



# Klimatilpasning

Fagnotat

Elektrificering og opgradering Aarhus H

banedanmark



**Godkendt dato**

29.08.2016

**Godkendt af**

Charlotte Møller

**Senest revideret dato**

19.08.2016

**Senest revideret af**

Gry Schwarz



**Banedanmark**  
Anlægsudvikling  
Amerika Plads 15  
2100 København Ø  
[www.bane.dk](http://www.bane.dk)



# Klimatilpasning

	<b>Indhold</b>	<b>Side</b>
<b>1</b>	<b>Indledning</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Ikke-teknisk resumé</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Lovgrundlag</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Baggrund og Metode</b>	<b>8</b>
4.1	Baggrundsinformation om projektet	8
4.1.1	Ny vandrehal og Bruuns Bro	9
4.1.2	Sporsækning	10
4.1.3	Kørestråmsanlæg	10
4.2	Omfang	11
4.3	Fremtidige klimascenarier	11
4.4	Klimapåvirkning af baneanlæg	14
4.4.1	Nedbør	14
4.4.2	Havstigninger	15
4.4.3	Vandføring og vandstandsforhold i vandløb	15
4.4.4	Grundvand	15
4.4.5	Øget vindpåvirkning	15
4.4.6	Stigende temperaturer	16
<b>5</b>	<b>0-alternativet</b>	<b>17</b>
<b>6</b>	<b>Eksisterende forhold</b>	<b>18</b>
6.1	Eksisterende terræn	18
6.2	Grundvandsforhold	18
6.3	Havniveaustigninger	19
6.4	Eksisterende risikovurderinger	19
6.5	Eksisterende planer og programmer	20
<b>7</b>	<b>Konsekvenser og afværgeforanstaltninger i anlægsfasen</b>	<b>21</b>
7.1	Klimatilpasning i anlægsfasen	21
<b>8</b>	<b>Konsekvenser og afværgeforanstaltninger i driftsfasen</b>	<b>22</b>
8.1	Afværgeforanstaltninger	22
8.1.1	Grøfter	23
8.1.2	Grundvand	23
8.1.3	Blue spot	23
8.2	Konsekvensvurderinger	24
<b>9</b>	<b>Kumulative effekter</b>	<b>25</b>
<b>10</b>	<b>Oversigt over eventuelle mangler ved undersøgelserne</b>	<b>26</b>



# 1 Indledning

*Elektrificering og opgradering Aarhus Hovedbanegård, Aarhus H*, gennemføres som et led i elektrificering og opgradering Fredericia - Lindholm, der i dag er betjent af dieseltog.

Aarhus H skal elektrificeres, så det bliver muligt at køre med eldrevne tog til og fra banegården, hvilket bl.a. betyder at der skal skabes den fornødne plads til køreledningerne under vandrehallen og Bruuns Bro. Den fornødne plads kan enten skabes ved at sænke spor og perroner eller ved at vandrehallen og Bruuns Bro nedrives og erstattes af nye.

Foruden elektrificeringen skal stationen også opgraderes. Fremtidens togtrafik vil medføre en større belastning af banegården, med flere og længere tog end i dag. Projektet undersøger derfor muligheden for en opgradering, hvor perronerne bliver forlænget og der etableres nye sporforbindelser. Desuden undersøges muligheden for at etablere et nyt spor 8 inkl. perron.

Fagnotatet beskriver påvirkningerne på miljøet ift. klimatilpasning, når projektet *Elektrificering og opgradering Aarhus H* er gennemført. Dette sammenholdes med 0-alternativet som beskriver situationen i 2030, hvis projektet ikke gennemføres.

Fagnotatet undersøger to mulige løsninger i forbindelse med elektrificering og opgradering af banegården: *Sporsænkning* og *Ny vandrehal og Bruuns Bro*. Disse løsninger sammenholdes med 0-alternativet, som beskriver situationen i 2030, hvis projektet ikke gennemføres.

Fagnotatet vil sammen med en række andre fagnotater indgå som baggrundsmateriale til en samlet VVM-redegørelse for elektrificering og opgradering af strækningen Aarhus - Lindholm. VVM-redegørelsen har til formål at skabe et overblik over projekternes konsekvenser for miljøet. Derudover beskrives de afværgeforanstaltninger, der skal iværksættes i forbindelse med elektrificering og kapacitetsudvidelse af Aarhus H.

## 2 Ikke-teknisk resumé

Baseret på IPCC<sup>1</sup> og DMI's klimaprognose for det 21. århundrede er der foretaget en vurdering af konsekvenser ift. klimatilpasning ift. elektrificering og kapacitetsudvidelse for Aarhus H.

Fremtidige klimaprognoser beskriver ændringer i:

- Nedbørsforhold
- Vandstandsforhold i havet
- Vandføring og vandstandsforhold i søer og vandløb
- Grundvandsstand
- Vindforhold
- Temperaturforhold

Ifølge oversvømmelseskort fra Aarhus Kommune befinder undersøgelsesområdet for Aarhus H sig ikke i et særligt risikoområde for hverken skybrud eller oversvømmelser fra stormflod. Derfor vurderes det ikke nødvendigt at tage særlige forbehold for oversvømmelser i planlægningen af den nye Aarhus Hovedbanegård.

I forhold til øget vind eller hyppigere storme, så tages der højde for afstand til køreledningerne i forbindelse med udlæg af en eldriftsservitut.

Højere temperaturer vurderes i forbindelse med elektrificering og opgradering af Aarhus H at være et indeklimateæssigt problem og behandles ikke i dette fagnotat.

Der ligger ikke vandløbskrydsninger i undersøgelsesområdet og oversvømmelse fra vandløb anses derfor ikke som en risiko.

Stigende grundvand kan have indflydelse på den interne afvanding og evt. behov for permanent grundvandssænkning, eller vandtætte konstruktioner kan blive nødvendige i fremtiden. Indgående kendskab til det eksisterende grundvandsniveau forud for etablering af nye konstruktioner, dræn samt eventuelle sporsænkninger er nødvendigt.

Det anbefales, at der ved dimensionering af afvanding benyttes den normale dimensioneringspraksis, der følger spildevandskomiteens skrifter (SVK 27, 29-30) / 1/ 2/ 3/.

---

<sup>1</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change. Panelet udgiver, på baggrund af gennemgang af den videnskabelige litteratur, cirka hvert femte år en opsummering inden for forskning og viden omkring klimaændringer og virkningen deraf. Der er udgivet fem rapporter indtil videre. Den seneste i 2014.

# 3 Lovgrundlag

Klimakonsekvensvurderinger af jernbaneanlæg er ikke omfattet af et egentligt lovgrundlag. Der foreligger for området en række retningslinjer og anbefalinger beskrevet i normer og strategier herunder:

- Spildevandskomiteens skrifter om håndtering af regnvand 27 og 29, se / 1/ 2/
- Spildevandskomiteens Skrift 30: Opdaterede klimafaktorer og dimensionsgivende regnintensiteter / 3/.
- Regeringens Strategi for tilpasning til klimaændringer i Danmark fra 2008 / 4/
- Regeringen: Sådan håndterer vi skybrud og regnvand – handlingsplan for klimasikring af Danmark. December 2012 / 5/
- Transportministeriets klimatilpasningsstrategi, 2010 / 6/
- Banenorm BN1-11-1 om afvanding af sporareal / 7/
- Banenorm BN3-12-2 om miljø og vandløbssager / 8/

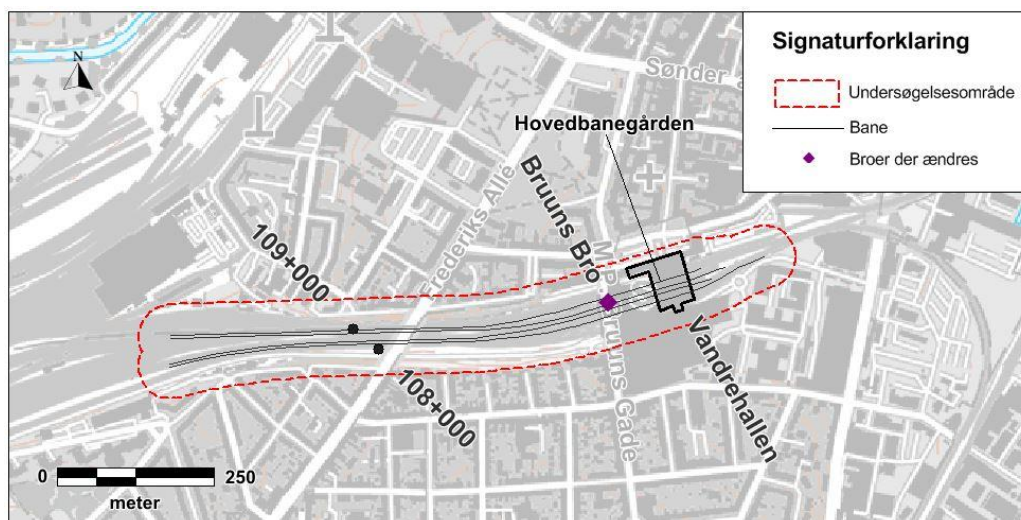
Disse retningslinjer og anbefalinger danner grundlag for det foreliggende fagnotat om klimatilpasning ift. Elektrificeringen og opgradering af Aarhus H, med reference til IPCC´s seneste forventninger til de globale klimaforandringer (AR5), og Naturstyrelsen og DMI´s vurderinger af de forventede forhold for fremtidens klima i Danmark / 9/ 10/.

I Transportministeriets klimatilpasningsstrategi fra 2010 / 6/ anbefales det, at der i forbindelse med planlægning og udførelse af infrastrukturprojekter med en lang løbetid indtænkes, hvorvidt anlægget kan forberedes til det fremtidige klima. Det anbefales at basere sin klimatilpasning på de langsigtede scenarier for klimaændringer, såfremt det ikke er muligt eller økonomisk mest fordelagtigt at klimatilpasse løbende i løbet af anlæggets levetid.

# 4 Baggrund og Metode

## 4.1 Baggrundsinformation om projektet

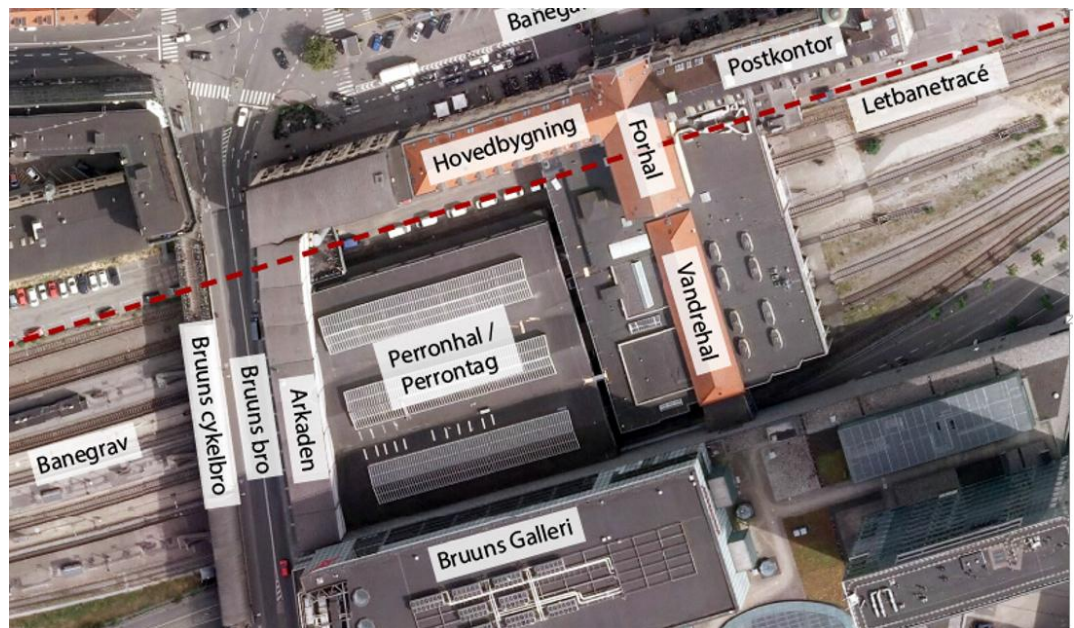
Projektområdet omfatter jernbanestrækningen vest for Frederiks Allé til området øst for Aarhus Hovedbanegård. Som udgangspunkt strækker undersøgelsesområdet sig 50 m på alle sider af det eksisterende stationsområde og sporareal (se Figur 1).



**Figur 1** Undersøgelsesområdets afgrænsning

Aarhus H skal elektrificeres, så der kan køres med moderne og hurtigere tog til og fra stationen. I den forbindelse skal den nødvendige frihøjde over sporene være til stede. Dette gøres f.eks. ved at erstatte eksisterende broer og vandrehallen med nye elementer eller ved at sænke sporene. Kapaciteten på Aarhus H skal desuden sættes op, hvilket gøres ved at forlænge perronerne og ændre på sporlayoutet vest for Aarhus H.



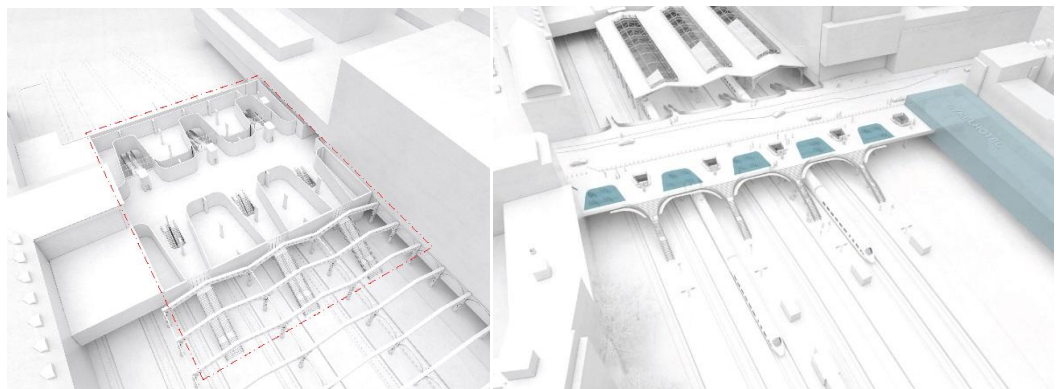


**Figur 2 Oversigt over Aarhus H**

I forbindelse med *Elektrificering og opgradering Aarhus H* undersøges der to løsninger for elektrificering og opgradering af stationen. En kort beskrivelse af løsningerne fremgår nedenfor. For en mere detaljeret gennemgang henvises til fagnotatet *Anlægsbeskrivelse Aarhus H / 20/*.

#### **4.1.1 Ny vandrehal og Bruuns Bro**

Vandrehallen og Bruuns Bro (inkl. cykelbro og Bruuns Arkade) nedrives og erstattes af en ny vandrehal og nye broer (se Figur 2 Oversigt over Aarhus H og Figur 3). Arkaden genopføres ikke. Vandrehallen vil maksimalt have den samme størrelse som dagens vandrehal. Idet Bruuns Arkade ikke genopføres vil den nye bro være mindre end den eksisterende. Til gengæld etableres der en bredere cykelbro.



**Figur 3 Skitse af Ny vandrehal tv. og Bruuns Bro th. For Bruuns Bro ses perronadgang mod nord. Cykelparkering er markeret med blå**

For at gøre det muligt at Aarhus i fremtiden kan betjenes af længere tog end det er tilfældet i dag, forlænges flere af perronsporene fra deres nuværende længde på ca. 260 m til 320 m, i retning mod øst, under den nye vandrehal og på østsiden af denne. Dertil kommer en række afledte arbejder, såsom ombygning af det sikringstekniske anlæg og nødvendige ændringer af de eksisterende perroner.

Endvidere kan der etableres der et nyt spor 8, med tilhørende perron, umiddelbart op til Værkmestergade. Perronen etableres som en sideliggende perron med adgang via trappe og elevator fra Bruuns cykelbro. For at sikre en hindringsfri rute fra stationen til perron ved spor 8, etableres der ligeledes en elevator til en af de eksisterende perroner på Aarhus H. Det nye spor 8 inkl. perron er et tilvalg til denne løsning.

#### **4.1.2 Sporsænkning**

Med løsningen *Sporsænkning* etableres den nødvendige frihøjde til elektrificeringen af banegården ved at sænke sporene og perronerne under vandrehallen og Bruuns bro. Sporene omkring Aarhus H skal sænkes over en strækning på maksimalt 520 m, hvilket i praksis vil sige fra et sted lige øst for Frederiks Alle broen til ca. 100 m øst for vandrehallen. Sporene sænkes op til 50 cm under Bruuns Bro og mere end 50 cm under vandrehallen.

Som følge af de sænkede perroner skal adgangsvejene justeres, så de passer til de nye perronhøjder. Trapper og rulletrapper fra vandrehallen til de tre perroner forlænges. Trapperne fra Bruuns cykelbro forlænges ligeledes.

Samtidig forlænges perronerne mod vest og gøres bredere for at møde gældende krav til perroner. Forlængelsen af perronerne medfører, at sporskiftezone umiddelbart vest for perronerne skal ombygges. Dertil kommer en række afledte arbejder, såsom ombygning af det sikringstekniske anlæg.

Lige som ved løsningen *Ny vandrehal og Bruuns Bro* kan der etableres et nyt spor 8, med tilhørende perron, umiddelbart op til Værkmestergade. Perronen etableres som en sideliggende perron med adgang via trappe og elevator fra Bruuns cykelbro. For at sikre en hindringsfri rute fra stationen til perron ved spor 8 etableres der ligeledes en elevator til en af de eksisterende perroner på Aarhus H. Det nye spor 8 inkl. perron er et tilvalg til denne løsning.

#### **4.1.3 Kørestrømsanlæg**

På stationsområdet vest for Bruuns Bro etableres master og rammer til ophæng af køreledningsanlægget. Master og rammeben placeres enten på perronerne eller mellem sporene. Under Bruuns Bro og vandrehallen hænges køretråden op i et broophæng, som monteres på undersiden af henholdsvis bro og bygning. I perronhallen mellem Bruuns Bro og vandrehallen etableres enten master eller tværfelter til at bære køretrådsophænget.

På Bruuns Bro skal der etableres afskærmning mod kørestrømsanlægget i form af skærmtage, der integreres i broløsningen eller påmonteres den eksisterende bro.

## 4.2 Omfang

---

Med udgangspunkt i anlægsbeskrivelsen for elektrificering og opgradering af Aarhus H er der foretaget en konsekvensvurdering af påvirkninger af banens anlæg og drift i forhold til fremtidige klimaændringer.

Vurderingen er foretaget ved at der identificeres områder, hvor klimatilpasning vil være særligt relevante. Der er derfor ikke foretaget en vurdering efter vurderingskriterierne ubetydelig, mindre, moderat og væsentlig, som det er gjort i andre fagnotater til denne VVM.

Som udgangspunkt for beskrivelsen af de forventede ændringer i det fremtidige klima har Danmarks meteorologiske institut (DMI) og Naturstyrelsen analyseret den seneste rapport fra IPCC og vurderet, hvilken indflydelse de globale klimaforandringer kan få på danske forhold / 9/ 10/.

## 4.3 Fremtidige klimascenarier

---

I dette afsnit beskrives de forventede klimaændringer som Naturstyrelsen og DMI har vurderet for danske forhold / 9/ 10/. Med udgangspunkt i de modellerede klimaændringer kan der tages forbehold, og baneanlæg og andre infrastruktur anlæg kan sikres således, at de er robuste i fremtidens klima.

Klimaets forandringer har betydning for planlægning af nye baneanlæg og ændringer af eksisterende anlæg.

For at kunne modellere sig frem til hvordan klimaet vil se ud i fremtiden, har IPCC udarbejdet forskellige scenarier for, hvordan verden potentielt vil udvikle sig. Scenarierne forholder sig blandt andet til socioøkonomiske forhold, befolkningsvækst og hvilken type energi, der er dominerende. IPCC har opstillet fire mulige klimascenarier, der er navngivet efter strålingspåvirkningen (i  $W/m^2$ ) som følge af drivhusgasser i atmosfæren. De fire scenarier kaldes RPC2.6, RCP4.5, RCP6.0 og RCP8.5 Figur 4.

Scenarie	Forcing	Drivhusgaskoncentration	Global opvarmning i 2081-2100
<b>RCP8.5 (højt)</b>	Over 8,5 W/m <sup>2</sup> i 2100	Over 1370 ppm CO <sub>2</sub> -ækvivalent i 2100	+3,7 °C
<b>RCP6.0</b>	ca. 6 W/m <sup>2</sup> ved stabilisering efter 2100	Ca. 850 ppm CO <sub>2</sub> ækvivalent ved stabilisering efter 2100	+2,2 °C
<b>RCP4.5</b>	ca. 4,5 W/m <sup>2</sup> ved stabilisering efter 2100	Ca. 650 ppm CO <sub>2</sub> ækvivalent ved stabilisering efter 2100	+1,8 °C
<b>RCP2.6 (lavt)</b>	Topper ved 2,6 W/m <sup>2</sup> før 2100 og aftager derefter	Topper ved ca. 490 ppm CO <sub>2</sub> ækvivalent før 2100 og aftager derefter	+1,0 °C

**Figur 4 Klimascenarier opstillet af IPCC / 9/**

DMI og Naturstyrelsen har på baggrund af den 5. hovedrapport fra IPCC beskrevet konsekvenserne af klimaudviklingen i Danmark for perioden indtil år 2100. Generelt kan der fremhæves følgende hovedkonklusioner baseret på den 5. rapport:

*Mere regn*

Generelt får vi mere regn, især om vinteren og mindre om sommeren. Om sommeren får vi både tørkeperioder og kraftigere regnskyl.

**Tabel 1 Nedbørsændringer i Danmark (% ændring)<sup>2</sup> / 9/**

Nedbør [%]	RCP2.6	RCP8.5
<b>Årlig</b>	1,5 (±4,6)	6,9 (±6,1)
<b>Vinter</b>	3,1 (±7,9)	18 (±12)
<b>Forår</b>	3,7 (±11,1)	10,7 (±12,6)
<b>Sommer</b>	-0,5(±9,6)	-16,6 (±21)
<b>Efterår</b>	0,8 (±7,2)	10,2 (±10,9)

*Mildere vintre*

Vintrene vil blive mildere og fugtigere. Mildere vintre betyder, at planternes vækstsæson kan blive forlænget.

*Varmere somre*

<sup>2</sup> For at vise worst-case og best-case scenarierne for ændringer i fremtidens klima vises det høje udledningsscenarie (8,5) og det lave udledningsscenarie (2,6). De to øvrige scenarier ligger et sted imellem de to viste.

Somrene bliver varmere og tørrere, og der kan komme flere og længere hedeølger

**Tabel 2 Temperaturændringer for Danmark (°C) / 9/**

Temperatur [°C]	RCP2.6	RCP8.5
Årlig	1,2 (±0,5)	3,7 (±1,0)
Vinter	1,2 (±0,7)	3,7 (±0,9)
Forår	1,2 (±0,5)	3,2 (±0,8)
Sommer	1,2 (±0,8)	4,0 (±1,5)
Efterår	1,3 (±0,6)	4,0 (±1,1)

#### *Højere grundvandsstand*

Øget vinternedbør og tørrere somre vil påvirke grundvandsdannelsen i hver sin retning. Beregninger fra flere klimamodeller har vist, at det er usikkert om grundvandsdannelsen bliver øget eller reduceret i det fremtidige klima. Ifølge kort på klimatilpasning.dk modelleres der en stigning i grundvandsstanden i Nordøstjylland på 0-2 m (A1B middelscenarie<sup>3</sup>, middel klimamodel).

#### *Havniveaustigninger*

Omfanget af havniveaustigninger er svært at fastsætte. Problemet med at vurdere omfanget af de fremtidige havniveaustigninger er, at et stigende havniveau afhænger af afsmeltning af sne og is (samt vandets temperatur), og at estimering af isafsmeltning er forbundet med stor usikkerhed. Havniveaustigninger vurderes i højjudledningsscenarioet at komme op på omkring 70 cm i Danmark i det 21. århundrede. DMI har vurderet en øvre grænse for det 21. århundrede på 1,2 m.

#### *Mere vind*

Der er i IPCC's femte rapport ikke nogen klar tendens, der viser hvordan fremtidens vindmønster vil blive. DMI har registreret, at orkaner og orkanagtige storme er blevet hyppigere (DMI). Der forudsiges en stigning i stormstyrken, men ikke nødvendigvis flere storme. Fremtidige forventninger til vindforhold er dårligere bestemt end de øvrige forhold (DMI). / 9/ 10/

<sup>3</sup> A1B er et af scenarierne fra IPCC's tidligere rapporter. For perioden 2021-2050 er det på grund af det hidtidige udslip og naturlige variationer i klimasystemet i praksis umuligt at skelne mellem de forskellige scenarier. A1B kan derfor repræsentere alle scenarierne i denne periode (også de nye scenarier). I perioden efter 2050 vil scenarie A1B kunne sammenlignes med en mellemtig mellem de nye scenarier RCP6.0 og RCP8.5.

## 4.4 Klimapåvirkning af baneanlæg

---

Elektrificering og opgradering af Aarhus H, ved *Sporsænkning* eller *Ny vandrehal og Bruuns Bro*, kan blive påvirket af klimaforandringerne. De langsigtede klimascenarier er dækkende for banekonstruktionens designlevetid. Designlevetiden for bygningskonstruktioner er 100 år.

Med udgangspunkt i Trafikstyrelsens klimakonsekvensvurdering af den nye bane København-Ringsted / 11/ er der på tilsvarende vis for Elektrificering og opgradering af Aarhus H foretaget en analyse af følgende klimapåvirkninger:

- Nedbørsforhold
- Vandstandsforhold i havet
- Vandføring og vandstandsforhold i søer og vandløb
- Grundvandsstand
- Vindforhold
- Temperaturforhold

Ovenstående klimavariabler vil blive vurderet i forhold til omfang, hyppighed, sandsynlighed og konsekvens. For Elektrificering og opgradering af Aarhus H vil de økonomiske aspekter blive belyst i detailfasen.

Det afgørende spørgsmål i overvejelserne om de økonomiske aspekter er, om klimaforandringernes forventede påvirkning er af en art og/eller størrelsesorden, der medfører særlige krav til anlæggets udformning - eller om klimatilpasningen skal løses ved en gradvis tilpasning i løbet af anlæggets levetid.

### 4.4.1 Nedbør

Med klimaændringerne følger øget årlig nedbør og hyppigere forekomster af kraftig nedbør, som de eksisterende afvandingssystemer ikke er dimensioneret til.

Det undersøges gennem en kortlægning hvilke påvirkninger, der kan medføre ændrede afstrømningsmønstre i forbindelse med ombygning af Hovedbanegården. Ved sænkning af spor vil dele af banestrækningen ligge i udgravning, hvilket vil kunne medføre oversvømmelse ved kraftige nedbørshændelser. I forhold til ekstremregn og den øgede forekomst af regnhændelser, foretages der en analyse af topografien i områderne omkring Hovedbanegården for at vurdere risikoen for oversvømmelse.

Analyserne foretages på baggrund af Blue Spot-kortlægningen udført for hele Danmark, som er tilgængelig på Naturstyrelsens hjemmeside / 12/. Kortlægningen viser områder, hvor overfladevand potentielt vil kunne medføre oversvømmelser.

Blue Spots kort er en digitalisering af afløbsløse lavninger. Denne lidt forenkede metode tager ikke hensyn til Hovedbanegårdens eksisterende afvandingssystem, herunder om der er drænedes områder eller naturlig

nedsivning. Naturlige lavninger udgør således ikke *altid* en risiko for oversvømmelse.

#### **4.4.2 Havstigninger**

Som følge af stigende temperaturer og afsmeltning af sne og is, forventes globale havstigninger, og dermed også havstigninger i havene omkring Danmark.

Aarhus H ligger tæt på havnen, men Aarhus Kommune og Aarhus Vand har allerede udført klimasikring for havnen i form af diger og sluser der sikre mod oversvømmelser fra højvande. Havstigninger kan få en indirekte indflydelse på klimatilpasnings tiltag inde i landet, fordi der i fremtiden vil skulle afledes vand til et højere niveau.

#### **4.4.3 Vandføring og vandstandsforhold i vandløb**

Som følge af den forventede stigning i nedbør kan der forventes en øget vandføring og en stigning i vandstanden i vandløb. Vandløbskrydsninger, hvor et vandløb krydser banen, er potentielle flaskehalse for vandløbene og kan medføre erosion af dæmningen. Der er ikke vandløbskrydsninger i forbindelse med hovedbanegården, og emnet behandles ikke yderligere i dette fagnotat.

#### **4.4.4 Grundvand**

På grund af den grundvandsdominerede hydrologi i Danmark vil oversvømmelser på lokal skala i Danmark ofte være grundvandsbetingede.

På trods af at det ikke er en generel forudsigtelse for Danmark, at grundvandet i fremtiden vil stige, så beskriver netportalen klimatilpasning.dk en forventet stigning i grundvandsstanden i Nordøstjylland på 0-2 m.

Såfremt grundvandspejlet stiger, kan det have konsekvenser for det banetekniske anlæg. Højere grundvand vil belaste banens interne afvandingssystem, hvor banen afvandes ved dræn eller grøfter. Grundvandsstand i/tæt på terræn vil også besværliggøre afledningen af regnvand, da der ikke vil forekomme nedsivning og grøfter og dræn er optaget af at aflede grundvand.

Derudover vil ændrede grundvandsforhold primært have betydning over længere tidsperioder, og det må forventes, at det er muligt gradvist at tilpasse sig disse ændringer, f.eks. ved udvidelse af dræn og grøfter.

#### **4.4.5 Øget vindpåvirkning**

Ændrede vindforhold vil få betydning for konstruktioner, hvor vindlast er en del af dimensioneringsforudsætningerne. For jernbaneanlæg vil det gælde for eventuelle, støjskærme, køreledninger, master og mindre tekniske anlæg og lignende konstruktioner.

Risikoen, for at køreledninger nedrives som følge af stormfald, bliver minimeret, som en følge af eldriftsservitutten, se fagnotat om arealforhold og eldriftsservitut, der foreskriver, at arealer indtil 10 m fra spormidte skal friholdes for højt voksende vegetation.

Ved elektrificering reduceres vegetationen inden for eldriftsservitutens område. Det indebærer, at træer ryddes langs banen. Emnet behandles mere indgående i fagnotat om Arealforhold, samt fagnotat om Natur og overfladevand.

Øget vindpåvirkning behandles ikke yderligere i dette fagnotat.

#### **4.4.6 Stigende temperaturer**

En konsekvens, af de forventede højere temperaturer som følge af klimaændringerne, kan i forbindelse med hovedbanegården være dårlig komfort, påvirkning af arbejdsforhold og øget behov for køling, som beskrevet i Banedanmarks handleplan for klimatilpasning / 14/. Dette problem vurderes at være af indeklimateæssig karakter, hvilket ikke berøres i nærværende fagnotat.



## 5 0-alternativet

0-alternativet er situationen i 2030, hvor elektrificering og opgradering af Aarhus H ikke udføres. Naboprojekter (elektrificering Aarhus-Lindholm, hastighedsopgradering Aarhus-Hobro og Hobro-Aalborg, projekter syd for Aarhus m.fl.) udføres fortsat.

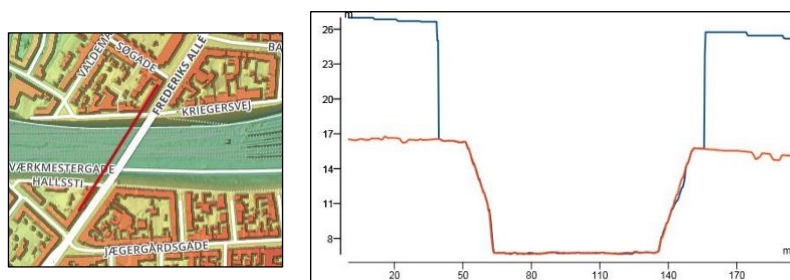
Trafikmængden på strækningen i 0-alternativet er den samme som i projektet (samme antal tog og samme toglængder). Togtrafikken drives i 0-alternativet udelukkende af diesel og ikke af en kombination af el og diesel. Samtidig køres trafikken med banens nuværende tilladte hastigheder på strækningen omkring Aarhus H (uden kapacitetsudvidelse).

## 6 Eksisterende forhold

Eksisterende forhold, der kan være relevante for klimatilpasning, har relation til afvandingen af banen; terræn, grundvandsstand, nærhed til hav (og havne).

### 6.1 Eksisterende terræn

Omkring Aarhus Hovedbanegård ligger banen i afgravning. Terrænet i banegraven er beliggende i kote +6,0 til +6,5 m DVR90. Uden for banegraven er terrænet beliggende i kote +16 m DVR90 i den vestlige del og i kote +6 m DVR90 i den østlige del / 19/. I størstedelen af undersøgelsesområdet, ligger banen altså en del lavere end det omgivende terræn og udgør en slags trug (jf. Figur 5 Tværsnit gennem terræn ved Frederiks Allé (Scalgo)). Selve banelegemet afvander til terræn.



**Figur 5 Tværsnit gennem terræn ved Frederiks Allé (Scalgo)**

Der kan ses to linjer i tværsnittet ved Frederiks Allé, én for terræn og én for overflade inklusiv bygninger og andre konstruktioner (analyseret i programmet Scalgo live).

### 6.2 Grundvandsforhold

Trykniveauet i det primære magasin (også kaldet grundvandspotentialet, eller vandspejlsniveau, der måles i en boring i magasinet) er beliggende i kote +12,5 DVR90 i den vestlige del og i kote +7,5 m DVR90 i den østlige del af Aarhus H.

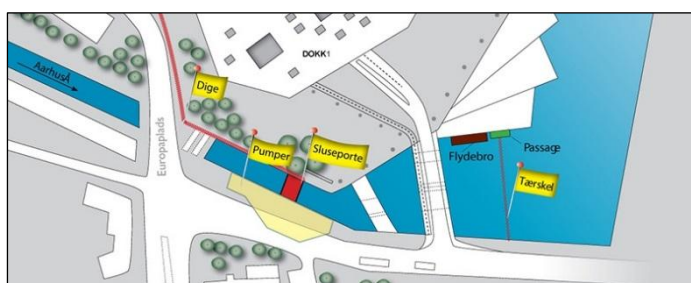
Terrænet er i banegraven er beliggende i kote +6,0 til +6,5 m DVR90 / 19/. Det vil altså sige at vandtrykket fra det primære magasin i nogle tilfælde står højere end terræn.

Ifølge Henriksen et al (2012) er der i projektområdet 0-1 m til det sekundære grundvandsspejl / 17/. Det sekundære grundvandsspejl er meget varierende og lokalt og bør altid vurderes lokalt.

En stigning i grundvandsspejlet (primært eller sekundært) kan vise sig at have indflydelse på afvandingen af banelegemet omkring Aarhus H.

## 6.3 Havniveaustigninger

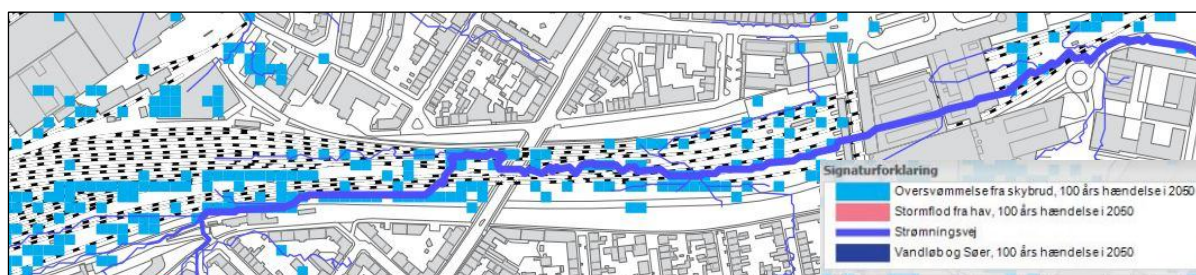
Havniveauet omkring Danmark forventes at stige i takt med, at is fra polerne smelter og vandet udvider sig på grund af højere temperaturer. Aarhus H og undersøgelsesområdet for dette fagnotat, ligger tæt ved havnen og er af den grund potentielt i risiko for at blive berørt af havniveaustigningerne. Aarhus Kommune regner i deres klimatilpasningsplan med havniveaustigninger i Aarhus havn på 30-50 cm. Aarhus Kommune og Aarhus Vand er i gang med at sikre Aarhus by og det bagved liggende land mod de forventede havniveaustigninger. Der er blandt andet bygget diger og sluser med pumper, der skal sikre mod at vandet løber fra havnen og ind i landet. Nedenfor i Figur 6 ses et af eksemplerne på klimatilpasning fra Aarhus vand. Eftersom Aarhus kommune og Aarhus vand har fokus på klimatilpasning til vandet fra havet, er Aarhus Hovedbanegård godt beskyttet mod ændringer i denne klimafaktor.



Figur 6 Eksempel på klimatilpasning i Aarhus havn, se Aarhus vand.

## 6.4 Eksisterende risikovurderinger

Aarhus Kommune har lavet et interaktivt oversvømmelseskort, der viser risikoen for oversvømmelse ved en 100 års hændelse i 2050 både fra stormflod og fra skybrud samt fra vandløb og åer, se Figur 7.



Figur 7 Risikokort over undersøgelsesområdet Aarhus H / 12/

På Figur 7 kan ses oversvømmelse fra skybrud (lys blå) og vandets strømningsveje (mørk blå). De øvrige lag (stormflod fra havet og oversvømmelse fra vandløb og søer) er aktiveret, men der ses ingen oversvømmelse fra disse hændelser. Der er ingen vandløbskrydsninger inden for projektområdet for Aarhus H.

Der står meget lidt vand i banegraven i forbindelse med skybrud. Projektområdet omkring Aarhus H er således ikke et risikoområde for oversvømmelser, hverken fra stormflod (på trods af nærhed til havnen) eller fra skybrud. Heller ikke på blue spot kort fra Naturstyrelsen kan der observeres særlig ugunstige forhold omkring Aarhus H.

Aarhus H er beliggende uden for områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD), og uden for områder med drikkevandsinteresser (OD) og uden for både nitratfølsomme indvindingsområder (NFI) og boringsnære beskyttelsesområder (BNBO).

## **6.5 Eksisterende planer og programmer**

---

Projektområdet omkring Aarhus H er ikke udpeget som særligt risikoområde i klimatilpasningsplanen / 13/.

Undersøgelsesområdet er fælleskloakeret, hvilket betyder, at kraftig nedbør potentielt vil overbelaste kloakken med risiko for tilbageløb af både regn- og spildevand. Befæstede arealer (bygninger, parkeringspladser osv.) afvander til fælleskloak. I spildevandsplanen for Aarhus Kommune med planperiode for 2013-2016 er beskrevet, at området planlægges separatkloakeret i planperioden fra 2060 / 18/.

# 7 Konsekvenser og afværgeforanstaltninger i anlægsfasen

## **7.1 Klimatilpasning i anlægsfasen**

---

Klimaændringer sker over tid, hvorfor klimatilpasning ikke er relevant i forbindelse med anlægsfasen.

# 8 Konsekvenser og afværgeforanstaltninger i driftsfasen

I det følgende gennemgås behov for klimatilpasning i forhold til driftsfasen ved elektrificering.

Klimaændringerne vil kunne medføre stigende grundvandsstand og ændring i grundvandstilførslen til banens interne afvandingsystem, øgede nedbørsmængder og hyppigere skybrud. Med hensyn til de øvrige klimaændringer vurderes de ikke at ville have indflydelse på elektrificering og opgradering af Aarhus H.

Idet *Sporsænkningen* medfører, at sporene kommer til at ligge dybere end de gør i dagens situation, vil *Sporsænkningen* i særlig grad medføre behov for, at afvandingen dimensioneres med øje for klimasikring. De beskrevne afværgeforanstaltninger gælder dog også for *Ny vandrehal og Bruuns Bro*, så begge løsninger beskrives under et. Etablering af Spor 8 medfører ikke yderligere behov for afværgeforanstaltninger, men hører under de beskrevne afværgeforanstaltninger for *Sporsænkning* og *Ny vandrehal og Bruuns Bro*.

## 8.1 Afværgeforanstaltninger

---

I dette afsnit beskrives afværgeforanstaltninger i driftsfasen for elektrificering og opgradering af Aarhus H.

Der bør særligt ved *Sporsænkning* tages højde for de ekstra vandmængder der vil komme i fremtiden. Vandmængder fra nedbør, der kan samle sig i lavninger og/eller grundvand, der står højere end udgangspunktet. Derfor skal afvandingen af banen og hovedbanegården dimensioneres efter kriterier, der indeholder en klimafaktor, der tager højde for fremtidens øgede vandmængder og højere grundvandsstand.

Overordnet bør den nationale dimensioneringspraksis, som er opstillet i spildevandskomiteens (SVK) skrift nr. 27 og skrift nr. 29 følges / 1/ 2. Heri anbefales det, at der som minimum benyttes beregningsniveau 2 for hydraulisk ukomplicerede systemer som her. Ved beregningsniveau 2 dokumenteres systemets hydrauliske kapacitet med en computermodel (Mike Urban eller tilsvarende) af afvandingsystemet.

Ved mere komplicerede systemer kan beregningsniveau 3 i Spildevandskomiteens skrift nr. 27 benyttes. Her anvendes historiske lokale regnserier.

Ved både beregningsniveau 2 og 3 anvendes sikkerhedsfaktorer, der sikrer, at de historiske nedbørsdata kan bruges ved design af anlæg, der udsættes for det fremtidige ændrede klima med kraftigere nedbør.

Ifølge anlægsbeskrivelsen bruges eksisterende grøfter som bassinkapacitet, hvor der er behov. Forsinkelseskapacitet etableres for at reducere den fremtidige hydrauliske belastning af recipienter, svarende til den naturlige afstrømning på 1 l/s/ha / 15/. Aarhus Kommune tillader, at afløbet for mindre oplande under 5 ha kan sættes til min. 5 l/s / 16/. Ved *Sporsænkningen* skal der påregnes både det forøgede sænkingsvolumen og de fremtidige nedbørsmængder.

### **8.1.1 Grøfter**

Oprensning af grøfter og kontrol af udløb og gennemløb skal være med til at afbøde de værste konsekvenser af kraftig nedbør. Banegrøfternes vandføringsevne kontrolberegnes ved dimensioneringen ved detailplanlægningen.

Hvor det er muligt etableres grøfter eller eksisterende grøfter udvides og drænenes vandføringskapacitet opdateres svarende til krav i banenormen BN1-11-1 / 7/. Samtidig foretages klimasikring ved at dimensionere efter en indregnet klimafaktor på minimum 1,56 (SVK 27) / 1/.

Som udgangspunkt regnes der ikke med nedsivning, når grøfter dimensioneres, da nedsivningsevnen ikke er statisk, men blandt andet er afhængig af hvor længe det har regnet, og hvor vandmættet jorden er.

### **8.1.2 Grundvand**

I forbindelse med detailprojekteringen af både *Sporsænkning* og *Ny vandrehal og Bruuns Bro* fastlægges behovet for etablering af vandtætte konstruktioner og opdriftssikringen af disse i forhold til den forventede højeste grundvandsstand i banens levetid.

Stigende grundvand kan have indflydelse på den interne afvanding og evt. behov for permanent grundvandssænkning, eller vandtætte konstruktioner. Indgående kendskab til det eksisterende grundvandsniveau forud for etablering af *Ny Vandrehal og Bruuns Bro* eller *Sporsænkning* er nødvendig og der skal regnes med en fremtidig stigning i grundvandet på 0-2 m.

### **8.1.3 Blue spot**

I forbindelse med undersøgelsesområdet for Aarhus H er der som det ses af figur 8 ingen eksisterende bluespot. Hvis banens niveau sænkes kan der dog skabes et blue spot, hvilket der er en relativt stor risiko for. Dette bør eftervises med en Mike Urban/Mike Flood analyse.



**Figur 8 Området omkring Aarhus H, hvor der ikke er blue spot i umiddelbar nærhed af banegården.**

## 8.2 Konsekvensvurderinger

---

Projektområdet for elektrificering og opgradering af Aarhus H er ikke et særligt risikoområde for skybrud og/eller stormflod i den eksisterende form.

Banen ligger i afgravning og i *Sporsænkningen* planlægges det at sænke sporet med op til 70 cm. Dette kan skabe en lavning, der kan udgøre et blue spot, hvor vand vil samles. Derudover føres terrænet (ved en sporsænkning) tættere på grundvandsspejlet, hvilket kan besværliggøre afvandingen. I en fremtid hvor grundvandsspejlet står højere vil dette problem være større.

Dimensionering af afvandingen af spor og konstruktioner skal udføres i forhold til normal gældende praksis og indeholde en klimafaktor, der svarer til systemets kompleksitet som beskrevet i spildevandskomiteens skrifter 27, 29-30. / 1/ 2/ 3/.

Det er vigtigt, at der regnes med en højere grundvandsstand end den, der mødes i den eksisterende situation, eftersom der bør regnes med at grundvandet stiger i fremtiden.

Tilbagestuvning pga. udledning til højere niveau i recipienten skal medtages ved modelberegninger. Aarhus Kommune regner i deres klimatilpasningsplan med en havniveaustigning på 30-50 cm, baseret på IPCC's vurderinger fra 2007. Der bør ved tidspunktet for beregningerne indhentes data for de nyeste vurderinger af havniveaustigninger i Danmark, specifikt ved Aarhus havn. Allerede i dag er der en forventning om en maksimal havniveaustigning på 1,2 m.

Vedligehold af grøfter og dræn er en forudsætning for effektiviteten af afvandingen og skal beskrives i en vedligeholdelsesplan som beskrevet i BN1-11-1 / 7/.



## 9 Kumulative effekter

Hvis flere projekter foregår i samme område på samme tid, er det relevant at vurdere deres samlede effekt på miljøet, idet den samlede effekt af flere projekters påvirkninger kan være væsentlig, selvom påvirkningen fra det enkelte projekt isoleret set ikke er det. Som kumulative virkninger ses på planlagte projekter, som – sammen med det undersøgte projekt – kan forstærke konsekvenserne på miljøet.

For Klimatilpasning, er det relevant at vurdere projektet i kumulation med følgende projekter:

- Hastighedsopgradering af strækningen Aarhus H – Lindholm.
- Elektrificering og hastighedsopgradering Fredericia-Aarhus.
- Cykelhuset ved Hallsti

Såfremt der etableres andre klimatilpasningsprojekter i et område, der afleder til samme recipient, kan det ske at recipienten bliver overbelastet. Dette kan medføre, at det bliver sværere at aflede vandet. Det er derfor vigtigt, at klimatilpasningsprojekter ses i et større perspektiv, og at der samarbejdes mellem forskellige interessenter.

Nedsivning af regnvand kan medføre højere grundvandsspejl, hvilket kan belaste banens interne afvanding.

Dialog med Aarhus Kommune og Aarhus Vand i forhold til afledning af vand og nedsivning vil blive koordineret i den efterfølgende fase.

# 10 Oversigt over eventuelle mangler ved undersøgelserne

VVM-redegørelsen skal i henhold til VVM-bekendtgørelsens bestemmelser indeholde en oversigt over eventuelle punkter, hvor datagrundlaget er usikkert, eller der mangler viden til at foretage en fuldstændig vurdering af miljøkonsekvenserne.

I dette notat mangler en vurdering af sporet øst for Aarhus H ud til Sydhavnsgade som skal elektrificeres frem til krydsningen af Jægergårdsgade. En miljøkonsekvensvurderingen for denne strækning afrapporteres i et særskilt notat i august 2016.

Med ovenstående in mente vurderes det, at undersøgelserne vedrørende klimatilpasning er dækkende på det nuværende stadie af projektet med de data og informationer, der er tilgængelige.

# 11 Referencer

- / 1/ IDA Spildevandskomiteen: Skrift nr. 27, Funktionspraksis for afløbssystemer under regn. 2004*
- / 2/ IDA Spildevandskomiteen: Skrift nr. 29, Forventede ændringer i ekstremregn som følge af klimaændringer. 2008*
- / 3/ IDA Spildevandskomiteen: Skrift nr. 30, opdaterede klimafaktorer og dimensionsgivende regnintensiteter. 2014*
- / 4/ Regeringens Strategi for tilpasning til klimaændringer i Danmark, 2008*
- / 5/ Regeringen: Sådan håndterer vi skybrud og regnvand – handlingsplan for klimasikring af Danmark. December 2012*
- / 6/ Transportministeriets klimatilpasningsstrategi, 2010*
- / 7/ Banedanmark: Banenorm BN1-11-1, Afvanding af sporarealer, 1. oktober 2006*
- / 8/ Banedanmark: Banenorm BN3-12-2, Vejledning til miljø- og vandløbssager i forbindelse med afvandingsanlæg, juli 2013*
- / 9/ Danmarks Klimacenter: Fremtidige klimaforandringer i Danmark, rapport nr. 6. 2014*
- / 10/ Miljøministeriet, naturstyrelsen: Analyse af IPCC delrapport 2 Effekter, klimatilpasning og sårbarhed - med særligt fokus på Danmark. 2014*
- / 11/ Klimakonsekvensvurdering Trin 2 – vurdering af afvandingsforhold og vandløb. Nybygnings- og 5. sporløsning. København – Ringsted projektet. 17. august 2009.*
- / 12/ Geodatastyrelsen, NY lavningskort (bluespot), juni 2016, Miljøgis.*
- / 13/ Aarhus Kommune, Klimatilpasningsplan 2014 – Tilpasning til mere vand. Tillæg nr. 1 til Kommuneplan 13 samt klimaindsatsplan.*
- / 14/ Banedanmark, Klimatilpasning i Banedanmark – Servicedeklaration og Handlingsplan 2014-2020.*
- / 15/ Policy for dimensioneringskriterier for afvanding af den nye bane København- Ringsted, Teknisk Notat, Grontmij, 2013*
- / 16/ Aarhus Kommune, Miljøkontoret, Regnvandsbassiner og vandløb.*
- / 17/ Henriksen, H.J. et al, 2012: Klimaeffekter på hydrologi og grundvand (Klimagrundvandskort). Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport. 2012/116. GEUS.*
- / 18/ Aarhus Kommune, Natur og Miljø, Spildevandsplan 2013-2016.*
- / 19/ Fagnotat Grundvand og drikkevand, fagnotat vedrørende Aarhus H. Banedanmark 2016.*

*/ 20/ Fagnotat Anlægsbeskrivelse, elektrificering Aarhus – Lindholm.  
Banedanmark 2016*