejstrækningerne længere inde mod byen, på Ågade og Åboulevard, er der mindre trafik på Bispeengbuen. Bispeengbuen er derfor ikke en trafikal flaskehals, og den har i sammenligning med de øvrige veje en overkapacitet, idet det snarere er de signalregulerede kryds end selve strækningen der er bestemmende for kapaciteten.

Det bør primært afklares, om der kan gives tilladelse til at anvende dele af genbrugsstationens areal og det øvrige tunnelrør under S-banen, så der kan afvikles trafik i 2 x 2 baner i anlægsperioden.

Bispebuen består af 2 selvstændige brokonstruktioner, der hver bærer trafikken i hver sin retning.

Det forudsættes, at den ene bro nedtages, mens trafik (i begge retninger) føres på den tilbageværende brokonstruktion. To spor i én retning og ét i den anden. Der bør skiftes i forhold til myldretid (morgen/eftermiddag).

Når den ene bro er nedtaget, kan det første tunnelrør anlægges, stort set i sammen tracé som den nedtagne bro. Herefter kan trafik (i begge retninger) føres i det nye tunnelrør (To spor i én retning og ét i den anden), mens den anden del af bispebuen nedtages. Herefter kan det andet tunnelrør anlægges.

Bredden af hver brosektion af den eksisterende Bispebue er mere end 3 x 3,5 meter. Men kørebanen under broen, der fører S-togs banen over vejtrafikken, er præcis 3 x 3,5 meter. Hertil i øvrigt en hævet del i hver side på ca. 0,8 meter. Disse dele kan ikke indgå som kørebane. Kørebanen er dermed på det smalleste sted 10,5 meter.

Nordre Fasanvej er lokalt sænket der, hvor Bispebuen føres over vejen. Det vil sandsynligvis være en fordel (og muligvis en nødvendighed) at hæve denne vejstrækning, når tunnelen er anlagt. Men mens arbejderne pågår, kan denne hævning ikke gennemføres, da det vil reducere frihøjden mellem Nordre Fasanvej og undersiden af Bispeengbuen. I dag er der allerede en 4,0 meter begrænsning for det sydgående spor.

Det bør afklares, om der kan dispenseres for en lavere højde, men det vil kræve at al trafik med køretøjer højere end ca. 3 meter, skal omdirigeres.

### 4.2 Trafikafvikling

Bispeengbuen er en meget trafikeret vejstrækning, men set i forhold til vejstrækningerne længere inde mod byen, på Ågade og Åboulevard, er der mindre trafik på Bispeengbuen. Bispeengbuen er derfor ikke en trafikal flaskehals og den har i sammenligning med de øvrige veje en overkapacitet.

Det bør afklares, om der kan gives tilladelse til at anvende dele af genbrugsstationens areal og det øvrige tunnelrør under S-banen, så der kan afvikles trafik i 2 x 2 baner i hovedparten af anlægsperioden.

Grundlæggende vil hovedparten af dagens trafik kunne afvikles i lav fart via først den ene bro og siden hen det ene tunnelrør. Men de 2 + 1 spor rækker ikke til al den trafik, der i dag benytter

Bispeengbuen. Derfor vil det omkringliggende vejnet skulle aftage mere trafik end vejnettet gør i dag, hvis genbrugsstationen ikke kan benyttes.

Hvis genbrugsstationen ikke kan benyttes, skal det nøje planlægges, hvorledes vejmyndigheden gennemfører skiftet mellem morgen trafik og eftermiddags trafik. Dette skal ske 2 gange i døgnet i byggeperioden.

Samtidig skal der foretages interims foranstaltninger, når tunnelen skal anlægges "under" Nordre Fasanvej og "under" Borups Allé. Det vil være sandsynligt, at der kan etableres forlagte vognbaner med nogle relativt skarpe vinkeldrejninger. Dette vil naturligvis påvirke trafikken, men det vurderes muligt og acceptabelt i en anlægsperiode og med lav hastighed.

Trafikken i området generelt vil naturligvis blive påvirket af anlægsarbejderne, men ikke uoverstigeligt. Trafikafvikling vil blive et vigtigt område, der skal arbejdes med for at opnå et minimum af gener for både den gennemkørende trafik som den lokale trafik.

På det tidspunkt hvor der alene er etableret ét tunnelrør og den anden halvdel af Bispeengbuen nedtages, vil der kun være mulighed for 2 + 1 spor i tunnel. Dermed skal et evt. ekstra spor eksempelvis placeret på toppen af den nye tunnelrør, afvikles ved at krydse både Nordre Fasanvej og Borups Allé i niveau, hvilket sandsynligvis vil betyde 2 nye signalreguleringer. Rambøll vurderer for nærværende at det vil være mere hensigtsmæssigt at afvikle denne trafik på de eksisterende veje og dermed acceptere højere belastning af disse veje.

### **4.3 Trafikken efter anlæg af tunnel**

Når tunnelen er anlagt vil trafikafviklingen forløbe præcis som den gør i dag. Med 3 spor i hver retning og udveksling ved Borups Plads og ved Hillerødgade/Borups Allé.

Afviklingen af trafikken i 2 x 3 spor er vurderet som det mest optimale, idet fase 1 således vil kunne stå alene. Hvis der aldrig anlægges en forlængelse af tunnelen ind mod søerne, vil fase 1 ikke udgøre en flaskehals. Tunnelen vil skabe sammenhæng i mellem 2 strækninger der i dag er 2 x 3 spor.

Herudover vil 2 x 3 spor give den største fleksibilitet i forskellige fremtidsscenerier, hvor man kan forestille sig reserverede baner til fx offentlig transport, el-biler, car-pool eller andet.



## 5. SKYBRUDSLØSNINGER



**Figur 3** Foto fra Grøndals Å hvor den møder Lygte Å i bunden af billedet og bliver til Ladegårds Å, før rørlægningerne og Bispeengbuen.

### 5.1 Åbning af Ladegårds Å

En tunnelloøsning for den nuværende hævede del af Bispeengbuen giver mulighed for et rekreativt løft af området og for at skabe et helt nyt grønt byrum i form af en park mellem Frederiksberg og København. For området, der i dag fremtræder som en meget urban og "hård" og svært overskridelig grænse, vil der blive mulighed for at etablere en blød og tilgængelig overgang med mulighed for ophold og rekreativ aktivitet.

Det er tidligere i forbindelse med konkretiseringen af skybrudsplanerne for København og Frederiksberg vist, at i en fremtidig park vil det endvidere være muligt at skabe plads til etablering af forsinkelser og afledning af vand på overfladen i forbindelse med skybrud, hvilket vil være et kosteffektivt alternativ til en ren kloak-tunnelleringsløsning. Dette vil i vid udstrækning være i tråd med ønskerne om vandforløb i Åboulevarden, som det har været drøftet i forbindelse med overvejelserne om at genåbne en del af den nu rørlagte Ladegårds Å, der løber under Bispeengbuen.

Området ved Bispeengbuen er naturligt lavtliggende som en del af Ladegårdsåen. På den tidligere eng, Bispeengen, løber Ladegårds Å, Lygte Å og Grøndals Å sammen, hvorfra Ladegårdsåen løber videre til Peblinge Sø. Alle disse er rørlagte.



**Figur 4 Overordnet vandløbssystem i København**

Ved at tilføre regnvand der lander på de omkringliggende veje og huse samt en vandstrøm fra den rørlagte Lygte å vil det være muligt at skabe et vandelement tæt på Ladegårdsåens historiske tracé gennem området, som vil være mere eller mindre vandfyldt alt efter hvornår på året og hvor store regnmængder, der falder. Ved re-cirkulation fra Ågadeparken kan der sikres vandføring hele året, og der kan evt. etableres naturlig rensning, så vandet kontinuerligt renses og forbedrer vandkvaliteten inden vandet løber til Peblinge Sø. Tilsvarende koncept er netop foreslået til Hans Tavsens Park/Korsgade-projektet, som København i øvrigt vandt konkurrencen Nordic Built Challenge med (2016).

Den rørlagte Ladegårds Å har en forholdsvis lav bundkote, så en åbning og løb ved gravitation vil blive et relativt dybtliggende vandløb med deraf følgende terrænmæssige udfordringer. Desuden kan en del af åen komme til at ligge under Peblingesøens vandspejl, hvorved tilbagestuvning fra søen vil kunne forekomme.

I stedet foreslår Rambøll, at der arbejdes med at pumpe vand til et højere liggende vandelement (herfra kaldet Ny Ladegårds Å), som dels kan blive et karakterskabende element i parken dels fungere som skybrudselement til forsinkelse og afledning og evt. rensning. For at sikre et kontinuert flow i et vandløb i terræn vil det formentlig være nødvendigt at pumpe vand fra den rørlagte Lygte Å til Ny Ladegårds Å. Det er vigtigt at understrege, at de til rådighed værende vandmængder er begrænsede og det vil være nødvendigt med enten re-cirkulation eller stemmeværker for at sikre vand i åen og en visuel fornemmelse af vandstrømning via overløb over stemmeværkerne. Alternativt kan det accepteres, at Ny Ladegårds Å periodevis udtørres og har svingende vandmængder. I så fald skal det vurderes om biologien og vandelementet kan designes til at fungere under disse forhold.

Da tunnelen vil medføre behov for omlægning af den rørlagte Ladegårds Å vil pumpning af vandet fra Lygte Å til terræn både være en løsning til håndtering af ledningsomlægningen og en løsning til at sikre vand til Ny Ladegårds Å – også i kortere, tørre perioder.

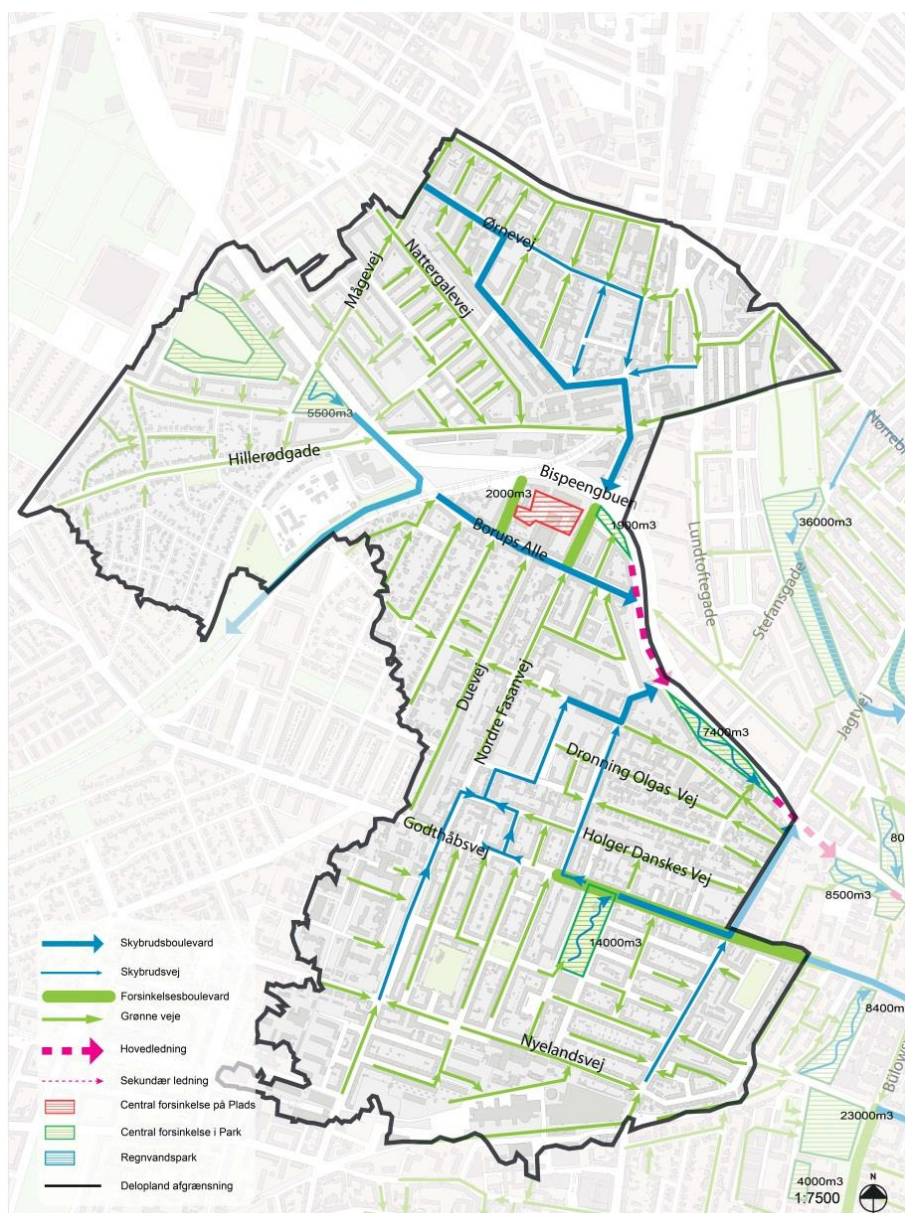


## 5.2 Skybrudshåndtering

På grund af kloaksystemet og de topografiske forhold vil der under skybrud samles store mængder vand i området, særligt på Nordre Fasanvej hvor denne føres under Bispeengbuen. Vandet strømmer dels til overfladisk fra Borups Allé og Hillerødgade, dels sker der overbelastning af kloaksystemet med tilbagestuvning fra systemet i Københavns Kommune. Kloaksystemet afleder dels mod Lygten og Lersøgrøften, dels langs Ågade/Åboulevard.

Den nordlige del af området, nord for Bispeengbuen afvander mod en pumpestation ved Lygten, hvorfra der ved kraftigere regn er overløb til den nu rørlagte Lersøgrøft. Lersøgrøften har udløb til Øresund ved Strandvænget. Ved kraftige regnhændelser overbelastes hele dette system, og vand kan stuve tilbage og løbe op på terrænen ved dybdepunktet ved Bispeengbuen

I forbindelse med "Konkretisering af skybrudsplaner for Ladegårds Å, Frederiksberg Øst og Vesterbro, 2013" /1/ er der udarbejdet flg. masterplan for en mulig skybrudshåndtering af de pågældende deloplande i København og Frederiksberg Kommune.



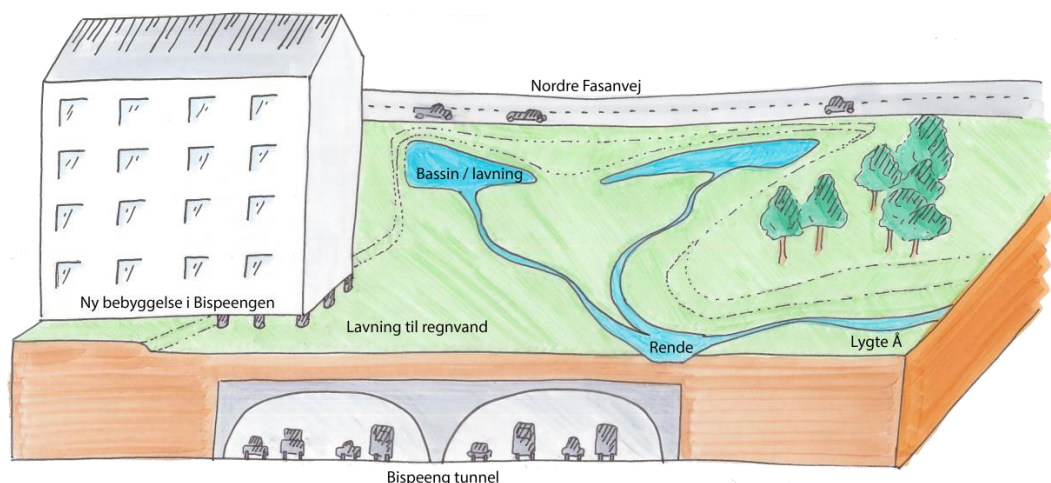
Figur 5 Detailplan over deloplandet Bispeengbuen med illustration af skybrudsveje og forsinkelse /1/

Hovedprincippet i ovenstående masterplan er at etablere et robust skybrudssystem bestående af overordnede skybrudsveje samt forsinkelsesområder i oplandene, der tilbageholder så meget af vandet som muligt.

En af de overordnede skybrudsveje er skybrudsvejen i og langs Åboulevarden, der skal håndtere regnvand fra bl.a. Fuglekvarteret på Nørrebro og et delområde i Frederiksberg og lede det mod Københavns Havn.

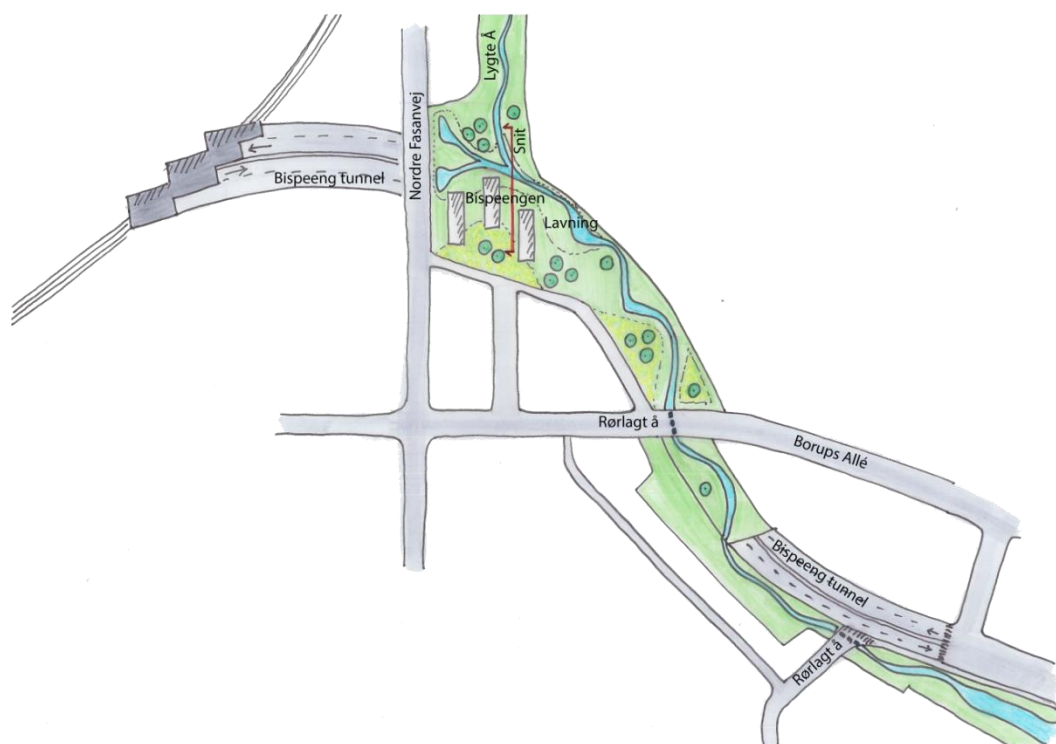
Som beskrevet i tidligere undersøgelser /1/ og /2/ vil etablering af Å-park i Åboulevarden kunne håndtere en stor del af regnvandet på terræn i forbindelse med skybrud.

For området under Bispeengbuen afhænger kapaciteten af skybrudsvejen både af muligheden for at etablere den opstrøms skybrudsvej terrænnært i Nordre Fasanvej (fra Fuglekvarteret) samt af muligheden for at udnytte det fritlagte areal under Bispeengbuen. Løsningen vil formentlig skulle kombineres med en parallelt løbende mindre supplerende skybrudsledning. Den supplerende skybrudslednings funktion vil f.eks. være at lede mere forurenet hverdagsregn fra trafikbelastede overflader og first flush til rensning og i nogen udstrækning også til at supplere kapaciteten ved skybrud eller til særlige vejkrydsninger og lignende.



**Figur 6 Illustration af muligt byrum og vandstrømme på terræn ved etablering af tunnel**

Ved i første omgang at nedlægge trafikken i tunnel under selve Bispeengbuen opnås således mulighed for at påbegynde den planlagte skybrudsvej langs Ågade/Åboulevard.



**Figur 7 Illustration af muligt forløb af en frilagt Ladegårds Å, her med åbne ramper (Scenarie 1)**

I forbindelse med omlægning til en underjordisk trafikløsning vil der i et nyt byrum være mulighed for forsinkelse af regnvand med udgangspunkt i det eksisterende dybdepunkt, hvor Bispeengbuen krydser Nordre Fasanvej. I Skybrudskonkretiseringsplanen for Ladegårds Å er det vurderet, at der vil kunne opsamles og forsinkes ca. 2.000 m<sup>3</sup> vand i den eksisterende lommepark - Bispeengparken - ved Bispeengbuen på Frederiksberg-siden.

Samtidigt vil dette dybdepunkt være et fornuftigt udgangspunkt for den planlagte skybrudsvej, der vil løbe langs Åboulevarden-Ågade og skal aflede vand fra det sydlige Nørrebro og Frederiksberg til Skt. Jørgens Sø, som beskrevet /1/. I forbindelse med en ny park på området, vil det være muligt at indarbejde et større volumen i terræn end de foreslåede 2.000 m<sup>3</sup>, hvorved kapaciteten for den planlagte skybrudsledning vil kunne reduceres fra de nuværende anslåede maks. 5 m<sup>3</sup>/sek som beskrevet i Skybrudskonkretiseringsplanen /1/.



**Figur 8 Foto fra den omdannede Bishan Park i Singapore, der før var en beton-rende til afledning af regnvand.**



Ønskes yderligere kapacitet end hvad der kan opnås i byrummet vil det være muligt, at der samtidigt anlægges et underjordisk volumen i form af en bassinledning, der både vil give en forsinkelse af regnvand, samtidigt med at denne vil fungere som start for tunnelledningen der vil løbe mod Skt. Jørgens Sø. Eftersom det forventes, at tunnelen vil skulle udgraves ved cut-and-cover metoden, vil det være muligt at udvide graveområdet relativt let, hvorved der vil kunne gøres plads til en regnvandsledning.

### 5.3 Infrastruktur

Hvis Nordre Fasanvej samtidig hæves ved det eksisterende dybdepunkt vil det give mulighed for forbedring af de trafikale forhold for Nordre Fasanvej og forbedring af koteforholdene for regnvandsafledningen.



Figur 9 Foto fra de årlige oversvømmelser under Bispeengbuen.

### 5.4 Forbehold og forudsætninger

For at disse forbedringer af byrummet og regnvandshåndteringen vil kunne gennemføres, kræver det, at Bispeengbuen tunneleres på den nuværende hævede strækning, og at der samtidig sker en bearbejdning af terrænet, så der er jævnt fald mod Ågadeparken.

Det skal undersøges, hvilke oplande, der reelt vil kunne ledes til en ny terrænnær rende, da dette evt. vil kræve en re-profilering af nogle af de omkringliggende veje. Ligeledes vil det være nødvendigt med en grundig hydraulisk undersøgelse for at finde de vandmængder der vil kunne føres til den ny park, samt hvilken kapacitet en tilsluttet skybrudsvej/-tunnel vil skulle have. Både opstrøms og nedstrøms for Bispeengen.

For at kunne udnytte Bispeengen som mulig skybrudsvej og forsinkelsesplads forudsættes, at de tilstødende oplande og veje tilpasses i nødvendigt omfang således at skybrudsvandet kan ledes til den nye terrænnære skybrudsvej, evt. delvist ved pumpning.

Etablering af regnvandsafledning på terræn samt etablering af et vandelement (Ny Ladegård Å) i området skal koordineres med en eventuel samtidig sænkning af udløbet til Sankt Jørgens Sø.

Løsningen skal koordineres med både opstrøms skybrudsafledning fra både Nørrebro og Frederiksberg samt nedstrøms skybrudsløsning fra Ågadeparken og nedstrøms mod enten Sankt Jørgens Sø eller Københavns Havn.

Tilslutningsanlæg til tunnelramper skal generelt sikres mod skybrud, f.eks. ved etablering af terrænhævning inden nedkørselsrampe. Fastlæggelse af acceptkriterier for oversvømmelse skal fastlægges – evt. efter samme princip som nedgangene til de underjordiske metrostationer.

Værdien af skybrudsløsninger er ikke indregnet i efterfølgende business-case (sektion 6).



## 6. BUSINESS CASE

I det følgende afsnit gennemgås resultaterne af og metoden for den udarbejdede business case der har til formål at synliggøre hvilke af de fire designscenarier der er mest attraktivt, samt i hvilken grad indtægter fra udviklingsprojektet kan finansiere en tunnellægning af vejforbindelsen.

### 6.1 Resultater

Resultaterne er baseret på fire scenarier, hhv. med eller uden overdækning m. boligbyggeri i enderne af tunnelen (beskrevet nærmere i sektion 3.5). Scenarie 1 er uden overdækning i begge ender, scenarie 2 og 3 er hver med overdækning i én af enderne (hver deres ende) og scenarie 4 er med overdækning i begge ender af tunnelen.

DCF-analysen, som diskonterer de fremtidige estimerede pengestrømme, udviser følgende resultater:

**Tabel 1 - NPV i de fire scenarier**

Scenarie	Beskrivelse	Antal etagemeter	NPV, DKK
Scenarie 1	Ingen overdækning	58.338	-550.373.061
Scenarie 2	Option 1 – overdækning i nordvestlige ende	65.982	-557.903.497
Scenarie 3	Option 2 – overdækning i den sydøstlige ende	65.982	-557.903.497
Scenarie 4	Option 1+2 – overdækning i begge ender	73.626	-565.433.933

Alle fire scenarier udviser en negativ NPV. Scenarie 1 er det mest positive med en NPV på -550 mio. DKK. Med udgangspunkt i de anvendte antagelser, er der dermed ingen af de 4 scenarier der er fuldstændigt selvfinansierende. I praksis betyder dette, at projektet mangler godt en halv mia. DKK for at tjene sig selv ind over tid (dette er uden at tage hensyn til den konkrete finansiering af projektet).

### 6.2 Om analysen

Business casen i denne analyse er gennemført på et overordnet niveau, og har således kun til formål at give foreløbige indikationer på projektets egenfinansiering samt potentialerne for de forskellige designscenarier. I en konkret investeringssituation, vil der således være behov for at udbygge den bagvedliggende analyse for indeværende business case yderligere.

En stor del af de anvendte antagelser i business casen stammer fra Sadolin & Albæks rapport "Omdannelse af Åboulevard" fra november 2015 for København og Frederiksberg. Konklusionernes korrekthed er således afhængige af korrektheden af de antagelser og skøn som ligger til grund for Sadolin & Albæks rapport. I særdeleshed er analysens resultater sensitive i forhold til korrektheden af den af Sadolin & Albæk valgte metode for udregning af værdien af byggeretter.

En række placeringer og typer af boliger har været i spil (fx Genbrugspladsen ved Bispeengen). Denne analyse antager en simpel tilgang til type (beskrevet nedenfor), og bruger Sadolin & Albæks antagelser omkring knap 66.000 etagemeter med mulighed for til- og fravalg af optioner.

Der er herudover udeladt en række overvejelser og casen tager derfor ikke højde for den kommunale udligningsordning. Ligeledes er ejendomsværdiskatten udeladt, da provenuet herfra går til Staten og ikke kommunerne. Hvis Statens indtægter fra ejendomsværdiskatten alligevel skal indgå, vil man kunne forvente et øget skattegrundlag fra de nye boliger og dermed en højere indtjening, som vil påvirke NPV-resultatet positivt. Man kan dog argumentere for, at denne effekt ikke er relevant, da den samlede mængde boligejere, som betaler skat til Staten ikke rimeligt

kan forventes at stige på baggrund af projektet. Derudover er den nye skattelovgivning fra 2021 ikke indregnet, da konsekvenserne heraf endnu ikke er klarlagt. De nye regler indebærer, at skattebetalingen følger grundværdien (og altså ikke længere vil være fastfrosset). Om end det specifikke beløb, som grundskylden vil stige for de omkringliggende boliger vil kræve en dybere analyse at udregne, forventes det at der vil være en øget indtægt fra grundskylden forårsaget af en stigning i ejendomsværdier pga. områdeforskønnelsen, som projektet indebærer. Det samme gælder ejendomsværdiskattestigningen.

Business casen tager ikke højde for driftsomkostningerne, da det vurderes, at disse vil være tilsvarende eller lavere end de nuværende, således at der ikke er tale om en ekstraudgift ift. den aktuelle situation.

### 6.3 Metode

Resultaterne af business casen er udarbejdet ved hjælp af DCF-metoden (diskonterede pengestrømme). Modellen er blevet opbygget på baggrund af de forventede indtægter i form af hhv. salg af byggeretter, den tilsidesatte pulje på 125 mio. DKK og øgede skatteindtægter samt de estimerede anlægsomkostninger (se sektion 3.5). På baggrund af disse er de fremtidige pengestrømme blevet estimeret og diskonteret. Resultatet af pengestrømsanalysen udtrykkes i en NPV (Net Present Value), som er summen af de diskonterede fremtidige pengestrømme ved projektstart, og dermed et udtryk for, hvor meget det vil koste/hvor meget man kan tjene på at gennemføre den analyserede aktivitet, når investeringen skal foretages. Det er en typisk praksis, at man diskonterer til forventet projektstart, hvilket i dette tilfælde forudsættes at være år 2020.

Den valgte budgetperiode er femten år, da de fleste af indtægterne/omkostningerne forventes at falde inden for denne periode. De resterende pengestrømme er udregnet som en terminalværdi, som illustrerer værdien af den resterende del af projektet i det sidste år i budgetperioden diskonteret til projektstart.

Kvadratmeterpriserne på byggeretter for ejerboliger, kontorer og detail er baseret på en analyse fra Sadolin & Albæk fra 2015, som udregner værdien ud fra bl.a. salgspriser, omkostninger for totalentreprise, en række andre omkostninger (herunder P-faciliteter). Den forventede salgspris er for ejerboliger blevet opdateret ift. den generelle boligprisstigning, der har været på Frederiksberg siden udarbejdelsen af Sadolin & Albæks rapport (stigning på 17,7%)<sup>1</sup>, mens omkostninger til totalentreprise er blevet opdateret ift. byggeomkostningsindekset (2,9 %). Skatteindtægterne er baseret på den forventede ekstra ejendomsskat (grundskyld), man kan forvente fra de bygninger, som opføres på grunden.

De forventede ejendomsskatteindtægter (grundskyld) fra de nye byggerier er estimeret på følgende måde:

- Fra BBR-registret er der trukket ejendomsdata fra alle ejendomme i en afstand af 200 m fra Bispeengbuen (se Figur 10)
- Da boligerne i scenarie 1 mestendels forventes at blive en del af Frederiksberg Kommune, og for at holde analysen simpel, er dataene filtreret, så kun ejendomme på Frederiksberg indgår
- For hver vej er der udvalgt 1-2 resultater, hvor der for hver er indhentet oplysninger om grundværdi, anvendt skattegrundlag for beregning af grundskyld samt faktisk betalt grundskyld
- For de udvalgte ejendomme er der foretaget en gennemsnitsberegning af betalt grundskyld per kvadratmeter grundareal som er ganget med det forventede grundareal i business casen

<sup>1</sup> Da området befinder sig i yderkanten af Frederiksberg, har vi, for at sikre, at tallet er retvisende, sammenholdt vækstraten med vækstraten i samme periode i NV, som lå på omkring 23 %

I beregningen af grundskyld er der foretaget en forsimpning således at der er antaget 100 % boligbebyggelse, på trods af at grunden også forventes at indeholde 15 % erhverv). Det skal bemærkes at hvis nogle af boligerne i stedet bliver en del af Københavns Kommune, vil indtjeningen fra grundskyld være lidt højere, da grundskyld her er 34 promille, mens den i Frederiksberg kun er 24,75 promille. Dette vil være tilfældet i scenarie 3 & 4, samt hvis genbrugsstationens areal udvikles.

**Figur 10 – Ejendomme i en radius af 200 meter fra Bispebuen**



#### 6.4 Anvendte antagelser

Indtægterne er baseret på en række antagelser, hvoraf de primære er beskrevet i dette afsnit.

Det antages, at fordelingen af typer af bygninger er 85 % boliger (ejerboliger), 10 % detail og 5 % kontorer. Prisen på byggeretter for detail og kontorer er uændret ift. Sadolin & Albæks analyse. De udregnede priser på byggeretter er hhv. 10,161 DKK for ejerbolig (top), 8,083 DKK for ejerbolig (standard), 2,400 DKK for kontor mm., og et gennemsnit på 4,600 DKK for detail. Lejeboliger og almene boliger er ikke medtaget i analysen. Et vægtet gennemsnit er udregnet for de ovenstående kategorier, hvilket er 8,334 DKK.

Det antages, at projektet kan gennemføres over en tre-årig periode med jævn fordeling af projektkomkostningerne. Derudover antages det, at de forventede skatteindtægter begynder året efter, at tunnelen er færdigbygget, altså år 5. Det forventes yderligere, at grundskylden stiger med 5,7 %<sup>2</sup> de første 15 år (den valgte budgetperiode) og derefter stiger tilsvarende inflationen, som vi antager, er 2 %.

Finansministeriets anbefaling til diskonteringsrente for offentlige projekter er fulgt (4 %)<sup>3</sup>, men er ikke antaget at falde i løbet af perioden. I denne business case er de første omkostninger antaget at falde i 2020 (første regnskabsår).

Business casen tager ikke højde for den konkrete finansiering af aktiviteterne, og det skal noteres, at fx estimatet for grundskyldsindtjening er baseret på al fremtidig indtjening (diskonteret til nutidsværdi), mens anlægningsomkostningerne falder i de første tre år af projektet.

<sup>2</sup> Dette er baseret på den generelle historiske stigning i værdien af grundskylden, som maksimalt må stige med 7% om året, jf. <https://www.bolius.dk/baggrund-derfor-betaler-vi-grundskyld-28093/>

<sup>3</sup> <https://www.fm.dk/nyheder/pressemeddelelser/2013/05/ny-og-lavere-samfundsokonomisk-diskonteringsrente>

Antagelser vedr. anlægsarbejdet er beskrevet i sektion 3.5.

## 6.5 Sammenfatning af business case

Business casen for at lægge Bispeengbuen i tunnel fremviser en negativ nutidsværdi på -550 mio. DKK (scenarie 1). Dvs. at projektet ikke er selvfinansierende, og at projektet mangler godt en halv mia. DKK for at "gå i nul" over tid. Nedenfor ses nutidsværdien (ved projektstart i 2020) af de enkelte medtagne poster, som ligger til grund for beregningen af scenarie 1:

**Tabel 2 - nutidsværdi (2020) af medtagne poster**

Post	Nutidsværdi af post
Renoveringspulje	125.000.000
Salg af byggeretter	415.581.575
Grundskyld fra nye boliger	220.775.393
Anlægningsomkostninger	-1.311.730.030
<b>I alt, scenarie 1</b>	<b>-550.373.061</b>

## 6.6 Følsomhedsanalyse

Resultaterne er i høj grad afhængig af antagelser omkring bl.a. diskonteringsrente og langsigtet vækstrate for den estimerede grundskyldsindtjening. Nedenfor ses en sensitivitetsanalyse for scenarie 1, som illustrerer resultatets følsomhed over for disse to faktorer:

**Tabel 3 - NPV følsomhed, scenarie 1**

Langsigtet vækstofaktor (terminal)	Diskonteringsrente						
	3,0%	3,5%	4,0%	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%
1,25 %	-483,7	-554,8	-600,4	-632,4	-656,0	-674,3	-688,9
1,50 %	-443,3	-532,8	-587,1	-623,6	-650,0	-669,9	-685,6
1,75 %	-386,7	-504,7	-570,8	-613,2	-643,0	-665,0	-682,0
2,00 %	-301,8	-467,1	-550,4	-600,8	-634,8	-659,4	-678,0
2,25 %	-160,4	-414,5	-524,2	-585,6	-625,2	-652,9	-673,4
2,50 %	122,4	-335,6	-489,2	-566,7	-613,6	-645,3	-668,1
2,75 %	970,9	-204,1	-440,3	-542,3	-599,5	-636,3	-662,1

Tabel 3 er markeret med hhv. lyse- og mørkeblå, hvilket indikerer det i Rambølls optik mest sandsynlige spænd for casens resultat, altså mellem -414 til -613 mio. DKK. På baggrund af de nævnte antagelser, er det Rambølls vurdering, at det mest sandsynlige estimat er -550 mio. DKK for scenarie 1.

Mens diskonteringsrente og langsigtet vækstfaktor er "teoretiske" i natur, er disse to faktorer, som begge er behæftet med betydelig usikkerhed, meget væsentlige for business casens resultat, hvilket fremgår tydeligt af ovenstående tabel.

## **APPENDICES VEDLAGT SEPARAT**

### **BISP-TEGN-001**

Plan af tunnelføring

### **BISP-TEGN-002**

Plantegning af frilagt areal

### **BISP-TEGN-003**

Længdesnit

### **BISP-TEGN-004**

Tværsnit