HORSENS KOMMUNE

RINGVEJ SYD HORSENS

AFVANDINGSTEKNISK BESKRIVELSE OG VANDHÅNDTERINGSPLAN

Dato: 2025-02-19



Versionsnr: 01 Status: Gældende Rev. dato: 08.12.2025

Projektnavn:	Ringvej Syd Horsens RVS
WSP projektnr.:	1351900006
Kundens projektnr.:	
Projektleder:	Claus Weng Petersen
Udarbejdet af:	Emil Bidstrup Mellemkjær
Kvalitetssikret af:	Claus Weng Petersen
Godkendt af:	LBEN

INDHOLD

1 INDLEDNING 6

2 GRUNDLAG 7

2.1 DESIGNSTANDARDER 7

2.2 BAGGRUNDSMATERIALE 7

2.3 DESIGN- OG DIMENSIONERINGSKRITERIER FOR INTERNT AFVANDINGSSYSTEM 7

2.3.1 Afvandingsprincip 7

2.3.2 Ledninger 8

2.3.3 Bassiner 8

2.3.4 Dimensionsgivende regn opsummering 9

2.3.5 Oplande 9

3 VANDHÅNDTERINGSPLAN 11

3.1 RENSEFORANSTALTNINGER 11

3.2 STORMFLODSRISIKO 11

3.2.1 Kritisk vandstandskote 11

3.2.2 Hyppighed 12

3.3 HVERDAGSREGN 13

3.3.1 Eksisterende forhold 13

3.3.2 Fremtidige forhold 13

3.3.3 Dimensionering 14

3.3.4 Arealerhvervelse til bassinanlæg 14

3.4 EKSTREMREGN 14

3.4.1 Terrænforhold 14

3.4.2 Løsning og dimensionering af system til håndtering af ekstremregn 16

3.4.3 Oversvømmelsesrisiko 18

3.4.4 Strømningsveje- og oversvømmelsesvurdering 27

4 EKSISTERENDE FORHOLD 35

4.1 EKSISTERENDE AFVANDING 35

4.2 EKSISTERENDE DRÆN 35

4.3 SKÆRENDE VEJE OG STIER 36

5 GENERELLE TILTAG I PROJEKTET 38
5.1 ANLÆGSFASEN 38
5.1.1 Ledninger 38
5.1.2 Brønde 39
5.1.3 Pumpestationer 39
5.1.4 Udgravninger 39
5.1.5 Jordhåndtering 39
5.1.6 Bassiner 40
5.2 DRIFTSFASEN 41
5.2.1 Ledninger 41
5.2.2 Brønde 41
5.2.3 Pumpestationer 42
5.2.4 Bassiner 42
6 SKITSEPROJEKT FOR AFVANDING 43
6.1 DELSTRÆKNINGER 43
6.2 UDLØBSLEDNING PÅ HAVBUND 44
6.3 REGNVANDSBASSINER 45
7 REFERENCER 47

BILAG

1. Grundvandsrapport udarbejdet af Sweco – ”Datarapport Grundvand 071025”
2. Vandsynsprotokol udarbejdet af WSP – ”Vandsynsprotokol_RevB”
3. ”Notat – Udløbsledning i havet 241001” – Udarbejdet af WSP
4. ”Bassinberegning_24.01.2025” – Udarbejdet af WSP
5. Etablering af filteranlæg til efterpolering af vejvand – Aalborg Universitet, 2018
6. Vandsynsprotokol oversigtsplan ”RSH_SK_03_20_Vandsynsprotokol_RevB”

1 INDLEDNING

Fra Horsens Kommunes lokalplan:

Projektet omhandler *"etablering af en ny ringvejsforbindelse sydøst om Horsens, som skal lede trafik uden om midtbyen og derved aflaste trafikken ved boligområderne i sydbyen og på Høegh Guldbergs Gade. Vejprojektets krydsning med henholdsvis Dagnæs Bæk og Bygholm Å udløbene indgår i klimasikringen af Horsens by i situationer med stormflod samt generelle havvandsstigninger.*

Den nye vej benævnes Ringvej Syd, etape 2 og 3 og strækker sig cirka 6 km fra krydset Vestvejen / Bjerrevej til tilslutningen med Ove Jensens Alle på Sydhavnen. Undervejs passerer ringvejen Klokkedalsvej, Nordrevej og Bollervej. Vejen føres under henholdsvis Klokkedalsvej og adgangsvejen til spejderhytten, Nordrevej 68, mens der sker vejtilslutning ved Bollervej. Herved sikres blandt andet, at trafik henholdsvis fra eller mod øst kan ledes uden om midtbyen.

Etableringen af Ringvej Syd er et led i udbygningen af det overordnede vejnet i og omkring Horsens. I henhold til kommuneplanens retningslinjer 2.2.3 og 2.2.4, skal der ske en videreførelse af Ringvej Syd, fra Bjerrevej til Bollervej, som har til formål at lede den gennemkørende trafik uden om Horsens by og aflaste Bollervej og Bjerrevej. Endvidere skal der sikres en linjeføring for en ringvejsforbindelse mellem Bollervej og Horsens Havn. Vejforbindelsen skal lede den tunge trafik fra havnen uden om byen og aflaste Bjerrevej og Høegh Guldbergs gade. Der skal sikres krydsningsmuligheder langs omfartsvejen.

Nærværende lokalplan sikrer plangrundlaget for Ringvej Syd´s gennemførelse.

Derudover at der kan ske hensigtsmæssige tilslutninger både visuelt og funktionelt til de omkringliggende veje og stier og rekreative områder.

Et væsentligt formål er at sikre, at det samlede vejanlæg indpasses i omgivelserne under behørig hensyntagen til de eksisterende naturværdier og naturkvaliteter som ringvejen passerer, herunder Klokkedal, Boller overskov, Boller nederskov og Klokkedal Å."

2 GRUNDLAG

Dette afsnit beskriver forudsætningerne for skitseprojekteringen af vejafvandingen på Ringvej Syd i Horsens, samt de anvendte design- og dimensioneringsprincipper. Afsnittet danner grundlag for hvilke kriterier afvandingssystemet er designet efter.

2.1 Designstandarder

De gældende vejregler vedr. afvandingskonstruktioner anvendes som standarder for udformning af afvandingssystemet. Gældende VD vejregler pr. 30.01.2025 følger herunder:

- Afvandingskonstruktioner – Miljøforhold og myndighedsansøgning – 24.09.2021
- Afvandingskonstruktioner – Brønde, bygværker og ledninger – 01.10.2017
- Afvandingskonstruktioner – Bassiner – 01.11.2015
- Afvandingskonstruktioner – Trug og grøfter – 1.11.2017
- Pumpestationer – 25.11.2022
- Dræning af veje – 17.12.2024

2.2 Baggrundsmateriale

Projektet er en opdatering og viderebygning på det tidligere projekterede afvandingssystem fra Ringvejen, som jf. nye normer og krav til rensning af vejvandet, krævede en revurdering af dimensioner på bassiner og ledninger, samt mulighederne for videregående rensning af vejvandet inden udledning til Horsens Fjord.

Følgende baggrundsmateriale ligger til grund for det nuværende projekt:

- Udleveret vejteknisk tegningsmateriale udarbejdet af Systra pr. 01.02.2025
- Grundvandsboringer og analyser udført af Sweco pr. 07.10.2025

2.3 Design- og dimensioneringskriterier for internt afvandingssystem

Afsnittet beskriver de anvendte principper for design og dimensionering.

2.3.1 Afvandingsprincip

Vejafvanding udarbejdes som udgangspunkt med afledning via. gravitation med kantopsamling med vejbrønde i påfyldning og i trug i rabat i afgravning. Vejvandet transporteres i et langsgående ledningssystem, og vejkassen

drænes på hele strækningen. For at undgå bundbrud som følge af årstidsvariende grundvandstryk etableres der yderligere dræn på udvalgte strækninger til grundvandssænkning.

Alt opsamlet vand passerer gennem regnvandsbassiner inden udledning til recipienten, som er Horsens Fjord. Inden udledning til recipienten passere vandet gennem våde regnvandsbassiner der foretager rensning, og derefter gennem filterbassiner, der foretager den yderligere rensning af vejvandet, for at overholde kravene for vandkvaliteten i udledningen til Horsens Fjord.

2.3.2 Ledninger

Regnvandssystemet til hverdagsregn dimensioneres efter metodebeskrivelsen i Horsens Kommunes vejledning til rådgivere. Denne indeholder følgende dimensioneringskriterier:

- Gentagelsesperiode for serviceniveau = T5, svarende til en CDS-regn for Horsens med varighed på 4 timer på 30 mm
- Samlet sikkerhedsfaktor til dimensionering (Modelusikkerhed: 1,2 - Fortætning: 1,0 – Hydrologisk reduktion: 0,9 - Klima: 1,127 (levetid 25 år) / 1,190 (levetid 50 år) = 1,22- 1,28
- Minimumsrensevolumen = 250 m3 /befæstet hektar

Foruden de ovenstående dimensioneringskriterier tilføjes en yderligere vandmængde fra periodevist årstidsbestemt højtstående grundvand på 14,6 l/s. Grundvandsforholdene er beskrevet yderligere i "Bilag 1 – Datarapport Grundvand 071025" udarbejdet af Sweco.

Ledningssystemet projekteres som udgangspunkt med afvanding via. gravitation, men på strækninger hvor dette ikke er muligt kan der laves pumpeløsninger.

2.3.3 Bassiner

I projektet etableres der i alt 4 våde bassiner. Tre på sydsiden som er koblede regnvandsbassiner med egen udledning til Horsens Fjord. Ét på nordsiden med egen udledning til Horsens Fjord på indersiden af dæmningen. Det sidste bassin på sydsiden (Bassin 3) og bassinet på nordsiden (Bassin 4), har indbygget filterbassin i regnvandsbassinet der foretager yderligere rensning af vejvandet inden udledning til Horsens Fjord.

Bassindimensionering foretages ved Mike Urban beregninger med en T=20 CDS-regn med en varighed på 24 timer, genereret ud fra "SVK's regional regnrækkeværktøj version 2023" regnmåler ved Horsens Centralrenseanlæg.

Følgende parametre er brugt til dimensionering:

- Gentagelsesperiode for overløb: T = 20 år
- Klimafaktor for T20 = 1,58
- Klimafaktor for T100 = 1,68 (bruges ved beregning for ekstremregn i 3.4.2)
- Vådvolumen = min. 250 m^3/red. ha.
- Skråningsanlæg:

- Min. 1:5 fra bund til permanent vandspejl
- Min. 1:10 fra permanent vandspejl til kronekant
- (*Bassin 4 er undtaget ovenstående skråningskrav, på baggrund af arealbegrænsning og placering der giver begrænset rekreativ værdi*)

Afløbstallet varierer fra de 4 bassiner, men de er alle bestemt ud fra kriteriet om at overholde en gentagelsesperiode på T =20 år og at opholdstiden i bassinerne er mindre end 72 timer, for at undgå overløb som følge af koblede regnhændelser.

Regnvandsbassinerne udføres med tæt bund for at bibeholde et permanent vandspejl, og skal sikres mod bundbrud som følge af grundvandstryk, enten ved dræning eller tilpas dimensioneret ler-membran i bunden.

2.3.4 Dimensionsgivende regn opsummering

Fra et dimensioneringsperspektiv arbejdes der for Ringvej Syd ud fra forskellige regnhændelser, hvor man skelner mellem kravene til ledninger og bassiner. Ledninger belastes hårdest ved korte regnhændelser med høj intensitet, og bassiner belastes hårdest ved længerevarende hændelser, der statistisk set har en lavere intensitet. Dette er grundlaget for forskellene i dimensioneringskravene.

For ledningssystemet anvendes en dimensionsgivende T=5 CDS-regn med en varighed på 4 timer, da denne giver en højere intensitet og derved øger den nødvendige vandføringsevne i ledningerne. Gentagelsesperioden, varigheden og klimafaktoren er defineret af Horsens Kommune i deres vejledning til rådgivere.

Bassiners dimensionsgivende regnhændelser sættes til en T=20 CDS-regn med en varighed på 24 timer. Denne er ikke defineret af Horsens Kommune, men er en vurdering foretaget af WSP til dimensionering af bassinernes overløbsfrekvens. Intensiteten ved længerevarende regnhændelser falder ved længere tidsperiode, og de samlede vandmængder øges. Effekten af dette bliver, at ledningssystemerne ikke belastes i samme grad, som ved kortere hændelser med høj intensitet. Bassinerne vil derimod blive tilført store vandmængder i lang tid, og derved belastes hårdere under disse forudsætninger.

Ved beregninger for ekstremhændelser er dimensioneringskravene defineret af Horsens Kommune som en T=100 CDS-regn med en varighed på 24 timer. Under disse forudsætninger vil bassinerne blive hårdest belastet, og gå i overløb. Det skyldes at de dimensioneres for en T=20 hændelse. Ledningerne vil ikke blive overbelastet i disse situationer, da hændelsen har lav intensitet over lang tid.

2.3.5 Oplande

Til beregning af de tilførte vandmængder til ledningssystemet og regnvandsbassinerne er der brugt to forskellige kategorier for oplandene; Fuldt befæstede vejarealer og ikke befæstede grønne arealer.

Afløbskoefficienten for de to oplandskategorier:

- Vejarealer = 1,00
- Grønne arealer = 0,30

Jf. Horsens Kommunes Spildevandsplan 2012-2015 "Bilag 1: Beregningsgrundlag og skemaforklaring" sættes afløbskoefficienten for grønne arealer til 0,10 men grundet de seneste års våde vintre er afløbskoefficienten for grønne arealer i dette projekt hævet, for at tilgodese muligheden for håndtering af regnmængderne i perioder hvor jorden allerede er vandmættet, og derfor ikke har samme nedsivningsevne som i tørre perioder.

3 VANDHÅNDTERINGSPLAN

3.1 Renseforanstaltninger

Vejvandet fra den nye ringvej bliver opsamlet i afløbssystemer, og ledes til Horsens Fjord som recipient. For at kunne overholde kravene om udledningskoncentrationer af miljøskadelige stoffer hertil, foretages renseløsninger inden udledning. Vejvandet passerer inden udløbet gennem traditionelle våde regnvandsbassiner, der renser vandet for de tungeste partikler ved sedimentering. Yderligere etableres der også filterbassiner til efterpolering af vejvandet. Disse etableres i forlængelse af Bassin 3 og Bassin 4, og består af en speciel jordopbygning, som fjerner flere af de opløste stoffer, der ikke renses for i traditionelle regnvandsbassiner. Filterbassinerne virker ved at vejvandet siver ned gennem jordopbygningen i filterbassinet inden udløbet til Horsens Fjord. Det er i denne proces yderligere stoffer bliver fjernet fra vejvandet ved adsorption og sedimentering. Yderligere beskrivelse af renseløsningerne findes i Bilag 5.

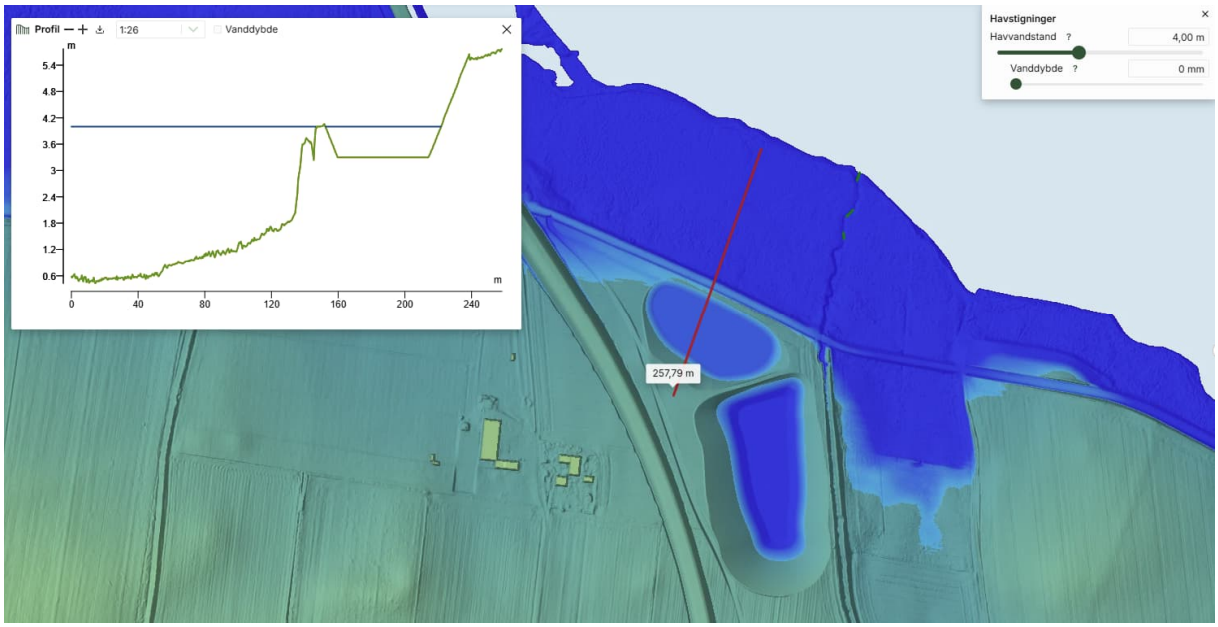
3.2 Stormflodsrisiko

Dette afsnit analyserer omfanget og hyppigheden af stormflodshændelser, der påvirker vejanlægget ved oversvømmelser fra Horsens Fjord. Ved hjælp af Scalgo Live visualiseres oversvømmelserne i de udsatte områder under stormflodssituationer. Formålet er at identificere de mest kritiske områder og vurdere risikoen for infrastrukturelle skader.

3.2.1 Kritisk vandstandskote

Bassin 1 og Bassin 2 ligger langt oppe i oplandet, og er derfor ikke i risiko for at blive påvirket af stormflod. Der fokuseres derfor på vejanlægget ved kyststrækningen og Bassin 3 og 4, som er mere udsatte.

Bassin 3 ligger på ydersiden af Ringvejen, og har en kronekant i kote +4,0 og er derfor i risiko for at blive oversvømmet ved forhøjet vandstand i Horsens Fjord. Som det ses af nedenstående figur fra Scalgo, vil en vandstand i fjorden på kote +4,0 medføre indtrængen af havvand i både filterbassinet og det våde regnvandsbassin, da disse er forbundet.



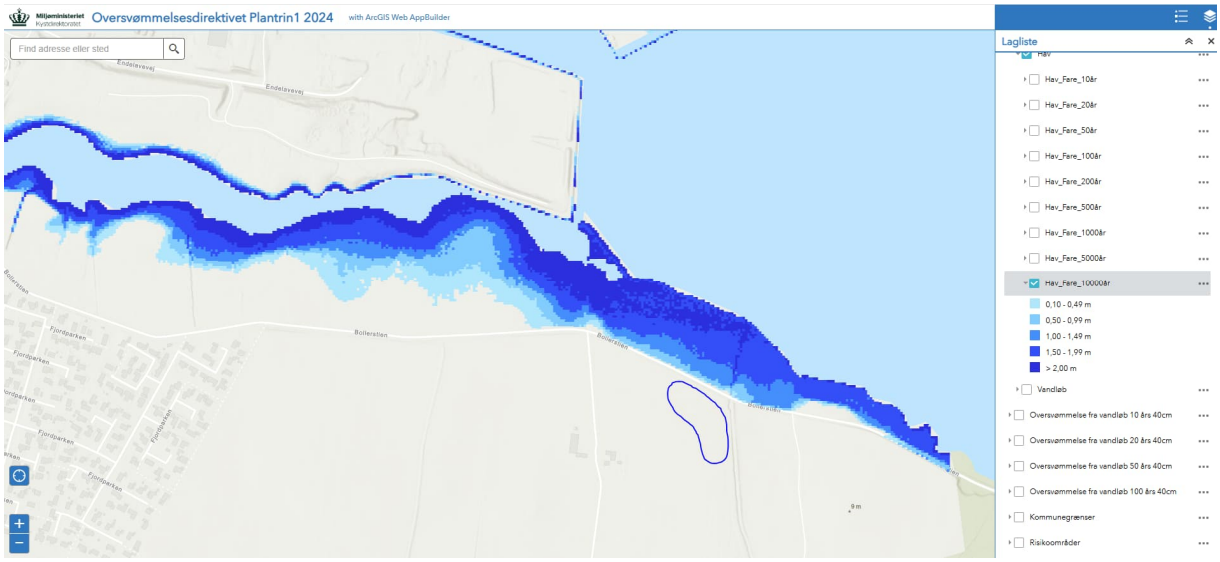
Figur 1 - Kritisk havvandstand ved Bassin 3 (Scalgo Live)

Bassin 4 ligger på indersiden af slusekonstruktionen og vejdæmningen, og er derfor kun i risiko for at blive oversvømmet bagfra. Det skyldes at slusen lukkes ved hændelser med forhøjet vandstand i Horsens Fjord, så man beskytter Horsens midtby mod ødelæggelser fra stormflod. Dette illustreres ikke i Scalgo Live, da programmet stadigvæk tror at vandet på indersiden af slusekonstruktionen hænger sammen med det øvrige hav i Horsens Fjord.

3.2.2 Hyppighed

Jf. de offentligt tilgængelige stormflodsdata fra Oversvømmelsesdirektivet vil havvandstanden for en 10.000 års hændelse være ca. 2,00 m over daglig vandstand og holde sig på ydersiden af Bollerstien, der afgrænser Bassin 3 mod Horsens Fjord. Det betyder at der ikke er risiko for indtrængende havvand i bassinet ved denne hændelse. Bassinets udløb er kotemæssigt placeret under havoverfladen, men er udstyret med en kontraklap i den første opstrøms brønd, for at forhindre indtrængende havvand via. udløbsledning fra Bassin 3. Se Figur 2.

Som nævnt i 3.2.1 vil Bassin 4 udelukkende være i fare for at blive oversvømmet ved bagfrakommende vand. Dette vil kunne ske i situationer hvor havvandstanden i Horsens Fjord er steget nok til at slusen er lukket.



Figur 2 - Stormflodsdata fra Oversvømmelsesdirektivet. Eksemplet er for en 10.000 års hændelse. Bassin 3 er markeret med blå på markarealet syd for Bollerstien.

3.3 Hverdagsregn

Afsnittet beskriver hvordan afvandingssystemet udformes og dimensioneres til håndtering af nedbør i hverdagssituationer. Løsninger til opsamling og rensning af regnvandet inden udløb til recipienten beskrives ligeledes. Hverdagsregn betegnes i dette dokument som hændelser op til T=5.

3.3.1 Eksisterende forhold

Der forefindes ikke eksisterende afvandingssystemer i projektområdet, da Ringvejen etableres på bar mark. På havnearealet forventes det, at eksisterende afvanding fra Ove Jensens Allé kobles på fremtidigt afvandingssystem for Ringvejen.

Eksisterende dræn der afskæres af vejprojektet håndteres iht. vandsynsprotokollen.

3.3.2 Fremtidige forhold

Ringvejens afvandingssystem udformes med grøfter i begge vejsider til opsamling af regnvand. Det føres til forsinkelses- og rensebassiner i underjordiske ledninger ved en kombination af gravitations- og pumpesystemer. Afvandingssystemet udformes og dimensioneres, så alle hverdags regnhændelser håndteres i ledninger og forsinkes i bassinerne, inden det renses lokalt gennem filterbassinet i Bassin 3 ved Bollerstien og Bassin 4 på havnearealet. For nærmere beskrivelse af vejafvandingens udformning se i kapitel 6 Skitseprojekt for afvanding.

3.3.3 Dimensionering

Ledningssystemet til hverdagsregn dimensioneres efter metodebeskrivelsen i Horsens Kommunes vejledning til rådgivere efter en T=5 hændelse, med et bidrag for indtrængende grundvand på 14,6 l/s. Dimensioneringskriterierne for denne hændelse er beskrevet i 2.3.2.

Bassiner dimensioneres til at kunne tilbageholde vandet for en T=20 hændelse med en CDS-regn af 24 timers varighed. Dimensioneringskriterierne for denne hændelse er beskrevet i 2.3.3.

3.3.4 Arealerhvervelse til bassinanlæg

Herunder findes en opgørelse over nødvendige volumener og arealer til anlæggelse af de 4 bassiner langs Ringvejen. Bassin 1 og Bassin 2 udføres som traditionelle våde regnvandsbassiner med permanent vådvolumen og yderligere stuvningsvolumen til forsinkelse. Bassin 3 og Bassin 4 udføres ligeledes som traditionelle vådbassiner, men kobles derudover sammen med et yderligere filterbassin, som foretager videregående efterpolering af regnvandet inden udledning til Horsens Fjord.

Bassin nr.	Arealanvendelse [m^2]
1	2915
2	9721
3 inkl. filterbassin	33619
4 inkl. filterbassin	2790

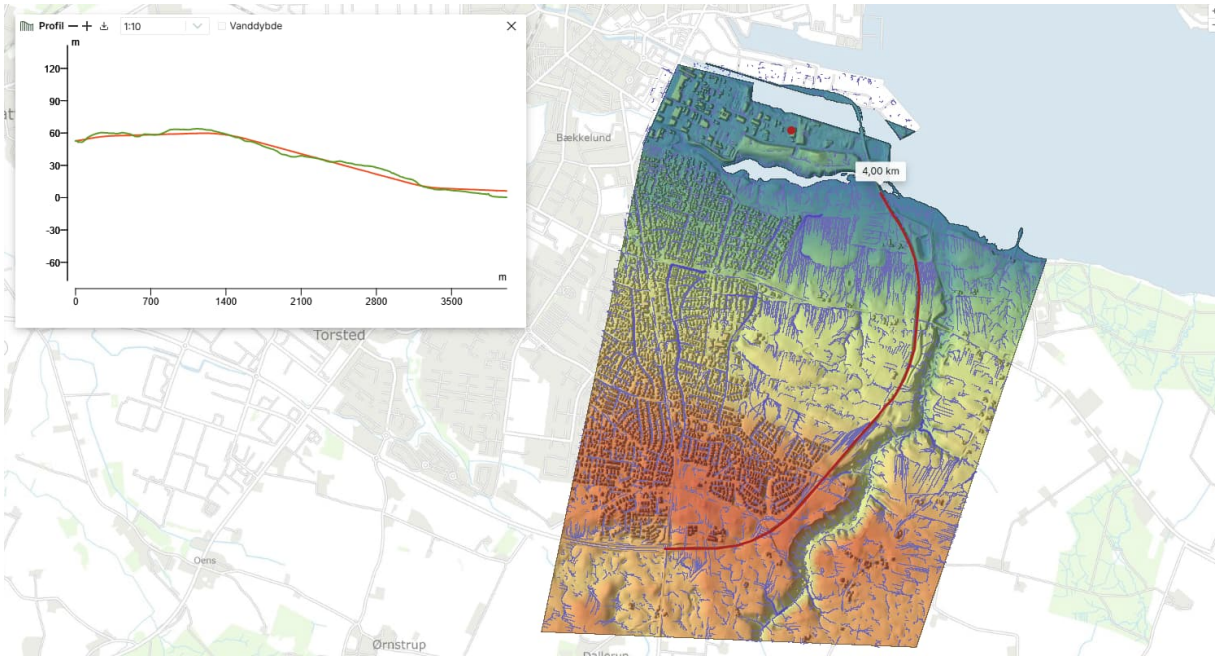
3.4 Ekstremregn

Dette afsnit beskriver forholdene for Ringvejen og det tilstødende lokalplanområde under ekstreme regnhændelser, som overstiger kapaciteten af de projekterede regnvandssystemer. Formålet er at identificere de potentielle risici og udfordringer, der opstår i sådanne situationer, og at vurdere behovet for yderligere afhjælpende foranstaltninger. Ekstremregn betegnes i dette dokument som regnhændelser over T=5.

3.4.1 Terrænforhold

De eksisterende terrænforhold i planområdet for den nye del af Ringvej Syd (Bassin 1, 2 og 3), falder generelt ned mod Horsens Fjord. Da de eksisterende arealanvendelser i området primært er bar mark, vil en stor del af nedbøren falde på ubefæstede arealer og nedsive i terrænet. For ekstreme regnhændelser, hvor jorden i forvejen er vandmættet, vil den resterende del af nedbøren løbe af på terræn og samle sig i fordybninger i terrænet, eller løbe til Klokkedal Å, som løber langs med vejen og udmunder i Horsens Fjord. På Deponihalvøen og havnearealet ved Bassin 4, løber afstrømmende regnvand direkte til Horsens Fjord.

Efter etablering af Ringvejen, vil Ringvejen afskære en del af afstrømningen fra det omkringliggende terræn på nordsiden og føre det via. grøfterne og afvandingssystemet langs Ringvejen, til Horsens Fjord. Under de ekstreme regnhændelser vil Klokkedal Å som følge heraf, blive afskåret for en del af det vand der under de nuværende omstændigheder, ville ende i åen.



Figur 3 – På længdeprofilet i øverste venstre hjørne vises eksisterende terrænforhold (Grøn) og fremtidige terrænforhold (Rød) fra syd mod nord. Resten af figuren viser en plantegning over terrænforholdene, hvor Ringvejen vises med en rød streg.

3.4.2 Løsning og dimensionering af system til håndtering af ekstremregn

Ringvejens ledningssystem dimensioneres til at håndtere hændelser med høj intensitet, da det vil være de mest kritiske for kapaciteten heri. Når ledningernes kapacitet er opbrugt, vil vandet stuve op i grøfterne indtil der atter er plads i ledningerne, hvorefter det opstuvede vand føres til bassinerne. Bassinerne udformes med overløbskant mod de eksisterende recipienter, så overløb sker hensigtsmæssigt uden fare for skader på bygninger, anlæg og infrastruktur, og med mest muligt hensyn til eksisterende naturbeskyttede områder.

3.4.2.1 Bassiner

Bassinerne dimensioneres i praksis til at håndtere vand for en T=20 hændelse ud fra forudsætningerne defineret af Horsens Kommune. De står beskrevet i afsnit 2.3.3.

Nedenstående tabel viser de nødvendige stuvningsvolumener ved forskellige regnhændelser. I Mike Urban er bassinerne koblet, så effekten af afløb samt tilløbende vand fra opstrøms bassiner medtages i volumenberegningerne. Der regnes med enkelte CDS-hændelser, og der tages derfor ikke højde for koblede regnhændelser. Volumener er derudover også beregnet med tilføjelse af indsivende grundvand (14,6 l/s), og kan derfor betragtes som "worst case" scenarier.

Bassin nr.	T5	T20	T100
1	700 m^3	1400 m^3	3500 m^3
2	1750 m^3	3500 m^3	6300 m^3
3	2350 m^3	6400 m^3	9100 m^3
4	650 m^3	1150 m^3	1650 m^3

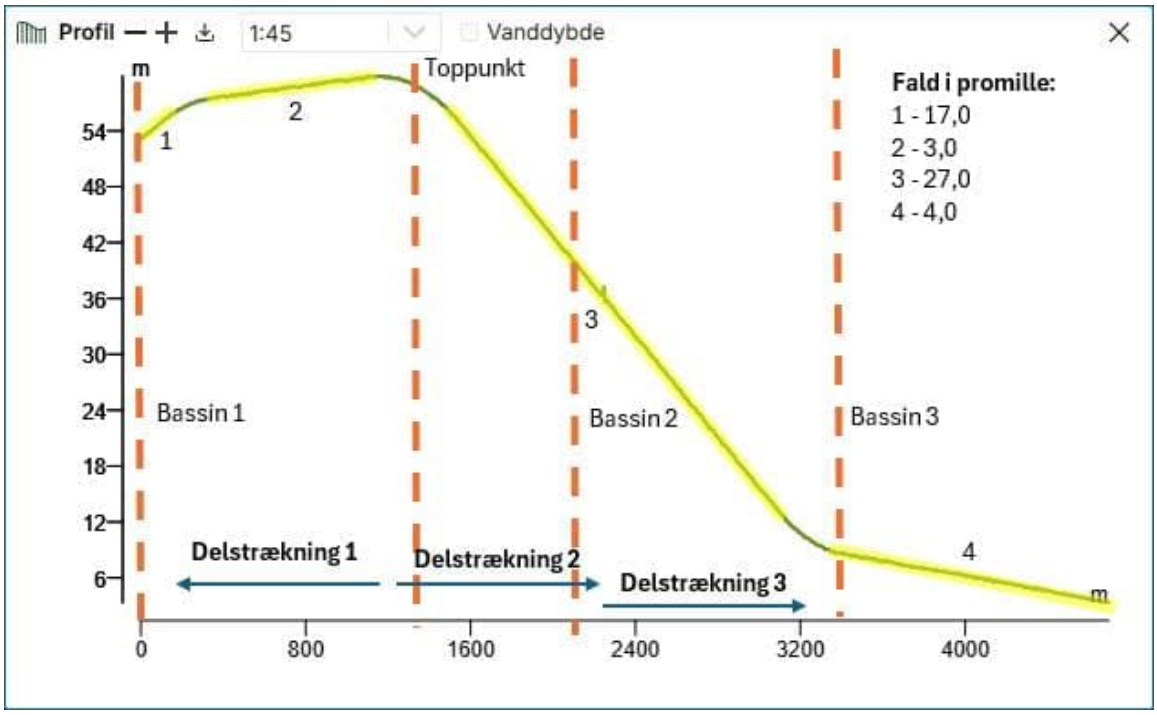
Tabel 1 - Nødvendigt stuvningsvolumen for regnhændelser T=5, T=20 og T=100 beregnet i Mike Urban

Bassinerne til Ringvej Syd dimensioneres til at håndtere en T=20 hændelse, og vil derfor gå i overløb ved hændelser over denne grænse.

3.4.2.2 Grøfter

Grøfternes vandføringsevne beregnes for at eftervise at de har den nødvendige kapacitet til at lede vandet fra de tilstødende oplande ned i det rørlagte regnvandssystem, som leder vandet videre til bassinerne. Beregningerne foretages med kriterierne for en T=100 hændelse, hvor jorden forudsættes at være vandmættet, og vandet derfor løber af på terræn og videre ned i grøfterne.

Ud fra dimensioneringskravene for en ekstremregnhændelse T=100 vil den dimensionsgivende regnintensitet for grøfterne være 15,8 l/s/ha. Den nødvendige vandføringsevne findes ved at gange arealet af det afstrømmende opland (som antages at være vandmættet) med den dimensionsgivende intensitet. Nedenstående figurer viser hhv. opdelingen af delstrækninger på længdeprofilet af Ringvejen (se evt. afsnit 6.1), og en tabel med resultaterne for den nødvendige vandføringsevne.

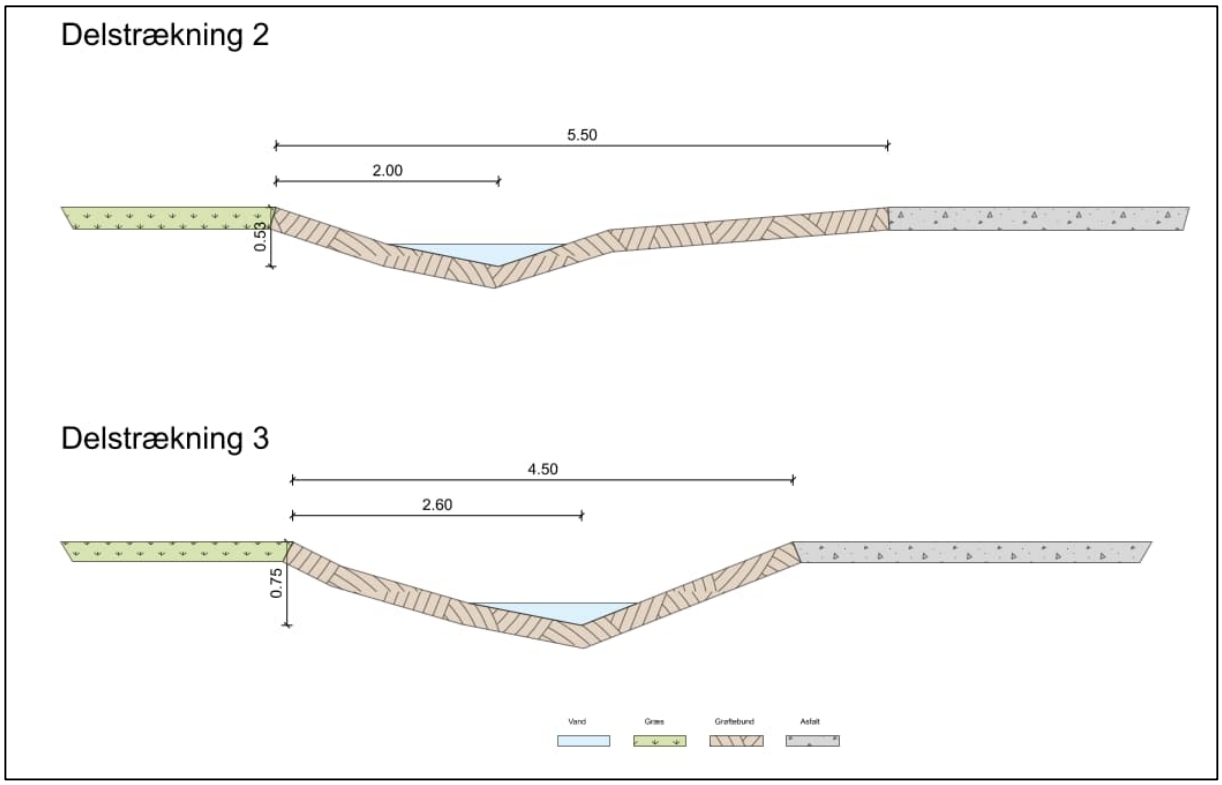


Figur 4 - Længdeprofil for Ringvejen, med opdeling af delstrækninger og placering af bassiner 1-3

Nord	Opland, samlet [ha]	Nødvendig vandføringsevne [l/s]
Delstrækning 1	2,80	44,2
Delstrækning 2	9,30	146,9
Delstrækning 3	18,10	286,0
Syd	**Opland, samlet [ha]**	**Nødvendig vandføringsevne [l/s]**
Delstrækning 1	4,02	63,5
Delstrækning 2	1,81	28,6
Delstrækning 3	2,20	34,8

Tabel 2 - Afstrømmende oplandsarealer til grøfterne under ekstremregn og den nødvendige vandføringsevne for at holde disse hændelser indenfor vejens afvandingssystem.

Grøfterne langs Ringvejen er projekteret således at de uden problemer kan føre de nødvendige vandmængder. De to kritiske punkter findes på delstrækning 2 og delstrækning 3. Her har grøfterne en vandføringsevne på hhv. 560 l/s og 1300 l/s. Beregninger for grøfternes vandføring er foretaget med Colebrook & White. Tværsnit for de to kritiske grøfter er vist herunder.



Figur 5 - Skitser af grøfternes udformning ved kritiske punkter på delstrækning 2 og delstrækning 3

3.4.3 Oversvømmelsesrisiko

På de følgende sider ses de eksisterende og de fremtidige terrænforhold hvor vandet samles i fordybninger. Kortene er lavet i Scalgo live for følgende data:

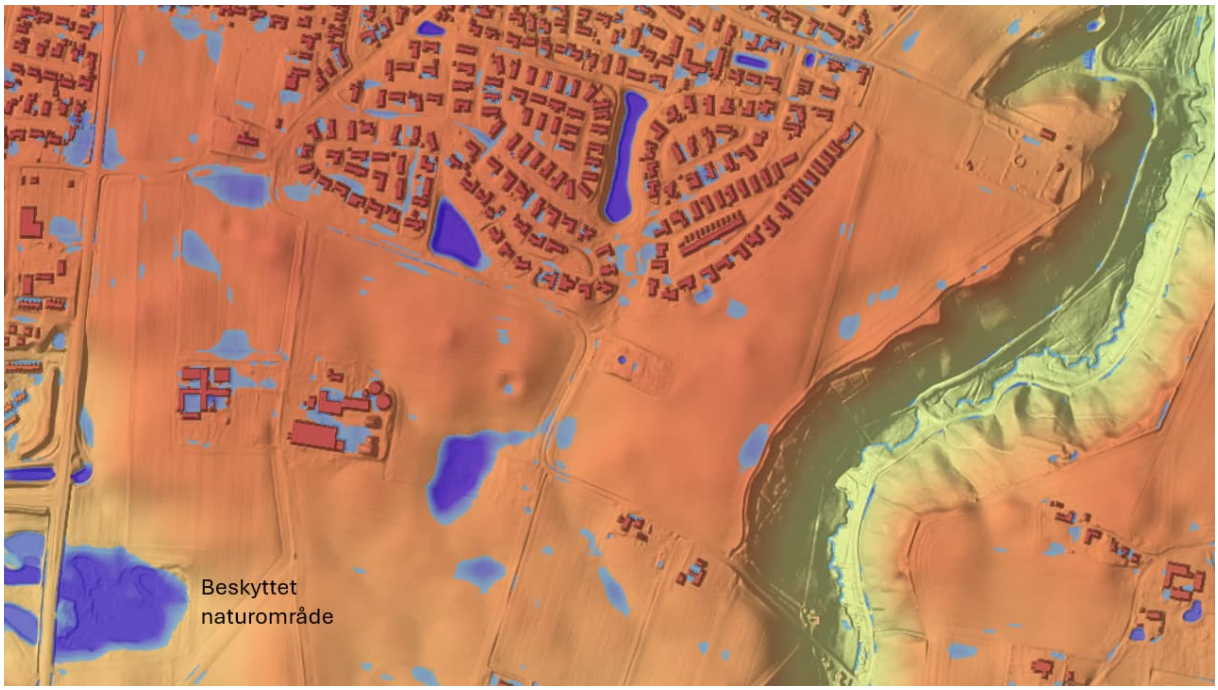
- Regnmængde – 81 mm (defineret af Horsens Kommune for ekstremhændelser)
- Klimafaktor – 1,68 (defineret ud fra T=100 hændelser og ganges på regnmængden)
- Vanddybde – 10 mm (der vises kun blå områder hvor vandet samler sig i fordybninger på 10 mm eller over)

Områderne på hvert af figurerne tilhører et af bassinerne 1, 2, 3 eller 4 og bruges til at sammenligne forholdene før og efter etablering af Ringvejen. Der gøres opmærksom på at Scalgo Live udelukkende baserer analyserne på statiske beregninger, og der derfor ikke er taget højde for infiltration, nedsivning, forsinkelse og fordampning. Disse forhold gør at de nedenstående figurer kan betragtes som "worst case" scenarier.

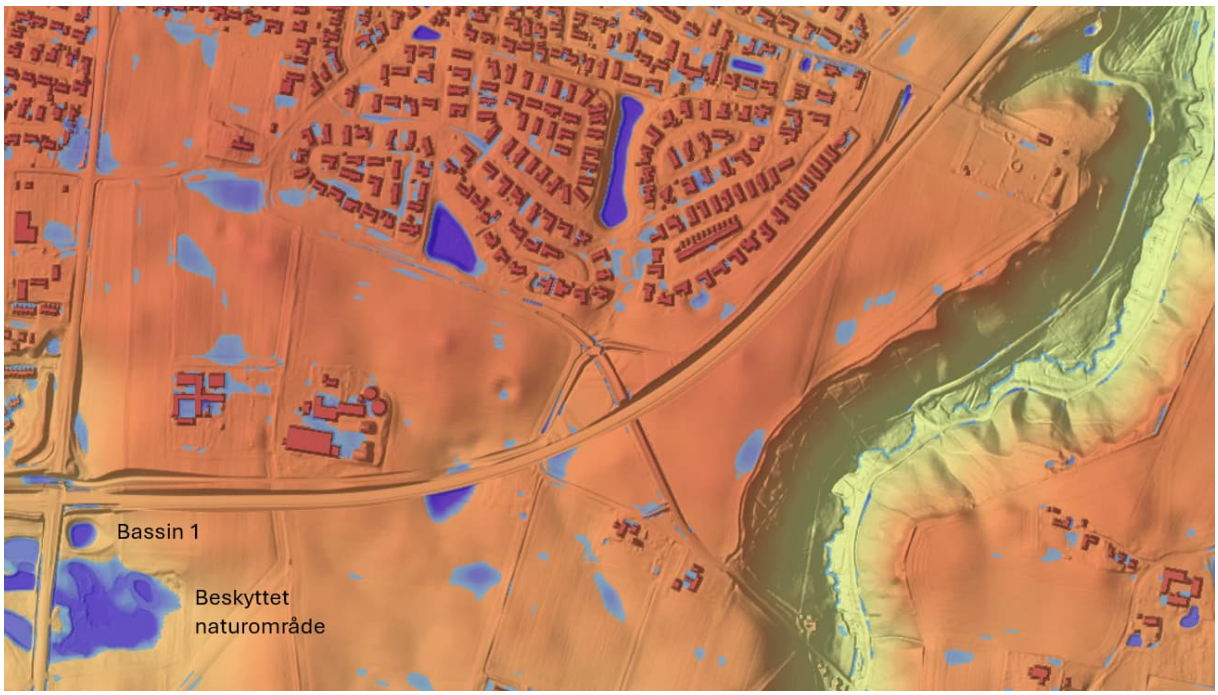
Bassin 1

På Figur 6 og Figur 7 vises hhv. de eksisterende og de fremtidige oversvømmelseskort ved nedbørsmængden for situationer med ekstremregn. Her illustreres det hvordan de naturlige dybdepunkter i terrænet, hvor vandet samler sig i dag, ikke forværres af at den nye Ringvej anlægges. Den mest betydelige ændring på kortene sker i midten af billedet, hvor vandet der førhen samledes i fordybningen umiddelbart øst for landbrugsejendommen,

fremover afskæres af Ringvejen og samles op i dennes afvandingssystem. Ringvejens bassiner risikerer at blive belastet udover de dimensionsgivende vandmængder, og har derfor risiko for at gå i overløb, hvis bassinernes forsinkelsesvolumen er opbrugt i situationer med ekstremregn, hvor vandet fra det omkringliggende opland kan trænge ind i vejens afvandingssystem. I disse situationer vil overløbet på denne strækning ske i Bassin 1 med overløb til det beskyttede naturområde syd for dette.



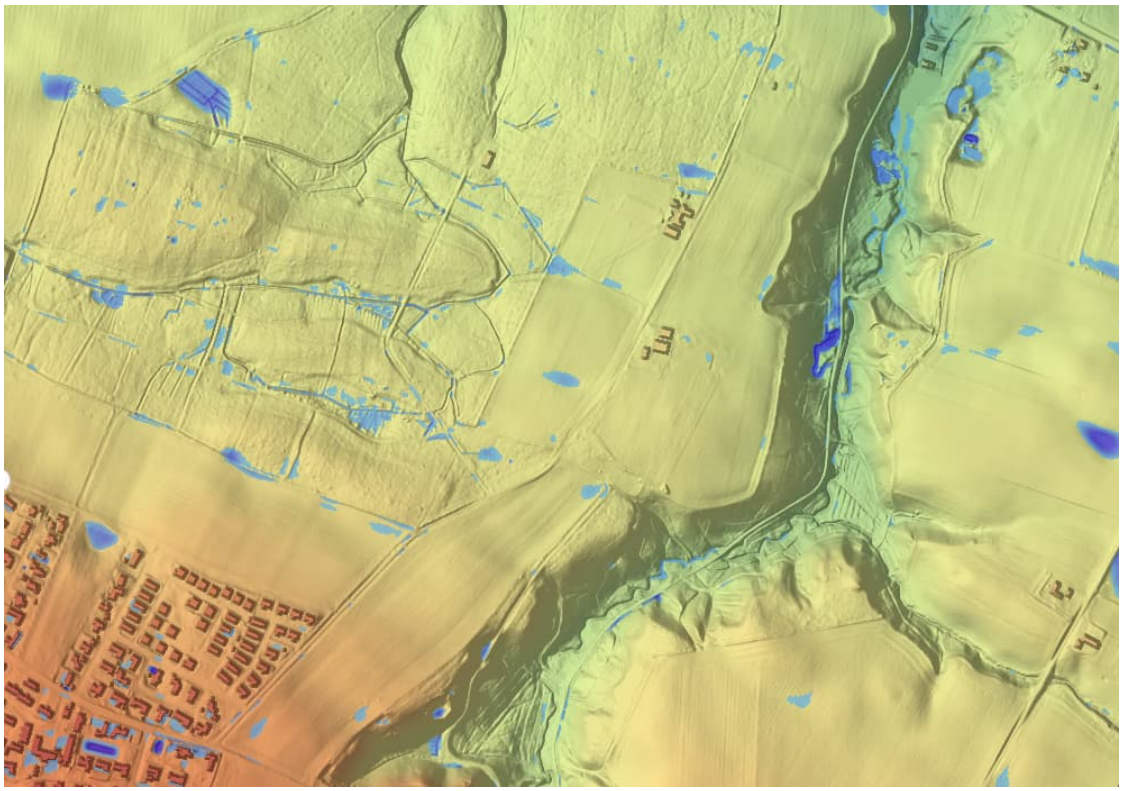
Figur 6 - Eksisterende oversvømmelseskort ved Bassin 1 med nedbørsmængder på 81 mm og klimafaktor 1,68



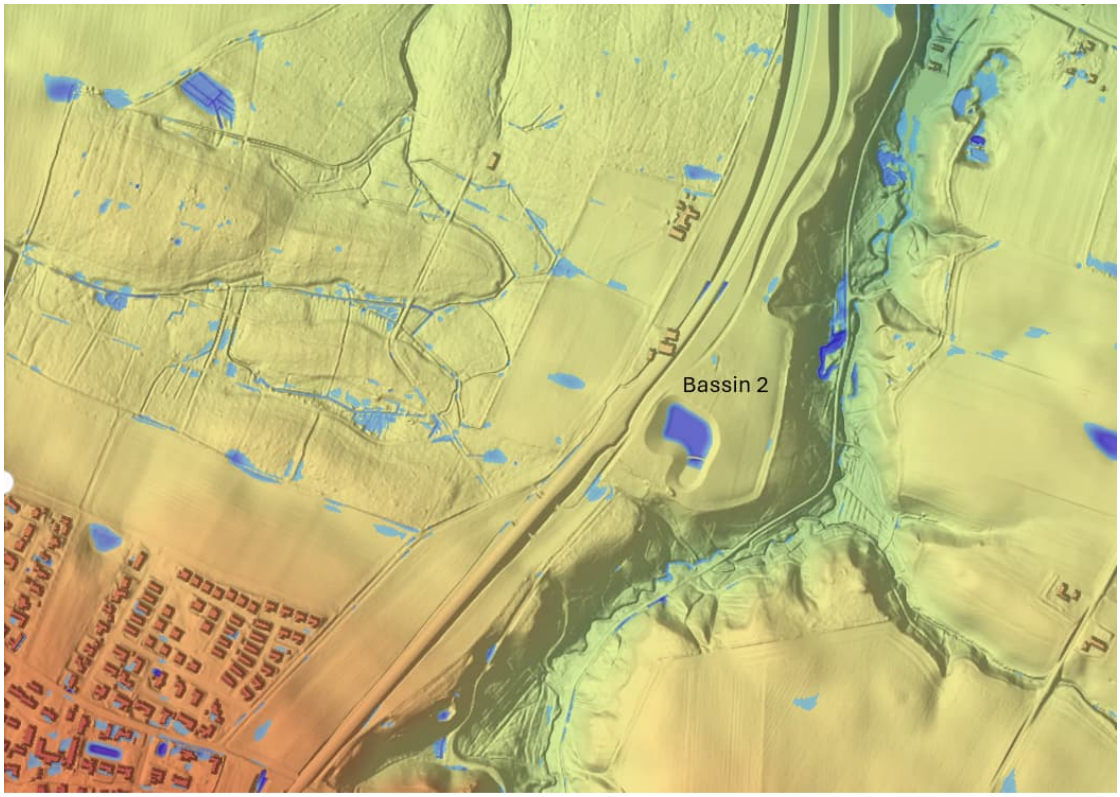
Figur 7 - Fremtidigt oversvømmelseskort ved Bassin 1 med nedbørsmængder på 81 mm og klimafaktor 1,68

Bassin 2

På Figur 8 og Figur 9 vises hhv. de eksisterende og de fremtidige oversvømmelseskort ved nedbørsmængden for situationer med ekstremregn. Her illustreres forholdene i de naturlige dybdepunkter i terrænet, hvor vandet samler sig. På strækningen findes ingen mærkbare ændringer i oversvømmelseskortene som følge af Ringvejen. Udgravningen til Bassin 2 kan ses i på Figur 9 i midten af billedet, som en ny fordybning i landskabet.



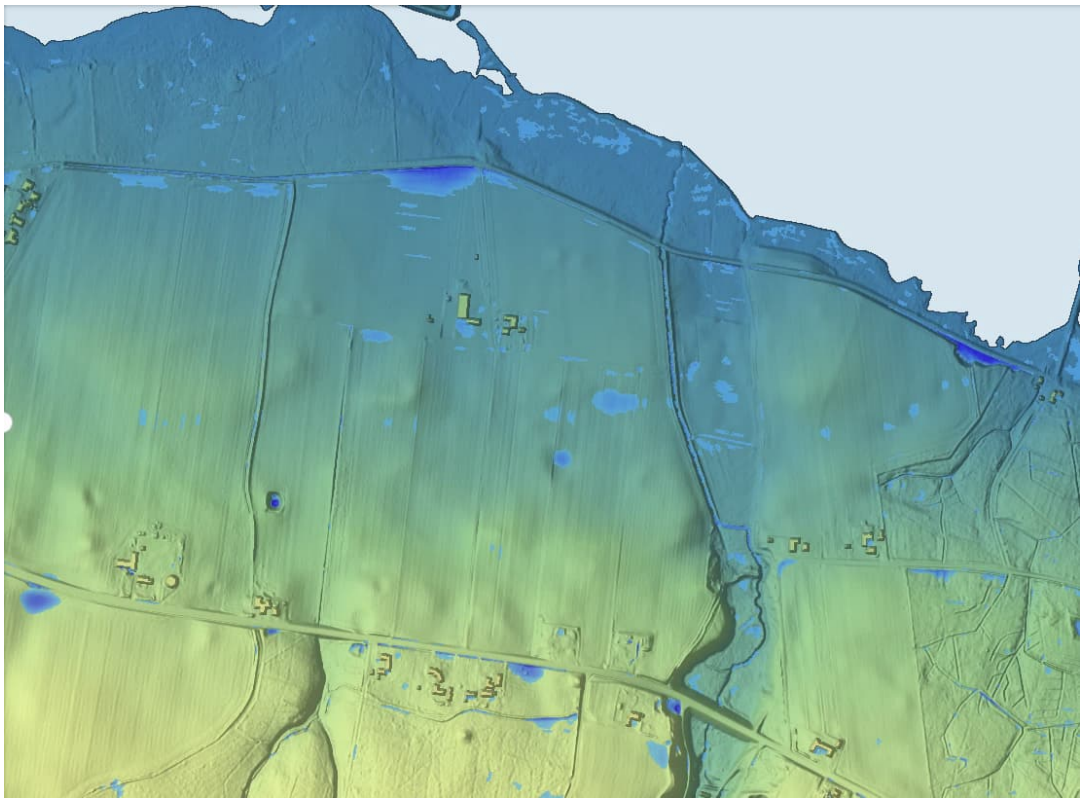
Figur 8 - Eksisterende oversvømmelseskort ved Bassin 2 med nedbørsmængder på 81 mm og klimafaktor 1,68



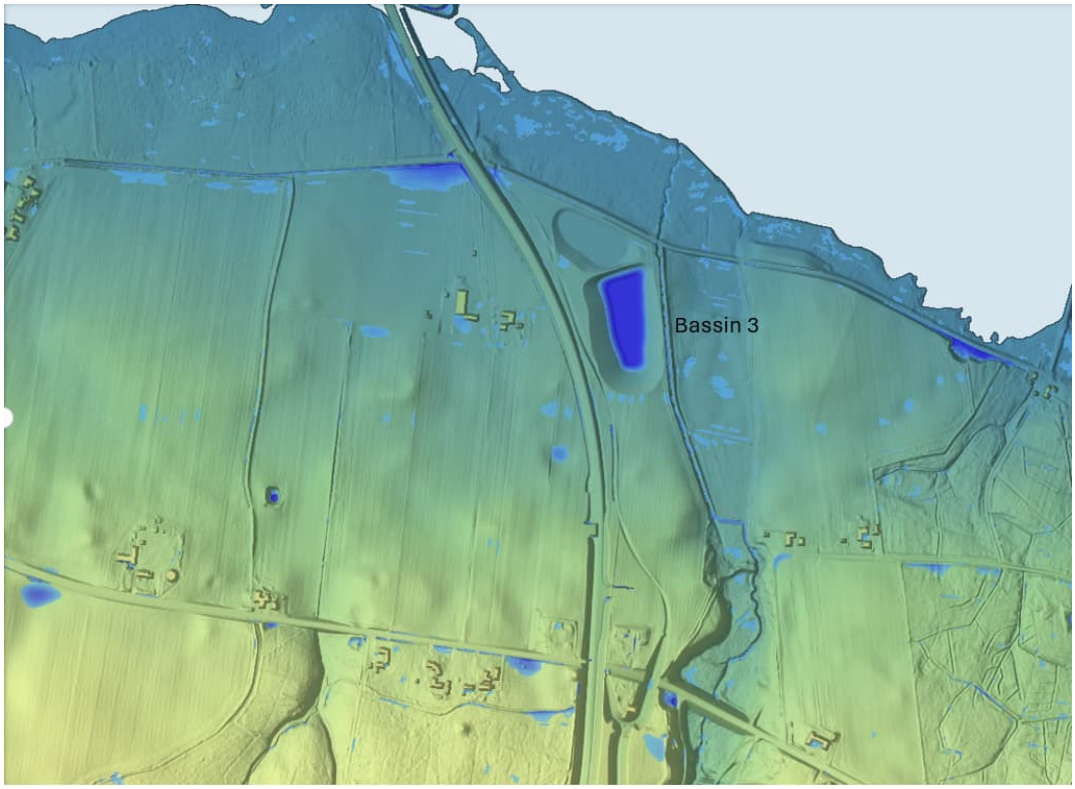
Figur 9 - Fremtidigt oversvømmelseskort ved Bassin 2 med nedbørsmængder på 81 mm og klimafaktor 1,68

Bassin 3

På Figur 10 og Figur 11 vises hhv. de eksisterende og de fremtidige oversvømmelseskort ved nedbørsmængden for situationer med ekstremregn. Ringvejen bidrager i dette område ikke til yderligere ophobning af vand, og berører ikke de eksisterende oversvømmelsesproblemer der måtte være omkring bygninger og infrastruktur.



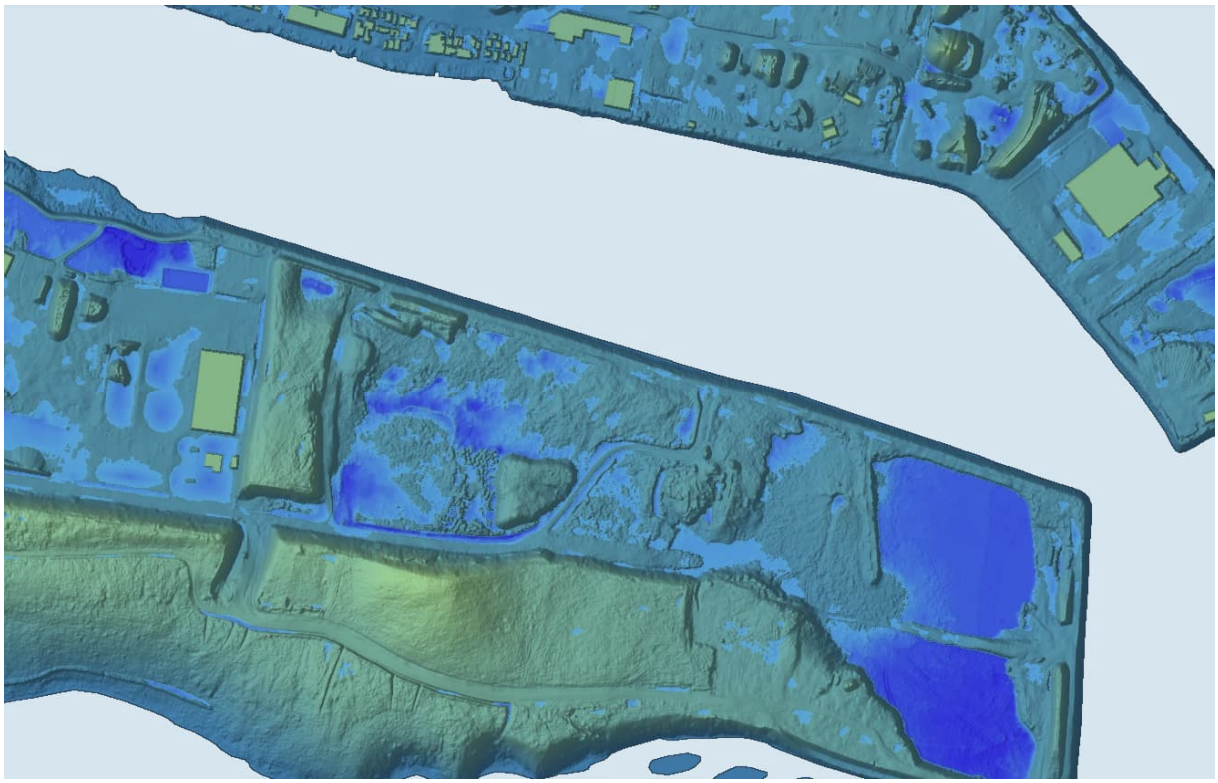
Figur 10 - Eksisterende oversvømmelseskort ved Bassin 3 med nedbørsmængder på 81 mm og klimafaktor 1,68



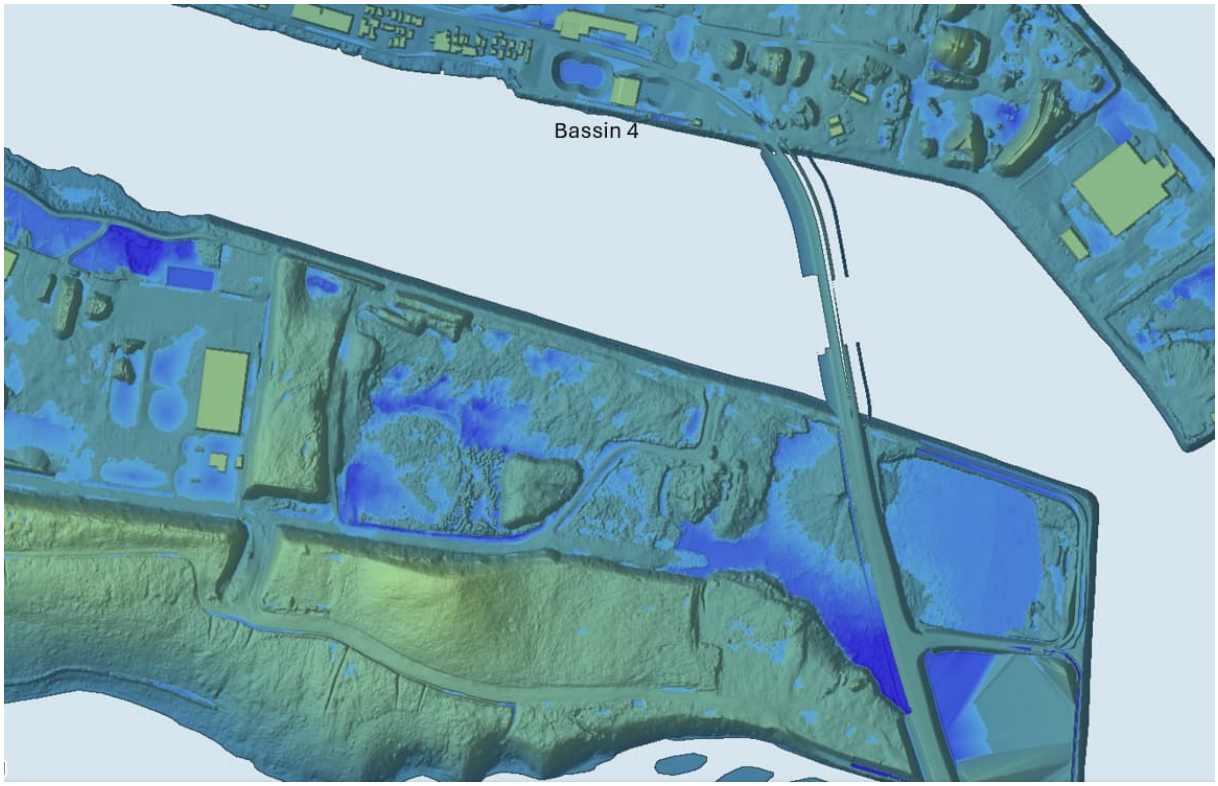
Figur 11 - Fremtidigt oversvømmelseskort ved Bassin 3 med nedbørsmængder på 81 mm og klimafaktor 1,68

Bassin 4

På Figur 12 og Figur 13 vises hhv. de eksisterende og de fremtidige oversvømmelseskort ved nedbørsmængden for situationer med ekstremregn. Her illustreres det hvordan forholdene i de naturlige dybdepunkter i terrænet bliver påvirket af Ringvejen. De mest mærkbare ændringer i oversvømmelseskortet findes på Deponihalvøen, hvor vandet under de eksisterende forhold samles i to dybdepunkter ud mod fjorden. Efter anlæg af Ringvejen vil en del af vandet samle sig på indersiden af dæmningen. Her kan der være behov for at lave terrænregulering, så stabiliteten af vejopbygningen ikke forværres af vandophobningen. Terrænet kan udformes således at vandet på bagsiden af dæmningen ledes ud i udmundingen af Dagnæs Bæk eller Bygholm Å på indersiden af Ringvejen. På havnearealet omkring Bassin 4 vil vandet samles på nordsiden af Ringvejen.



Figur 12 - Eksisterende oversvømmelseskort ved Bassin 4 med nedbørsmængder på 81 mm og klimafaktor 1,68



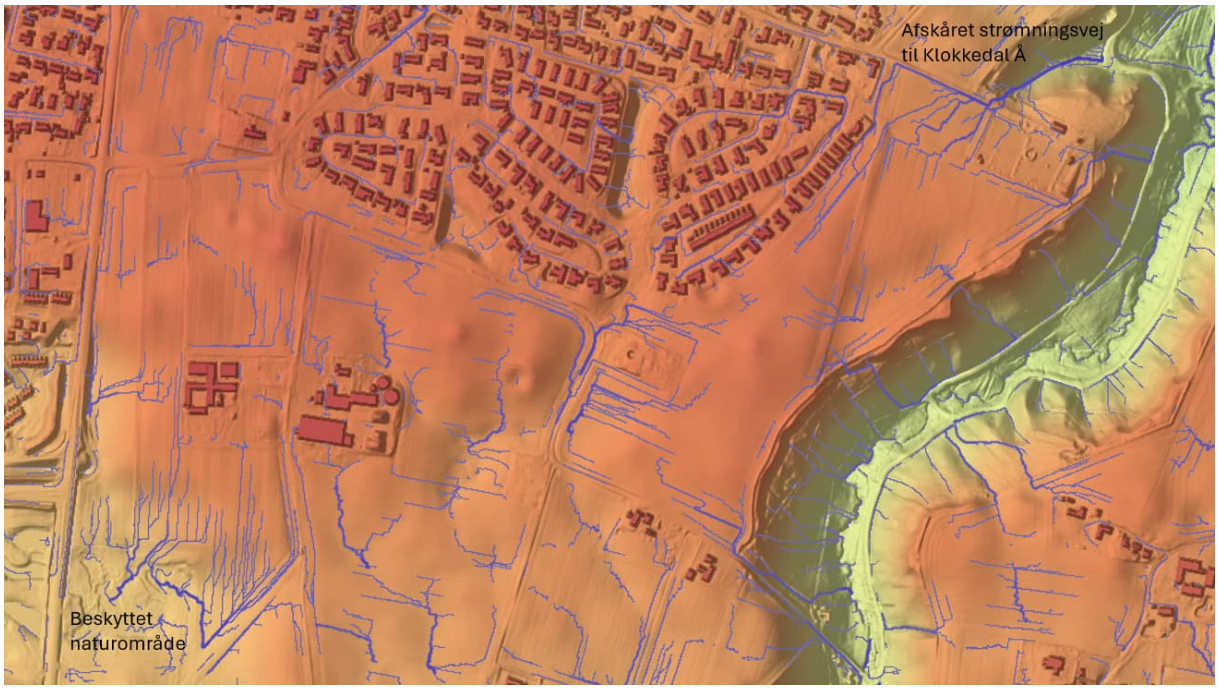
Figur 13 - Fremtidigt oversvømmelseskort ved Bassin 4 med nedbørsmængder på 81 mm og klimafaktor 1,68

3.4.4 Strømningsveje- og oversvømmelsesvurdering

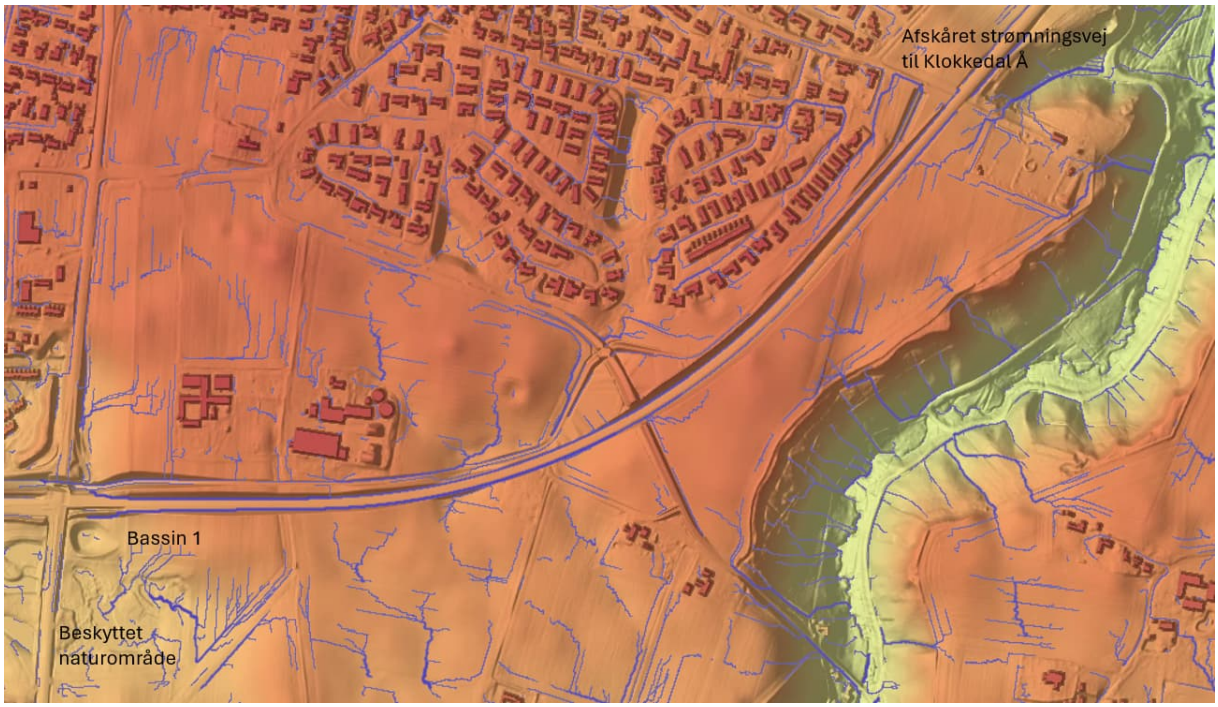
Følgende afsnit illustrerer og sammenligner de eksisterende strømningsveje med de fremtidige efter etablering af Ringvejen. Data er fra Scalgo Live. Det er valgt at forsimple kortene ved kun at medtage strømningsveje med oplandsstørrelser over 2000 m^2, da det vurderes at strømningsveje under denne størrelse er af ubetydelig karakter for Ringvejen, og de tilstødende arealers helhedsvurdering. Der gøres opmærksom på at Scalgo Live udelukkende opererer med statiske beregninger, og at der derfor ikke tages hensyn til infiltration, nedsivning, forsinkelse og fordampning. Nedenstående figurer kan derfor ses som "worst case" scenarier.

Bassin 1

På Figur 14 og Figur 15 illustreres strømningsvejene i området omkring BASSIN 1 under de eksisterende og de fremtidige forhold. Væsentlige ændringer i strømningsvejen findes hvor Ringvejen afskærer nogle strømningsveje nord for det beskyttede naturområde, og derved afskærer dette for tilstrømmende vand under hændelser med ekstremregn. Ligeledes vil Ringvejen også afskære en stor strømningsvej der under eksisterende forhold vil løbe til Klokkedal Å, og derved mindske den hydrauliske belastning af åen under ekstremregn. Konsekvensen af dette bliver at Ringvejens bassiner er i risiko for at blive overbelastet i disse situationer, da det ikke dimensioneres for ekstremregn og afstrømning fra tilstødende oplande. Bassin 1 vil i disse situationer gå i overløb, til det beskyttede naturområde syd for dette.



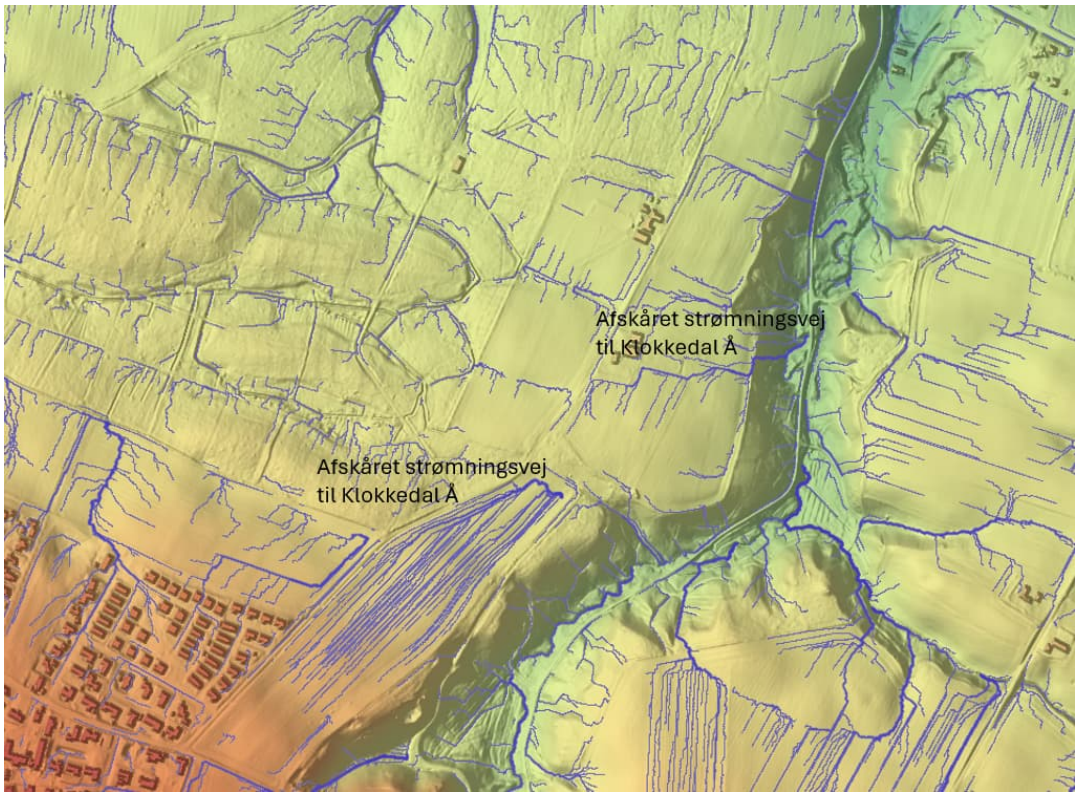
Figur 14 - Eksisterende strømningsveje ved Bassin 1



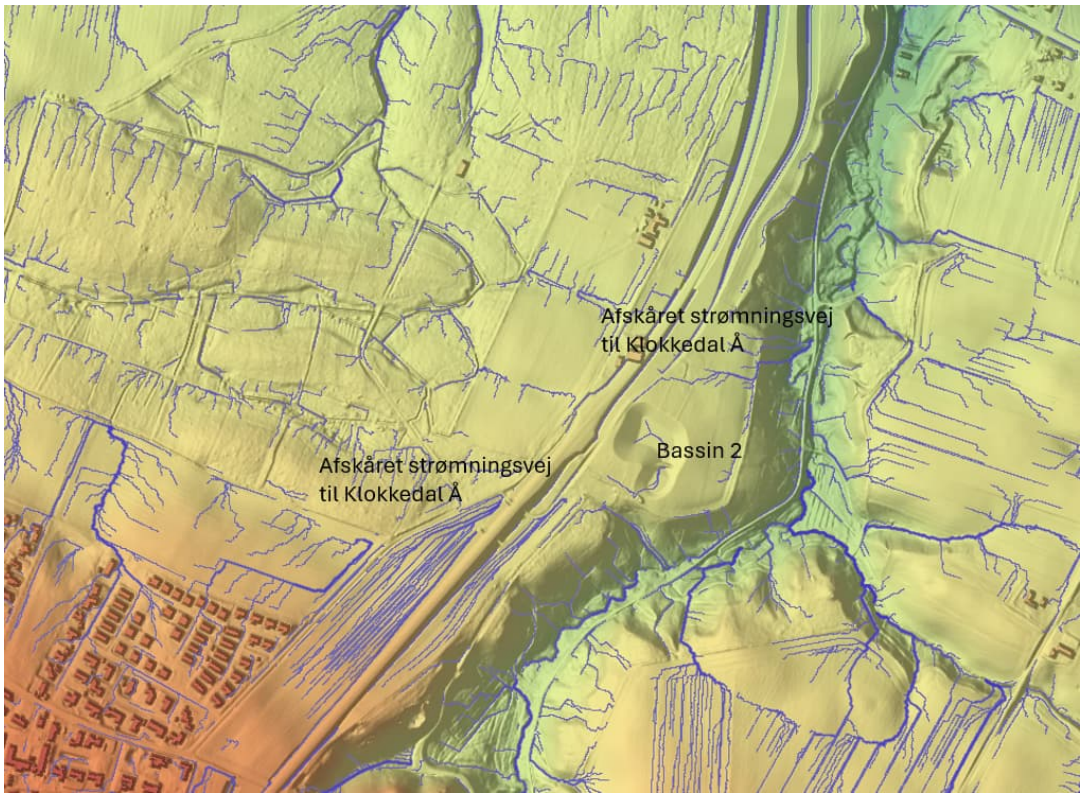
Figur 15 - Fremtidige strømningsveje ved Bassin 1

Bassin 2

På Figur 16 og Figur 17 illustreres strømningsvejene omkring Bassin 2. Det kan ses at strømningsvejene der under eksisterende forhold afstrømmer fra markarealerne og løber til Klokkedal Å, afskæres af Ringvejen. Dette mindsker derved den hydrauliske belastning af Klokkedal Å under hændelser med ekstremregn. De ekstra vandmængder der ledes til Ringvejens afvandingssystem kan medføre at Bassin 2 går i overløb til Klokkedal Å. Vandmængderne fra overløbet vil maksimalt svare til de vandmængder der alligevel havde afstrømmet til åen under de eksisterende forhold. Forskellen i de to situationer er, at under eksisterende forhold vil afstrømningen fordeles ud over en længere strækning, og at der under de fremtidige forhold vil være et enkelt overløbspunkt.



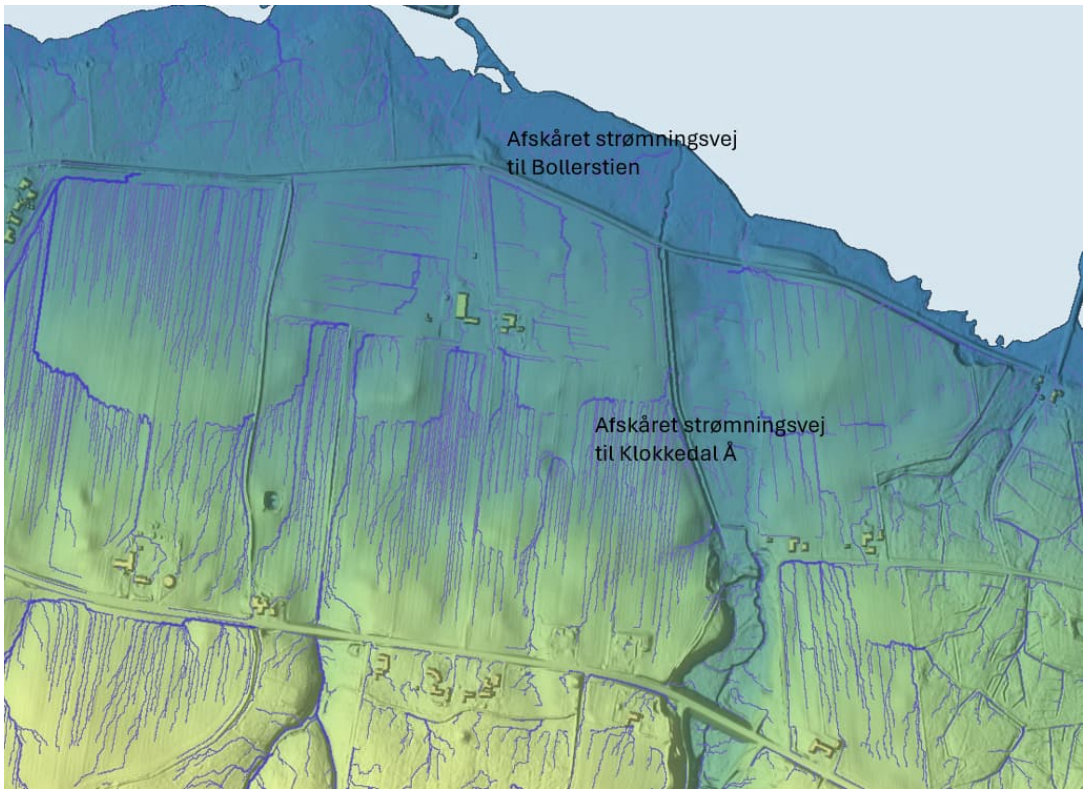
Figur 16 - Eksisterende strømningsveje ved Bassin 2



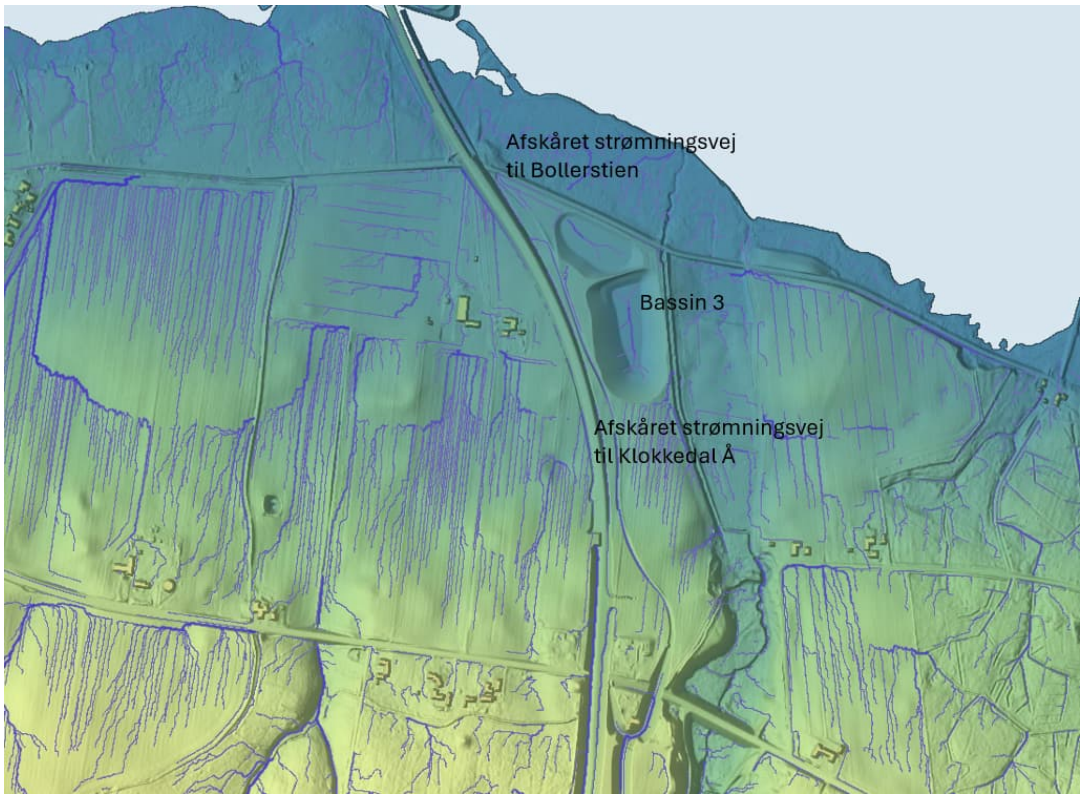
Figur 17 - Fremtidige strømningsveje ved Bassin 2

Bassin 3

På Figur 18 og Figur 19 illustreres strømningsvejene omkring Bassin 3 før og efter anlæggelse af Ringvejen. Situationen for dette område kan sammenlignes med situationen for Bassin 1 og Bassin 2, da der afskæres nogle strømningsveje der leder vandet til Klokkedal Å under de eksisterende forhold. De ekstra vandmængder kan i denne situation føre til overløb i Bassin 3. Dette vil ske mod nord, og løbe til Horsens Fjord. Under eksisterende forhold vil en del af disse vandmængder løbe til Klokkedal Å.



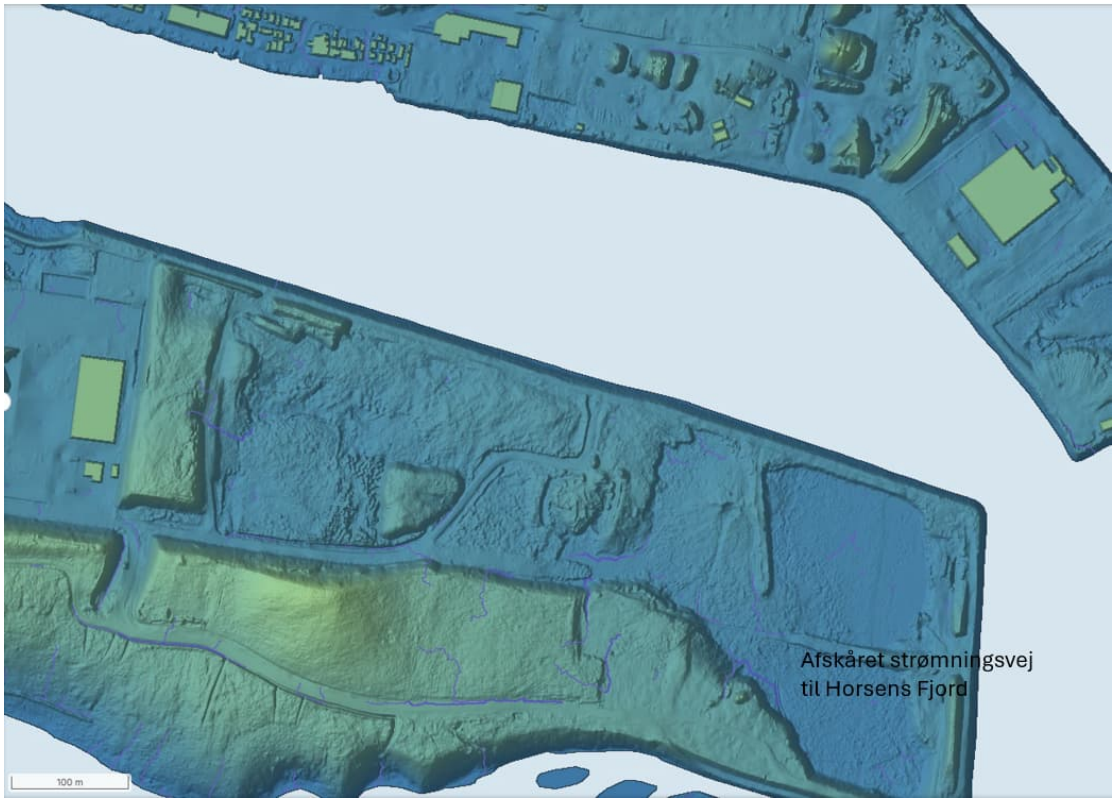
Figur 18 -Eksisterende strømningsveje ved Bassin 3



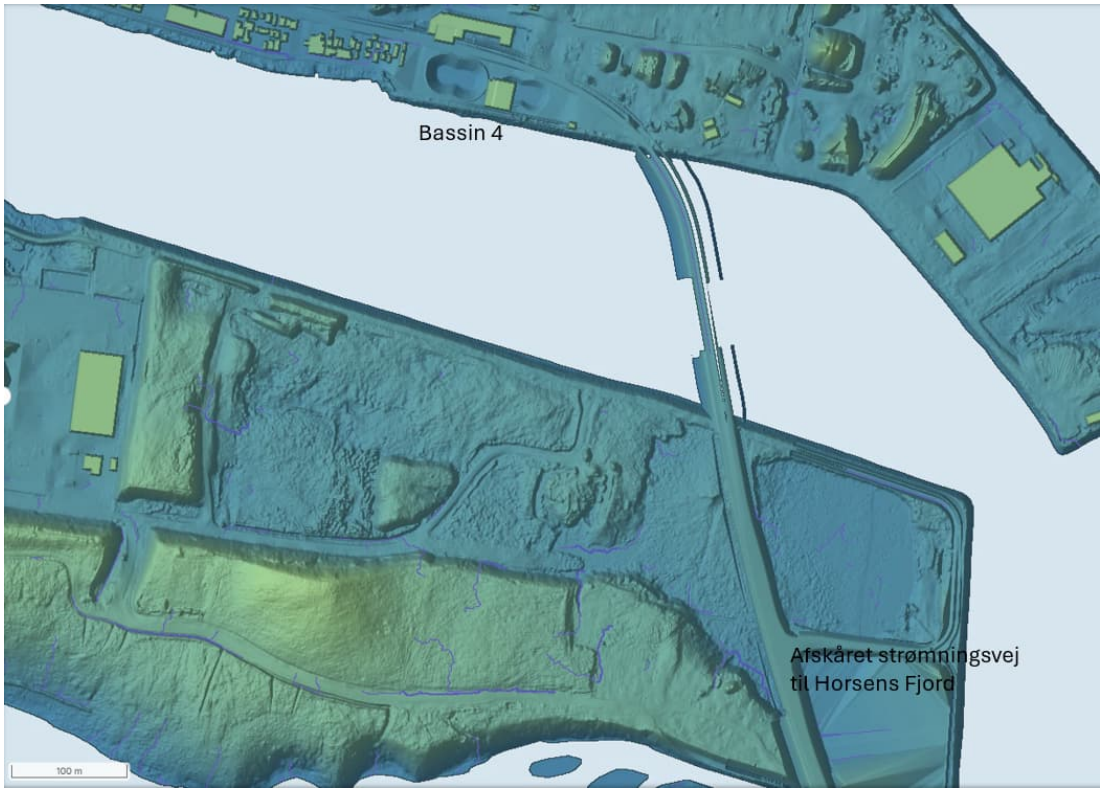
Figur 19 - Fremtidige strømningsveje ved Bassin 3

Bassin 4

På Figur 20 og Figur 21 illustreres de eksisterende og fremtidige forhold for strømningsvejene på Deponihalvøen og havnearealet. De væsentligste ændringer i strømningsvejene ses på Deponihalvøen, hvor Ringvejen kommer til at fungere som en dæmning der udover at holde havvandet tilbage også kommer til at spærre af for afstrømningen fra det bagvedliggende opland. Det forventes at disse udfordringer kan løses ved at etablere grøfter der kan lede vandet langs med Ringvejen til udmundingen af Dagnæs Bæk eller Bygholm Å. På havnearealet sker der ingen betydelige ændringer i strømningsvejene, samtidig med at de tilstødende oplandsstørrelser er af mindre karakter. Da vejen på strækningen ned til Bassin 4 ligger højere end de tilstødende oplande, vil der ikke være yderligere afstrømning hertil. Da der er tale om situationer med ekstremregn vil Bassin 4 stadig risikere at gå i overløb. Dette sker til havnebassinet på indersiden af slusen.



Figur 20 - Eksisterende strømningsveje ved Bassin 4



Figur 21 - Fremtidige strømningsveje ved Bassin 4

4 EKSISTERENDE FORHOLD

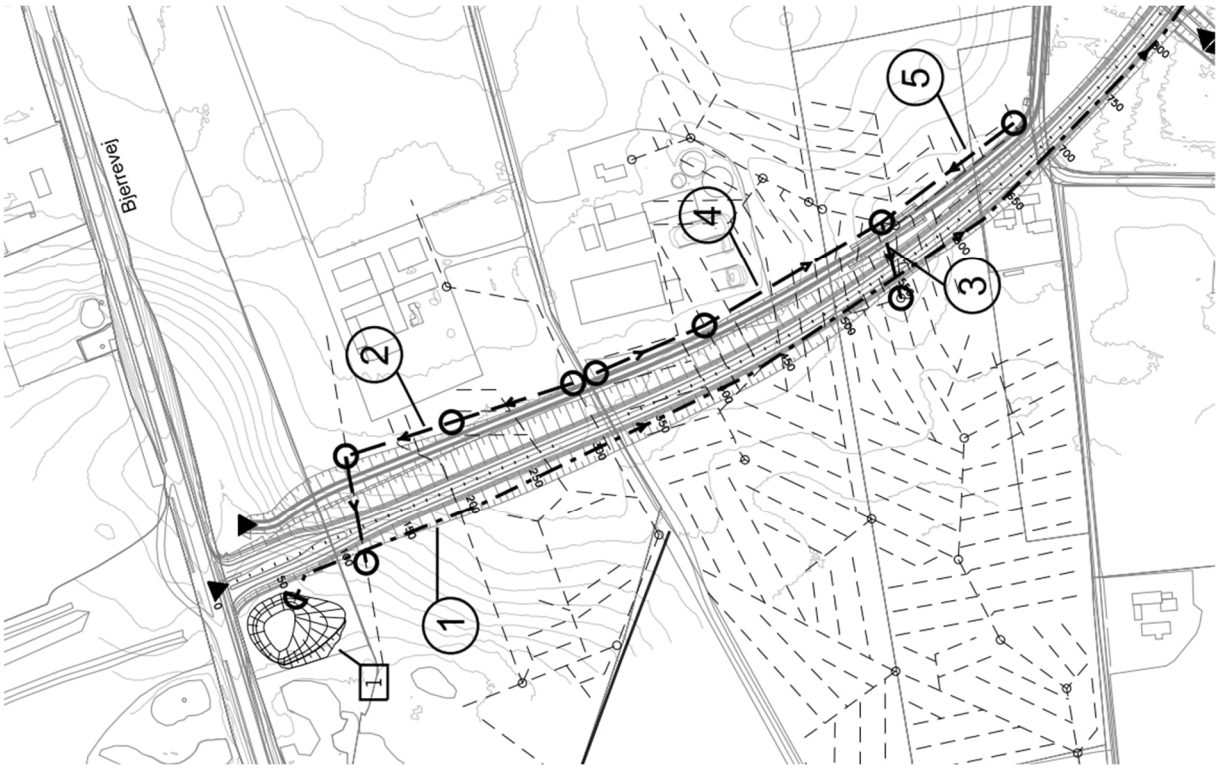
Afsnittet beskriver de eksisterende forhold der skal tages i betragtning ved projektering af afvanding for den nye ringvej.

4.1 Eksisterende afvanding

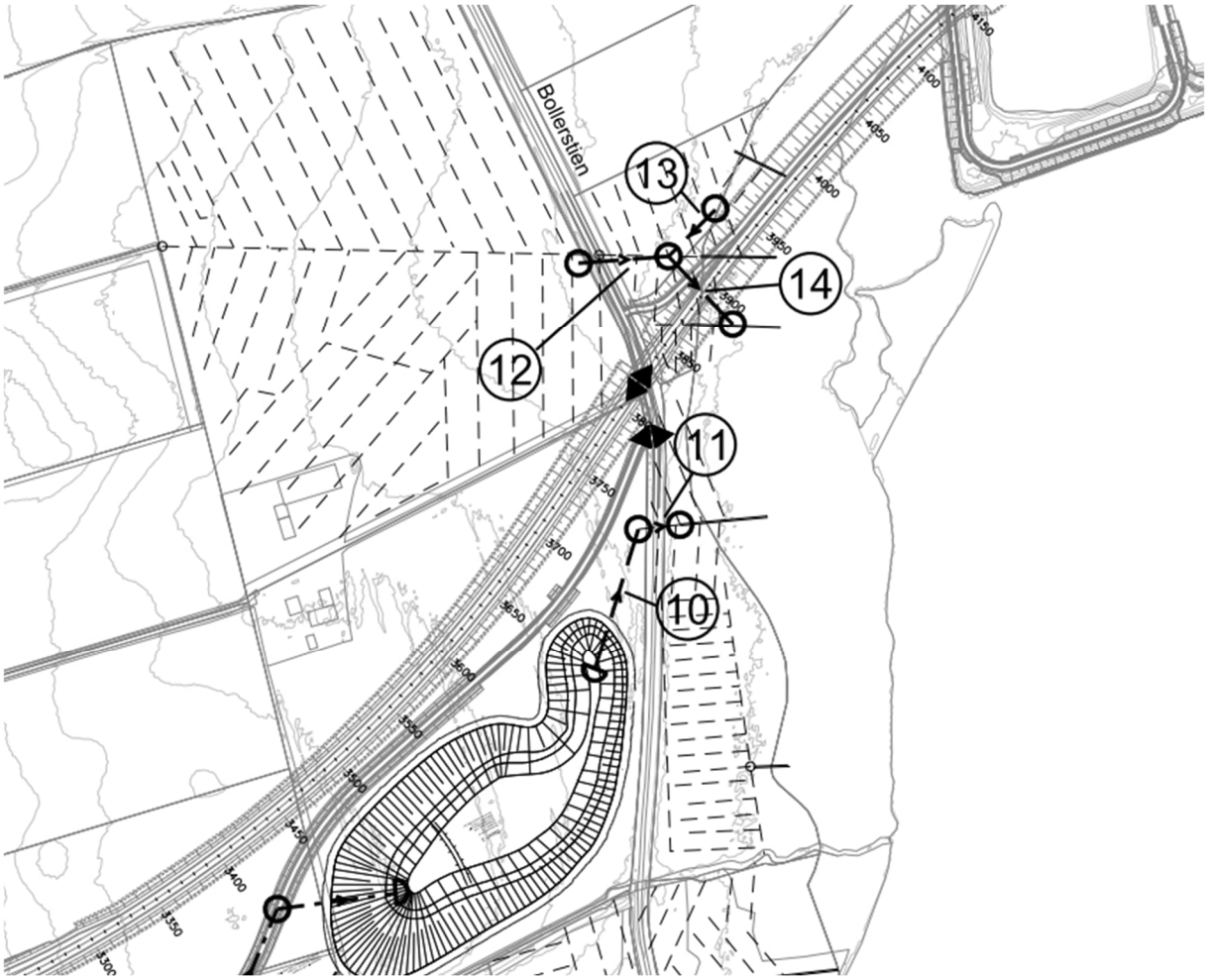
Der forefindes ikke eksisterende afvanding på vejstrækningen, da den planlægges på bar mark.

4.2 Eksisterende dræn

Der findes eksisterende dræn, som håndteres i vandsynsprotokollen ved vejunderføringer, så eksisterende drænforhold bibeholdes. Herunder ses udklip fra Bilag 6, som viser placeringen af de nye drænledninger der etableres og føres under Ringvej Syd for at bibeholde de eksisterende drænforhold. Dermed reduceres risikoen for at vandet fra oplandene nord for Ringvejen kan løbe til Ringvejens afvandingssystem og påvirke bassinernes overløbsfrekvens negativt, ved tilføring af yderligere vandmængder.



Figur 22 - Udklip fra Bilag 6. Tegningen viser etablering af nye dræn ved Bassin 1 hvor Ringvej Syd afskærer de eksisterende. Dette er for at bibeholde de eksisterende drænforhold.



Figur 23 - Udklip fra Bilag 6. Tegningen viser etablering af nye dræn ved Bassin 3 hvor Ringvej Syd afskærer de eksisterende. Dette er for at bibeholde de eksisterende drænforhold.

Dette er beskrevet yderligere i Bilag 2.

Der tages forbehold for at beskrivelsen af Ringvejens afvandingssystem i Bilag 2 er af ældre dato, og ikke er opdateret løbende i forbindelse med projektændringer foretaget sidenhen. Bilaget skal derfor udelukkende anvendes til at læse om håndtering af de eksisterende drænledninger på markarealet.

4.3 Skærende veje og stier

Den nye ringvej afskærer 3 veje (Klokkedalsvej, Nordrevej og Bollervej), samt 1 sti (Bollerstien). Disse afskæringer håndteres ved at lave vejover- eller underføringer på de pågældende krydsningspunkter. Herunder listes de specifikke tiltag ved hver krydsning:

- Klokkedalsvej – Ringvejen føres under
- Nordrevej – Ringvejen føres over
- Bollervej – Ringvejen føres under

- Bollerstien – Ringvejen føres over

Ved vejunderføringen under Klokkedalsvej ændres dennes længdeprofil, så der dannes et ny toppunkt over Ringvejen. Derfor afvander ca. 700 meter af Klokkedalsvej fremover til Ringvejens afvandingssystem og håndteres heri.

Bollerstien sænkes lokalt ved vejoverføringen af Ringvejen. Dette danner et dybdepunkt, hvor regnvandet ligeledes skal håndteres i vejafvandingssystemet for den nye ringvej. Ca. 250 meter af Bollerstien afvander fremover til Ringvejens afvandingssystem og håndteres heri.

På Nordrevej, som føres under Ringvejen vil der blive skabt et dybdepunkt, som kræver at ca. 200 meter af Nordrevej afvander til Ringvejens afvandingssystem.

På Bollervej hvor Ringvejen føres under vil regnvandet fra ca. 300 meter af Bollervej løbe i Ringvejens afvandingssystem.

Den nye ringvej afsluttes på havneområdet i Horsens by og kobles på den eksisterende Ove Jensens Allé. Inden tilkoblingen, krydser Ringvejen en materialeplads som ryddes, hvorefter Bassin 4 etableres på arealet. Det forventes at afvandingen på Ove Jensens Allé opsamles og ledes til Bassin 4, hvori det renses inden udledning til Horsens Fjord. De præcise forhold for fremtidig afvanding af Ove Jensens Allé mangler endelig afklaring.

5 GENERELLE TILTAG I PROJEKTET

Afsnittet beskriver udgangspunktet for materialevalg, anlægsmetode og drift for afvandingssystemet. Afsnittet er opdelt i anlægs- og driftsfasen for at belyse forholdene i begge faser af projektet.

5.1 Anlægsfasen

Følgende tiltag anvendes i anlægsfasen af projektet.

5.1.1 Ledninger

- For ledningsdimensioner under eller lig Ø1000 anvendes plastrør.
- For ledningsdimensioner over Ø1000 anvendes betonrør.
- Retningsskift på ledninger foretages som udgangspunkt i brønde eller lige udenfor brønde.
- Anlæg af udløbsledning fra Bassin 3 ud til fjorden forventes opdelt i 3 faser:
    - Fase 1 dækker over strækningen fra Bassin 3 til de beskyttede naturområder, og forventes udført ved traditionelle gravemetoder.
    - Fase 2 dækker over de beskyttede naturområder ned til vandkanten af Horsens Fjord, og afhængigt af myndighedskrav kan denne enten udføres ved gravning, og efterfølgende tilfyldning med det opgravede materiale, eller ved mikrotunnellering fra slutningen af fase 1 ned til vandkanten ved fase 3. Denne løsning kræver tørre byggegruber i begge ender.
    - Fase 3 dækker over arbejderne på havbunden fra vandkanten og ca. 580 meter ud i fjorden. Arbejderne udføres som tunnelering, for at undgå sedimentspredning på havbunden. Ledningen bores i tilpas dybde for at sikre mod opdrift i driftfasen og optrækning i anlægsfasen. Udførelsen projekteres af entreprenøren.

  For mere detaljeret beskrivelse af løsningen se Bilag 3.
- Styret underboring mellem Bassin 2 og Bassin 3 er en Ø710 PE etableres med modtagerhul og aflastningshuller for at forkorte transportlængden af boremudder og mindske boremuddertrykket. Det vurderes på nuværende tidspunkt at der kan være behov for aflastningshuller pr. 100 meter, men nærmere præcisering afklares med entreprenøren i udførelsesfasen.
- Linjedræn på vejdæmning udføres som præfabrikerede betonelementer i længder af ca. 4-5 meter og et Ø200/Ø300 hulrum i midten til transport af vejvandet. Elementerne dimensioneres til trafiklast D400. Mulighed for spuling af linjedræn etableres med præfabrikerede elementer i længder af ca. 1 meter, der kan åbnes for spuleadgang. Disse etableres pr. 50 meter på dæmningen.
- Ved krydsning af slusen fordeles vejvandet fra linjedrænene ud i 4 ledninger (1x Ø315 PEH, 1x Ø280 PEH og 2x Ø250 PEH), som føres gennem brodækket hen over slusen. Efter at have passeret slusen samles vejvandet i 2 ledninger, én i hver vejside, på ydersiden af autoværnet frem til Bassin 4. Grundet

slusekonstruktionens opbygning kan ledninger ikke lægges i frostfri dybde. Konsekvensen af dette bliver at, i perioder med skiftevis tø- og frostvejr er der risiko for at der vil ligge et islag i bunden af ledningerne. Det vil i disse perioder have en negativ effekt på den maksimale vandføring i ledningerne, da rørets indvendige areal bliver mindre. Effekten vil være kortvarig, da islaget hurtigt vil smelte igen ved tøvejr, og ses derfor ikke som værende kritisk for systemets funktionalitet.

5.1.2 Brønde

- For brønddimensioner under Ø600 anvendes plast. Mindste anvendte brøndstørrelser er Ø425.
- For brønddimensioner over eller lig Ø600 anvendes beton.
- Brønddæksler i vejbane udføres i Ø600 støbejern.
- Nedløbsbrønde udføres med min. 70 l sandfang.
- Nedløbsbrønde i trug udføres med Ø600 kuppelrist.
- Brønde anlægges så de opdriftsikres.
- Inden vejvandet krydser slusekonstruktionen, etableres 2 stk. specialplastbrønde, én i hver vejside til opsamling af vejvandet fra linjedræn og videre fordeling i 4 PEH-ledninger, som krydser slusekonstruktionen. Umiddelbart efter krydsningen af slusekonstruktionen placeres 2 stk. specialplastbrønde efter hinanden i hver vejside, for igen at samle vejvandet i én ledning i hver vejside, som kan føre det videre til Bassin 4.

5.1.3 Pumpestationer

- Pumpestationer bestykkes med to pumper som kører alternerende. Det sker af sikkerhedsmæssige årsager, så der kan sikres at der kan pumpes, hvis én pumpe falder ud. Dette sikrer samtidig at der pumpekapacitet nok til at hæve afløbstallet under ekstremhændelser.
- Pumpestationer udføres som våde pumpestationer.

5.1.4 Udgravninger

- Udgravninger til brønde, ledninger og bygværker såsom pumpestation foretages iht. gældende DS475.
- Bassiner udføres med min. skråningsanlæg 1:5 fra bund op til permanent vandspejl, og min. anlæg 1:10 fra permanent vandspejl op til terræn.

5.1.5 Jordhåndtering

- Egnet opgravet jord genindbygges så vidt muligt i projektet.
- Uegnet opgravet jord køres til godkendt modtageanlæg.

- Forurenet opgravet jord køres til godkendt modtageanlæg. Det forventes at jord fra havnearealet er forurenet og skal håndteres efter gældende normer.

5.1.6 Bassiner

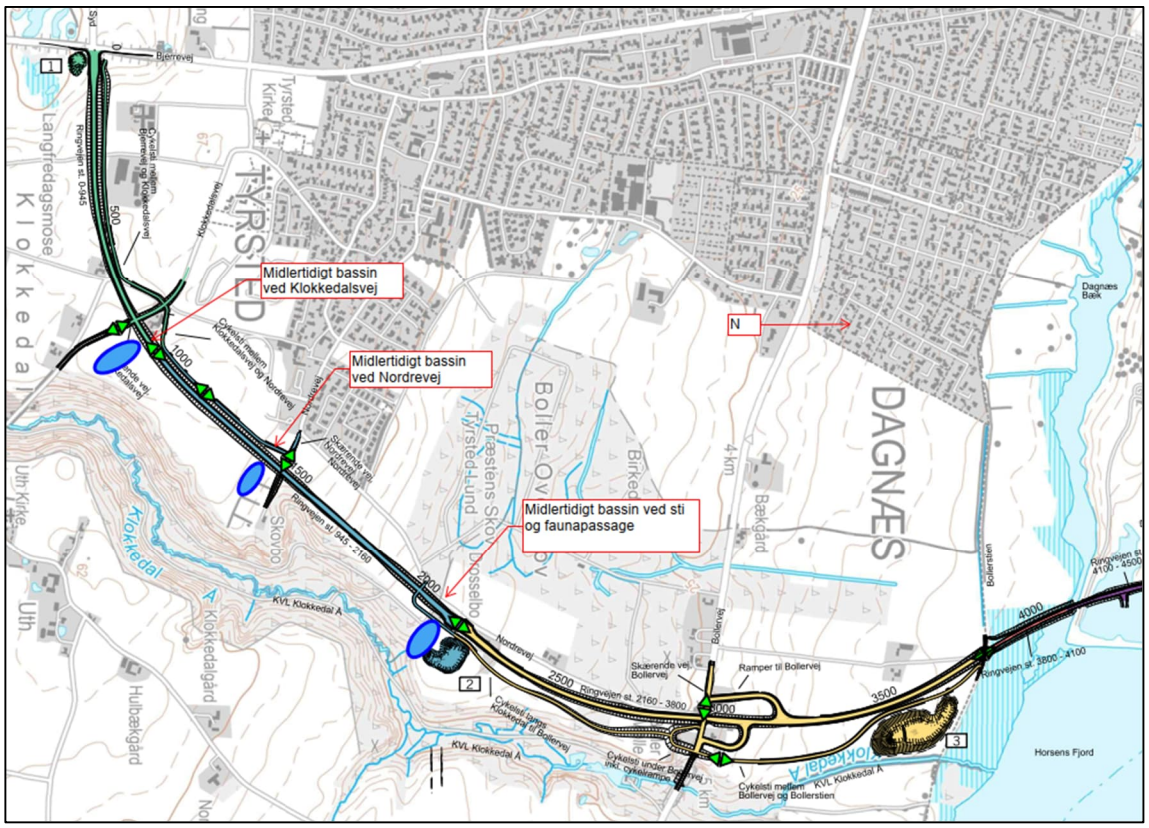
I anlægsfasen etableres 3 midlertidige nedsivningsbassiner for at håndtere de vandmængder der forekommer i perioden med brobygning inden de permanente bassiner er etableret.

Det ene midlertidige nedsivningsbassin placeres nordøst for Klokkedalsvej sydøst for Ringvejen, umiddelbart efter vejoverføringen af Klokkedalsvej. Bassinet etableres med skråningsanlæg 1:3 og et bundareal på ca. 1250 m^2. Bassinets graves 1,0 meter dybt, hvilket giver et stuvningsvolumen på ca. 1250 m^3.

Det andet midlertidige nedsivningsbassin placeres sydøst for Nordrevej sydøst for Ringvejen, umiddelbart inden vejunderføringen af Nordrevej. Bassinet etableres med skråningsanlæg 1:5 og et bundareal på ca. 635 m^2. Bassinet graves 1,0 meter dybt, hvilket giver et stuvningsvolumen på ca. 680 m^3.

Det tredje midlertidige nedsivningsbassin placeres syd for det permanente bassin 2, efter vejunderføringerne ved faunapassagen og stiunderføringen. Bassinet etableres med skråningsanlæg 1:3 og et bundareal på ca. 610 m^2. Bassinet graves 1,0 meter dybt, hvilket giver et stuvningsvolumen på ca. 610 m^3.

Omtrentlig placering af midlertidige bassiner kan ses på Figur 24 herunder.

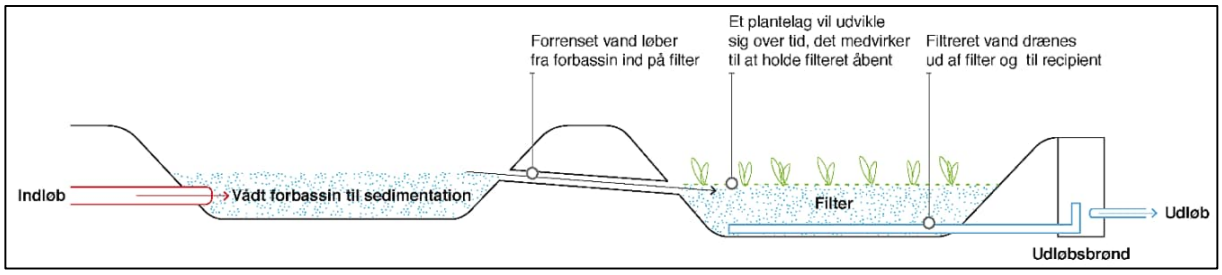


Figur 24 - Placering af midlertidige bassiner ("N" viser nordlig orientering)

Permanente bassiner udføres som traditionelle våde regnvandsbassiner til sedimentation og forsinkelse i takt med anlæggelsen af Ringvejen. Disse udføres med min. skråningsanlæg 1:5 fra bund til permanent vandspejl og min. anlæg 1:10 fra permanent vandspejl op til eksisterende terræn.

Det forudsættes at anlægstakten for bassinerne planlægges således at der altid vil være mulighed for at lede vandet ud til recipienten. Ud fra denne forudsætning vil Bassin 3 og Bassin 4 etableres først, dernæst Bassin 2 og sidst Bassin 1. På strækninger hvor det ikke er anlægsteknisk eller økonomisk forsvarligt at etablere de permanente afvandingsledninger med det samme, etableres midlertidige pumpeløsninger for at forbinde bassinerne i anlægsfasen og derved sikre effektiv afledning af regnvandet i denne periode. Da bassinerne etableres før vejentreprisen, vil det være anlægsøkonomisk mest effektivt med midlertidige overpumpningsforanstaltninger på strækninger hvor vejen ligger i afgravning.

To af de permanente bassiner (Bassin 3 og Bassin 4), udføres med et filterbassin forbundet med det traditionelle regnvandsbassin, som foretager yderligere rensning af vejvandet inden udledning til Horsens Fjord. Filterbassinet virker ved en kombination af bundfældning, filtrering og sorption. Bundfældning sker i det våde regnvandsbassin, hvorefter vandet ledes videre til filterbassinet der er opbygget af en speciel sammensætning af jord. De finere partikler, som ikke har nået at bundfælde i det våde regnvandsbassin, bliver gennem sorption og filtrering sorteret fra igennem filterjorden. Filterjorden opbygges af 300 mm filtersand iblandet spagnum som øverste lag, dernæst 1000 mm kalksten (vandbehandlingskalk) og 200 mm filtergrus i bunden. Nærmere beskrivelse af løsningen kan findes i Bilag 5.



Figur 25 - Principskitse af filterbassin fra Bilag 5 - Etablering af filteranlæg til efterpolering af vejvand

5.2 Driftsfasen

Følgende tiltag anvendes i driftsfasen af projektet.

5.2.1 Ledninger

- Ledninger forventes at skulle spules ca. 1 gang hvert 20. år.

5.2.2 Brønde

- Sandfang forventes at skulle tømmes 2 gange årligt.
- Kuppelriste i vejtrug forventes at skulle fejes for blade 2 gange årligt primært i forbindelse med løvfald.

- Riste/åbninger på linjedræn forventes at skulle fejes for blade 3 gange årligt, især om foråret og ved løvfald i efteråret, da disse er kritiske for afvandingssystemet og ikke må tilstoppe.

5.2.3 Pumpestationer

- Pumpestationer monitoreres ved overvågningsprogram, som via gsm kobles på et centralt overvågningssystem.

5.2.4 Bassiner

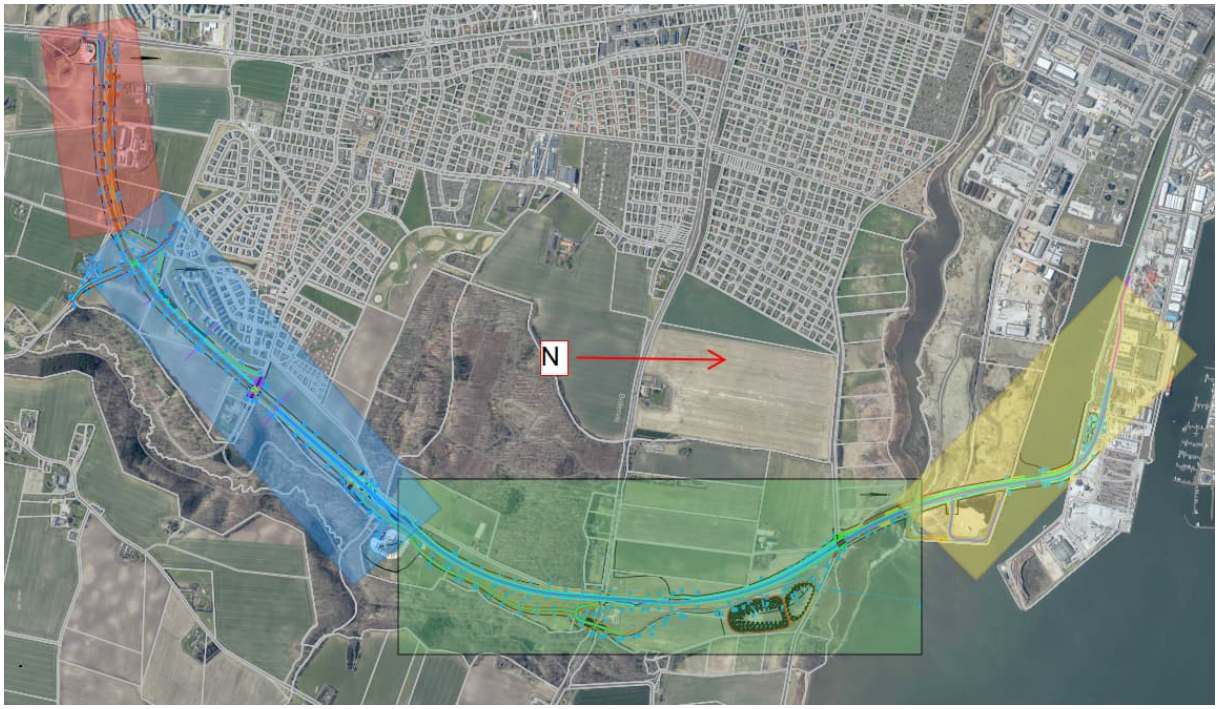
- Våde bassiner forventes at skulle oprenses for sedimenteret materiale 1 gang hvert 20. år.
- Filterbassiners overflade forventes at skulle oprenses, når der samler sig vand på overfladen der ikke dræner af. Dette kan verificeres ved inspektion af filterbassinet 1-2 dage efter kraftig regn. Filterbassinet oprenses ved at fræse/harve overfladen, eller skrabe det øverste lag af og fylde nyt filtermateriale på. Dette forventes at være nødvendigt 1 gang hvert 10. år.
- Hele filteropbygningen forventes at have en levetid på 50-100 år, hvis det anlægges med en overflade på 200 m^2/red. ha. og en tykkelse på 1 meter. Herefter skal hele opbygningen opgraves og udskiftes.

6 SKITSEPROJEKT FOR AFVANDING

Afsnittet beskriver skitseprojektet for afvanding af ringvejen, herunder placering og dimensioner på regnvandsbassiner, ledningssystemets løbsretninger, opdeling af projektoplandene og udløbsledningen til Horsens Fjord, som etableres på havbunden.

6.1 Delstrækninger

Afvandingsprojektet opdeles i 4 delstrækninger der hver især leder vandet til et regnvandsbassin. Bassinerne 1-3 er koblede og videregående rensning af regnvandet for delstrækning 1-3 foretages derfor i filterbassinet i bassin 3. Delstrækning 4 leder vandet til et separat regnvandsbassin der ligeledes udføres med et filterbassin til videregående rensning inden eget udløb til Horsens Fjord.



Figur 26 - Oversigtskort over delstrækning 1 (Rød), delstrækning 2 (Blå), Delstrækning 3 (Grøn) og delstrækning 4 (Gul) på Ringvej Syd Horsens ("N" viser nordlig orientering)

Delstrækning 1 – St. 0+000 – st. 0+650

Vejvandet opsamles i nedløbsbrønde med kuppelrist i vejtrug og ledes til Bassin 1 i St. 0+050 ved gravitation. Fra Bassin 1 pumpes vandet til st. 0+900, hvorfra det graviterer videre til Bassin 2. De kotemæssige forhold gør det ikke muligt at lede vandet fra Bassin 1 til Bassin 2 ved gravitation, og det er derfor nødvendigt med en pumpeløsning.

Delstrækning 2 – St. 0+650 – st. 2+200

Vejvandet opsamles i nedløbsbrønde med kuppelrist i vejtrug og ledes til Bassin 2 i st. 2+200 ved gravitation. Vejen stiger fra st. 0+650 op til st.1+200, vejens længdeprofil har toppunkt i st. 1+200. Vejvandet på denne strækning ledes derfor modsat vejens stationering og samles i en brønd i st. 0+900, hvorfra det ledes videre mod Bassin 2 via en gravitationsledning udført ved styret underboring til st. 1+450, hvor det tilkobles ledningssystemet for den strækning. Denne løsning er valgt for at skåne Bassin 1 for de yderligere vandmængder, så overløbsfrekvensen til det beskyttede naturområde umiddelbart syd for bassinet mindskes. Derudover kan pumpeydelsen også nedsættes. Fra st. 1+450 fortsætter gravitationssystemet med opsamling i nedløbsbrønde i vejtrug indtil Bassin 2 i st. 2+200.

Delstrækning 3 – St. 2+200 – st. 4+150

Vejvandet fra st. 2+200 opsamles i nedløbsbrønde med kuppelrist i vejtrug og ledes til Bassin 3 i st. 3+500 ved gravitation. Vejens længdeprofil falder ned mod Bassin 3 på hele strækningen, hvilket gør det muligt at transportere vandet ved gravitation.

Fra st. 4+150 på dæmningen umiddelbart inden deponihalvøen ledes vandet modsat vejens fald tilbage til Bassin 3, og der laves en dykket ledning under Bollerstien, for at kunne passere denne. Afvanding af selve Bollerstien kobles på udløbet fra Bassin 3 og renses gennem lokal kompakt renseløsning, hvor større sediment bundfælder inden udløb til Horsens Fjord. Vejvandet fra delstrækning 1-3 udledes samlet til Horsens Fjord fra Bassin 3.

Delstrækning 4 – St. 4+150 – st. 5+400

Vejvandet fra st. 4+150 til st. 4+500 opsamles i beton linjedræn i begge vejsider, og føres nordpå hen over deponihalvøen. Inden slusekonstruktionen fordeles vejvandet i 4 ledninger for at holde dimensionerne små nok til at kunne passere slusekonstruktionen. Disse ledninger kan ikke holdes i frostfri dybde.

Når ledningerne har passeret slusekonstruktionen i st. 4+600, samles de 1 ledning i hver side af vejstrækningen. Der etableres nye linjedræn til opsamling af vejvandet fra slusen og frem til Bassin 4 i st. 4+900 og derfra ledes vandet videre ud i Horsens Fjord, efter at have gennemgået videregående rensning i filterbassinet på havneområdet.

6.2 Udløbsledning på havbund

Den projekterede udløbsledning fra Bassin 3 til Horsens Fjord starter på landbrugsjord, løber under Bollerstien og videre ud i beskyttede naturområder, hvorefter vandet ledes ca. 580 meter ud i Horsens Fjord. Udløbsledningen etableres ved tunnelering, og der laves en udløbskonstruktion på havbunden ved udløbet.

Udløbsledningen udføres som Ø315 PEH og med en længde på 580 meter forventes der at skulle bruges ca. 50 m^3 boremudder. Derudover forventes ledningen af fortrænge 70 m^3 havbundsmateriale.

Anlægsløsningen er nærmere beskrevet i Bilag 3. Bemærk dog at dimensioner og længder på udløbsledningen i bilaget er af ældre dato, og at ovenstående værdier i stedet er de gældende.

6.3 Regnvandsbassiner

Der etableres 4 regnvandsbassiner til forsinkelse og rensning af vejvandet på Ringvej Syd. 2 af bassinerne etableres udover som traditionelle vådbassiner også med et filterbassin til videregående rensning af vejvandet, for at overholde kravene ved udledning til Horsens Fjord. Filterbassinerne etableres i Bassin 3 og Bassin 4, mens Bassin 1 og 2 laves som traditionelle regnvandsbassiner med permanent vandspejl og stuvningsvolumen.

Dimensioner og oplande til bassinerne er skematiseret i afsnittene herunder. Beregninger af oplande og volumener findes i Bilag 4.

Bassin 1

Red. opland [Ha]	Gentagelses-periode	Afløbstal pumpeydelse [l/s]	Vådvol. nødvendig [m³]	Stuvningsvol. nødvendig [m³]	Vådvol. Projekteret [m³]	Stuvningsvol. projekteret [m³]
1,55	T=20	*18**	386	1400	555	2160

**Afløbstallet var oprindeligt 14 l/s, men efter grundvandsvurderingerne i Bilag 2, er der lagt yderligere 4 l/s til for at imødekomme den grundvandsstrøm der kan forekomme i perioder med højtstående grundvand.*

Bassin 2

Red. opland [Ha]	Gentagelses-periode	Afløbstal pumpeydelse [l/s]	Vådvol. nødvendig [m³]	Stuvningsvol. nødvendig [m³]	Vådvol. Projekteret [m³]	Stuvningsvol. projekteret [m³]
3,85	T=20	*29**	1011	3500	4500	4250

**Afløbstallet var oprindeligt 14 l/s, men efter grundvandsvurderingerne i Bilag 2, er der lagt yderligere 14,6 l/s til for at imødekomme den grundvandsstrøm der kan forekomme i perioder med højtstående grundvand.*

Bassin 3

Red. opland [Ha]	Gentagelses-periode	Afløbstal pumpeydelse [l/s]	Vådvol. nødvendig [m³]	Stuvningsvol. nødvendig [m³]	Vådvol. Projekteret [m³]	Stuvningsvol. projekteret [m³]
6,17	T=20	*45**	2892	6400	6751	8546**

**Afløbstallet var oprindeligt 30 l/s, men efter grundvandsvurderingerne i Bilag 2, er der lagt yderligere 14,6 l/s til for at imødekomme den grundvandsstrøm der kan forekomme i perioder med højtstående grundvand.*

***Stuvningsvolumen er inklusive stuvningsvolumen fra filterbassin.*

Bassin 4

Red. opland [Ha]	Gentagelses-periode	Afløbstal pumpeydelse [l/s]	Vådvol. nødvendig [m³]	Stuvningsvol. nødvendig [m³]	Vådvol. Projekteret [m³]	Stuvningsvol. projekteret [m³]

1,81	T=20	20	454	1150	770	1150**

***Stuvningsvolumen er inklusive stuvningsvolumen fra filterbassin.*

7 REFERENCER

Dansk Standard – DS475:2012

Vejregler - Afvandingskonstruktioner – Miljøforhold og myndighedsansøgning – 24.09.2021

Vejregler - Afvandingskonstruktioner – Brønde, bygværker og ledninger – 01.10.2017

Vejregler - Afvandingskonstruktioner – Bassiner – 01.11.2015

Vejregler - Afvandingskonstruktioner – Trug og grøfter – 1.11.2017

Vejregler - Pumpestationer – 25.11.2022

Vejregler - Dræning af veje – 17.12.2024

Vollertsen, J., Kristensen, N. K., & van Alst, N. (2018). Etablering af filteranlæg til efterpolering af vejvand.

Horsens Ringvej Syd

Datarapport grundvandsundersøgelser 2024

Sweco Danmark A/S	CVR nr. 48233511
Projekt	MV Ringvej Syd etape 2 og 3
Projektnummer	41009469
Kunde	Horsens Kommune
Udfærdiget af	Morten Asp Hansen
Kontrolleret af	Tore Kirkeby
Godkendt af	Morten Asp Hansen
Dato	2024-11-06
Ver	00
Dokumentnavn:	Notat_grundvandsforhold

Klaade - ikke kSet

Indholdsfortegnelse

1 Indledning 2
2 Strækninger med mulig grundvandsproblematik 2
2.1 Delstrækning 1: Strækning +200 til +500 2
2.2 Delstrækning 2: Strækning +800 til +1350 3
2.3 Delstrækning 3: Strækning +2400 til +2850 4
2.4 Underføringen ved Nordrevej 5
3 Vandstande og vandmængder 8
3.1 Håndtering af grundvand på strækningen st. 0 -1400. 10
3.2 Håndtering af grundvand ved underføringen ved Nordrevej 11
4 Klokkedal ådal skrænter 12

1 Indledning

Horsens Kommune ønsker at fortsætte videreførelsen af Ringvej Syd fra Bjerrevej øst om Dagnæs til Bollervej og videre til Horsens Havn. Ringvejen tilsluttes Ove Jensens Alle, der ombygges frem mod krydset ved Høegh Guldbergs Gade. Der skal udarbejdes en miljøkonsekvensrapport for projektet. Som led i miljøvurdering af projektets skal påvirkningen af de målsatte vandområder Bygholm Å, Horsens Fjord og Klokkedal Å vurderes.

For at opnå en hensigtsmæssig linjeføring af Ringvejen vil vejen visse steder forløbe i terræn, på dæmning og i afgravning. Der er tidligere udført en analyse for grundvands-problematikker af strækninger[1], som er planlagt i afgravning. Der er til Horsens Kommune fremsendt geologiske profiler, hvorpå observerede grundvandstande er markeret. På samme profiler er markeret en ny minimumcenterlinje kote, såfremt dræning og/eller grundbrudsproblematik skal undgås.

Den 8-2-2024 blev eksisterende boringer i vejtracéet besøgt og vandstanden i de terrænnære sandlinser indmålt. Det viste sig at vandstande var højere end tidligere målinger fra 2019 og 2020. De høje målinger var forventlige, idet nedbørsmængderne var meget høje i vinteren 2023/2024.

2 Strækninger med mulig grundvandsproblematik

I den indledende gennemgang af vejtracéet var der tre delstrækninger i afgravning som skulle analyseres yderligere for at se om der var grundbrudsproblematikker, vandfyldt sand i vejplanum eller sand med vand i afgravningsskråningerne. De tre strækninger vil kort blive gennemgået i nedenstående.

2.1 Delstrækning 1: Strækning +200 til +500

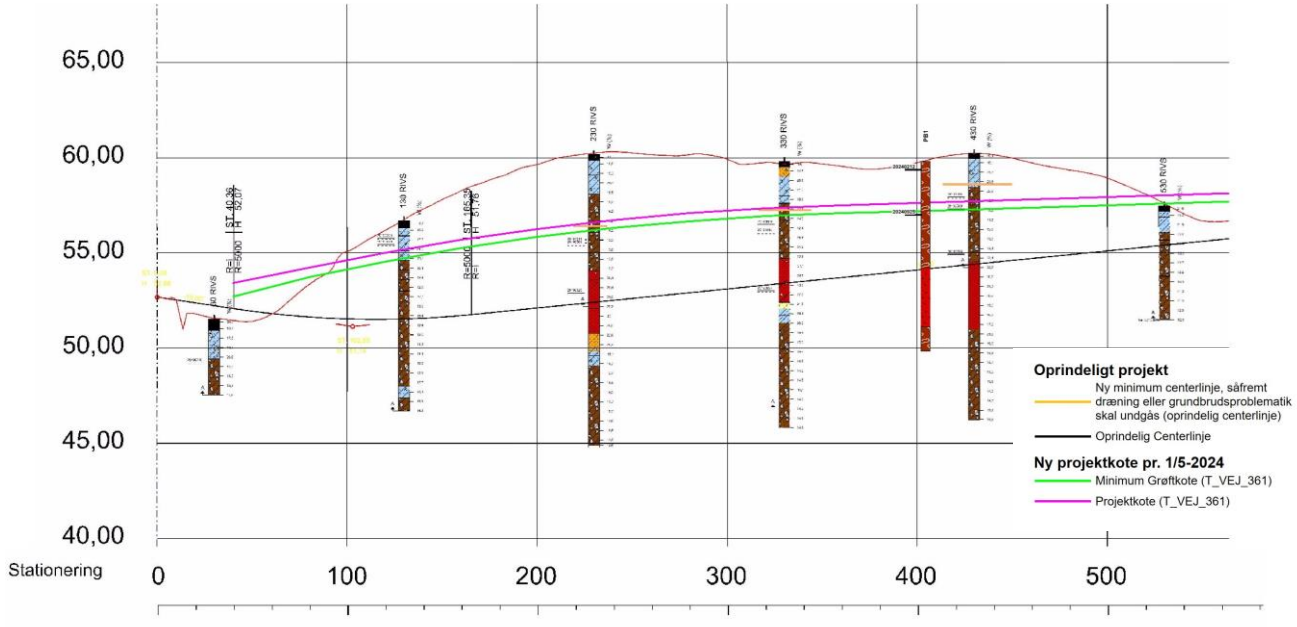
På strækningen er centerlinjen beliggende i sand med spændte trykforhold. Hvis centerlinjen bevares i det spændte sand, vil den overliggende moræneler og dele af sandet blive bortgravet, hvorfor trykforholdet vil skifte fra spændt til frie trykforhold. Der vil derfor ikke være en grundbrudsproblematik udover i anlægsfasen. Se evt. figur 1.

Idet vandspejlet ved alle målinger ligger over centerlinjen og dermed vejplanum så vil der formentlig være behov for dræning af terrænnært grundvand på alle tider af året.

Centerlinjen er løftet som vist på figur 1 for at mindske behovet for dræning mest muligt.

Kladde - ikke kset

[1] Afrapporteret som geologiske profiler på mail 24-01-2024, samt opfølgende møder.



Figur 1, delstrækning 1 med angivelse af geologi, filter, tidligere observerede vandstande og ny centerlinje.

2.2 Delstrækning 2: Strækning +800 til +1350

På strækningen er centerlinjen beliggende i sand med frie trykforhold. Der er ingen risiko for grundbrud, med de observerede vandspejl fra 2019/2020/2024, idet centerlinjen er beliggende i sandet med frie trykforhold. Se evt. figur 2.

På strækningen +800 til +1200 ligger vandspejlet ved flere målinger lige under centerlinjen, hvilket gør at forventet vejplanum ligger under observerede vandspejl. I boring RIVS1030 er vandstanden i boringen i februar 2024 målt til et stykke over centerlinje.

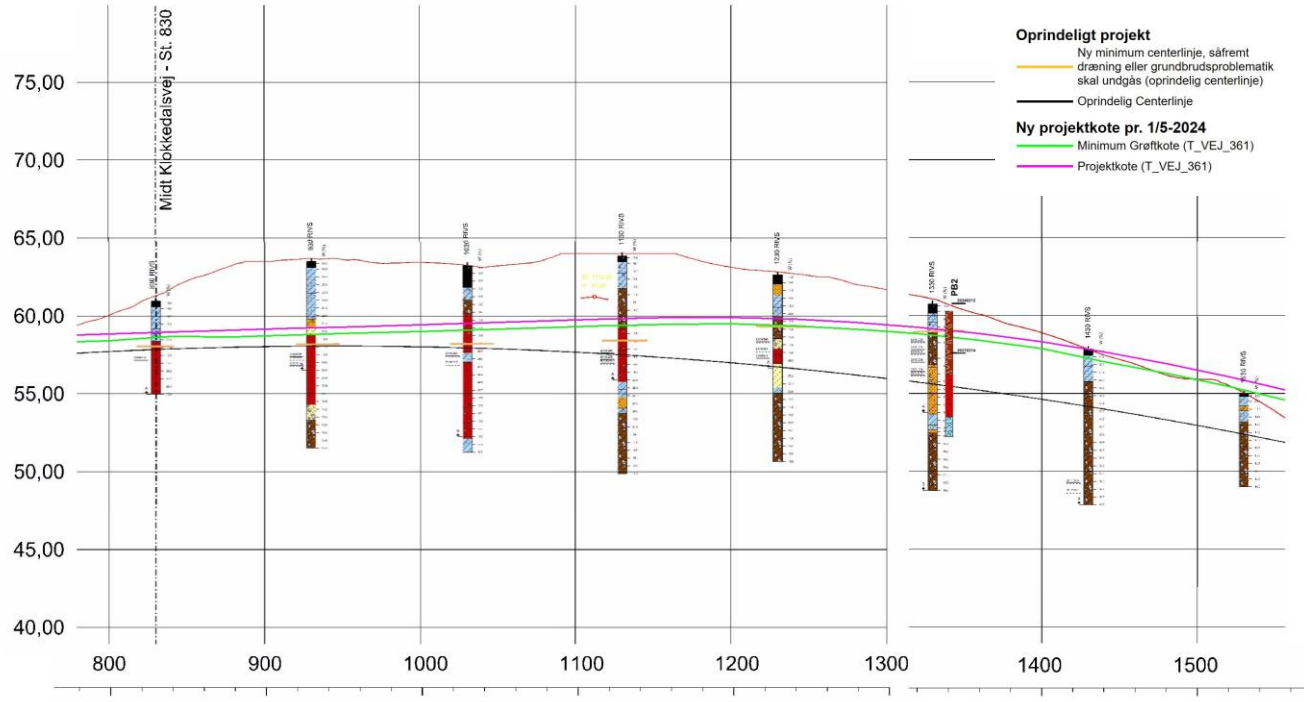
På sidste del af strækningen +1200 til +1350 (boring RIVS 1230 og RIVS 1330 (ikke vist på figur 2) er observerede vandstande noget højere end centerlinjen. Ved flere observationer er trykniveauet spændt idet trykket ligger i det overliggende moræneler.

Der vil formentlig være behov for dræning af terrænnært grundvand på store dele af strækningen, men hovedsageligt fra station +1000 til +1350. Behovet kan variere afhængigt af nedbørshændelser og sæson/års-variationer.

Centerlinjen er løftet for at mindske behovet for dræning mest muligt.

Ved st. 830 føres Klokkedalsvej over vejen på en bro. I forbindelse med udførelse af brofundamenter vil der afhængig af udførelsesmetoden være behov for midlertidig grundvandssænkning i anlægsperioden.

Udgår - ikke



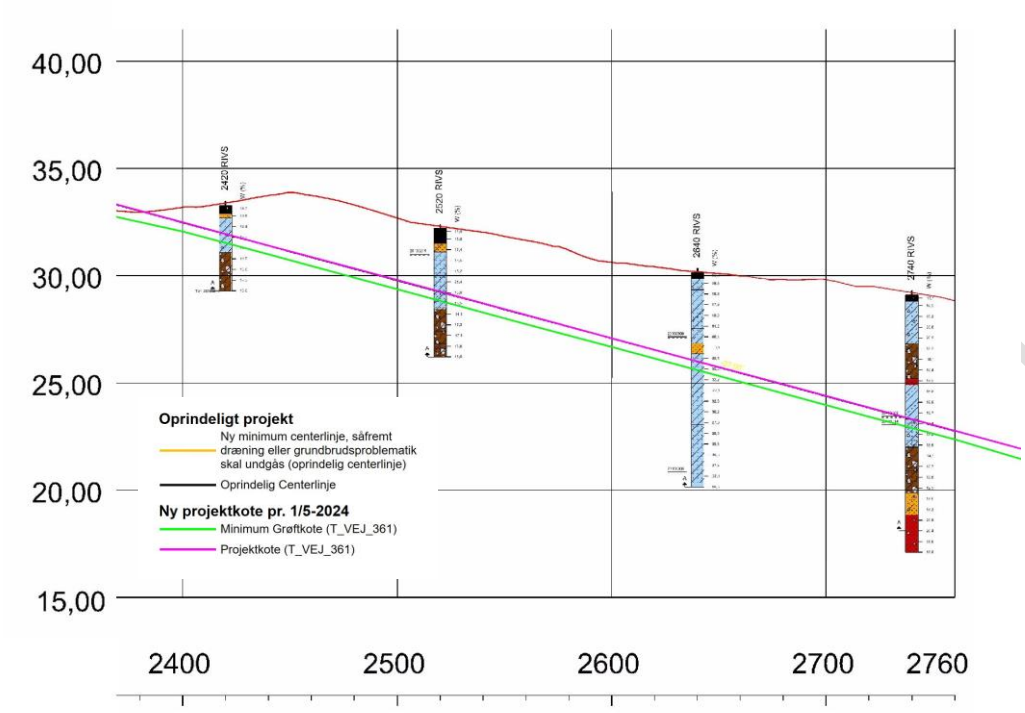
Figur 2, delstrækning 2 med angivelse af geologi, filter, tidligere observerede vandstande og ny minimumscenterlinje.

2.3 Delstrækning 3: Strækning +2400 til +2850

På delstrækning 3 ligger centerlinien i forbindelse med ler sm vist på figur 3. Der er flere målte trykniveauer, som er højere end centerlinjen. De er dog i de fleste tilfælde tilknyttet et filter sat i ler. Filtersætning i ler giver oftest ikke et retvisende billede af tryk/vandstand. Boring RIVS 2740 er filtersat i sand med et observeret tryk tæt ved centerlinjen. Trykniveau observationerne er fra 2019. Der er ikke risiko for grundbrud eller behov for dræning af terrænnært grundvand på strækningen. Der er en mindre sandlinse i afgravningsskråningen, som observeres i boringerne RIVS 2640, RIVS2740 og RIVS2840. Sandlinsen er ikke filtersat, men ud fra borejournalerne virker sandlinsen ikke som vandførende. Sandlinsen kan dog give anledning til erosion i skråningen i den permanente situation.

Der er ikke behov for korrigering af centerlinje på baggrund af hydrogeologiske forhold.

Kladde - IKKE



Figur 3, delstrækning 3 med angivelse af geologi, filter og observerede vandstande.

2.4 Underføringen ved Nordrevej

De geologisk og hydrogeologiske forhold ved den eksisterende vej fra Nordrevej til Spejderhytten/Ådalen er undersøgt ved boringer AB04 og AB05 vist på

Kladde - Ikke



Figur 4 Oversigtskort ved Nordrevej

Boring AB04 indeholder vekslende lag af sand og ler i de øverste 2 m under terræn. Terræn i kote +56,9 m. Derefter er der ler til 10 m under terræn (kote +47 m).

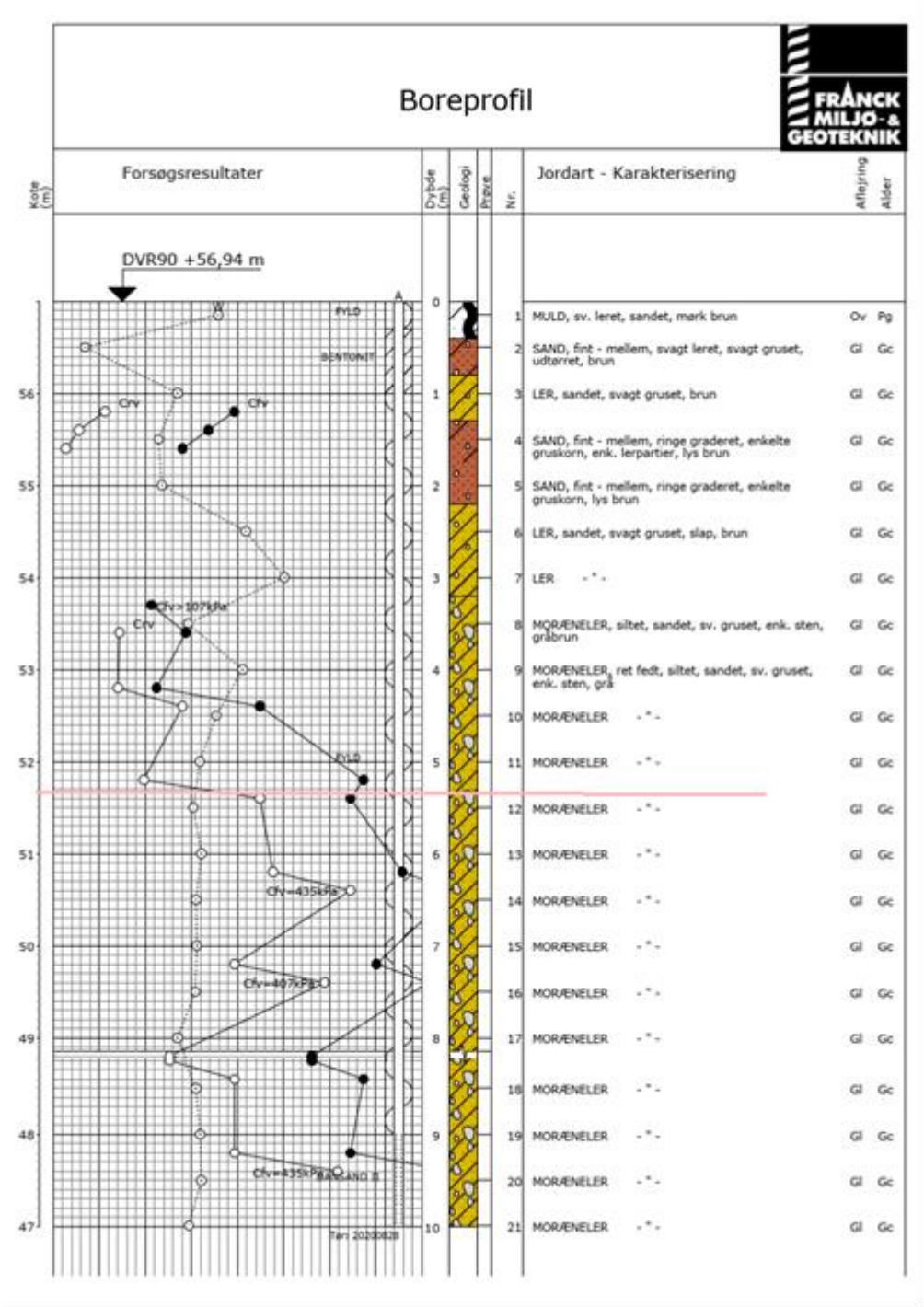
Boring AB05 indeholder vekslende lag af sand og ler i de øverste 3,5 m under terræn. Terræn i kote +56,7 m. Under de vekslende lag er der ler til 10 m under terræn (kote +46,8 m)

Eksisterende vej fra Nordrevej til Spejderhytten/Ådalen ligger desuden imellem boringerne RIVS1430 og RIV1530. RIVS1430 viser ler fra terræn (kote +57,9 m) til 10 m under terræn. RIVS1530 har et tyndt sandlag tæt under terræn, som underlejres af moræneler til boringens bund 6 mut (kote +49 m).

Ud fra de fire boringer, vil underføringen kunne udføres i ren moræneler.

Underføringens underside ligger i ca. kote +51,8 m (markeret m. rød streg på figur herunder).

Klaude - Ikke



Figur 5 Boreprofil for boring AB05. Underside af underføring er markeret med rød streg.

Ifølge boring AB04 og AB05 er der ca. 4,5 m moræneler under fundament. Moræneleren er beskrevet som ”ret fedt, siltet, sandet, sv.gruset”. Det indikerer at strømningsegenskaberne er lave og vi derfor ikke kan forvente større vandtilstrømning omkring fundament i hverken anlægs eller driftfasen.

I forhold til grundbrudsrisiko i anlægsfasen, så er risikoen lille. Ved AB04 og AB05 er der minimum 4,5 m moræneler, muligvis mere, som vægt til at modsvare et vandtryk fra et evt.

dybere sandlag. For at der grundbrudsrisiko i anlægsfasen vil det kræve et sandlag fra bund af boring kote +47m med et tryk i ca. kote +54,5 m.

Jf. boring RIVS1430 og RIV1530, som ligger nord og syd for den kommende tunnel, er der ikke antydning af et dybere liggende sandlag. Boringerne er afsluttet i ca. samme dybde som AB04 og AB05 i kote +47 - 49 m

Det vurderes derfor at stedet er velegnet til at etablere en tunnel ud fra et rent grundvandsynspunkt.

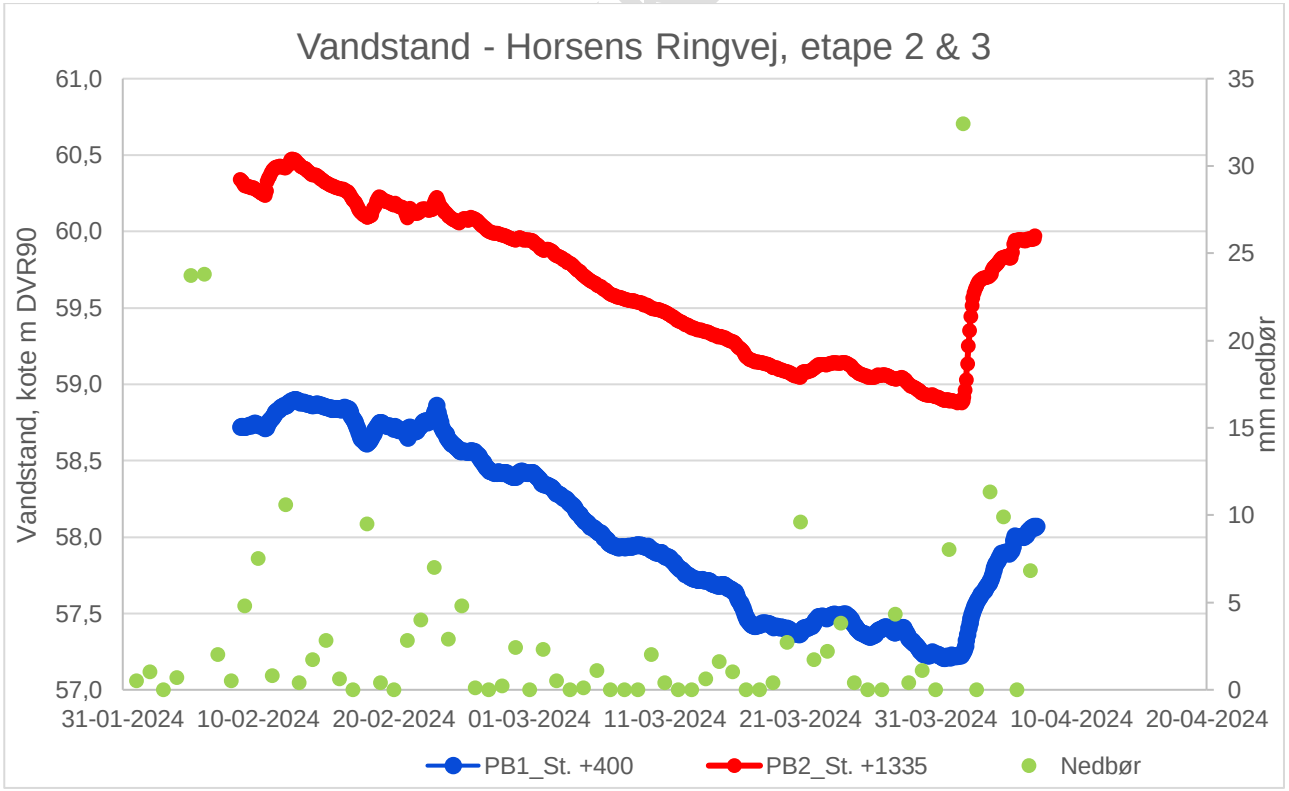
3 Vandstande og vandmængder

Siden 8. februar er vandstande blevet målt kontinuert i 2 boringer. PB1 i ca. stationering +400 og PB2 i stationering +1335. Derudover er afstanden til vandspejlet (nedstik) målt manuelt den 8. februar og den 7. april 2024. De manuelle målinger anvendes til at korrigere den automatiske vandstandsmåling.

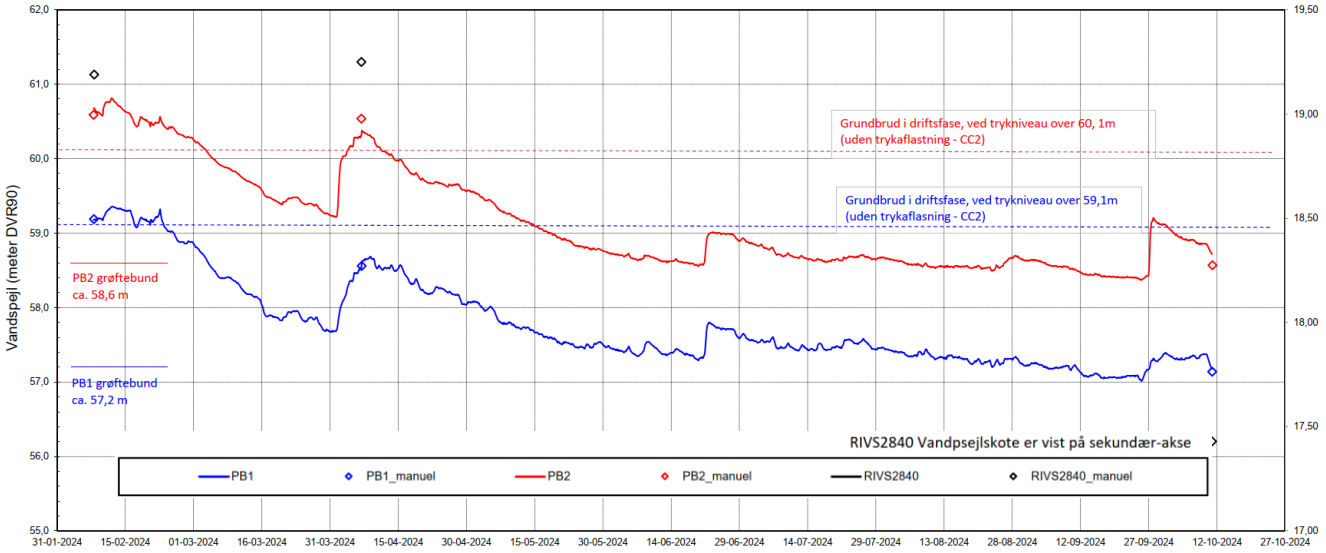
På Figur 6 er vist den målte vandstand i de to boringer.

PB1 er filtersat fra kote +55,8 til +49,8 (10 m á 4 m under terræn). Øverste del og nederste del af filteret er i moræneler. Lidt over 3 m af filteret er filtersat i sand.

PB2 er filtersat fra kote +56,8 til +52,3 m (3,5 m á 8 m under terræn) i et terrænnært sandlag.



Figur 6 Vandstand i boring PB1 og PB2 i perioden jan til april 2024. Nedbør er vist på sekundæraksen.



Figur 7 Vandstand i boring PB1, PB2 og RIVS2840 i perioden jan - oktober 2024. Bemærk RIVS2840 er vist på sekundær aksen. Vedlagt i bilag 1.

Som det fremgår af figur 6 og 7, varierer vandspejlet en hel del i det terrænnære sand. Inden for få måneder/dage. I nedenstående tabel er min/maks for den målte periode vist. På Figur 6er den daglige nedbør også vist. Vandtrykket følger hinanden i de to boringer PB1 og PB2. De var som forventet med højeste grundvandsspejl i det tidlige forår og faldende igennem sommeren og efteråret

Det er tydelig sammenhæng mellem nedbør og vandstanden de terrænnære sandlinser/magasiner. I starten af marts falder der kun en lille mængde nedbør og vandspejlet er faldende frem til den 20. marts hvor nedbørsmængden er stigende. Den 2. april falder 32,4 mm nedbør i Horsens Kommune og vandspejlet i begge boringer stiger markant. Herefter falder vandspejlet jævnt henover sommeren med enkelte store nedbørshændelser d. 21-22. juni (23,9 og 17,7 mm) og den 26-27. september (26,3 og 34,5 mm).

Det skal påpeges at de maksimale trykniveauer som er observeret i 2024, er væsentligt højere end de højeste trykniveauer, der tidligere har været målt i nærliggende boringer.

Boring	Vandstand				Stationering	Terræn	Geologi over sand	Grøft, laveste (T_Vej_361)
	Min.	Maks.	Middel	Median				
	Kote, m	Kote, m	Kote, m	Kote, m		Kote, m	Kote, m	Kote, m
PB1	57	59,36	57,77	57,53	Ca. st. 400	+59,8	+60 til +54,2 ML	Ca. 57,2 m
PB2	58,4	60,8	59,16	58,90	Ca. st. 1340	+60,3	+60,3 til +56,2 ML	Ca. 58,6 m

Tabel 1 Vandstand i boring PB1 og PB2 i perioden jan – oktober 2024

Kladde - Ikke

GEO har 2021[2] gennemført prøvepumpninger i de to boringer PB1 og PB2.

Stationering ca. +420 m (PB1)

GEO har pumpet med en ydelse på ca. 2,4 m3/t i tre døgn

	Sænkning i grv.stand, m	Afstand, m
Pumpeboring	2,6 m	0
Moniteringsboring, MB1	1,15	3
Moniteringsboring,	0,56	38
Moniteringsboring,	0,50	58

Gennemsnit af de tolkede transmissiviteter er T = 6,4 · 10-4 m2/s. -> hydraulisk ledningsevne på ca. 2 x 10-4 m/s.

Strømningsegenskaberne er gode, men heldigvis er sandlaget ikke så tykt, så vandmængderne bliver ikke voldsomt store. Som det fremgår kan der opnås sænkninger på 0,5m i 60 m afstand fra et punkt, hvor der fjernes 2,4 m3/t (57,6 m3/døgn / 0,67 l/s).

Stationering ca +1330 m (PB2)

GEO har pumpet ca. 2,1 m3/t i fem døgn

	Sænkning i grv.stand, m	Afstand, m
Pumpeboring PB2	2,4 m	0
Moniteringsboring,	0,87	2,8
Moniteringsboring,	0,58	16
Moniteringsboring,	0,55	35
Moniteringsboring,	0,25	60

Gennemsnit af de tolkede transmissiviteter er T = 7,5 · 10-4 m2/s. -> hydraulisk ledningsevne på ca. 2,5 x 10-4 m/s.

Strømningsegenskaberne er gode, men heldigvis er sandlaget heller ikke her så tykt, så vandmængderne bliver ikke voldsomt store. I dele af strækningen er det terrænnære grundvand spændt. Som det fremgår kan der opnås sænkninger på 0,9 m i 3 m afstand fra et punkt, hvor der fjernes 2,1 m3/t (50,4 m3/døgn / 0,58 l/s).

3.1 Håndtering af grundvand på strækningen st. 0 -1400.

Anlægsfasen

Hvis anlæggelse sker i perioden ca. juni-november, er grundvandstrykket generelt lavest. Der lille risiko for grundbrud og mindre risiko for at der er meget grundvand som skal håndteres.

[2] GEO, 2021, "Ringvej Syd – Pumpeforsøg", Geo projekt nr. 205118, Rapport 1, 2021-03-25

Kopi - Ikke kset

Hvis anlægsperioden strækker sig ud over ca. juni-november, må det forventes at der skal udføres grundvandssænkning/trykaflastning for at undgå risiko for grundbrud og der skal ske bortledning af grundvand så der kan arbejdes tørt.

I forbindelse med udførelse af brofundamenter ved Klokkedalsvej st 830 vil der afhængig af udførelsesmetoden være behov for midlertidig grundvandssænkning i anlægsperioden.

Driftsfasen

På baggrund af moniteringen af trykniveauet i de to boringer PB1 og PB2 så vurderes det at der periodevis er risiko for at der kan opstå grundbrud. Det skyldes et for højt tryk i det underliggende sand. For at undgå grundbrud, skal der ske en trykaflastning af sandet. Dette kan ske med passive trykaflastnings brønde (grædebrønde) i grøfterne på dele af strækningen. Andre steder, hvor sandet er tæt på grøftebund ved at udgrave grøft lidt dybere og fylde med friktionsfyld/sand, så der skabes sikker hydraulisk kontakt.

Når der skabes hydraulisk kontakt mellem grøft og grundvand med højt tryk så vil grundvandet tilløbe grøfterne på de tidspunkter, hvor grundvandstrykket er højere end aflastningspunktet, typisk grøftebund. Desværre viser det sig, at grøfterne ved PB1 og PB2 har en lavere kote end grundvandstrykket har været det meste af 2024, se figur 7 og bilag 1.

År 2024 har helt sikkert været et anderledes år med højere grundvandspotentialer end andre år. Det vil dog ikke ændre på, at vi helt sikkert kommer til at se tilsvarende høje grundvandsstande fremover.

For at minimere tilstrømningen af grundvand til grøfterne skal der projekteres en løsning der aflaster grundvandstrykket i sandlaget til hhv. kote 59,1 ved PB1 og kote 60,1 ved PB2 men sikrer at grundvandstrykket ikke sænkes til niveauet for grøftebunden hhv. kote 57,2 ved PB1 og 58,6 ved PB2.

Derved kan aflastningen af grundvandstrykket kunne begrænses til vinterperioden (november til marts) og evt. kortere perioder i foråret med stor nedbør.

På baggrund af de udførte pumpeforsøg skønnes der at være behov for aflastnings brønde på strækningen st. 200 – 500, hvor trykniveauet i sandlaget skal aflastes med ca. 0,5 m i ekstreme perioder med højt vandspejl svarende til vinteren 2023. I meget løse tal skal der etableres ca. 5 aflastningsbrønde hver med en vandmængde på 2,4 m3/t for at sænke grundvandet trykniveau med ca. 0,5m. Det svarer til ca. 12 m3/t (4 l/s).

På strækningen st. 800 – 1300 vil der være behov for at aflaste vandtrykket med op til 0,9 m i ekstreme perioder med højt vandspejl svarende til vinteren 2023. I meget løse tal skal der etableres ca. 50 aflastningsbrønde (en pr 10 m) hver med en vandmængde på 2,1 m3/t for at sænke grundvandet trykniveau med ca. 0,9 m. Det svarer til ca. 105 m3/t (29 l/s)

I disse perioder vil aflastningen medføre en samlet grundvandsmængde på ca. 120 m3/t svarerende til ca. 33 l/s. Etableres brønde i begge sider af vejen vil antallet af boringer og vandmængden kunne reduceres.

3.2 Håndtering af grundvand ved underføringen ved Nordrevej

I forhold til underføringen ved Nordrevej er der ikke nogen ændringer i forhold til vurderingen som beskrevet i afsnit 2.4.

Kladde - Ikke klar

4 Klokkedal ådal skrænter

Klokkedal å er nedskåret kraftigt i terrænet fra ca kote +60 m til kote +28 m, næsten 34 meter på en strækning på kun 182 meter. Gradienten på skråningen er hele 18%.



Figur 8, højdemodel af området omkring stationering +1335. Boring PB2 er markeret med blå "pil".

Som det fremgår af det højre billede på Figur 8, hvor et deludsnit af skråningen vises, ses en svag "hylde" få meter under toppen af skråningen. Fra hylden er der en tydelig nedskåret afløb/vandløb, som har retning lige mod bunden af ådalen.

"Hylden" er et fugtigt område, som afvander til det nedskårede afløb som vist på Figur 9 og Figur 10.

Det vurderes at terrænnært grundvand fra oplandet til Klokkedal Å for en stor del strømmer ud på hylden via sammenhængende terrænnære sandlinser/magasiner. "Hylden" ses på store dele af den vestlige del af skråningen mod åen.

Naturen i området er besigtiget i 2024[3]. Området er et trykvandspåvirket areal i skov med karakteristiske skovarter, men arealet vurderes ikke til at være af høj nok naturkvalitet til at være omfattet af §3 beskyttelsesloven.

[3] Datarapport. Naturundersøgelser. Sweco November 2024.



Figur 9, Billede af det nedskårede afløb/vandløb som har retning mod bunden af ådalen.



Figur 10, billede af den fugtige "hylde", som ligger ca. 6 meter under skråningens top. Den fugtige del er det mørke område, som har et forløb fra venstre mod højre.

Kladde - IK

Teknisk notat/vandsynsprotokol

Projektnavn	Ringvej Syd etape 2-3
Kunde	Horsens Kommune
Projektleder	Flemming Berg
Projektnummer	1351900006
Dokument ID	Vandsynsprotokol
Til	Horsens kommunes miljøteam
Udarbejdet af	Jacob Nørgård Larsen
Kvalitetssikret af	Flemming Berg
Godkendt af	Lars Bendixen
Version	B
Versionsdato	10-06-2021
Første udgivelsesdato	11-03-2021

Bilag

- Oversigtsplan – Udledning af vejvand, 1:10.000, tegningsnr. RSH_SK_03_10, Rev A
- Oversigtsplan – Ekstern afvanding, 1:4.000, tegningsnr. RSH_SK_03_20, Rev B
- Oversigtsplan – Oplandsplan for ekstern afvanding, 1:4.000, tegningsnr. RSH_SK_03_30
- Bilag 1-3: Oversigtsplaner af bassin 1-3, 1:500
- Bilag 4: Længdeprofil ledning nr. 9, 1:2000/1:200

Indholdsfortegnelse

1. Indledning 2

2. Ledningsanlæg mv. 3

3. Vedligeholdelse af afløbssystemerne 3

3.1 Offentlige vandløb 3

3.2 private vandløb 3

4. Afledning af vejvand 4

5. Ledningsservitutter 4

6. Stationering, koter mv. 4

7. Projektændringer under detailprojektering og arbejdets udførelse mv. 5

8. Beskrivelse af afvandingsprojektet 6

1. Indledning

Horsens Kommune ønsker at etablere etape 2 og 3 af Ringvej Syd, der forløber fra Bjerrevej til Ove Jensens Alle på Sydhavnen, og vil være en forlængelse af den eksisterende Ringvej Syd. Vejen er en 2-sporet vej, der er ca. 5 km lang med en parallelløbende gang- og cykelsti.
I den forbindelse er der udarbejdet et teknisk notat/vandsynsprotokol, der beskriver afvandingsprojektet, herunder placeringen af bassiner på strækningen og hvordan de er designet. Derudover beskrives håndteringen af oplandsvand og afvandingen af skærende veje og cykelsti.

2. Ledningsanlæg mv.

Ledninger for oplandsafstrømning dimensioneres normalt for en afstrømning fra det topografiske opland på 1,0 til 1,5 l/sek./ha. Ledningerne udføres så dybt, at det tilhørende topografiske opland kan drænes til mindst 1,20 m under nuværende terræn.

Gennemløb under vejen og skærende veje for oplandsafstrømning dimensioneres for en afstrømning fra det topografiske opland på mindst 1,5 l/sek./ha. Såfremt gennemløbet tillige skal føre vejvand, dimensioneres mindst for den summerede afstrømning.

Overalt, hvor eksisterende drænsystemer omlægges og føres under Ringvejen og skærende veje, udføres gennemløbet med ø 300 mm rør som mindste størrelse.

Afskærende drænledninger for optagelse af afskårne dræn udføres med ø 150 mm som mindste dimension og med bundkote min. 1,20 m under terræn. Brønde udføres med sandfang.

Dræn, der ikke fremgår af tegningsmaterialet, men som findes under arbejdets udførelse, vil blive retableret i forbindelse med anlægget og for anlægsmyndighedens regning.

3. Vedligeholdelse af afløbssystemerne

Nedenanførte vedligeholdelse omfatter kun den almindelige ren- og vedligeholdelse, idet hel eller delvis omlægning af rørledninger forelægges vandløbsmyndigheden til afgørelse, såfremt mindelig aftale parterne imellem ikke kan opnås. Omlægning af private vandløb i samme tracé og i samme dimension skal dog ikke forelægges vandløbsmyndigheden.

Såfremt vedligeholdelsen fordeles anderledes end anført, fremgår afvigelsen af beskrivelsen for det pågældende vandløb i afsnit 8.

3.1 Offentlige vandløb

Ved pågældende vandløbsmyndigheds foranstaltning vedligeholdes offentlige vandløb som hidtil, idet vandløbsstrækningen i vejes arealer dog vedligeholdes af vejbestyrelserne.

3.2 private vandløb

Vedligeholdelsen af åbne vandløb påhviler bredejeren.

Ledninger og brønde i offentlige vejes arealer vedligeholdes af vejbestyrelsen for den pågældende vej.

Ledninger og brønde uden for offentlige vejes arealer, og som kun tilledes vejvand, vedligeholdes af vejbestyrelsen.

Ledninger og brønde uden for offentlige vejes arealer, og som både tilledes vejvand og oplandsvand, vedligeholdes af ejerne af de matrikelnumre, hvorover ledningerne fører.

Ledninger og brønde uden for offentlige vejes arealer, og som kun tilledes oplandsvand, vedligeholdes af ejerne af de matrikelnumre, hvorover ledningerne føres.

4. Afledning af vejvand

Afledning af vand fra belagte arealer for Ringvejen st. 0 – 3.800 inkl. skærende veje og cykelstier sker til fjorden igennem regnvandsbassiner, der udformes med sandfang og dykket afløb (olieudskillerfunktion).

Afledning af vand fra belagte arealer for Ringvejen st. 3.800 – 4.710, inkl cykelsti (dæmning henover Dagnæs Bæk og Bygholm Å) sker ved diffus udledning over skråningskant.

Afledning af vand fra belagte arealer for Ringvejen st. 4.710 – 4.900 inkl. cykelsti sker til fjorden igennem olieudskiller.

Afledning af vand fra belagte arealer fremgår af beskrivelsen i afsnit 8, idet sikkerhed mod overskridelse af de anførte vandmængder er n=0.5, såfremt andet ikke er anført.

De af vejens vejgrøfter, der ikke tilledes vand fra belagte arealer, gives eventuelt afløb direkte til vandløbene og da via et sandfang med rørafløb.

5. Ledningsservitutter

Ejendomme, over hvilke der etableres ledningsanlæg, som har særlig interesse for vejanlægget, pålægges servitut om:

At ledningsanlæggene skal henligge uforstyrret.

At der gives de til enhver tid berettigede adgang til eftersyn og rensning samt til at foretage reparations- og vedligeholdelsesarbejder.

At det ikke er tilladt uden forud indhentet tilladelse at foretage beplantning, bebyggelse eller andre foranstaltninger inden for en afstand af 5 m fra ledningen og dens bygværker.
Vejmyndighederne er påtaleberettigede.

6. Stationering, koter mv.

Ringvejen stationeres fra syd mod nord.

Koter, der er angivet i nærværende beskrivelse samt på vedlagte planer og profiler, refererer til DVR90.
Koordinatsystemet er DKTM2.

pfv	privat fællesvej
kv	kommunevej
vhs	vejens højre side
vvs	vejens venstre side
vbs	vejens begge sider
hldv	hovedlandevej
kvl	kommunevandløb
pvl	privat vandløb

7. Projektændringer under detailprojektering og arbejdets udførelse mv.

Der er indhentet oplysninger om afvandingsforhold fra alle berørte ejendomme. Det må alligevel påregnes, at det under detailprojektering og under arbejdets udførelse kan blive nødvendigt at foretage mindre ændringer af det projekt, der er beskrevet i dette notat/protokol.

Mindre ændringer, der berører lodsejere, kan, hvis mindelig aftale kan opnås med den eller de interesserede lodsejere, foretages af den projekterende eller tilsynet. Vandløbsmyndigheden orienteres om ændringen.

Hvor mindelig aftale for mindre ændringer ikke kan opnås, forelægges disse såvel som evt. større ændringer – efter forudgående forhandling med vandløbsmyndigheden – Horsens Kommune til godkendelse og eventuelt forelægges sagen for ekspropriationsmyndigheden.

Hvor vejarbejdet medfører ændringer i offentlige vandløb, berigtiges regulativet på vejprojektets bekostning.

Efter vejens anlæggelse fremsendes et som udført notat til vandløbsmyndigheden med angivelse af de aktuelle dimensioner og forløb af de ændrede ledningsanlæg.

8. Beskrivelse af afvandingsprojektet

Afvandingsprojektet er beskrevet I nedenstående tekst.
Alle ubenævnte stationeringer er Ringvejens stationering.
Interne stationeringer for skærende veje er markeret med *.

Regnvandsbassin nr. 1

Regnvandsbassin 1 er placeret i st. 20 og modtager vejvand fra vejens st. 0-945, stien mellem Bjerrevej og Klokkedalsvej st. 0-805*, stien mellem Klokkedalsvej og Nordrevej st. 0-310* samt dele af Klokkedalsvej.

Bassinet er et internt bassin, dvs. at vandet neddrosles i bassinet og ledes tilbage til Ringvejens afvandingssystem ved pumpning. Der etableres adgangsvej rundt om hele bassinet til bassinoprensning og service af pumpestationen.

Reduceret areal ca. 1,4 ha.

Overskridelseshyppigheden er sat til hvert 10. år.

Bassinet har et afløb på ca. 5 l/s.

Bassinet er projekteret med varierende anlæg, men min. a=5. Der anvendes ikke bygværker, men stensikringer ved dykkede ind- og udløb.

Bassinet har afløb til ledning nr. 1.

Ledning nr. 1, vhs st. 50 - 950

Som afløb fra regnvandsbassin nr. 1 etableres en afløbsledning i vhs st. ca. 50 – 950.
Ledningen er en trykledning. Vandet pumpes fra bassinet op til vejens toppunkt i st. 945. Vandet ledes i Ringvejens interne afvandingssystem.

Vandløb nr. 2, vvs. st. 120 – 320

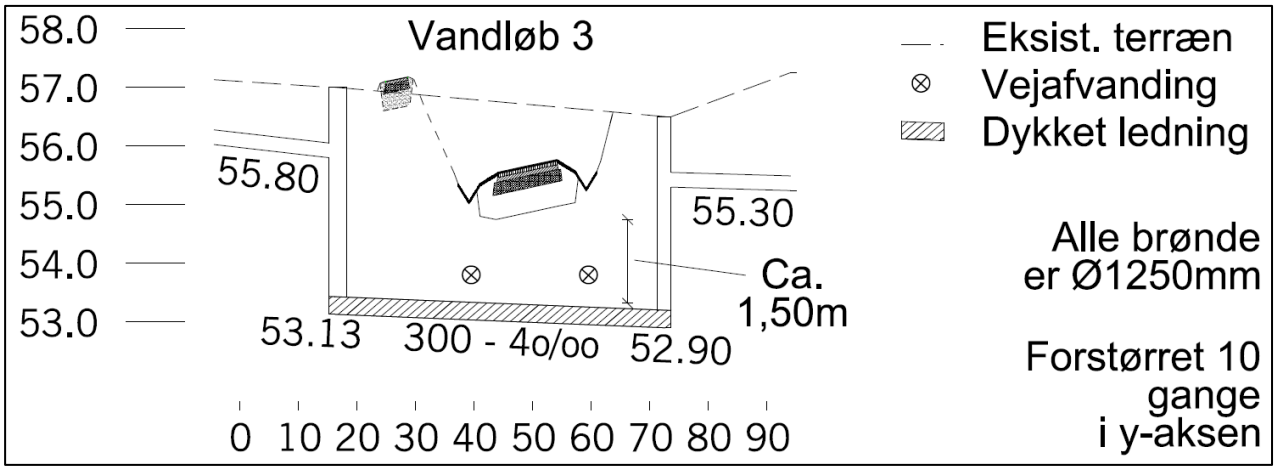
For afvanding af afskåret opland, i alt ca. 11,7 ha, etableres i vvs st. 120 – 320 Ø200 mm topslidsede drænledninger. Før vejens anlæg har vandløbet oprindeligt haft afløb til en drænledning på vejens højre side, og det oprindelige vandløb har afløb til Langfredagsmosen.
Der etableres ny underføring under vejen i st. 120. Krydsningen etableres som Ø300mm dykket ledning, som efterfølgende har afløb til eksisterende 5” drænledning. Krydsningen etableres med samme princip som vandløb nr. 3.
Der føres hverken mindre eller mere vand til Langfredagsmosen i forbindelse med Ringvejens etablering.

Vandløb nr. 3, vvs st. 560

For afvanding af afskåret opland etableres der på tværs af vejen en Ø300 mm ledning. Før vejens anlæg har vandløbet oprindeligt haft afløb til en drænledning på vejens højre side, og det oprindelige vandløb har afløb til Klokkedal Å.

Ved vejens anlæg er vandløbet blevet skåret over. Vandløb nr. 3 får afløb til eksisterende Ø150 mm drænledning på vejens højre side, der har afløb til Klokkedal Å.

For at kunne tilslutte den eksisterende drænledning etableres vandløb nr. 3 som en dykket ledning under vejen.
Længdeprofil for vandløb 3 er vist på nedenstående figur.



Figur 1: Længdeprofil for dykket ledning (vandløb 3)

Vandløb nr. 4, vvs st. 320 - 560
For afvanding af afskåret opland, i alt ca. 14,3 ha, etableres i vvs st. 320 – 560 Ø200-Ø250 mm topslidsede drænledninger. Før vejens anlæg har vandløbet oprindeligt haft afløb til en drænledning på vejens højre side, og det oprindelige vandløb har afløb til Klokkedal Å. Ved vejens anlæg bliver vandløbet skåret over, og man har givet den afskårne del af vandløbet afløb til vandløb nr. 3, der har afløb til eksisterende drænledning på vejens højre side.

Vandløb nr. 5, vvs. st. 550 - 690
For afvanding af afskåret opland, i alt ca. 14 ha, etableres i vvs st. 550 – 690 en Ø150 mm topslidset drænledning. Før vejens anlæg har vandløbet oprindeligt haft afløb til en drænledning på vejens højre side, og det oprindelige vandløb har afløb til Klokkedal Å. Ved vejens anlæg er vandløbet blevet skåret over, og man har givet den afskårne del af vandløbet afløb til vandløb nr. 3, der har afløb til drænledning på vejens højre side.

Skæring m. Klokkedalsvej st. 820
Den eksisterende del af Klokkedalsvej, der ligger nord for Ringvejen, afvander i dag til grøfter på begge sider af vejen, hvor det formodes at nedsive. Den eksisterende del af vejen, der ligger syd for Ringvejen, afvander i dag til et lille trug inden skoven, og til siden af vejen inde i skoven, hvor det må formodes at nedsive eller har diffus udledning til skoven.
Den nye vej etableres med tagformet tværprofil. Vejen har et dybdepunkt i st. 435* nord for Ringvejen og et toppunkt i st. 625* lige syd for Ringvejen.

Strækningen fra toppunktet i st. 625* og mod syd afvandes til grøft/trug, hvor det vil nedsive. Den eksisterende del af Klokkedalsvej, der tilsluttes den nye Klokkedalsvej, afvandes til det eksisterende trug langs vejen, hvorfra det vil nedsive.

Strækningen fra toppunktet og mod nord frem til stien st. 480* til 625* afvandes til Ringvejen.

Strækningen fra stien og mod nord afvandes ved hjælp af grøft/trug til Ringvejen. Der medtages ca. 75 m af den eksisterende Klokkedalsvej, der afvandes til Ringvejen.

Skæring m. Nordrevej st. 1450
Vejen krydser i st. 1450 Nordrevej, der er en mindre adgangsvej ned til en spejderlejr. Den eksisterende adgangsvej afvander til grøft/trug, hvorfra det må formodes at nedsive.

Den nye adgangsvej får et toppunkt lige vest for krydsningen med ringvejen. Den nye vej etableres med tagformet tværprofil, hvor den fortsat skal afvande til grøft. Grøften bliver flyttet ud i forbindelse med at den nye adgangsvej udvides en smule i forhold til den eksisterende.

Strækningen fra toppunktet og ned til spejderhytten afvander til nedsivningsgrøfter.

Strækningen fra toppunktet og mod vest afvander til Ringvejen via grøft.

Vandløb nr. 6 st. 1970
Omkring stitunnel etableres en Ø300mm ledning på tværs af Ringvejen for at sikre de fremtidige afvandingsmuligheder. Ledningen etableres i et mindre dybdepunkt og kan benyttes, hvis der på sigt er behov for drænmuligheder for omkringliggende lodsejere.

Skæring m. sti fra Nordrevej st. 1990
Ringvejen krydser i st. 1990 en ny sti fra Nordrevej. Stien føres under vejen. Stien har fald fra Nordrevej og ned mod regnvandsbassin 2. Da stien ligger lavere end ringvejen, vil stien have sit eget afvandingssystem, der tilsluttes bassin 2. Stien kommer endvidere til at rumme hovedafvandingen fra Ringvejen idet denne ikke kan passere stitunnelen.

Regnvandsbassin nr. 2
Regnvandsbassin 2 er placeret i st. 2160 og modtager vejvand fra vejens st. 945-2160, stien mellem Klokkedalsvej og Nordrevej st. 310-620*, stien langs Klokkedal til Bollervej st. 0-230*, dele af Nordrevej samt udledningen fra regnvandsbassin nr. 1.

Bassinet er et internt bassin, dvs. at vandet neddrosles i bassinet og ledes tilbage til Ringvejens afvandingssystem.

Reduceret areal ca. 2,9 ha. (inkl. areal for bassin 1)

Overskridelseshyppigheden er sat til hvert 5. år.

Bassinet har et afløb på 10-20 l/s.

Bassinet er projekteret med anlæg a=10, for at få bassinet til at virke naturligt i terrænet. Der er ligeledes ikke anvendt bygværker, men stensikringer ved dykket ind- og udløb. Bassinet er designet, så det består af to dele, der er adskilt af en vold placeret 10cm under vandspejl. Forbassinet fungerer som et sandfang. Kanten af bassinet designes så det fremstår med en lang overfaldskant mod SØ så det sikres at eventuelt overløb sker diffust.

Bassinet har afløb til ledning nr. 6 til Ringvejens interne afvandingssystem.

Ledning nr. 7, vhs st. 2220
Som afløb fra regnvandsbassin nr. 2 etableres en afløbsledning i vhs st. ca. 2220.

Ledning nr. 7 har afløb til Ringvejens interne afvandingssystem.

Opland vvs. st. 2200 – 2390
Mindre eksternt opland (ca. 0,9 ha.) falder mod Ringvejens grøfter Oplandet optages i Ringvejens interne afvanding.

Skæring m. Bollervej st. 2940
Ringvejen krydser i st. 2940 Bollervej, der er en eksisterende landevej. Ringvejen føres under Bollervej. Bollervej afvander i dag til trug/grøft langs vejen, hvor vandet nedsiver i truget/grøften.

Bollervej tilsluttes Ringvejen i et hankanlæg. Den nye nordvestrampe skal afvande til Ringvejen. Den nye nordøstrampe skal afvande til Ringvejen.

Bollervej vest for Ringvejen skal afvande til Ringvejen. Bollervej øst for Ringvejen samt cykelsti afvandes til til ny ledning mod nord, der etableres i forbindelse med stitunnel. Ledningen leder vandet til regnvandsbassin 3.

Vandløb nr. 8 vvs. st. 2940
Der etableres ny tværgående ledning (blind underføring) under Bollervej. Ledningen afvander et mindre dybdepunkt, som i dag også ledes under Bollervej. Den eksisterende ledning er gået i stykker, så der etableres en ny Ø 300mm ledning.

Ledning nr. 9 vhs. St. 2940 - 3470
Bollervej, cykelsti og tilhørende ramper afvander til grøft/trug som føres til ledning nr. 9. Ledning nr. 9 fører vejvand til regnvandsbassin 3.

Stitunnelen har et dybdepunkt under Bollervej i tunnelen ca. st. 2940. Stiens toppunktet er i ca. st. 3050. Ledning nr. 9 placeres dybt, da den skal kunne afvande stitunnelen.
Længdeprofil for ledning nr. 9 er vedlagt som bilag.

Regnvandsbassin nr. 3
Regnvandsbassin 3 er placeret i st. 3500 og modtager vejvand fra vejens st. 2160-3800, stien langs Klokkedal til Bollervej st. 230-960, stien under Bollervej og frem til Bollerstien, hankeanlægget der forbinder Bollervej med den nye Ringvej samt udledningen fra regnvandsbassin nr. 1 og 2.

Reduceret areal ca. 5,85 ha. (inkl. areal for bassin 1 og 2)

Overskridelseshyppigheden er sat til hvert 5. år.

Bassinet har et afløb på 15 l/s

Bassinet er projekteret med varierende anlæg, men med minimum a =10, for at få bassinet til at virke naturligt i terrænet. Der er ikke anvendt bygværker, men stensikringer ved dykket ind- og udløb. Bassinet er designet, så det består af to dele, der er adskilt af en vold placeret 10 cm under vandspejl. Forbassinet fungerer som et sandfang.

Bassinet har afløb til ledning nr. 10, der leder vandet til eksisterende grøft, som leder vandet til Horsens Fjord.

Ledning nr. 10, vhs st. 3680-3750
Som afløb fra regnvandsbassin nr. 3 etableres en afløbsledning i vhs st. ca. 3680-3750.

Ledning nr. 10 har afløb til vandløb nr. 11, der har afløb til Fjorden via en eksisterende grøft nord for Bollerstien. Grøften skal sandsynligvis oprenses.

Skæring m. Bollersti st. 3820
Den eksisterende Bollersti føres under Ringvejen st. 3820. Bollerstien afvander i dag til trug/grøft langs stien.

Bollerstien etableres med trug på begge sider af stien, hvor vandet ledes til et dybdepunkt øst for Ringvejen. Truget har afløb fra dybdepunktet til fjorden via eksisterende grøfter i området.

Stien der løber langs Ringvejen har dybdepunkt før tilslutningen til Bollerstien. Dybdepunktet afvandes ligeledes til fjorden via eksisterende grøfter i området.

Eksisterende trug/grøft tilsluttes stiens nye trug.

Vandløb nr. 11, vhs st. 3740
For afvanding af afskåret opland etableres der på vejens højre side en Ø300 mm ledning under Bollerstien. Vandløb nr. 11 har afløb til eksisterende grøft i vejens højre side med udløb til Horsens Fjord. Grøften skal sandsynligvis oprenses.

Vandløb nr. 12, vvs st. 3830
For afvanding af afskåret opland, i alt ca. 133,2 ha, etableres der på tværs af Bollerstien en Ø400 mm ledning. Før vejens anlæg har vandløbet oprindeligt haft afløb til grøfter på vejens højre side, der har udløb til Horsens Fjord.

Ved vejens anlæg er vandløbet blevet skåret over, hvor man har samlet eksisterende dræn og opland op i vandløb nr. 12, som har afløb til vandløb nr. 14 på vejens venstre side, der har afløb til eksisterende grøft med udløb til Horsens Fjord.

Vandløb nr. 13, vvs st. 3980 - 3910
For afvanding af afskåret opland, i alt ca. 1,3 ha, etableres i vvs st. 3980 – 3910 en Ø150 mm topslidset drænledning. Før vejens anlæg har vandløbet oprindeligt haft afløb til en grøft, der har udløb til Horsens Fjord.

Ved vejens anlæg er vandløbet blevet skåret over, og man har givet den afskårne del af vandløbet afløb til vandløb nr. 14, der har afløb til eksisterende grøft på vejens højre side og har udløb til Horsens Fjord. Eksisterende grøft oprenses i nødvendigt omfang for at vandet kan ledes til Horsens Fjord.

Vandløb nr. 14, st. 3910
For afvanding af afskåret opland, i alt ca. 134,5, etableres i st. 3910 en Ø400 mm tværgående ledning under Ringvejen. Før vejens anlæg har vandløbet oprindeligt haft afløb til en grøft, der har udløb til Horsens Fjord.

Vandløb nr. 14 har afløb til eksisterende grøft i vejens højre side med udløb til Horsens Fjord. Eksisterende grøft oprenses i nødvendigt omfang for at vandet kan ledes til Horsens Fjord. Vandløb nr. 14 tager vand fra vandløb nr. 12 og vandløb nr. 13.
Vandløb nr. 14 etableres med kontraklap/højvandslukke for at sikre mod tilbagestuvning.

Dæmning over Dagnæs Bæk, st. 3800 – 4100
Afvanding af befæstede arealer henover Dagnæs Bæk sker ved diffus udledning, hvor vandet løber udover rabat og skråninger. Vandet nedsiver enten på skråningerne, ved skråningsfod på deponihalvøen eller løber i fjorden.

Reduceret areal ca. 0,4 ha.

Deponihalvø, st. 4100 - 4500
Afvanding af befæstede arealer opsamles og ledes til olieudskiller inden uforsinket udløb til Bygholm Å (udmunding til Horsens Fjord).

Reduceret areal ca. 0,6 ha.

Afløb fra kl. 2 olieudskiller på 90 L/s ved 150 L/s/ha

Dæmning over Bygholm Å, st. 4500 - 4710
Afvanding af befæstede arealer henover Bygholm Å sker ved diffus udledning, hvor vandet løber udover rabat og skråninger. Vandet nedsiver enten på skråningerne, ved skråningsfod på deponihalvøen eller løber i fjorden.

Reduceret areal ca. 0,3 ha.

Ove Jensens Allé, st. 4710 – 4900
Afvanding af befæstede arealer opsamles og ledes til olieudskiller inden uforsinket udløb til Bygholm Å (udmunding til Horsens Fjord).

Reduceret areal ca. 0,25 ha.

Afløb fra kl. 2 olieudskiller på 38 L/s ved 150 L/s/ha

NOTAT

TIL: Helene Elna Nord, Horsens Kommune

FRA: Claus W. Petersen, WSP

EMNE: Udløbsledning fra Bassin 3

DATO: 27-09-2024

UDLØBSLEDNING FRA BASSIN 3

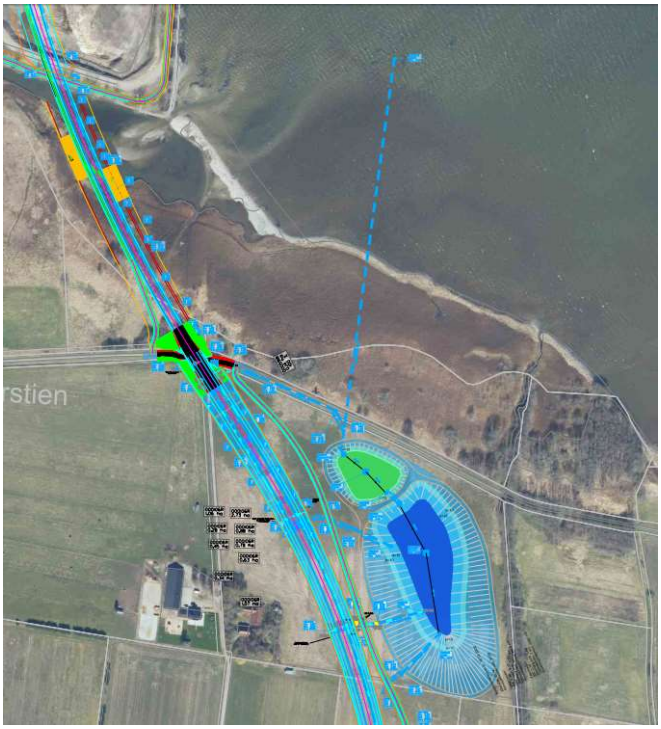
Området og ledningen

Udløbsledningen fra bassin 3 starter på landbrugsjord, løber over Bollerstien, videre ud i beskyttet naturtyper: Mose og Strandeng, hvorefter den forsætter ud i Horsens fjord.

Dybder og havbundssammensætning i trace for udløbsledning er pt. ikke opmålt. Ud fra eksisterende søkort er bunden frem til sejlrenden i en dybde på til 2-3 m, i sejlrenden er der ca. 6 m. Cirka 200-250 m fra kysten ser der ud til at være et spring i havbunden omkring 2 meter kurven. Udløbet planlægges at blive lagt i den formode skråning. Iht til Miljøstyrelsens hjemmeside: *Bunden af Horsens Fjord består hovedsageligt af sand og det mere finkornede silt. Det gør den velegnet til blomsterplanter, der holder sig fast i fjordbunden ved hjælp af et rodnet. Horsens Fjord har således store lavvandede områder, som er velegnede voksesteder for ålegræs*.[https://mst.dk/erhverv/rig-natur/naturen-i-danmark/novana-overvaagning-af-natur-og-vandmiljoe/guider-til-danske-vandomraader/marin/horsens-fjord].

Ledningsanlægget er pt. på disposition/anlægsfase niveau. Endelig placering og længde af ledning ligger pt. ikke fast.

Dimension på ledning kendes pt. ikke, men skønne til at blive i størrelsesorden 500-700 mm i diameter. Ledning forventes udført som en svejst PEH plastledning, og udløbsbygværket som et frit udløb i skråning ved 2-3 meter kurven.



Oversigtskort 1. Foreløbig placering af udløbsledning fra bassin 3.



Oversigtskort 2. Beskyttede naturtyper ved bassin 3 og udløbsledning.



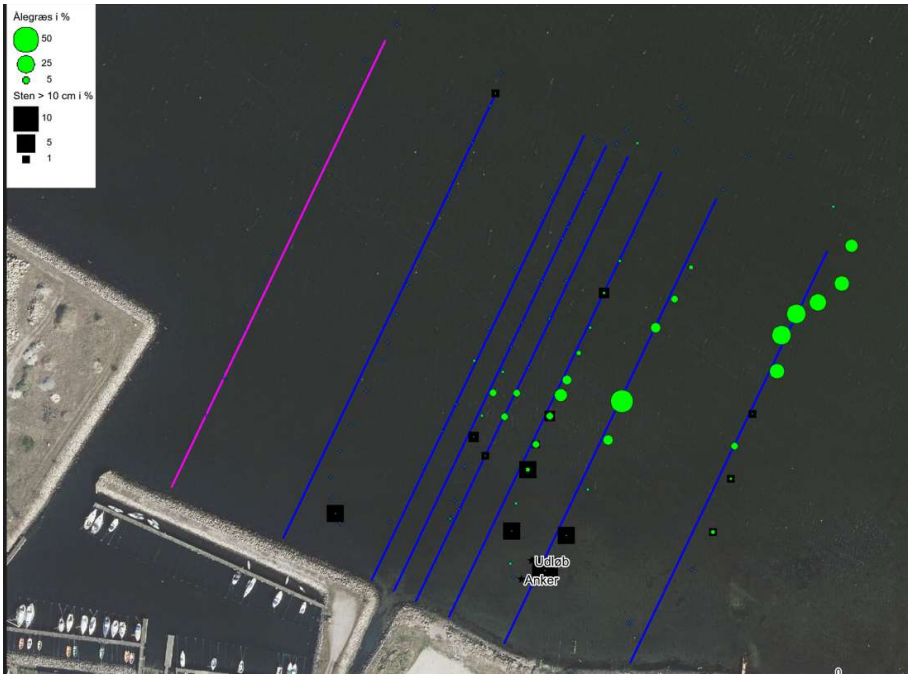
Oversigtskort 3. Søkort.

Registreringer

Opmåling

Havbunden og mose/strandeng er pt. ikke opmålt. Det anbefales at mose/strandeng opmåles på traditionelvis med landinspektør. Havbunden anbefales opmålt med paravane dykning i det skitserede trace, samt et par parallelle alternativer, hvor dybder, genstande på bunden og beplatning registreres (Habitatkortlægning). Ud fra opmålingen kan traceets egnethed bedre vurderes og indgå i ansøgning til udledningstilladelse.

Af søkort fremgår der ingen kabler eller andre genstande på havbunden i det planlagte trace.



Oversigtskort 4. Eksempel på havbundsopmåling med paravan dykning.

Marinearkæologi

I Slots- og Kulturstyrelsens klassifikation af havbund (zonekort) er området indplaceret i kategorien: *Høj. I det kystnære områder (markeret med rød farve på kortet) er der stor eller meget stor sandsynlighed for at støde på kulturlevn fra alle tider, der er beskyttet af museumsloven. Især stenalderbopladser og sejlspærringer er talrigt repræsenteret på disse fortrinsvis lavvandede farvandsområder, men også mange historiske skibsvrag findes i bløde og slammede kystnære aflejringer.* [https://slks.dk/marinarkaeologisk-vejledning/klassifikation-havbunden].

Det anbefales, at der igangsættes en høring på søterritoriet, som er første fase af i alt fire faser ifm. marinarkæologiske aktiviteter (Høring på søterritoriet, Planlægning af marinarkæologisk aktivitet, Gennemførelse af marinarkæologisk aktivitet og Efter en marinarkæologisk aktivitet).



Oversigtskort 5. Zonekort – kulturhistoriske klassifikation af havbund.

Sedimentprøver

Der er i 2016 udtaget sedimentprøver i et område grænsende op til området udløbsledningen. Prøverne viste, at miljøkravene til arsen, zink og TBT er overskredet i næsten alle prøver. Stofferne er bundet til sand- og siltpartikler på havbunden. Ved gravning på havbunden vil sedimenter bliver opblandet i vandfasen, indtil de falder ned på havbunden igen. Derved kan der potentielt ske en spredning af stofferne. For at begrænser en eventuel spredning anvendes siltgardiner, så sedimenterne holdes inden for et afgrænset område og stoffer bliver i samme område. Der ændres derved ikke ved områdets totale mængde af stoffer.

		Horsens Fjord, indsamlet august 2016 område 3	Miljøkvalitetskrav BEK1625/ERL/EQS$_N$
TS	%	53,2	-
TOC	% TS		-
Glødetab	% total prøve	3,35	-
Glødetab	% TS		-
As	mg/kg TS	5,8	8,2**; 3***
Pb	mg/kg TS	10	163*; 47**
Cd	mg/kg TS	0,59	3,8; 1,2**
Cr	mg/kg TS	11	81**; 600***
Cu	mg/kg TS	18	34**;64***
Hg	mg/kg TS	0,04	0,15**
Ni	mg/kg TS	8,8	21**;12***
Zn	mg/kg TS	50	150**;49***
TBT	µg/kg TS	3,51	0,8**OBS
PAH (sum af 16)	mg/kg TS	-	0,9***

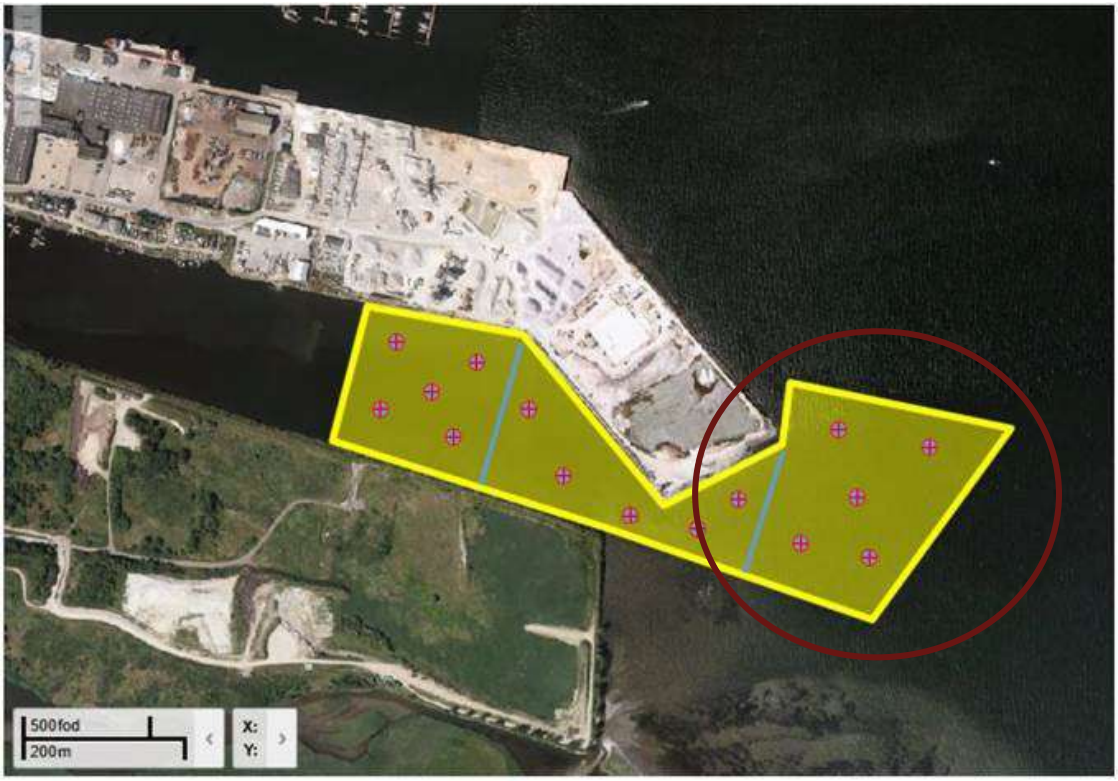
Noter til miljøkvalitetskrav:

*Nationale krav fra Bekendtgørelse om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand, BEK nr. 1625 af 19/12/2017

**ERL (Effects Range Low) udviklet af US-EPA til screening af økologisk relevans af sedimentkoncentrationer.

***Norske kvalitetskriterier tilpasset danske forhold.

Tabel 1. Indhold af miljøfarlige stoffer i sedimentprøver for østlige område på oversigtskort 6. Yderste højre kolonne oplister relevante miljøkvalitetskrav for koncentrationer i sediment. Røde felter angiver koncentrationer der overskrider miljøkvalitetskrav.



Oversigtskort 6. Placering af sedimentprøver i forundersøgelser 2016. Prøveområdet er delt i tre delområder 1, 2 og 3 fra venstre mod højre.

Anlægsarbejdet

Anlægsarbejdet består primært af tre faser.

Fase 1

Gravning og lægning af ledning på land fra bassin og frem til Bollerstien/beskyttet natur. Der er landbrugsjord og forventes udført ved traditionel gravning, omkringsfyldningsmaterialer af sand og tilbagefyldning med opgravende materialer.

Fase 2

Lægning af ledning gennem beskyttet natur. Der er flere muligheder alt efter krav fra myndighed.

Den mest sandsynlige vil være en mikrotunnellering med en udstrækning fra afslutningen af fase 1 til vandkanten ved fase 3. Det vil være nødvendigt med tørre byggegrubber i begge ender. Der bores med stor præcision fra den ene byggegrube til den anden.

Den foretrukne løsning vil være at grave, hvis myndigheden kan tillade det. Graveområdet vil blive begrænset mest muligt og vil skønsmæssig udgøre et trace med en bredde på op til 6 m. De øverste lag holdes adskilte fra de nedre lag. De opgravede bundmaterialer lægges langs udgravningen, så de kan lægges ned samme sted igen. Ledningen udføres som svejst ledning. Efter lægning af ledning i udgravning tilbagefyldes med de opgravende materialer, der afsluttes med tilbagelægning af de øverste lag, så flora & fauna har de bedste muligheder for hurtig retablering.

Der anvendes gravemaskiner på larvebånd som trykker mindre på jorden, mose og eng.

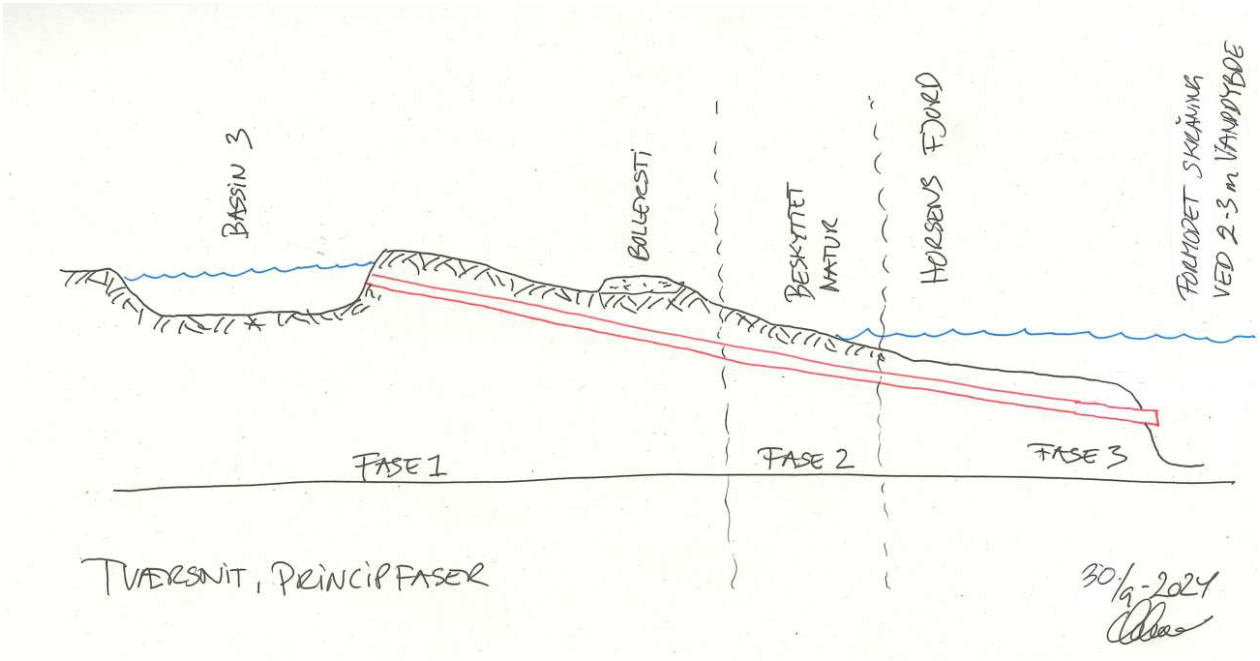
Fase 3

Lægning af ledning i fjorden. Udføres med gravemaskine fra flydende pram. Hvis det ikke er muligt at holde de opgravede materialer på siden af udgravningen, kan det blive nødvendigt at spule ledningen ned, helt eller på delstrækninger. Gravedybde forventes af væres 1-1,5 m, således at der er min. 0,5 m havbundsjorddækning på ledningen efter udførsel. De opgravede bundmaterialer lægges langs udgravningen på havbunden, så de kan lægges ned samme sted igen. Ledning udføres med ballastklodser, så den kan holdes nede på bunden. Ledning svejses på land (Horsens Havn eller tilsvarende sted fri for beskyttet natur) og transporteres frem til stede via fjorden. Efter sammensvejsning med ledning fra fase 2, lægges ledning i udgravning og der tilbagefyldes med de opgravende materialer på havbunden. Overskudsmaterialer udlægges langs ledningstraceet, så dybdeforringelsen ikke overstiger 20 cm. Såfremt der er ålegræs i udgravningstraceet høstes det inden udgravning og plantes i midlertidigt depot i nærheden, efter endt udgravning høstes ålegræs i mellemdepotet og genplantes i traceet.

For at mindske sedimenttransport udføres udgravningen med siltgardiner. På hver side af udgravningen udlægges en flydeline med siltgardiner som hænger fra flydelinen og ned på havbunden. Derved skabes en dug/gardin som kan fange lettere sedimenter, som så bundfælder ved siltgardinet. Det begrænser spredningen af sedimenter. Gardiner og flydeliner etableres i udgravningens fulde længde. Udløbets åbning placeres i skråning til sejlrende, så der er frit udløb. Se principtværsnit, Tegning 1.

Anlægsarbejdet udføres bedst om vinteren, hvor der er lav biologisk aktivitet.

Et alternativ til gravning er en styret boring. De kan ikke udføres med samme præcision og hindringer i havbunden kan gøre det umuligt at bore. Der vil kunne ske udslip af bentonit-ler op gennem boringer og ud af havbunden. Det er ikke sikkert at det er muligt at gennemføre boringen pga. den lille afstand fra top af rør til havbund. Fordelen er at der vil ske en væsentlig mindre opblanding af sedimenter i vandfasen.



Tegning 1. Tværsnit. Princip for faseinddeling.



Foto 1. Eksempel på siltgardin.



Foto 2. Eksempel på siltgardin.



Foto 3. Eksempel på siltgardin.

Dato oprettet: 19.11.2024 Dato opdateret: 24.04.2026

Opfylder krav for volumen
Opfylder ikke krav for volumen

Oplande

Bassin 4

250 m3/red. Ha SVK regneark

Dato	Red. Opland [ha]	Gentagelsesperiode	Afløbstal [l/s]	Vådvol nødv. [m3]	Stuvningsvol nødv. [m3]	Vådvol proj. [m3]	Stuvningsvol proj. [m3]
2024.11.19	1,81	T=20	20	454	1400	770	1150

Bassin med filterløsning

Bassin 4 (Havnebassin)

	Areal (Ha)	Afløbskoefficient	Red. Ha
Bassin	0,28	1	0,28
Vej	1,48	1	1,48
Vej banketter	0,18	0,3	0,05
Sti +stibanketter	0	0,3	0,00
Samlet	1,94		1,81

Bassin 4 dimensioner

Bundareal	498
VSP areal	1042
Stuvning areal	1745
VSP højde	1
Stuvning højde	0,5

Filter dimensioner

Bundareal	498
VSP areal	-
Stuvning areal	1042
VSP højde	-
Stuvning højde	0,5

Bassin 3

250 m3/red. Ha SVK regneark med 6,17 ha (resten forsinkes i bassin 1+2)

Dato	Red. Opland [ha]	Gentagelsesperiode	Afløbstal [l/s]	Vådvol nødv. [m3]	Stuvningsvol nødv. [m3]	Vådvol proj. [m3]	Stuvningsvol proj. [m3]
2025.01.24	11,57	T=20	30	2892	6400	6751	8546

Bassin med filterløsning

Bassin 3

	Areal (Ha)	Afløbskoefficient	Red. Ha
Bassin	2,73	1	2,73
Vej	1,69	1	1,69
Vej banketter	3,56	0,3	1,07
Sti +stibanketter	2,27	0,3	0,68
Samlet	10,25		6,17

Bassin 3 dimensioner

Bundareal	4757
VSP areal	8745
Stuvning areal	11269
VSP højde	1
Stuvning højde	0,5

Filter dimensioner

Bundareal	6245
VSP areal	-
Stuvning areal	7925
VSP højde	-
Stuvning højde	0,5

Bassin 2

250 m3/red. Ha + tillæg fra opstrøms bassin SVK regneark

Dato	Red. Opland [ha]	Gentagelsesperiode	Afløbstal [l/s]	Vådvol nødv. [m3]	Stuvningsvol nødv. [m3]	Vådvol proj. [m3]	Stuvningsvol proj. [m3]
2024.11.19	3,85	T=20	14	1011	3500	4500	4250

T=20

Bassin 2

	Areal (Ha)	Afløbskoefficient	Red. Ha
Bassin	1,06	1	1,06
Vej	1,43	1	1,43
Vej banketter	3,29	0,3	0,99
Sti +stibanketter	1,25	0,3	0,38
Samlet	7,03		3,85

3542,5

Bassin 1

250 m3/red. Ha SVK regneark

Dato	Red. Opland [ha]	Gentagelsesperiode	Afløbstal [l/s]	Vådvol nødv. [m3]	Stuvningsvol nødv. [m3]	Vådvol proj. [m3]	Stuvningsvol proj. [m3]
2024.11.19	1,55	T=20	9 (18)	386,25	2100	555	2160

Dimensioner optimeret ved at sænke vådvolumen (T=20)

Bassin 1

	Areal (Ha)	Afløbskoefficient	Red. Ha
Bassin	0,34	1	0,34
Vej	0,62	1	0,62
Vej banketter	1,15	0,3	0,35
Sti +stibanketter	0,8	0,3	0,24
Samlet	2,91		1,55

Tillæg til permanent volumen fra opstrøms bassiner:

CDS regn gennemsnit	2,65	µm/s
Afløbstal	5	l/s
Hektar	0,19	red. ha

Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Etablering af filteranlæg til efterpolering af vejvand

Vollertsen, Jes; Kristensen, Niels Krogh; van Alst, Nikki

Published in:
Trafik & Veje

Publication date:
2018

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

Link to publication from Aalborg University

Citation for published version (APA):
Vollertsen, J., Kristensen, N. K., & van Alst, N. (2018). Etablering af filteranlæg til efterpolering af vejvand. *Trafik & Veje*, *95*(5), 52-55. http://asp.vejtid.dk/Artikler/2018/05/8984.pdf

General rights
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy
If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from vbn.aau.dk on: november 14, 2023

Etablering af filteranlæg til efterpolering af vejvand

Når vejvand udledes til følsomme recipienter såsom søer, mindre vandløb med høj målsætning eller Natura 2000 områder, kan det være hensigtsmæssigt at rense vandet før udledningen. Dette gøres almindeligvis i regnvandsbassiner, nedsivningsbassiner eller nedsivningsgrøfter. I enkeltstående tilfælde kan recipienten være så følsom, at det er hensigtsmæssigt at rense vejvand mere end, hvad de almindeligt anvendte teknologier kan klare. Dette kan gøres ved at efterpolere vejvandet for eksempel i et filteranlæg. To sådanne anlæg er bygget i fuld skala på motorvejen mellem Aarhus og Silkeborg.

Jes Vollertsen, Aalborg Universitet
jv@civil.aau.dk

Niels Krogh Kristensen, Vejdirektoratet
nkk@vd.dk

Nikki van Alst, Aalborg Universitet
nva@civil.aau.dk

Hvornår skal vejvand efterpoleres?

Det første spørgsmål, der trænger sig på, er, hvornår vejvand skal efterpoleres. Veldimensionerede våde regnvandsbassiner, nedsivningsbassiner eller nedsivningsgrøfter bringer de fleste miljøskadelige stoffer ned på eller endog under niveau af, hvad der forekommer i selv følsomme recipienter. Almindelige våde regnvandsbassiner, nedsivningsbassiner eller nedsivningsgrøfter leverer derfor i langt de fleste tilfælde en fuldt tilstrækkelig rensning af vejvandet. Det således rensede vejvand kan uden problemer udledes til langt de fleste vandløb, søer, fjorde og hav. I enkeltstående tilfælde

kan det være hensigtsmæssigt at rense vejvandet yderligere.

Hvorvidt vejvandet bør renses mere end, hvad de almindeligt anvendte teknologier kan, bestemmes af, hvor følsom recipienten er i forhold til den påtænkte udledning såvel af stoffer som temperatur. Teknologien kan også anvendes, hvis miljømyndigheden vurderer, at vejvandet ikke kan nedsives, og overfladerecipienten samtidig er særligt følsom. Teknologien kan også benyttes før nedsivning, hvor den naturlige beskyttelse af grundvandet mangler for eksempel pga. en for ringe lertykkelse eller for kort afstand til grundvandet. Overvejes en efterpolering af vejvand, skal der i hvert enkelt tilfælde foretages en analyse af, hvilke stoffer eller fysiske egenskaber, der gør vandet specielt problematisk i forhold til den konkrete recipient. Det skal derpå konkret vurderes, hvorvidt den planlagte efterpoleringsteknologi kan nå det ønskede mål.

Renseprocesser

Hovedparten af vejvands indhold af stof udgøres af partikler eller stoffer, der er bundet til partikler. Partikelindholdet målt som suspenderet stof ligger oftest i intervallet 30-300 g/m^3 med typiske værdier omkring 90 g/m^3. En del af disse partikler er støv fra de omgivende arealer, mens andre stammer fra trafikrelateret aktivitet. Et eksempel på sidstnævnte er mikroplast i form af afrivning af partikler fra dæk. Denne kilde er erkendt at udgøre mere end halvdelen af den samlede udledning af mikroplast i Danmark. Når vejvand skal renses, er det derfor væsentligt, at det system, der anvendes, kan fjerne partikler. Partikler kan grundlæggende set fjernes ved bundfældning eller filtrering. Våde regnvandsbassiner gør brug af bundfældning, mens nedsivningsbassiner og nedsivningsgrøfter gør brug af filtrering.

Ud over partikler eller miljøskadelige stoffer bundet til partikler findes der en mindre mængde opløste miljøskadelige stoffer i vejvandet. Opløst miljøskadeligt stof kan fjernes ved binding til partikler og overflader (sorption), ved udfældning med andre opløste stoffer i vandet eller ved biologisk omsætning. I våde regnvandsbassiner, nedsivningsbassiner og nedsivningsgrøfter forekommer disse processer i et vist omfang naturligt. På dette punkt ligner våde regnvandsbassiner små naturlige søer, hvor der på naturlig vis sker en tilbageholdelse og nedbrydning af opløste og kolloide stoffer. På tilsvarende vis vil en naturlig jord tilbageholde og omsætte en lang række opløste og kolloide stoffer. Nedsivningsbassiner og nedsivningsgrøfter består af naturlige jorder og vil derfor også tilbageholde og nedbryde en lang række opløste og kolloide stoffer.

Effektiviteten af et vådt regnvandsbassin til at tilbageholde og omsætte miljøskadelige stoffer afhænger af dets design. Kort fortalt afgør vandets middelopholdstid i det våde volumen, hvor effektivt et sådant bassin renser. Erfaringen siger, at hvis det våde volumen er 200-250 m^3/red.ha, vil en yderligere øgning af volumenet ikke medføre en yderligere rensning. Ved design af våde regnvandsbassiner skal der endvidere tages højde for en række praktiske forhold, såsom at undgå kortslutningsstrømme, begrænse overløbskanthastigheden, have en tilpas vanddybde, m.v. Effektiviteten af nedsivningsbassiner og nedsivningsgrøfter afhænger af jordens evne til at filtrere og dens evne til at binde opløst og kolloidt stof. Her gælder generelt, at en uensartet jord med lav hydraulisk ledningsevne er god til at filtrere. Jordens evne til at binde opløst stof bestemmes af dens pH, dens indhold af organisk stof og diverse mineraler. En effektiv jord til binding af opløste stoffer bør derfor være basisk samt have et højt indhold af for eksempel organisk stof, lermineraler, kalkmineraler, jernmineraler eller aluminiummineraler.

Filtres virkemåde

Filteranlæg til efterpolering af vejvand bringer en kombination af bundfældning, filtrering og sorption i spil. Et filteranlæg kombinerer renseprincipperne vi kender fra de våde regnvandsbassiner, nedsivningsbassiner og nedsivningsgrøfter. Det første skridt i rensningen er et vådt regnvandsbassin, der har til formål at fjerne mest muligt stof ved bundfældning. Derpå ledes vandet gennem en kunstigt opbygget jord – et filteranlæg – der fjerner kolloider og opløst miljøskadeligt stof. Figur 1 viser princippet i opbygningen af et filteranlæg.

Forbassin

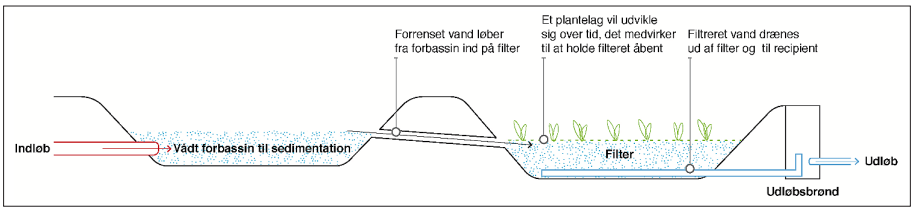
Det første trin, det våde forbassin, har til formål at tilbageholde så meget partikulært stof som muligt for herved at nedbringe belastningen på filteret. I princippet kan det våde regnvandsbassin undlades uden at miste renseeffektivitet. I så fald vil filteret tilbageholde de partikler, der ellers fanges i regnvandsbassinet. Ulempen er, at filterets overfladebelastning med partikler bliver stor, og det derfor hurtigere vil stoppe til og miste en del af sin hydrauliske kapacitet. Man kan dermed sige, at det våde regnvandsbassin sikrer en lang levetid af filteret. Som sidebemærkning kan det nævnes, at nøjagtig de samme forhold gør sig gældende for nedsivningsbassiner, hvor der også bør være en effektiv fjernelse af partikulært materiale, før vandet ledes til nedsivning, da bassinerne ellers vil have en kortere levetid.

Dette kan illustreres ved et eksempel:

- Antag at vejvandet har et suspenderet stof (TSS) indhold på 100 g TSS/m^3, og at der årligt afledes 6000 m^3 vejvand per reduceret hektar. Der kommer derfor årligt 600 kg TSS/(red.ha år).
- Antag at filteret har en overflade på 200 m^2/red.ha. Overfladen modtager derfor 3 kg TSS/(m^2 år).
- Antag at sedimentet har en afvandet massefylde på 1500 kg TSS/m^3. Der vil derfor i snit aflejre sig 2 mm/år af sediment på overfladen.

Sedimentet vil ikke aflejre sig jævnt over filterets bund, og sedimentaflejringen vil derfor med tiden medføre en ujævn bund og dermed en ujævn udnyttelse af filterets overflade. Over en 25 års periode vil der for det beskrevne eksempel i snit have aflejret sig 5 cm sediment på filterets overflade. Det skal her holdes i mente, at der er stor forskel på, hvor meget TSS de forskellige veje

Figur 1. Principskitse af filteranlæg.



bidrager med, og der derfor kan være systemer, der oplever en væsentlig større eller væsentligt mindre sedimentopbygning.

Ved at koble et vådt forbassin foran filteranlægget skabes en barriere for TSS. Et vådt forbassin fungerer præcist som et vådt regnvandsbassin og vil typisk have en fast udløbskoncentration på under 30 g TSS/m^3 ved selv relativt små bassinstørrelser. Antages for eksempel, at koncentrationen i udløbet er 15 g TSS/m^3, fås en sedimentopbygning på 0,3 mm/år i stedet for de før beregnede 2 mm/år. Dette svarer til at forlænge levetiden på filteret med cirka en faktor 7.

Et forbassin i forbindelse med et filteranlæg er kun nødvendigt, hvis der er væsentlige mængder suspenderet stof i vejvandet. Dette vil være tilfældet, hvis vejen afvandes ved kantopsamling. Benyttes i stedet grøfter til opsamling og videreledning af vejvandet, vil grøften i sig selv tilbageholde en stor del af det suspenderede stof. Det kan derfor overvejes at undlade et forbassin i denne situation. I givet fald skal man dog være sikker på, at jorderosion fra grøften ikke kan føre væsentlige mængder sediment ind på filteret.

Benyttes trug i kombination med underdræn, vil jorden over drænet virke som filter og ud over TSS fjerne en stor del af de miljøskadelige stoffer i vejvandet. Det bør i denne situation overvejes helt at undlade et filteranlæg, idet den overliggende jord formentlig vil fjerne det meste af, hvad der ellers kan fjernes i et efterfølgende filter. Der foreligger dog ikke systematiske målinger under danske forhold på rensning i vejtrug med underdræn, og effekten er følgelig ikke dokumenteret.

En effektiv reduktion af suspenderet stof opnås allerede ved relativt små specifikke volumener af forbassinet. Således er et vådt forbassin på 50 m^3/red.ha typisk tilstrækkeligt til at beskytte filteroverfladen mod sedimentopbygning. Et lille forbassin skal dog oprenses hyppigt. For eksempel bør et forbassin på 50 m^3/red.ha renses op cirka hvert 5. år. Det konkrete oprensningsbehov bestemmes af belastningen på bassinet. Ønskes en sjældnere oprensning skal bassinets volumen øges for eksempel til, hvad der typisk anvendes ved våde regnvandsbassiner. Hvis der vælges et stort bassinvolumen, kan dette med fordel opdeles i sektioner. Sektionsopdeling af et bassin vil øge stoffjernelsen og lette den efterfølgende vedligeholdelse af bassinet.

Vanddybden i forbassinet bør mindst være 1-1,5 m. Bliver vanddybden for lille (mindre end ca. 0,7 m), øges risikoen for resuspension af sediment under stormvejr, idet bølger på bassinet kan hvirvle bundsediment op. Man kan godt anlægge forbassinet med en større dybde, uden at dette skader bassinets funktion. Bassinet bør have tæt bund, således at der ikke trænger uvedkommende vand ind fra den omliggende jord. En tæt bund vil endvidere forhindre nedsivning af vejvand, hvor dette er uønsket.

Vandhastigheden i udløbet bør være tilpas lille, så resuspension af bundsediment ved udløbet undgås. Dette kan opnås på flere måder for eksempel gennem de af vejdirektoratet almindeligvis brugte betonbygværker til regulering af afløb fra våde regnvandsbassiner. Afløbet behøver i princippet ikke være droslet. Hvis det vælges at udføre afløbet uden drosling, skal der anvendes en lang overløbskant, der sikrer en tilpas lav hastighed henover kanten.

Vandfordeling

Fra forbassinet føres vandet ud på filterarealet. Vandet skal fordeles så jævnt som muligt på filteret, således at overfladen belastes så jævnt som muligt. En jævn vandfordeling kan være en udfordring, og den konkrete udformning af vandfordelingen må i hvert enkelt tilfælde bestemmes af de lokale forhold. En mulighed er at lave en manifold, hvor tilløbsrøret forgrener sig ud til forskellige punkter på filteroverfladen.

Hvor vandet løber ud på filteroverfladen, skal denne sikres mod erosion fra vandstrålen. Dette gøres for eksempel ved at etablere stensætninger omkring udløbet. Hvis det vælges at lede vandet uden drosling fra forbassinet og ind på filteret, skal erosionssikringen være tilsvarende modstandsdygtig, idet erosionen kan blive voldsom.

Filteret

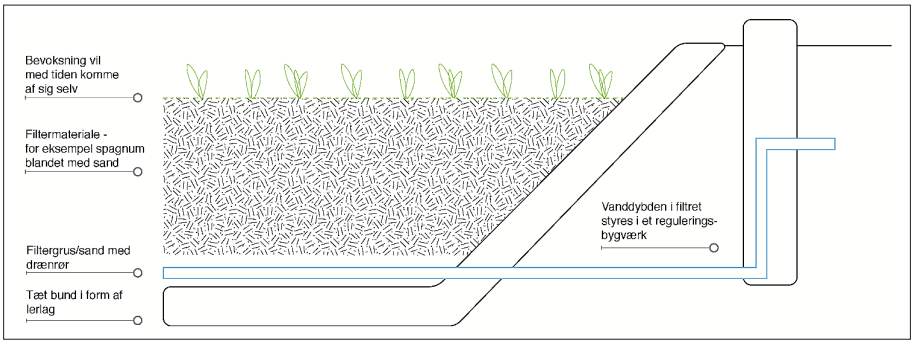
Selve filteret består af et eller flere lag designet jord – også kaldet filtermaterialer eller filterjord. Der er mange jordtyper, materialer eller blandinger heraf, der kan anvendes til dette formål, og beskrivelsen af materialevalg i nærværende vejledning er derfor ikke udtømmende, men alene et eksempel på, hvordan et filter kan opbygges.

Det er jordens indhold af organisk stof og mineraler samt dens pH, der styrer, hvor effektiv den er til at tilbageholde opløst og kolloidt stof. Derudover bestemmer jordens kornstørrelser og uensartethed, hvor effektiv den er til at tilbageholde fine partikler. Vejvand indeholder en lang række stoffer på finpartikulær og kolloid form samt stof på opløst form. Mange af disse komponenter er af naturlig oprindelse og ganske uproblematiske, men en mindre del er miljøskadelige stoffer fra trafik, asfalt, skilte, autoværn, afstribning, og lignende, eller fra atmosfærisk deposition på vejarealerne.

Hvilke stoffer, der konkret er tale om, er vanskeligt at forudse, idet stoffernes forekomst er variabel fra sted til sted samt over tid. Filteret bør derfor sammensættes, så det dels har gode filteregenskaber over for finpartikulære og kolloide partikler og dels kan tilbageholde et bredt spektrum af opløste stoffer. I denne sammenhæng kan det som tommelfingerregel antages, at organisk stof er godt til at binde organiske forbindelser som fx PAH, mens kalk-, jern- og aluminiumholdige materialer samt lermineraler er gode til at binde fx metaller og fosfor.

Det øverste lag bør være effektivt til at filtrere, have en rimelig hydraulisk ledningsevne samt tillade vækst af planter. Sidstnævnte vil medvirke til at holde filteroverfladen åben for vandgennemtrængning. Sådanne egenskaber kan opnås ved en

Figur 2. Filter med ét filtermateriale.



jord rig på organisk stof. Man kan til formålet vælge enten en naturlig jord med de ønskede egenskaber eller blande jorden til formålet. I begge tilfælde skal man være opmærksom på, at det organiske stof i jorden skal være fysisk og biologisk stabilt samt næringsfattigt, således at det ikke afgiver kolloider og næringssalte.

Det må derfor stærkt frarådes at bruge for eksempel kompost, idet dette er et ustabiliseret materiale. Vel-gødet landbrugsjord bør undgås af samme grund. Vælger man at blande jorden selv, kan dette for eksempel ske ved at iblande nogle procent spagnum (for eksempel 5% v/v) i vasket sand. Herved opnås en jord med gode filteregenskaber, der ikke frigiver uønsket stof eller kolloider. Afhængigt af, hvilke miljøskadelige stoffer der ønskes fjernet, vil hele filteret kunne bestå af en sådan filterjord (filtermuld) En rimelig tykkelse på filterlaget vil være omkring 1 m. Et snit af en sådan opbygning er vist i figur 2.

Man kan også vælge at lægge andre filtermaterialer under filterjorden. Kalkmaterialer er som udgangspunkt et fornuftigt valg, idet disse er effektive til at binde diverse opløste metaller samt modvirker en lav pH. Kalkmaterialer har endvidere et rimeligt forhold mellem pris og sorptionskapacitet. Det valgte materiale skal være fysisk stabilt, dvs. det må ikke afgive kalkstøv eller falde sammen med tiden. Der bør derfor vælges en hård kalksten. En sådan filteropbygning kan for eksempel bestå af 30-40 cm sand-spagnum blanding som beskrevet ovenfor samt 60-70 cm kalksten, således at den samlede tykkelse af filtermaterialerne bliver omkring 1 m.

Der kan også vælges en lang række andre filtermaterialer lige fra knust beton og muslingeskaller til kommercielle filtermaterialer, der er designet og produceret til formålet. I forbindelse med knust beton skal man være opmærksom på, at pH i begyndelsen kan være høje i forhold til recipienten. For muslingeskaller og andre bløde kalkmaterialer skal man være opmærksom på, at disse kan afgive kalkstøv, samt at muslingeskaller fra næringssaltbelastede farvande kan afgive fosfor. Kommercielle filtermaterialer har den fordel, at de typisk er velafprøvede, veldokumenterede og leveres som et ensartet produkt.

Filterets overfladeareal er afgørende for filteroverfladens levetid. Altså om og i givet fald hvor hurtigt filterets overflade klogger til. Erfaringer fra nedsivningsbassiner tyder på, at sandsynligheden for tilklogning er beskeden ved et overfladeareal på 200 m^2/red.ha. Vælges et mindre areal øges risikoen for tilklogning, henholdsvis den tid, der går før tilklogning bliver et problem. Det er dog relativt simpelt at retablere filterkapaciteten ved at afskrabe sedimentet samt måske de øverste 10 cm af filteret og herpå udlægge nyt materiale. Filterkapaciteten kan i et vist omfang også retableres ved at fræse eller harve filteret.

Levetiden af sorptionsmaterialerne vil typisk være lang, idet vejvand typisk kun indeholder små mængder opløst stof, der skal sorberes. Der findes ikke langtidsforsøg, der belyser levetiden af for eksempel den i figur 2 viste opbygning, men laboratorieforsøg indikerer levetider på i alt fald 50-100 år for selve filtermaterialet, hvis filteret anlægges med en filteroverflade på 200 m^2/red.ha og en tykkelse på 1 m.

Filteret bør have tæt bund, således at der ikke trænger uvedkommende vand ind i bassinet fra den omliggende jord. En tæt bund vil endvidere forhindre nedsivning af vejvand, hvor dette er uønsket.

Filteret kan stå vandfyldt, hvilket vil øge kontakttiden mellem vandet og filtermaterialet og dermed den tid, opløste stoffer har til at sorbere til materialet. Hvis filteret står vandfyldt er det væsentligt at sikre sig, at filtermaterialet har ringe biologisk omsættelighed (fx ved at bruge spagnum eller uorganiske filtermaterialer), idet vandet ellers vil kunne blive iltfrit, mens det står i filteret.

Forsinkelsesvolumen

Hvor filteranlægget er anlagt med udledning til en hydraulisk følsom recipient dvs. et vandløb med kapacitetsbegrænsninger, bør udledningen drosles. Denne drosling kan foregå som en opstuvning i forbassinet eller som en opstuvning over filterbassinet. Selve den hydrauliske kapacitet af filterets overflade vil også betyde, at der skal være et vist forsinkelsesvolumen. I begyndelsen af et filters levetid vil den hydrauliske kapacitet være stor og lige så langsomt falde, efterhånden som filteret klogger til.

Hvad den endelige hydrauliske kapacitet bliver, styres til en vis grad af dels filterets materiale, men i større grad af det stof, der aflejres på filteret og i dets øverste lag. Med udgangspunkt i erfaringer fra nedsivningsanlæg er det rimeligt at antage, at et tilklogget filter efter mange års drift vil stabilisere sig ved en hydraulisk kapacitet på 6-12 µm/s. Ved en overflade på 200 m^2/red.ha vil dette svare til 1,2-2,4 L/(s red.ha), hvilket så vil svare til det afløbstal, der skal bruges i en klassisk dimensionering af forsinkelsesvolumener.

Anlægsfase og drift

I anlægsfasen vil der være store mængder sediment fra gravearbejder, kørsel og lignende. Dette sediment må ikke komme ind på filteret, idet det ellers vil kunne klogge overfladen til. Et filter må først kobles ind, efter at de bidragende arealer er stabiliseret. Det er afgørende, at dette sikres, da det ellers kan blive nødvendigt at retablere filteroverfladen straks efter, det er taget i drift.

Kort tid efter et anlæg er taget i drift, bør det tilses. Hvis alt er vel, bør anlægget derpå tilses med regelmæssige mellemrum. Oprensning af forbassinet bør ske efter en konkret vurdering, gerne når 20% af kapaciteten er opbrugt. Ved et vådt bassinvolumen på 50 m^3/red.ha er et rimeligt bud, at bassinet skal oprenses hvert 5 år. Ved et volumen på 200 m^3/red.ha er et rimeligt bud hvert 20. år. Det er dog væsentligt at holde sig for øje, at belastningen varierer fra sted til sted, og at oprensning derfor bør ske efter en konkret vurdering.

Selve filteroverfladen skal oprenses, når der begynder at samle sig vand på overfladen, der ikke dræner af. Dette kan verificeres ved at tage ud og inspicere et filter 1 til 2 dage efter kraftig regn. Hvis der står en væsentlig vandansamling på filterets overflade, indikerer dette, at den hydrauliske ledningsevne er kommet under dimensioneringskriteriet på 6-12 µm/s. Filterets kapacitet kan til en vis grad retableres ved mekanisk bearbejdning af overfladen (harve, fræse). En bedre løsning er dog at skrabe det øverste lag af – det vil sige det aflejrede sediment plus måske 10 cm af det oprindelige filter – og derpå fylde nyt filtermateriale på.

Afsluttende bemærkninger

Det beskrevne anlæg er lavteknologisk, effektiv og driftsbesparende. På steder, hvor det er hensigtsmæssigt at efterpolere vejvand før udledning til recipient, og hvor pladsen tillader det, er denne type anlæg en oplagt løsning. De er relativt simple at anlægge, enkle at drive, giver effektiv reduktion af miljøfremmede stoffer herunder tungmetaller og mikroplast og kan reducere temperaturen i det udledte vand.



Signaturer:

- Rørledning uden vejvand
- Rørledning med vejvand
- Eksisterende ledning/dræn
- Eksisterende grøft
- Brønd
- Dykket ind- eller udløb med stensikring i regnvandbassiner
- 3 — Regnvandsbassin nr. 3
- Vejafvandingsskel
- KVL — Kommunevandløb
- PVL — Privat vandløb
- 7 — Vandløb nr. 7

Noter:

Alle mål er m.

Længdeprofiler for vandløb 3 og 9 er vedlagt vandsynsprotokollen

Rev.	Beskrivelse	Revideret	Kontrol	Dato
B	Afskærende dræn ved ST. 150-350 ændret	JACL	BERG	11.06.21
A	Afvanding henover deponihalve er ændret	JACL	BERG	09.04.21

HORSENS KOMMUNE
Rådhustorvet 4
8700 Horsens
Telefon: 76 29 26 56
E-mail: horsens.kommune@horsens.dk

Projekt:

Ringvej Syd, Horsens etape 2 og 3

Emne:

Oversigtsplan til vandsynsprotokol
Ekstern afvanding

Projektnr.	Koordinatsystem
1351900006	DVR90

Målestok: 1:4000 — Rev.: B

Dato	Projektleder	Projekteret	Tegnet	Kontrol	Godkendt	Tegn. nr.
11.03.2021	BERG	JACL	JACL	BERG	LBEN	03.20

WSP
Jens Juuls Vej 16 DK – 8260 Viby J.
Telefon: 87 38 61 66

T:\Projekter\1351\2018\1351900006 - Ringvej Syd - Horsens - Etape 2 og 3\GEO\07_Myndighedsbehandling\Tegninger\WSH_SK_Vandsynsprotokol.dgn
DrCLI1\BR-2021 10:34:59