

NOVEMBER 2020
BIOFOS

TRANSMISSIONSSYSTEMET

ANALYSE AF FREMTIDIGE PLACERINGER AF RENSEANLÆG



NOVEMBER 2020
BIOFOS

TRANSMISSIONSSYSTEMET

ANALYSE AF FREMTIDIGE PLACERINGER AF RENSEANLÆG

PROJEKTNR.

A206164

DOKUMENTNR.

10

VERSION

1.0

UDGIVELSESDATO

16 november
2020

BESKRIVELSE

UDARBEJDET

JHH, LSFV, ODA

KONTROLLERET

GGDA

GODKENDT

JHH

INDHOLD

1	Indledning	7
1.1	Opbygning af analysen	7
1.2	Anvendt terminologi, forkortelser og referencer	8
2	Resume og formål	10
2.1	Formål	10
2.2	Resume og anbefaling	10
3	De analyserede løsninger for transport af spildevand	13
3.1	Løsninger belyst i ref. /1/	13
3.2	Dublerede løsninger	15
4	Vurderede forhold	17
4.1	Forhold der knytter sig til transmissionssystemet	17
4.2	Forhold der knytter sig til mulige synergier	20
5	Vurdering	22
5.1	Forhold er knytter sig til transmissionssystemet	22
5.2	Forhold der knytter sig til mulige synergier	26

1 Indledning

BIOFOS har iværksat en analyse af fremtidig placering af renseanlæg i hovedstadsområdet.

Analysearbejdet gennemføres i perioden juni til oktober 2020 og omfatter analyser indenfor teknik, økonomi, miljø og klima samt af mulighederne for grøn omstilling og af afledte muligheder for opnåelse af synergier mellem BIOFOS og de implicerede ejerkommuner og forsyningsselskaber.

Under arbejdet med de fysiske anlæg /1/ blev det klart, at der var brug for at se nærmere på transmissionssystemet og sammenligne de forskellige løsninger ud fra flere parametre. Denne rapport opsummerer de forskellige løsninger for transmissionssystemet i forhold til fordele og ulemper, økonomi og driftsforhold samt i forhold til mulighederne for at etablere synergier med forsyningerne, der afleder spildevand til BIOFOS.

1.1 Opbygning af analysen

Den samlede analyse er opbygget i to dele med tilsammen 9 rapporter:

> **Del 1 – Anlæg og økonomi**

De fysiske anlæg
Økonomiske estimater
Anlægsperioder
Følsomhedsanalyse

> **Del 2 – Muligheder og udfordringer**

Miljøkonsekvenser
Muligheder for nye miljø- og klimatiltag
Muligheder for grøn omstilling
Beskrivelse af arkitektoniske forhold
Muligheder/konsekvenser for planlægningen i området

Som det fremgår, er denne rapport ikke en del af de 9 ovennævnte rapporter, men er udarbejdet særskilt for at vurdere fordele og ulemper ved de forskellige transmissionssystemer og for at anbefale det system der skal danne input til de

økonomiske estimater. Rapporten kan der ses som en delrapport af rapporten vedr. de økonomiske estimater, ref. /2/ jf. nedenfor.

1.2 Anvendt terminologi, forkortelser og referencer

1.2.1 Terminologi

Tertiær rensning omfatter rensning for f.eks. medicinrester og mikroforurening.

Skærpede krav omfatter lettere skærpelse af de udlederkrav, der forudsættes ved scenarierne. Lettere skærpede krav er forudsat at være krav til fjernelse af kvælstof på 3,5 mg/l og til fjernelse af fosfor på 0,25 mg/l.

Yderligere skærpede krav omfatter skærpelse af udlederkravene til 1-2 mg N/l og 0,1 mg P/l.

Rensning af bypass omfatter renseforanstaltninger der kan nedbringe forureningsindholdet svarende til skærpede krav.

Kompakt teknologi er udtryk for teknologier der kan bringe arealbehovet ved udbygning og nyanlæg af renseanlæg ned på 0,1-0,15 m²/PE, hvilket er betydeligt lavere end realbehovet der er anvendt på renseanlæggene i dag. Kompakt teknologi er ikke metodemæssigt nærmere defineret, men arealbehovene anvendes ved udbygning og nyanlæg.

1.2.2 Forkortelser

Følgende forkortelser er anvendt i rapporten:

RL: Renseanlæg Lynetten
 RA: Renseanlæg Avedøre
 RD: Renseanlæg Damhusåen
 RLP: Renseanlæg Lynetten flyttet til Prøvestenen
 RP: Renseanlæg på Prøvestenen renser spildevandet fra alle renseanlæg
 RH: Renseanlæg på Holmene renser spildevandet fra alle renseanlæg
 RLA: Renseanlæg Lynetten flyttet til Renseanlæg Avedøre
 KB: Området omkring Kalveboderne
 enten på østkysten af Avedøre Holme eller vestkysten af Amager
 KP: Pumpestation Kløvermarken
 VA: Vestamager lige øst for Ørestaden

1.2.3 Referencer

/1/ Delrapporten "De fysiske anlæg"
 /2/ Delrapporten "Økonomiske estimater"

- /3/ Delrapporten "Anlægsperioder"
- /4/ Delrapporten "Følsomhedsanalyse"
- /5/ Delrapporten "Miljøkonsekvenser"
- /6/ Delrapporten "Muligheder for nye miljø- og klimatiltag" og "Muligheder for grøn omstilling"
- /7/ Delrapporten "Beskrivelse af arkitektoniske forhold"
- /8/ Delrapporten "Muligheder/konsekvenser for planlægningen i oplandet"
(Udarbejdes af BIOFOS)
- /9/ Delrapporten "Transmissionssystemet"

2 Resume og formål

2.1 Formål

Notatet beskriver og vurderer forskellige metoder til etablering af transmissions-systemet i de fire scenarier. Desuden skal det danne grundlag for en anbefaling om hvilket system, der er input til beregning af de økonomiske estimater.

Notatet beskriver de forskellige løsninger ud fra fordele og ulemper. Notatet er udarbejdet under hensyn til de kommentarer, der er indkommet under møder i følgegruppen og projektgruppen og dels i forhold til at tilbyde forsyningerne muligheder for synergier.

2.2 Resume og anbefaling

2.2.1 Valg af transmissionsløsning

Af de tre løsninger for transport af spildevandet mellem renseanlæggene i den fremtidige struktur for spildevandsrensningen, anses tunnellsøsningen for den bedst egnede.

Tunnellsøsningen er den billigste at etablere og tillige den billigste i løbende drift og vedligehold samt i udgifter til el. Dertil kommer at tunnellsøsningen er langt den mest bygbare løsning, i forhold til at etablere pumpestationer og trykledninger gennem København og over Amager Fælled.

En særlig mulighed der taler for at vælge tunnellsøsningen er, at tunnelens diameter kan øges til Ø4.000 mm, hvilket vil øge magasineringsvolumenet med ca. 85.000 m³. Diameterforøgelsen koster ca. 0,5 mia. kr. svarende til ca. 5.500 kr./m³, hvilket er relativt billigt for underjordisk volumen, særligt i København hvor tillige pladsen til at etablere bassiner er ringe.

Det er desuden valgt at pege på segmenttunnelering frem for pipejacking, fordi segmenttunnelering kan gennemføres uden at etablere skakte pr. ca. 800-1000 meter. Segmenttunnelering *kan* ske uden skakte, men af hensyn til udførelsesperioden og den praktiske gennemførelse af tunneleringen, vil det formentlig være formålstjenligt at der etableres et par skakte på de lange strækninger i scenarierne 3, 4 og 5. Som det er diskuteret i ref. /4/ (Følsomhedsanalysen), vil evt. skakte hensigtsmæssigt kunne placeres hvor der samtidig opnås synergier med oplandets afløbssystem.

Vurderingen af de forskellige transmissionsløsninger er baseret på RP-scenariet, uden at dette er udtryk for at RP-scenariet hverken er valgt eller foretrækkes som fremtidig struktur for den fremtidige spildevandsrensning. Vurderinger gjort på RP-scenariet kan gøres gældende for de øvrige scenarier.

2.2.2 Dublering af transmissionsløsningen

De belyste transmissionsløsninger, hvoraf tunnellsøsningen anses for den mest oplagte at arbejde videre med, rummer alle kun én forsyningsstreng. Selvom trykledning og pumpeløsningerne rummer flere trykledninger, har trykledning og pumpeløsningerne to krydsningspunkter ved krydsning af Kalveboderne og mellem Pumpestation Kløvermarksvej og Amager Fælled, hvor trykledning og pumpeløsningerne bliver enstrengede på grund af tunneler.

Alle løsninger kan derfor være sårbare overfor den situation, at de på strækningerne, hvor der er tunneler, udsættes for en nedsat kapacitet, f.eks. et brud som følge af geologiske forskydninger, terror eller skader som følge af andre anlægsarbejder. Hvis en tunnel beskadiges så kun en mindre del af kapaciteten er til stede, vil der blive aflastet spildevand til omgivelserne i længere tid til skaderne er udbedret. Det skal bemærkes, at nedsat kapacitet også kan opstå som følge af omfattende vedligeholdelsesarbejder. Selvom sandsynligheden er meget lille for at sådanne situationer kan opstå, *rummer* løsninger denne sårbarhed.

Det har derfor været overvejet, om man kan dublere løsningen med en ekstra transportmulighed, evt. blot designet til at kunne transportere tørvejsafstrømningen.

I anledning af disse overvejelser, er der set på en række muligheder for at en dubleret løsning kan åbne op for en række muligheder for synergier med forsyningerne. Af synergier kan nævnes muligheden for at aflaste overløb, afledning af separeret regnvand på sigt til et renseanlæg for regnvand samt at øge afledningen fra fællessystemet under regn.

Det bemærkes, at hvis tunnelen *ikke* dubleres og volumen i tunnelen reserveres til yderligere reduktion af bypass, vil der kun være ringe muligheder for at opnå synergier.

Dublering af transmissionsløsningen med en transportmulighed designet til tørvejsafstrømningen, vil koste ca. 1,4 mia. kr. ved en trykledning og pumpeløsning og ca. 2,4 mia. kr. for en ekstra tunnel. Det bemærkes, at merprisen for dublering af tunnellsøsningen er i forhold til RP-scenariet. Hvis man vælger RH-scenariet eller RLA-scenariet, vil prisen for dublering blive højere, fordi der i disse scenarier skal transporteres større tørvejsvandmængder fra nord mod syd end i RP scenariet. Merprisen for dublering i disse scenarier er estimeret til 1,8 mia. kr. for både tunnel- og trykledning og pumpeløsningen.

Dublering af transmissionsløsningen til også at kunne indgå i opnåelse af synergier vil øge anlægsomkostningerne, fordi tunnelen/tunnelerne da ikke skal lægges direkte mellem renseanlæggene, men lægges således, at den/de kan betjene forsyningerne på de lokaliteter, der indgår i synergierne. Ekstra omkostninger til opnåelse af synergier er opgjort til 0,3 – 0,8 mia. kr., afhængig af hvilke synergier, der ønskes opnået.

Dublering af transmissionsløsningen kan evt. etableres på et senere tidspunkt end etableringen af transmissionsløsningen, hvis det findes formålstjenligt. I en

løsning hvor en tunnel dubleres med en trykledning og pumpeløsning for tør-vejrsafstrømning, skal beslutningen om hvorvidt tunnelen skal indgå i opnåelse af synergier dog tages samtidig med at den etableres, fordi den i givet fald vil få et fordyrende forløb.

I nærværende notat er opgjort fordele og ulemper ved de forskellige dubleringsløsninger uden at der er givet en anbefaling.

3 De analyserede løsninger for transport af spildevand

I ref. /1/ er belyst tre forskellige løsninger for transport af spildevandet mellem renseanlæggene. Der henvises til ref. /1/ for nærmere beskrivelse. De tre løsninger er resumeret i afsnit 3.1.1 – 3.1.3.

Derudover er analyseret to yderligere løsninger, som rummer en dublering af løsningerne beskrevet i ref. /1/. Dubleringen vil sikre transmissionsløsningerne beskrevet i ref. /1/ mod den situation at der opstår nedsat kapacitet som følge af f.eks. brud eller omfattende vedligeholdelsesarbejder. Dubleringen vil også sikre at en række mulige synergier med forsyningerne kan tilvejebringes.

En dublering af de tre løsninger beskrevet i ref. /1/ er indledningsvist blevet undersøgt.

Udbygning af løsningen "Pumpning/trykledning og minimal brug af tunneler" så den på hele strækningen rummer et to-strengt system, er et spørgsmål om enten at dublere de to tunneler eller ændre de to tunneler til dobbelte trykledninger. Den billigste af de to muligheder vil bringe løsningen "Pumpning/trykledning og minimal brug af tunneler" op i en anlægsinvestering der svarer til en dublering af tunnelloøsningen med en trykledning og pumpeløsning. Opgradering af løsningen "Pumpning/trykledning og minimal brug af tunneler" til en tostrengt løsning er derfor fravalgt i den videre analyse.

Udbygning af løsningen "Pumpning/trykledning og tunnel" så den på hele strækningen rummer et to-strengt system, er et spørgsmål om enten at dublere de to længere tunneler end ovenstående eller ændre de to tunneler til dobbelte trykledninger. Som for ovenstående blev det også her fundet, at den billigste af de to muligheder vil bringe løsningen "Pumpning/trykledning og tunnel" op i en anlægsinvestering der svarer til en dublering af tunnelloøsningen med en trykledning og pumpeløsning. Opgradering af løsningen "Pumpning/trykledning og tunnel" til en tostrengt løsning er derfor fravalgt i den videre analyse.

De dublerede systemer baseres derfor alene på tunnelloøsningen og er beskrevet i afsnit 3.2.1 og 3.2.2.

Der er taget udgangspunkt i scenarie RP. Vurderinger af scenarie RP i forhold til valg af transmissionssystem, ville være stort set de samme om man valgte et af de andre scenarier.

I kapitel 4 belyses således 5 forskellige løsninger i forhold til fordele og ulemper mv.

3.1 Løsninger belyst i ref. /1/

Nedenfor er de tre løsninger for transport af spildevand kortfattet gengivet og der er fra ref. /2/ oplyst anlægsinvesteringerne og afledte udgifter til drift og vedligeholdelse og el.

3.1.1 Pumpning/trykledning og minimal brug af tunnel

Der henvises til ref. /1/.

Økonomi:

Anlæg (mio. kr.)	D&V (mio. kr./år)	El til pumpning (mio. kr./år)
3,43	24,0	21,9

3.1.2 Pumpning/trykledning og tunnel

Der henvises til ref. /1/.

Økonomi:

Anlæg (mio. kr.)	D&V (mio. kr./år)	El til pumpning (mio. kr./år)
2,69	11,6	16,7

3.1.3 Tunnel

En løsning kun bestående af tunneler mellem renseanlæggene, vil blive udført enten som en ren segmenttunnel eller som en segmenttunnel kombineret med en tunnel udført som pipejacking. Mindste diameter for segmenttunnelering anses for at være ca. 3.000 mm og øvre diameter for pipejacking anses for at være ca. 3.000 mm.

Segmenttunneler

For alle strækninger mellem renseanlæggene i de scenarier hvor transmission er nødvendig, vil en tunnel på 3.000 mm være nødvendig for at transportere vandmængderne under regn. Kun på strækningen mellem RD og RH i RH-scenariet, skal tunnelen op i 4.000 mm og omvendt i RP scenariet, kan ledningen på strækningen RA til RD komme ned i ca. 2.200 mm men denne kan ikke udføres som segmenttunnelering.

Økonomi:

Anlæg (mio. kr.)	D&V (mio. kr./år)	El til pumpning (mio. kr./år)
2,38	12,1	16,6

Segmenttunneler kombineret med pipejacking

Segmenttunneler overalt i 3.000 mm, dog med en 2.200 mm pipejacking på

strækningen mellem RA og RD i RP-scenariet, er anlægsøkonomimæssigt ens med en 3.000 mm "ren" segmenttunnel, fordi pipejacking er dyrere end segmenttunnelering ved fastholdt diameter. Når omkostningen er stort set den samme som den "rene" segmenttunnelering skyldes det, at det pipejacking-tunnelen på strækningen RA til RD i RP scenariet er mindre i diameter end segmenttunnelen.

Økonomi:

Anlæg (mio. kr.)	D&V (mio. kr./år)	El til pumpning (mio. kr./år)
2,38	12,1	16,6

3.2 Dublerede løsninger

Nedenfor er beskrevet tunnelløsningen beskrevet i ret. /1/ suppleret med en ekstra ledning.

Denne ekstra ledning er dimensioneret for tørvejsafstrømningen hvor, der er tale om en pumpe og trykledningsløsning, og hvor der er tale om en tunnel som supplerende ledning, er der forudsat en tunnel på ø3.000 mm, som kan aflede regnvandsafstrømningen. Det er valgt at den supplerende tunnel skal være en segmenttunnel, for at undgå skakte for hver ca. 800-1.000 meter og dermed er diameteren på ø3.000 mm givet.

3.2.1 To tunneller

En løsning med to tunneller forudsættes at være 2 parallelle tunneller etableret som segmenttunneler hver med en diameter på 3.000 mm.

Økonomi:

Anlæg (mio. kr.)	D&V (mio. kr./år)	El til pumpning (mio. kr./år)
4,76	14,5	16,6

Størstedelen af udgifterne til D&V relaterer sig til pumpeinstallationen i tunnelløsningen. Da pumpeinstallationen i en dubleret tunnelløsning er den samme, bliver udgifterne til D&V for en dubleret tunnel kun marginalt højere og udgiften til el er den samme.

3.2.2 Tunnel suppleret med pumpning/trykledning

En løsning med én tunnel kombineret med en trykledning og pumpeløsning indebærer etablering af to 1.000 mm trykledninger.

Etablering af trykledningerne gennem byen og over Vestamager vil rumme betydelige komplikationer på grund af fredninger og pladsforhold i byen som beskrevet i ref. /1/, uanset at der er tale om mindre dimensioner end for trykledning og pumpeløsningerne beskrevet i ref. /1/.

Selvom de to ledninger kan lægges i parallelgader, udstyres med separate pumpestationer og anlægges i forskellige entrepriser og tidsmæssigt forskudt, vil det alligevel være en stor udfordring af etablere dem.

Økonomi:

Anlæg (mio. kr.)	D&V (mio. kr./år)	El til pumpning (mio. kr./år)
3,80	19,1	17,6

Den øgede el-udgift skyldes, at der ved pumpning af en del af vandet via det supplerende pumpesystem, opstår nogle geometriske fald i pumpestationerne som øger udgiften til el. Ledningstab i trykledningerne er vurderet at svare til nogenlunde til det geometriske løft i skakten ved RP ved en tunnel løsning.

4 Vurderede forhold

Følgende forhold er vurderet for fordele og ulemper i kapitel 5 for de fem transmissionsløsninger beskrevet i kapitel 3.

I nedenstående afsnit er defineret de forskellige forhold som ligger til grund for vurderingerne givet i kapitel 5.

Der vurderes to grupper af forhold:

- > Forhold der knytter sig til transmissionssystemet, dets etablering, drift og vedligeholdelse smat indgriben i byrummet såvel i anlægsfasen som i den blivende fase:
 - Sikkerhed ved brud eller nedsat kapacitet
 - Uændret vandforbrug pr. PE
 - Vedligeholdelse
 - Pladsbehov – terræn
 - Pladsbehov - undergrund
 - Nedbringelse af bypass
 - Optimeret drift
 - Gener i anlægsfasen
- > Forhold der knytter sig til opnåelse af synergier mellem BIOFOS og forsyningerne:
 - To-strengt system
 - Øget afledning
 - Aflastning af overløb

Arbejdsmiljø indgår ikke i vurderingerne, idet det forudsættes, at arbejdsmiljø og -sikkerhed i alle løsninger kommer til at opfylde alle lovbestemte og evt. supplerende krav, der måtte blive stillet af relevante myndigheder i forbindelse med projektering og myndighedsbehandling.

4.1 Forhold der knytter sig til transmissionssystemet

4.1.1 Sikkerhed ved brud eller nedsat kapacitet

Sikkerhed ved brud eller nedsat kapacitet defineres som den sikkerhed løsningerne rummer, hvis det meget utænkelige skulle ske, at en tunnel blokeres så meget, at kun en mindre del af tørvejsafstrømningen kan passere. Aflastning under regn og evt. i tørvejr, vil da ske til de respektive vandmiljøer. Sikkerheden skal altså ses i det lys, at der er indtrådt en nedsat kapacitet.

Det bemærkes, at nedsat kapacitet også kan indtræde som følge af vedligeholdelsesarbejder på en tunnel. Deciderede brud kan teoretisk ske ved geologiske

forskydninger (jordskælv), terror, ved at en boremaskine borer gennem tunnelen eller der ved fundering af en bygning, rammes en pæl ned i tunnelen.

4.1.2 Uændret vandforbrug pr. PE

I ref. /1/ er forudsat et faldende vandforbrug pr. PE på 10% frem til 2075. Ved vurderingen af løsningerne er forudsat, at vandforbruget i perioden ikke falder, men holdes konstant pr. PE

4.1.3 Vedligeholdelse

Vedligeholdelse omfatter for pumpestationer og trykledninger servicering og udskiftning af reservedele, renholdelse af ledningerne og bekæmpelse af evt. svovlbrinte.

For tunnelerne omfatter vedligeholdelse renholdelse for evt. sedimenter og udluftning for at undgå dannelse af svovlbrinte.

4.1.4 Pladsbehov – terræn

Pladsbehov vurderes i den blivende fase, dvs. efter at løsningerne er etableret. Ved vurderingen indgår, om der bliver permanente indskrænkninger i byrummet hvor folk dagligt færdes. Selvom indskrænkningerne, der opstår som følge af en pumpestation, ikke er så omfattende, er der dog alligevel tale om en indskrænkning som ikke opleves ved en tunnelløsning, der forløber uden skakte i byrummet.

4.1.5 Pladsbehov – undergrund

Tunnelløsningerne kommer til at optage plads i undergrunden, hvilket kan karambolere med kommende metrolinjer, veje og tunneler for regnvand mv. som skal anlægges i undergrunden.

4.1.6 Nedbringelse af bypass

Alle løsninger jf. ref. /1/ designes til samme transportmæssige kapacitet svarende til den maksimale afstrømning under regn. Disse har derfor samme sikkerhed mod aflastning til det omgivende miljø, når den maksimale timetilstrømning under regn indtræder.

Ved udbyningsplanen og samstyringsprojektet der er etableret mellem BIOFOS og de involverede forsyninger, vil bypass ved renseanlæggene blive reduceret til ca. 0,8 mio. m³/år. Yderligere nedbringelse af bypass vil *kun* ske som følge af, at der i transmissionssystemet efter regn ligger et opmagasineret volumen, som ellers ville være blevet aflastet. Som det fremgår af nedenstående tabel, er der i nogle af løsningerne relativt store volumener i forhold til en fremtidig årlig aflastning på 0,8 mio. m³.

Nedenfor er angivet volumenet af de forskellige transmissionsløsninger.

	Løsning	Magasineringsvolumen
Jf. ref. /1/	Pumpning/trykledning og minimal brug af tunneler	11.000 m ³
	Pumpning/trykledning og tunnel	69.000 m ³
	Tunnel – segmenttunnel	82.000 m ³
	Tunnel – segmenttunnel og pipejacking	64.000 m ³
Supplerende Løsninger, opfyldelse af forsynings-sikkerhed	To tunneller	82.000 m ³ (spildevandsførende) 102.000 m ³ (reserve) *)
	Tunnel suppleret med pumpning/trykledning	102.000 m ³ (reserve) 0 m ³ (trykledning)

*) Der er forudsat Ø3.000 mm

4.1.7 Optimeret drift

Hvis der i den samlede struktur for udbygningen af renseanlæggene og etablering af transmissionssystem, imødeses et behov for etablering af volumen til magasinering, f.eks. til udligning af "spidser" under tørvejr, magasinering med henblik på at rense spildevand i perioden hvor strømmen evt. er billig eller magasinering i forbindelse med reparationsarbejder, er i tabellen i afsnit 4.1.6 angivet de magasineringsmæssige volumener af transmissionssystemerne.

4.1.8 Gener i anlægsfasen

Gener i anlægsfasen omfatter støj, trafikale problemer, støv, generende tung trafik osv. for beboere i nærheden af byggepladserne og for folk der dagligt transporteres i trafikken.

4.2 Forhold der knytter sig til mulige synergier

4.2.1 To-strengt system

Hvis der i den samlede struktur for udbygningen af renseanlæggene, etablering af transmissionssystem, imødeses et behov for etablering af et to-strengt system til særskilt afledning af spildevand og regnvand og/eller opspædet spildevand (kunne være i en overgangsfase fra fælleskloakering til separatkloakering i oplandene), vurderes de forskellige løsninger i forhold til at kunne indgå som løsning ved et sådant behov.

4.2.2 Øget afledning

I ref. /1/ er forudsat at tilstrømningen til de tre renseanlæg under regn i 2075 højest er den samme som i dag. Antagelsen bygger på at den indsats, der kommer til at ske i forsyningerne for at eliminere oversvømmelser og aflastninger fra overløb, bl.a. vil ske ved begrænsning af det fælleskloakerede areal i et omfang, der modsvarer udviklingen i nedbøren.

I den situation, at nedbøren i de kommende 55 år udvikler sig så kraftigt, at belastningen under regn (timevandmængderne) bliver større end i dag eller man ikke formår at nedbringe det fælleskloakerede opland tilstrækkeligt, vil forsyningerne givet vis få brug for at øge timetilstrømningen under regn.

4.2.3 Aflastning af overløb

Alt tyder på at der vil opstå udfordringer med at udlede separeret regnvand på grund af manglende plads til renseforanstaltninger i de tæt urbaniserede områder.

Tilsvarende oplever forsyningerne store udfordringer ved imødegåelse af aflastninger af opspædet spildevand, fordi mængderne ved aflastning fordrer meget store bassinvolumener. På linje med det separate regnvand, opstår der pladsproblemer ved etablering af bassiner lokalt ved overløbene.

I det omfang forsyningerne kan aflede regnvand og opspædet spildevand direkte til transmissionssystemet, vil det afhjælpe udfordringerne væsentligt.

4.2.4 Økonomi forbundet ved opnåelse af synergier

Hvis man ønsker at en tunnel skal indrettes til at aflaste overløb, skal tunnelens forløb ændres, så den passerer de overløb, der ønskes aflastet. Det kunne f.eks. være Belvedere eller overløbet ved Svanemøllens Pumpestation. Hvis tunnelen af den grund skal forlænges med 1-2 km, øges anlægsomkostningen med ca. 0,2-0,3 mia. kr. inkl. skatte ved overløbene.

Ønsker man at tunnelen i tilgift hertil skal have et større volumen eller større transportkapacitet, kan tunnelens diameter øges til f.eks. ø4.000 mm. Merprisen vil være ca. 0,5 mia. kr. ved en længde på 16 km.

Ønsker man et tostrengt system i en fremtid, hvor det fælleskloakerede opland er separeret i en grad, hvor man kan se en fordel i at lede regnvandet til rensning på renseanlægget via tunnelen, skal denne placeres så den hensigtsmæssigt kan modtage regnvandet via skakte. Regnvand vil formentlig skulle opsamles i flere punkter end blot de centrale overløb (indledningsvis omtalte mulige synergi), og anlægsomkostningen skønnes da til 0,3-0,6 mia. kr. fordi antallet af skakte vil øges.

Disse "add-on" omkostninger, vil da ligge i omegnen af 0,3-0,8 mia. kr. afhængig af hvilke synergier, der ønskes opnået.

5 Vurdering

Nedenfor er beskrevet de fem transmissionsløsninger i forhold til de i kapitel 4 beskrevne forhold.

Vurderingerne givet i tabellerne er efterfølgende uddybet.

5.1 Forhold er knyttet sig til transmissionssystemet

Forhold	Jf. ref. /1/			Dobbelte løsninger	
	Pumpning	Pump-ning/tunnel	Tunnel	To tunneler	Tunnel og trykledning
Sikkerhed ved brud eller nedsat kapacitet	Ringe sikkerhed	Ringe sikkerhed	Ringe sikkerhed	100% sikkerhed	Høj Sikkerhed
Uændret vandforbrug pr. PE	100% robust	100% robust	100% robust	100% robust	100% robust
Vedligeholdelse	Krævende vedligehold	Krævende vedligehold	Mindre vedligehold	Mindre vedligehold	Krævende vedligehold
Pladsbehov – terræn	Påvirkning af pladsforhold	Påvirkning af pladsforhold	Ingen påvirkning	Ingen påvirkning	Påvirkning af pladsforhold
Pladsbehov - undergrund	Ingen påvirkning	Påvirkning af plads	Påvirkning af plads	Påvirkning af plads	Påvirkning af plads
Nedbringelse af bypass	Medvirker ikke	Medvirker delvis	Medvirker betydeligt *)	Medvirker betydeligt *)	Medvirker betydeligt *)
Optimeret drift	Intet potentiale	Middel potentiale	Stort potentiale	Meget højt potentiale	Stort potentiale
Gener i anlægsfasen	Store gener	Store gener	Mindre gener	Mindre gener	Store gener

*) Afhængig af om der anvendes Pipejacking på strækningen fra RA til RD.
 Én tunnel anses for tilstrækkeligt til at nedbringe bypass væsentligt.
 To tunneler anses derfor som ligeværdige med én tunnel.

5.1.1 Sikkerhed ved brud eller nedsat kapacitet

Løsninger, der indebærer pumpning, rummer alle et vist omfang af tunnelering. Trykledning og pumpeløsningen rummer to korte tunneler, en mellem Pumpestation Kløvermarskvej og Amager Fælled og en under Kalveboderne. Uanset at der i trykledning og pumpeløsningen indgår mere end én trykledning, vurderes løsningen alligevel at have en ringe sikkerhed.

For de øvrige løsninger hvori, der også indgår tunneler, er vurderingen den samme.

Løsninger der består af én tunnel og én trykledning og pumpeløsning vurderes at have en høj sikkerhed, fordi tørvejsmængden til enhver tid kan afledes.

Løsninger med to tunneler vurderes til 100% sikkerhed, fordi den ene tunnel kan aflede både tørvejs- og regnvejsafstrømningen. Dog vil et jordskælv ramme begge tunneler, så ved en løsning med to tunneler bør disse ikke ligge parallelt men i forskellige traceer. Se afsnit 4.2 om mulige synergier, hvor det er beskrevet, at en tunnel med fordel kan anlægges så den bedst muligt tilvejebringer synergimuligheder. I en løsning med to tunneler er det derfor oplagt at de to tunneler lægges i forskellige traceer.

Nedbrud af en pumpestation anses for uden betydning, da den til enhver tid kan repareres omgående.

5.1.2 Uændret vandforbrug pr. PE

Eftersom alle løsninger designes til at kunne føre vandmængderne under regn, vil en stigning i vandmængderne som følge af fastholdt vandforbrug pr. PE, ikke kunne ses i vandmængderne under regn. F.eks. vil vandmængden stige med 600 m³/t fra RL i gennemsnit over døgnet, i forhold til en tilstrømning på 47.000 m³/t under regn i 2075.

5.1.3 Vedligeholdelse

Løsninger der indebærer pumpning via flere pumpestationer vurderes at have en mere krævende vedligeholdelse i forhold til tunneler, der kun har én pumpestation.

Kombinationen af en tunnel og en trykledning der transporterer tørvejsvand, vurderes ligeledes at være mere krævende end tunneler.

Tunneler forventes ikke at indebære drift og vedligeholdelse. Tunnelerne indrettes således, at de er selvrensende i tørvej og forsynes desuden med en skyllefunktion. Boltehullerne hvor segmenterne er samlet lukkes med enten beton eller andet materiale, så bunden af tunnelerne op til midt på indersiden, vil fremstå glat.

5.1.4 Pladsbehov – terræn

Pumpestationer som etableres i skaktlignende konstruktioner vil optage plads. Om pladsen optages i byrummet eller på Amager Fælled er ikke så afgørende. Det der anses for afgørende er, at plads der optages til tekniske installationer, fragår den plads som befolkningen vil kunne udfolde sig på.

Tunnelløsningerne vil alene optage plads på renseanlæggene, vurderes til ikke at påvirke pladsforholdene på terræn, mens trykledning og pumpeløsningerne vurderes at påvirke pladsforholdene.

5.1.5 Pladsbehov – undergrunden

I alle løsninger hvor der etableres tunneler, med undtagelse af de løsninger, hvor der blot etableres en kort tunnel mellem Pumpestation Kløvermarksvej og Amager Fælled ud for den nordlige del af Ørestaden samt under Kalveboderne, "skæres" København over i to halvdele mellem nordøst og sydvest i en dybde fra ca. 15-30 meter ved tunnelstart til 30-45 meter ved tunnelenden inkl. 5 meters respektafstand fra inderside af tunnel til inderside af andre tunneler.

Tunnelen(erne) kan derfor komme til at udgøre en væsentlig barriere for kommende tunneler, der skal gå øst/vest gennem Københavns undergrund. Disse udfordringer kan løses ved at ændre på dybder af kommende tunneler så disse kommer til at ligge dybere end nødvendigt.

Alternativt kan tunnelløsningerne placeres dybere, med deraf større anlægsudgifter og udgifter til el.

Hvorledes dette forhold mellem kommende tunneler skal løses indebærer givetvis en del juridiske afklaringer, herunder om det vil være muligt at deklarere sig ud af modsætningsforholdet.

Løsninger, der indebærer tunneler, der er længere end de to tunneler i trykledning og pumpeløsningen, vurderes at rumme en mulig påvirkning af kommende tunneler, uagtet at påvirkningen dog kan løses.

5.1.6 Nedbringelse af bypass

Uden at det er beregnet hvor meget de forskellige volumener angivet i tabellen i afsnit 4.1.6 vil medvirke til yderligere nedbringelse af bypass efter 2027, er der anlagt den vurdering, at de løsninger, der rummer det største volumen, vurderes højest og omvendt for de løsninger, der rummer det mindste volumen. Det vurderes, at én tunnel anses for tilstrækkeligt til at nedbringe bypass så meget, at der kun vil ske bypass ved langvarige regn.

5.1.7 Optimeret drift

Alle løsninger med et tunnelvolumen af en vis størrelse større end det volumen der findes i trykledning og pumpeløsningen, vurderes at kunne bidrage i høj grad til optimeret drift.

5.1.8 Gener i anlægsfasen

Løsninger, der indebærer etablering af pumpestationer og trykledninger, vurderes at rumme meget store gener for omgivelserne- Løsninger, der kun rummer tunneler, vurderes kun at genere i mindre grad, da skaktene til tunnelerne etableres på renseanlæggene.

5.2 Forhold der knytter sig til mulige synergier

Forhold	Jf. ref. /1/			Dobbelte løsninger	
	Pumpning	Pumpning/tunnel	Tunnel	To tunneler	Tunnel og trykledning
To-strengt system	Ikke egnet	Ikke egnet	Ikke egnet	Meget egnet	Meget egnet
Øget afledning	Ikke egnet	Middel egnet	Egnet	Meget egnet	Egnet
Aflastning af overløb	Ikke egnet	Evt. egnet *)	Egnet	Meget egnet	Egnet

*) Kun egnet hvis der er overløb langs ledningen over Amager Fælled der kan aflastes

5.2.1 To-strengt system

Løsninger der rummer to-strengede strukturer vurderes meget egnet til at honorere ønsker/behov for to-strengt system.

5.2.2 Øget afledning

Hvis afledningen fra forsyningerne under regn øges i forhold til Q-max, vil de ekstra timevandmængder medføre øgede aflastninger på de lokaliteter, hvor transmissionssystemet starter. Ingen af løsningerne jf. ref. /1/ er robuste overfor øgede timevandmængder ud over den timevandmængde som de er dimensioneret til (=Q-max jf. ref. /1/). Aflastning *under* en øget Q-max er derfor uundgåelig for disse løsninger.

Forløbet af en regnhændelse sker dog ikke kun ved Q-max. Mange regnhændelser rammer renseanlæggene uden at Q-max optræder og i disse situationer (formentlig langt de fleste regnhændelser), vil volumen i tunnellsystemerne kunne nyttiggøres til øget afstrømning hvor afstrømningen er lavere end Q-max. Trykledning og pumpeløsningen vurderes derfor som at være ikke egnet til at honorere et ønske om øget afledning, mens de øvrige løsninger der rummer tunnelvolumen, vurderes som mere egnede.

I de to løsninger hvor der etableres dobbelte ledninger, vil øgede timevandmængder kunne modtages og sendes videre i transmissionssystemet, højest for løsningen med to tunneler og lavere for tunnellsystemet kombineret med pumpning.

5.2.3 Aflastning af overløb

I det omfang forsyningerne bliver i stand til at aflede opspædet spildevand direkte til transmissionssystemet, afhjælpes udfordringer i forhold til at skaffe plads til bassiner lokalt.

Ved en sådan aflastning af overløb, løses også på sigt et andet problem, nemlig den stigende havvandsstand som kommer til at betyde, at forsyningerne skal etablere udpumpningsanlæg til vand der skal aflastes fra overløb, hvilket kan være meget store sekundvandmængder.

Løsningerne vurderes på linje med forholdet vedr. "Øget afledning". Det skal dog understreges, at hvis tunnelerne skal aflaste overløb under regn, skal tunnelerne have et forløb, hvor de passerer overløbene. Tunnelerne bliver derfor længere end nødvendigt blot for at skabe transportkapacitet mellem renseanlæggene.