

Til  
**Københavns Kommune - CAU**

Dokumenttype  
**Rapport**

Dato  
**august 2010**

# **RISIKOANALYSE AF AN- LÆGSOVERSLAG**

## **NORDHAVNSVEJ**

Revision **0**  
Doc. ID **NHV 882-011-0 Risikoanalyse af anlægsoverslag  
August 2010.docx**  
Dato **2010-08-27**  
Udarbejdet af **LAF**  
Kontrolleret af **KRHL**  
Godkendt af **STB**

Ref.

## INDHOLD

<b>1.</b>	<b>Indledning</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Metodebeskrivelse</b>	<b>1</b>
2.1	Bidrag fra usikkerheder på kendte kostelementer	1
2.2	Bidrag fra hændelser (risici)	2
2.3	Simulering	3
<b>3.</b>	<b>Resultater</b>	<b>4</b>
3.1	Risikoprofil for totale anlægsomkostninger eksklusiv risiko – Ren successiv kalkulation	5
3.2	Risikoprofil for risiko alene	6
3.3	Risikoprofil for totale anlægsomkostninger inkl. Risiko	7

## BILAG

### Bilag 3.1

## 1. INDLEDNING

Formålet med rapporten er at beskrive variationen på anlægsoverslaget for Nordhavnsvej.

Variationen beskrives med risikoprofiler (fordelingsfunktioner), som beregnes på grundlag af:

- Usikkerheder på mængder og enhedspriser.
- Hændelser som måske indtræffer (risici).

Forudsætningerne for analysen er:

- Rambølls anlægsoverslag for Nordhavnsvej august 2010 (Se tabel 1 i afsnit 3).
- Projektforslag for Nordhavnsvej per juli 2010.

## 2. METODEBESKRIVELSE

Risikoprofilerne for omkostninger indeholder følgende to hovedbidrag:

- Bidrag fra usikkerheder på kendte kostelementer f.eks. usikkerheder på mængder og enhedspriser.
- Bidrag fra hændelser (risici) som måske indtræffer, og som ikke er inkluderet usikkerheder på kendte kostelementer ovenfor.

Hvert af bidragene beskrives i det følgende.

### 2.1 Bidrag fra usikkerheder på kendte kostelementer

Håndteringen af usikkerheder er baseret på Successiv Metoden, som er udviklet af Steen Lichtenberg.

For hver af hovedposterne i anlægsoverslaget er følgende tre værdier vurderet:

- a) Den absolut mindste værdi, der forekommer mulig svarende til en 1 % fraktil.
- b) Den mest sandsynlige værdi, f.eks. fundet i en prisbog eller baseret på erfaringstal fra gennemførte projekter.
- c) Den absolut størst tænkelige værdi svarende til en 99 % fraktil.

På basis af de tre værdier a, b og c kan middelværdien  $m$  og spredningen  $s$  beregnes.

$$\text{Spredning } s = |a - c| / 5$$

$$\text{Middelværdi } m = (a + 3b + c) / 5$$

Bemærk, at afhængigt af det aktuelle valg af a, b og c kan middelværdien afvige fra værdien b.

Værdierne for de enkelte kostelementer kan beregnes som:

$$\text{Middelværdi } M = m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_x$$

$$\text{Spredning } S = \sqrt{s_1^2 + s_2^2 + s_3^2 + \dots + s_x^2}$$

Et risikoprofil (fordelingsfunktion) kan beregnes på basis af de estimerede usikkerheder baseret på den traditionelle successive beregningsmetode med M og S eller det kan simuleres.

I dette tilfælde vælges det at simulere fordelingsfunktionen hvor de enkelte kostelementer betragtes som ukorrelerede variable. I denne analyse modelleres alle usikkerheder på kostelementer med Erlang fordelinger.

## 2.2 Bidrag fra hændelser (risici)

Alle de identificerede hændelser er beskrevet i Nordhavnsvejs Risikoregister, som er en access-database, der indeholder ca. 75 specifikke risici for Nordhavnsvej. I Risikoregistret er hver af hændelserne beskrevet med en sandsynlighed og en konsekvens, hvis hændelsen indtræffer. Sandsynlighed og konsekvens klassificeres i henhold til figur 1 og figur 2.

	<i>Marginal</i>	<i>Betydelig</i>	<i>Alvorlig</i>	<i>Kritisk</i>	<i>Katastrofal</i>
<b>Omkostning</b>	< 10 MDKK	10-50 MDKK	50-100 MDKK	100-200 MDKK	> 200 MDKK
<b>Forsinkelse</b>	< 1 måned	1 - 3 måneder	3 - 6 måneder	6 - 12 måneder	> 1 år
<b>Personskade</b>	En lettere tilskadekommet	Flere lettere tilskadekomne	En svært tilskadekommet	Flere svært tilskadekomne	1 dødsfald
<b>Gene mod 3. part</b>	Forbigående mindre gener.	Kortvarige (< 1 mdr), mindre gener mod naboer, trafikanter o.lign.	Længerevarende (> 1 mdr), mindre gener mod naboer, trafikanter o.lign.	Kortvarige (< 1 mdr), meget store gener mod naboer, trafikanter o.lign.	Længerevarende (> 1 mdr), meget store gener mod naboer, trafikanter o.lign.
<b>Miljø</b>	Kortvarige lettere effekter	Kortvarige alvorlige effekter	Langtidsvirkende effekter	Uoprettelige lettere effekter	Uoprettelige alvorlige effekter
<b>Kvalitet</b>	Mindre kortvarende kvalitets-foringelser	Kortvarende alvorlige kvalitets-foringelser	Længerevarende alvorlige kvalitets-foringelser	Uoprettelige mindre kvalitets-foringelser	Uoprettelige alvorlige kvalitets-foringelser
<b>Næsten sikker</b>					
<b>Meget sandsynlig</b>					
<b>Sandsynlig</b>					
<b>Usandsynlig</b>					
<b>Meget usandsynlig</b>					

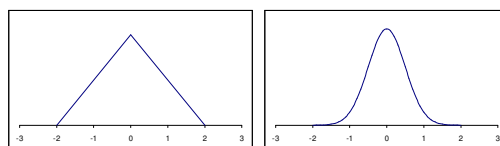
Figur 1 Klassifikation af konsekvenser for Nordhavnsvej.

Klasse	Sandsynlighed i projektperioden
Næsten sikker	0,65 - 1
Meget sandsynlig	0,2 - 0,65
Sandsynlig	0,05 - 0,2
Usandsynlig	0,01 - 0,05
Meget usandsynlig	< 0,01

**Figur 2 Klassifikation af sandsynlighed. Projektperioden er defineret som perioden fra nu frem til ibrugtagning af anlægget.**

En komplet oversigt over alle de identificerede hændelser er vedlagt i bilag.

Sandsynlighederne og konsekvenserne kan beskrives enten som faste værdier eller ved sandsynlighedsfordelinger. Som default har programmet følgende fordelinger: konstant, normal-, logaritmisk normal-, eksponential-, uniform- og trekantfordeling. Eksempler på fordelingstyper fremgår af figur 3. I denne analyse er alle hændelser modelleret med trekantfordelinger.



**Figur 3 Eksempel på fordelingstyper.**

Når en hændelse nummer  $i$  er blevet vurderet med hensyn til sandsynlighed (frekvens)  $F_i$  og konsekvens  $C_i$  defineres den resulterende risiko  $R_i$  som produktet af sandsynligheden og konsekvensen, dvs.:

$$R_i = F_i \cdot C_i$$

Hændelserne betragtes som ukorrelerede variable.

## 2.3 Simulering

Applikationen RISKSIM er i stand til at kombinere traditionel successiv beregning med Monte Carlo simuleringsteknikker, som er i stand til at simulere udfald af serier af hændelser, som hver har en sandsynlighed for at indtræffe og en konsekvens, hvis de indtræffer. Den store fordel ved dette er, at det er muligt at simulere et fælles risikoprofil, som inkluderer alle bidrag fra såvel usikkerheder som hændelser (risici). Risikoprofilerne kan også beregnes uden at inkludere bidrag fra usikkerheder eller man kan beregne et risikoprofil for usikkerhederne alene hvis hændelserne holdes udenfor.

Når hændelserne er beskrevet og antallet af ønskede simuleringer er valgt simuleres udfald af serien af alle hændelser ved brug af Monte Carlo simuleringsteknik. Resultatet gives i form af:

- Fordelingsfunktion for konsekvensen af alle de betragtede hændelser.
- Rangordning af de betragtede hændelser, således man hurtigt kan identificere hvilke af hændelserne, der har størst betydning for resultatet.
- Tabulerede værdier for overskridelsessandsynligheder (dvs. sandsynligheder for at overskride definerede værdier for fordyrelser, forsinkelser, osv.)
- Grafisk præsentation af resultaterne.

### 3. RESULTATER

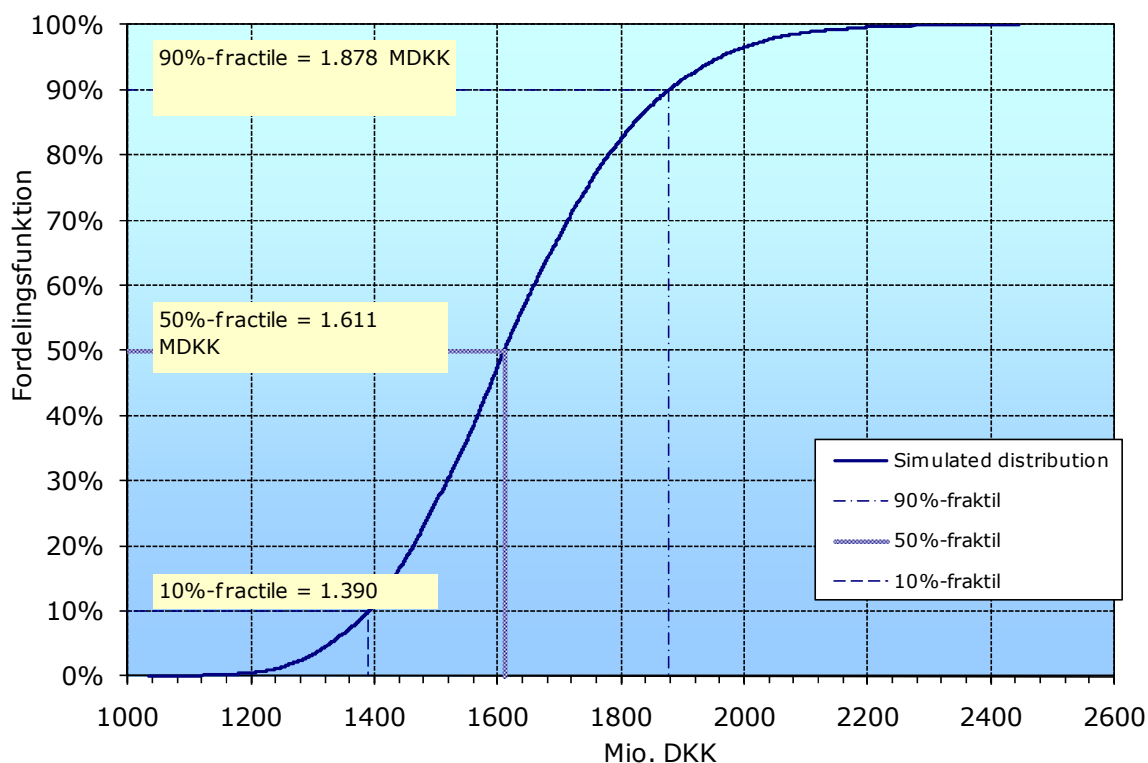
Usikkerhederne på hovedposter i anlægsoverslaget er vurderet af Rambølls Nordhavnsvej projektgruppe og fremgår af tabel 1.

Fysikestimat	Min	Sandsynlig	Max	Bemærkninger
Lersøgrøften - Forstærkning (er afholdt)	8	8	8	
Sundkrogsgade - Krydsombygning, inkl. ekspropriation (er afholdt)	34	34	34	
Ryparken - Kunstgræsbaner (er afholdt)	9	9	9	
Ringbanebroer - Kabelforlængelser	0,3	0,3	0,3	
Ringbanebroer - Baneteknik og anlæg	28	29	32	
Ringbanebroer - Broanlægget	25	26	28	
SVMK - Flytning af IT-udstyr	2,7	3,0	3,3	
SVMK - Ledningsomlægninger	2,3	2,5	3,0	
Nedrivningsentreprise	19	21	23	
Hellerup og Ryparken - Gangbroer	7,7	9,6	10,1	
Nord- og Kystbane - Baneentreprise	2,2	2,3	3,0	
Helgoland - Opstillingsspor	30	31	34	
Vej og tunnel	875	921	1.013	
Tilslutningsanlæg til Helsingørmotorvejen	122	136	156	
SVMK - Genopførelse bevaringsværdige bygninger	55	57	63	
Ryparken - Områdeindretning	8,7	9,6	10,6	
Ekspropriation	70	73	77	
Projektering, tilsyn og byggeledelse	144	160	176	
Byggherreorganisation	63	70	77	
Forsikring	4,8	4,8	4,8	
Byggherreoverenskomst, Banedanmark	4,3	4,8	5,3	
Infrastruktur Nordhavn	1,6	1,6	1,6	
<b>Fysikestimat pr. 1/7 2007</b>	<b>1.517</b>	<b>1.615</b>	<b>1.772</b>	

**Tabel 1 Usikkerhederne på hovedposter i anlægsoverslaget.**

Sandsynligheder og konsekvenser for hændelserne er taget fra Nordhavnsvejs Risikoregister for Nordhavnsvej. Registret blev startet op primo 2009, og er seneste blevet opdateret ved workshop afholdt i juni 2010 med deltagere fra Rambølls Nordhavnsvej projektgruppe og med kommentarer fra CAU modtaget august 2010. Se bilag 1.

### 3.1 Risikoprofil for totale anlægsomkostninger eksklusiv risiko – Ren successiv kalkulation



Fordelingsfunktionen viser at 90 % fraktilen er 1878 mio. DKK. Det vil sige, at der er 10 % sandsynlighed for, at de totale anlægsomkostninger bliver større end 1878 mio. DKK når man alene ser på usikkerheder og ikke inkluderer risiko. 10 % fraktilen er 1390 mio. DKK hvilket betyder, at der er 10 % sandsynlighed for at anlægsomkostningerne bliver mindre end 1390 mio. DKK.

Middelværdien i fordelingsfunktionen er 1625 mio. DKK og 50 % fraktilen er 1611 mio. DKK.

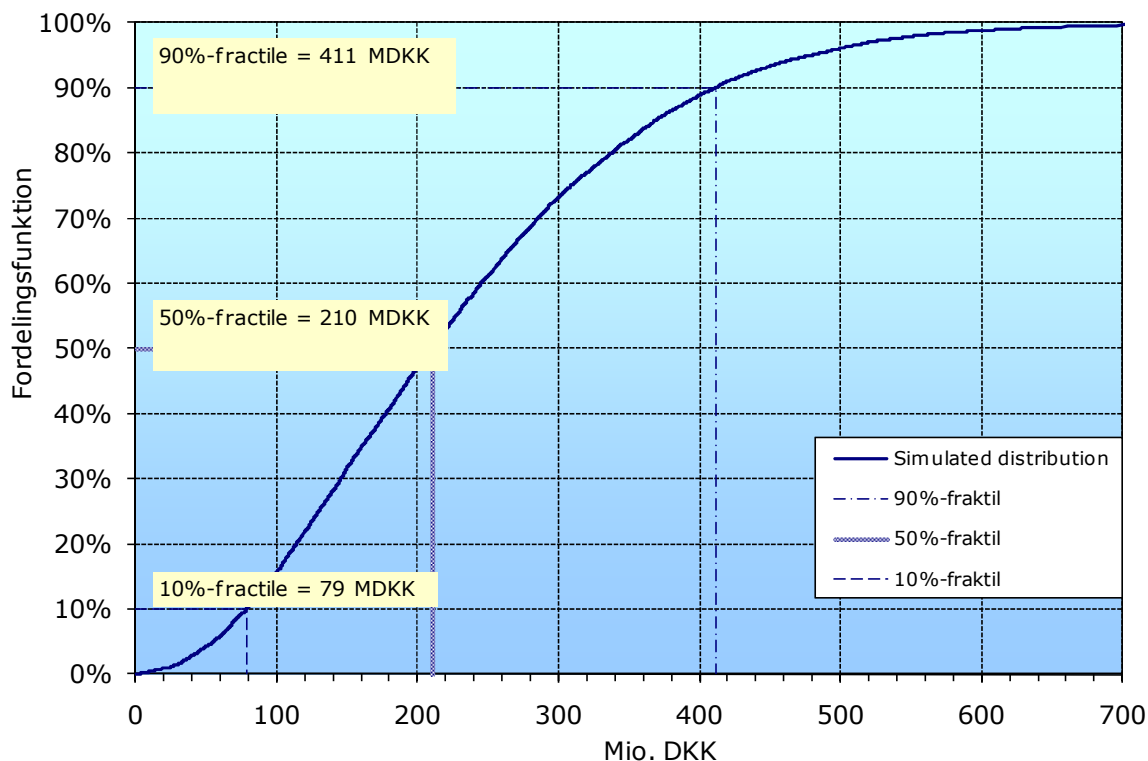
De 10 mest betydningsfulde hovedposters bidrag til variansen i fordelingsfunktionen fremgår af tabel 2.

Hovedpost i anlægsoverslag	Bidrag til variansen i risikoprofil
Vej og tunnel	93,4%
Projektering, tilsyn og byggeledelse	2,8%
Tilslutningsanlæg til Helsingørmotorvejen	2,0%
Ekspropriation	0,6%
Bygherreorganisation	0,5%
SVMK - Genopførelse bevaringsværdige bygninger	0,4%
Helgoland - Opstillingsspor	0,1%
Ringbanebroer - Baneteknik og anlæg	0,1%
Ringbanebroer - Broanlægget	0,1%
Nedrivningsentreprise	0,0%

**Tabel 2 Hovedposters bidrag til variansen i fordelingsfunktionen.**



### 3.2 Risikoprofil for risiko alene



Fordelingsfunktionen viser at 90 % fraktile er 411 mio. DKK. Det vil sige, at der er 10 % sandsynlighed for, at risikoeksponeringen bliver større end 411 mio. DKK når man alene ser på risiko og ikke inkluderer usikkerheder. 10 % fraktile er 79 mio. DKK hvilket betyder, at der er 10 % sandsynlighed for at risikoeksponeringen bliver mindre end 79 mio. DKK.

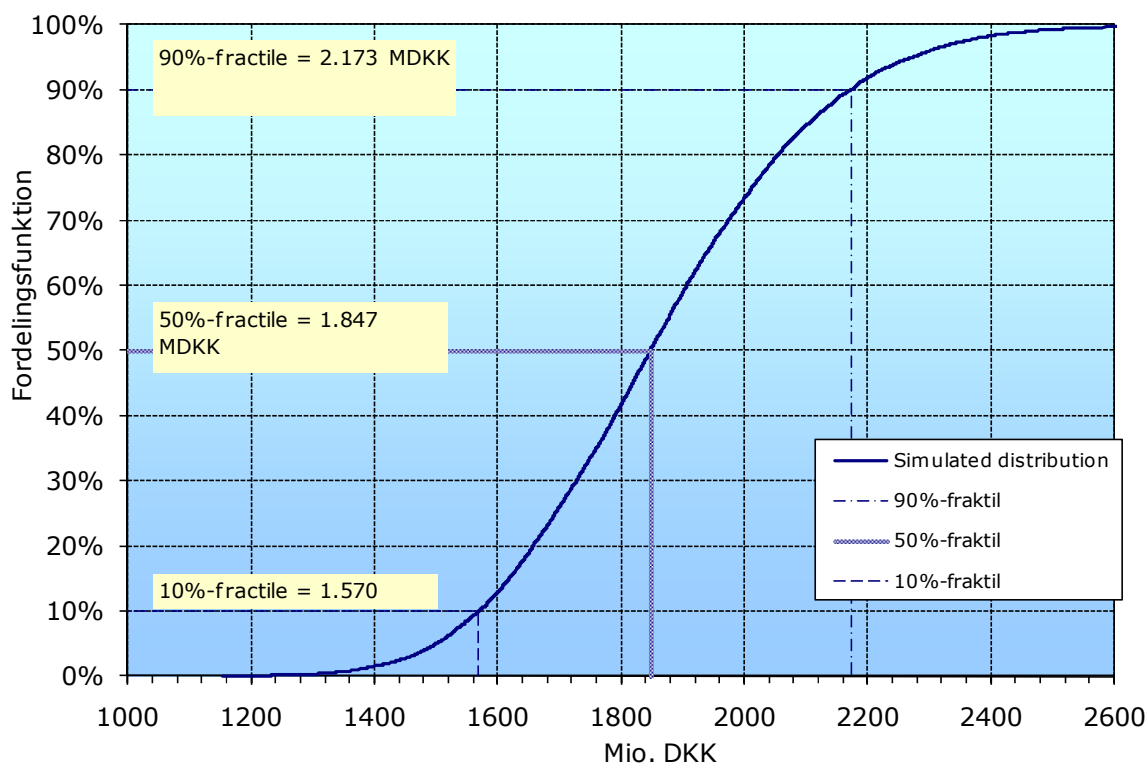
Middelværdien i fordelingsfunktionen er 231 mio. DKK og 50 % fraktile er 210 mio. DKK. Årsagen til, at 50 % fraktile er mindre end middelværdien er at fordelingen er skæv.

De 10 mest betydningsfulde hændelsers bidrag til variansen i fordelingsfunktionen fremgår af tabel 3.

Hændelse (risiko)	Bidrag til variansen i risikoprofil
1. Kontraktuelle uoverensstemmelser mellem entreprenør og bygherre.	54,9%
6. Politik og politiske krav om projektændringer	13,6%
5. Kompliceret myndighedsproces internt i kommune.	4,5%
21. Entreprenør konkurs eller i betalingsstandsning.	4,1%
36. Banedanmark trækker aftale om sporspærring tilbage for Nordbanen/Kystbanen.	3,5%
4. Manglende ressourcer i projektorganisation (hos Kommune og Rambøll)	2,4%
68. Myndighedsgodkendelser og aftaler i relation til jernbane i drift ved Nordbanen/Kystbanen i planlægningsfasen.	2,4%
17. Problematisk udførelsesmæssige grundvands- og geotekniske forhold.	2,3%
38. Forsinkelse på udførelse af tunnel under Nordbane/Kystbane så sporspærring i 2012 ikke kan udnyttes	1,0%
10. Problematisk designmæssige geotekniske og hydrogeologiske forhold.	0,8%

**Tabel 3 Hændelsers bidrag til variansen i fordelingsfunktionen.**

### 3.3 Risikoprofil for totale anlægsomkostninger inkl. Risiko



Fordelingsfunktionen viser at 90 % fraktilen er 2173 mio. DKK. Det vil sige, at der er 10 % sandsynlighed for, at de totale anlægsomkostninger bliver større end 2173 mio. DKK når man inkluderer såvel usikkerheder som risiko. 10 % fraktilen er 1570 mio. DKK hvilket betyder, at der er 10 % sandsynlighed for at anlægsomkostningerne bliver mindre end 1570 mio. DKK.

Middelværdien i fordelingsfunktionen er 1861 mio. DKK og 50 % fraktilen er 1847 mio. DKK. Årsagen til, at 50 % fraktilen er mindre end middelværdien er at fordelingen er skæv.

De 10 mest betydningsfulde hovedposters og hændelsers bidrag til variansen i fordelingsfunktionen fremgår af tabel 4.

Hændelse (risiko)	Bidrag til variansen i risikoprofil
Vej og tunnel	62,8%
1. Kontraktuelle uoverensstemmelser mellem entreprenør og bygherre.	17,8%
6. Politik og politiske krav om projektændringer	4,6%
Projektering, tilsyn og byggeledelse	1,9%
5. Kompliceret myndighedsproces internt i kommune.	1,4%
Tilslutningsanlæg til Helsingørmotorvejen	1,4%
21. Entreprenør konkurs eller i betalingsstandsning.	1,4%
36. Banedanmark trækker aftale om sporspærring tilbage for Nordbanen/Kystbanen.	1,1%
4. Manglende ressourcer i projektorganisation (hos Kommune og Rambøll)	0,8%
68. Myndighedsgodkendelser og aftaler i relation til jernbane i drift ved Nordbanen/Kystbanen i planlægningsfasen.	0,8%

**Tabel 4 De 10 mest betydningsfulde kostelementers og hændelsers bidrag til variansen i fordelingsfunktionen.**

**BILAG 3.1**  
**UDTRÆK FRA RISIKOREGISTER**



## Omkostning

Nr.	Beskrivelse	Niveau
1	Kontraktuelle uoverensstemmelser mellem entreprenør og bygherre.	●
21	Entreprenør konkurs eller i betalingsstandsning.	●
4	Manglende ressourcer i projektorganisation (hos Kommune og Rambøll)	●
5	Kompliceret myndighedsproces internt i kommune.	●
6	Politik og politiske krav om projektændringer	●
68	Myndighedsgodkendelser og aftaler i relation til jernbane i drift ved Nordbanen/Kystbanen i planlægningsfasen.	●
36	Banedanmark trækker aftale om sporspærring tilbage for Nordbanen/Kystbanen.	●
17	Problematiske udførelsesmæssige grundvands- og geotekniske forhold.	●
30	Udførelsesproblemer i relation til top-down og bottom-up metoder.	●
8	Iilgængelighed og logistik på arbejdsplads.	●
16	Byggeplads overskrider miljøgrænser i forhold til naboer.	●
43	Ulykker/svigt mod større materiel.	●
45	Eksisterende konstruktioner og ledninger i jord svarer ikke til forventningerne.	●
9	Nye skærpede krav til i forhold Kravspecifikationen.	●
44	Skader på forsyningsledninger i byggefasen.	●
52	Skader på tilgrænsende bygningsværker.	●
23	Kollaps af underføring ved jernbane Nordbane/Kystbane.	●
10	Problematiske designmæssige geotekniske og hydrogeologiske forhold.	●



## Omkostning

Nr.	Beskrivelse	Niveau
31	Leveringssvigt af vanskeligt erstatbart materiale.	●
40	Sabotage, vandalisme og større tyverier.	●
50	Anlæg opfylder ikke styrke-, materiale og udførelsesmæssige krav	●
33	Manglende poster i prisoverslag	●
49	Begrænset antal tilbudsgivere i udførelsesfasen	●
24	Myndighedsgodkendelser og aftaler i relation til jernbane i drift ved Ringbanen i planlægningsfasen.	●
20	Faglige konflikter	●
13	Vanskeligheder med bortskaffelse af jord.	●
12	Oversvømmelse af tunnel.	●
7	Manglende godkendelse af projekt i Vejdirektoratet	●
3	Ledningsomlægninger ikke færdige i tide.	●
48	Uforudsete trafikafviklingsproblemer i anlægsfasen	●
25	Ulykke med brand i tunnel under byggefasen	●
15	Ombygninger af DSB-First opstillingsspor på Helgoland kan ikke gennemføres som forventet.	●
69	Ulykker i forbindelse med arbejde nær jernbane i drift ved Nordbanen/Kystbanen.	●
73	Forsinkelse på udførelse af tunnel under Nordbane/Kystbane under en sperspærring.	●
72	Grundvandssænkning overskrider myndighedstilladelser.	●
71	Forsinkelser i omlægning af banetekniske anlæg for Nordbane/Kystbane.	●



## Omkostning

Nr.	Beskrivelse	Niveau
70	Nedrivning og genopførelse af bevaringsværdige bygninger.	●
47	Ekspropriationer ved Strandvænget og Ryvangs Alle trækker ud.	●
42	Forsinkelse på udførelse af Ringbanebroen.	●
38	Forsinkelse på udførelse af tunnel under Nordbane/Kystbane så sporspærring i 2012 ikke kan udnyttes	●
28	Forsinkelser i omlægning af banetekniske anlæg for Ringbanen.	●
27	Ulykker i forbindelse med arbejde nær jernbane i drift ved Ringbanen og Farumbanen.	●
26	Foringet indsatsmulighed ved ulykke i omgivelser.	●
22	Manglende aftaler med Forsvar vedr. Svanemøllen Kaserne.	●
2	Fund af arkæologisk interesse, ammunition og/eller begravede forhindringer.	●
18	Pres fra lokale interessegrupper.	●
37	VVM-pligt ved projektændringer	●
11	Ledningsejere skal kompenseres økonomisk af KK for omlægning af ledninger.	●
64	Ændringer i grundvandstand i de øvre jordlag pga. reinfiltration	●
62	Påvirkning af vandkvalitet i Københavns Havn.	●
61	Flytning af saltvandsgrænsen i grundvandsmagasinet.	●
60	Mobilisering af grundvandsforurening.	●
59	Ændringer af vandstanden i søer og vandløb.	●
58	Påvirkning af vandindvinding i den vestlige del af traceet (indsatsområde for drikkevandsindvinding)	●



## Omkostning

Nr.	Beskrivelse	Niveau
57	Sætninger af bygninger eller bygværker pga. grundvandssænkning	●
54	Manglende ressourcer i entreprenørorganisation.	●
41	Andre bygge- og anlægsprojekter i nabolaget.	●
39	Naturklagenævnet kender kommuneplantillægget og/eller VVM-redegørelse ugyldig.	●
74	Fredningssag på kolonihaver ved Lyngbyvej.	●
19	Fejlbehæftede eller utilstrækkelige specifikationer, design eller tidsplaner.	●