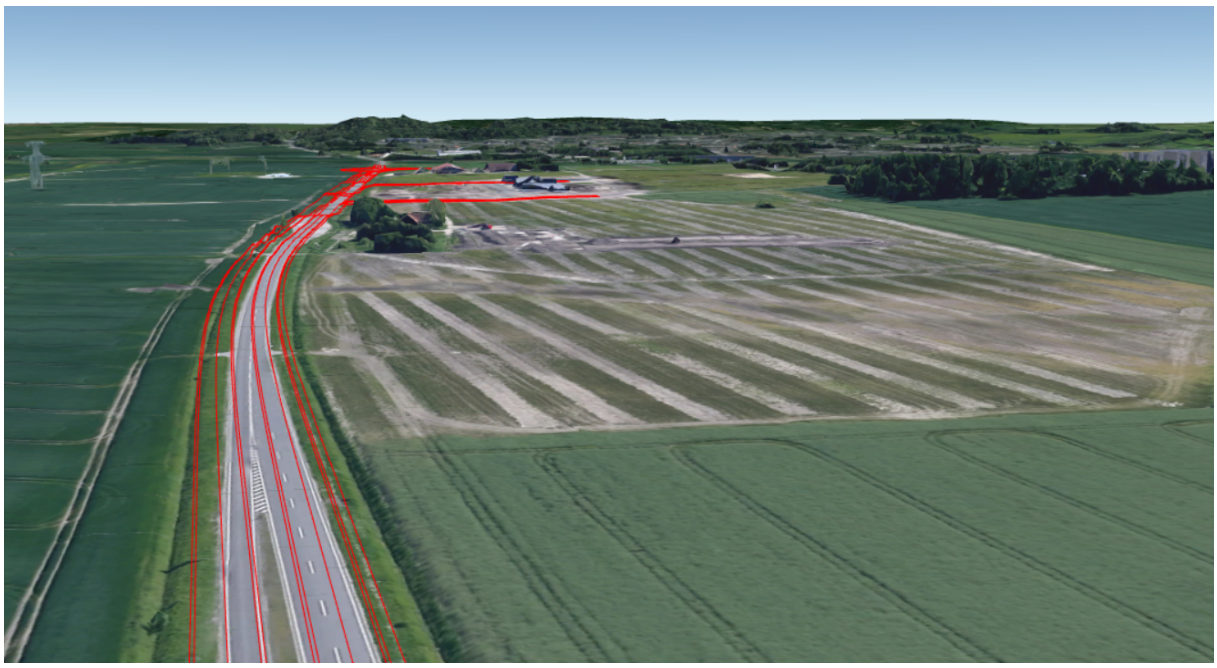
Udvidelse af Hadsund Landevej

Afgangsprojekt



Anne Ingemann Pedersen
Diplomingeniør | Veje & Trafik
Aalborg Universitet
Byggeri & Anlæg



AALBORG UNIVERSITET
STUDENTERRAPPORT

Naturvidenskabelige Fakultet
Institut for Byggeri og Anlæg
Thomas Manns Vej 23
9220 Aalborg Øst

Titel:

Diplom afgangsprojekt

Projekt:

Hadsund Landevej

Projektperiode:

November 2019 - Januar 2020

Deltager:

Anne Ingemann Pedersen

Vejleder:

Erik Kjems

Hovedrapport: 56
Bilag: 15
Tegninger: 9
Afsluttet: 17/01-2020

Synopsis:

Dette projekt tager udgangspunkt i Region Nordjyllands ønske om en udvidelse af Hadsund Landevej på strækningen mellem Universitetsboulevarden og Egnsplanvej. Udvidelsen omfatter, at strækningen udvides fra en to-sporet vej til en fire-sporet vej. Der etableres to signalregulerede T-kryds ind til henholdsvis det Nye Universitetshospital og Servicebyen, en omdannelse af rundkørslen på Universitetsboulevarden til et F-kryds og en tilslutning til den eksisterende rundkørsel for enden af Egnsplanvej.

Der vil i rapporten blive undersøgt de eksisterende forhold af terræn, jordbund, grundvand, ledninger og matrikelskel. Gennemgangen af de eksisterende forhold efterfølges af en skitsefase, som indeholder en analyse af vejnettet, hvori der vil blive foretaget kapacitetsberegninger af de eksisterende forhold. Det nye tværprofil vil endvidere blive præsenteret i skitsedelen.

I detailfasen fastlægges vejens kommende tracé, som danner baggrund for de tre nye krydsudformninger. Der vil yderligere blive kigget på afvanding, afmærkning samt opbygningen af vejbefæstelsen.

Rapportens indhold er frit tilgængeligt, men offentliggørelse (med kildeangivelse) må kun ske efter aftale med forfatterne.

Forord

Dette afgangsprojekt er udarbejdet af Anne Ingemann Pedersen, som er diplomingeniørstuderende inden for Vej og Trafik på Aalborg Universitet. Projektet er udarbejdet i perioden fra den 1. november 2019 til den 17. januar 2020. Rapportens emne var valgtfrit, dog med godkendelse af vejleder, samt studienævnet. Afgangsprojektet har fokus på en udvidelse af Hadsund Landevej nær Aalborg Øst. Tak til Erik Kjems, som der gennem projektperioden er søgt vejledning ved, og tak til COWI, som var behjælpelig med valg af emne til rapporten.

Læsevejledning
Der er igennem projektet anvendt kildehenvisninger, som er opstillet efter Harvard-metoden. Dette betyder, at der i teksten er refereret til forfatterens efternavn og udgivelsesåret. Figurer og tabeller er henvist til efter hvilket nummer figur, det er i et givent kapitel, således at kapitelnummer står først og nummeret på figur/tabel står efter. Udover nummererede kapitler i rapporten er der flere bilag, og disse er angivet i bogstaver og findes sidst i rapporten. Vedlagt til rapporten er ni tegninger, som er vedlagt i en ZIP-mappe med navnet "Tegnings mappe-Anne Ingemann Pedersen".

Aalborg Universitet - 17/01-2020

Anne Ingemann Pedersen

Tegningsoversigt

Tegnings nr.	Beskrivelse	Målestok
1	Eksisterende forhold 1	1:1000
2	Eksisterende forhold 2	1:1000
3	Linjeføring 1	1:1000
4	Linjeføring 2	1:1000
5	Længdeprofil 1	1:1000
6	Længdeprofil 2	1:1000
7	Normaltværsnit	1:50
8	Afmærkningsplan 1	1:1000
9	Afmærkningsplan 2	1:1000

Indholdsfortegnelse

1 Indledning **1**
1.1 Aalborg i udvikling . . . 1
1.2 NAU - Nyt Aalborg Universitetshospital . . . 3

2 Projektbeskrivelse **7**
2.1 Afgrænsninger . . . 7

3 Screening af bindinger **9**
3.1 Terrænforhold . . . 9
3.1.1 Jordbundsforhold . . . 10
3.1.2 Grundvandsforhold . . . 11
3.2 Eksisterende ledninger . . . 11
3.3 Matrikelforhold . . . 12

I Skitseprojektering **15**

4 Vejnettet **17**
4.1 Vejens klassificeringer . . . 17
4.2 Trafikale forhold . . . 19
4.2.1 Kapacitet af kryds . . . 20
4.2.2 T-kryds . . . 20
4.2.3 Rundkørsel . . . 21

5 Tværprofiler **23**
5.1 Nuværende tværprofil . . . 23
5.2 Fremtidigt tværprofil . . . 23
5.2.1 Forudsætninger for tværprofilet . . . 24

II Detailprojektering **27**

6 Tracering **29**
6.1 Linjeføring . . . 29
6.2 Længdeprofil . . . 29

7 Krydsudformning **31**
7.1 Kryds - Hadsund Landevej og Universistetsboulevarden . . . 31
7.2 T-kryds . . . 33
7.3 Tilslutning til eksisterende rundkørsel . . . 35
7.4 Kontrol af T-kryds og F-kryds . . . 37

8 Afvanding **41**
8.1 Afvanding af kryds 42

9 Vejafmærkning **43**

10 Vejbefæstelse **45**
10.1 Eksisterende vejopbygning 45
10.2 Fremtidig vejopbygning 46
10.2.1 Opbygning af cykelsti 47

11 3D-visualisering **49**

12 Konklusion **53**

Litteratur **55**

Appendiks A Boreprofiler **57**

Appendiks B Trafikberegninger **61**

Appendiks C Tracéringsberegninger **63**
C.1 Linjeføring 63
C.2 Længdeprofil 63

Appendiks D Krydsudformning **65**
D.1 Svingspor 65
D.2 Oversigt 66

Appendiks E Vejbefæstelse **69**

Indledning 1

Danmark er på mange planer et samfund i udvikling inden for for eksempel erhverv, turisme, boliger og infrastruktur. Hele landet følger med i den stigende modernisering, der med udviklingen inden for teknologi blandt andet også opfordrer til udvikling i landets byrum.

1.1 Aalborg i udvikling

Sammen med resten af Danmark er Aalborg også i udvikling. En udvikling der sker over alt, men især indenfor bygrænsen. Det er beskrevet i Aalborgs kommuneplan, hvordan byen fra år 2013 og de næste 12 år frem skal udvikles i en retning, hvor byen bliver bundet sammen på en måde, hvor funktionerne bolig, erhverv og service blandes i stedet for at være adskilt. I fremtidsplanerne arbejdes der især på områderne klima, mennesker, turisme og erhverv. [Aalborg Kommune, 2013*a*]

Kommuneplanen tager udgangspunkt i en vækstakse, der strækker sig fra lufthavnen i vest til havnen i øst. Aksen er vist på figur 1.1. På figur 1.1 er yderligere vist Aalborg midtbys placering samt det nye universitetshospital i den sydøstlige del af aksen. Den orange strækning med gule markeringer indikerer, hvor den nye Plusbus har tracé og planlagte stoppesteder. [Aalborg Kommune, 2013*a*]



Figur 1.1. Aalborgs vækstakse, som strækker sig fra lufthavnen i vest til havnen i øst. [Christina Svendsen, 2016]

Med denne nye udvikling kommer især den nuværende infrastruktur under pres, og dette gælder ikke kun inde i bymidten, men overalt hvor der sker en udvikling. Trafikken forøges i takt med udviklingen af flere sociale samlingssteder, boliger og erhvervsområder. Der har i mange år været fokus på byvækst i de ydre områder af Aalborg, og i den forbindelse blev Egnsplanvej indviet i 2019, hvor trafikken fra E45 fik mulighed for at køre fra E45 og direkte øst på mod Aalborg Universitet, Gistrup og Gug Øst. I øst bindes Egnsplanvej sammen med Hadsund Landevej ved hjælp af en rundkørsel. På figur 1.2 er Egnsplanvejens beliggenhed vist i forhold til Hadsund Landevej.



Figur 1.2. Oversigt af omkringliggende veje i forhold til Hadsund Landevej.

Sammenbindingen mellem E45 og Hadsund Landevej via Egnsplanvej giver ideelle muligheder for opførelsen af det nye servicebyggeri i Aalborg Øst. Servicebyggeriet omfatter blandt andet opførelsen af det nye Aalborg Universitetshospital, som med både flytning og udvidelse af det nuværende sygehus vil genere mærkbart mere trafik i området. Med mere trafik vil der blive skabt mere trængsel på det omkringliggende vejnet.

Plusbus-projektet er et omfattende projekt, som skal binde Aalborg sammen og gøre fremkommeligheden bedre. Ruten forløber fra væddeløbsbanen i vest til det nye universitetshospitalet i øst og skal derved også afhjælpe vejnettet omkring hospitalet for trafikale problemer. Trods plads til mellem 150-200 passagerer i de nye busser, må det ikke forventes, at Plusbus projektet alene kan afvikle de nye trafikale problemer. [Aalborg Kommune, 2014]

1.2 NAU - Nyt Aalborg Universitetshospital

Med opførselsen af det nye Aalborg Universitetshospital, også kaldet NAU, i Aalborg Øst, forventes trafikmængden at stige kraftigt ved åbningen af hospitalet. Byggeperioden for hospitalet startede i 2013 og forventes færdigt i 2021. Dog med åbninger af visse afdelinger i løbet af 2020. [Region Nordjylland, 2019]

Region Nordjylland planlægger, at der ved hospitalets åbning skal være over 500 sengepladser, mens der i 2020 er en forventning om i nærheden af 560 000 ambulante besøg fordelt på Sygehus Syd og NAU. På figur 1.3 er vist en illustration af en oversigtsplan for hospitalet. [Region Nordjylland, 2019]



Figur 1.3. Oversigt over det nye universitetshospitals funktioner. [Region Nordjylland, 2019]

Der skal i fremtiden laves en indkørsel til hovedindgangen af hospitalet, dertil skal der ligeledes føres en indkørsel ind til Servicebyen. De to indkørslers placering er vist på figur 1.4. Begge indkørsler skal tilkobles Hadsund Landevej, som i forvejen har forbindelse til henholdsvis motorvejen og Aalborg by. På figur 1.4 er det ligeledes vist, hvor Hadsund Landevej er placeret i forhold til NAU.



Figur 1.4. Oversigt over NAU-området med markering af indkørsel til hospitalet og Servicebyen.

Det er ikke forventet, at Hadsund Landevej på nuværende tidspunkt, har kapacitet til at kunne afvikle trafikmængderne skabt af det nye hospital. Derfor er der i rapporten fremlagt

løsningsforslag til, at øge kapaciteten af Hadsund Landevej.

Projektbeskrivelse 2

Region Nordjylland ønsker, at Hadsund Landevej udvides fra to vognbaner til fire vognbaner. Dette er ønsket på strækningen mellem Universitetsboulevarden og Egnsplanvej. Yderligere skal der anlægges to nye signalregulede kryds med adgang ind til det nye universitetshospital og den dertilhørende serviceby. Der skal yderligere ske en omdannelse fra den eksisterende rundkørsel til et firbenet signalreguleret kryds på Universitetsboulevarden. De fire nye spor skal kobles sammen med den eksisterende rundkørsel, der er sammenbindingen mellem Hadsund Landevej og Egnsplanvej. Region Nordjylland ønsker endvidere en dobbeltrettet cykelsti mod øst.

På baggrund af de nuværende forhold, vil der blive udarbejdet et skitseprojekt. Forud for projekteringen vil der blive kigget nærmere på de eksisterende forhold, der kunne have betydning for projekteringsarbejdet. Disse forhold er blandt andet de nuværende trafikale forhold samt jordbundsforholdene i forhold til udbygningen af et nyt større anlæg.

2.1 Afgrænsninger

Der er i forbindelse med denne rapport truffet beslutninger om forskellige afgrænsninger, som vil blive nævnt i dette afsnit.

Denne rapport afgrænses fra alt anlægsøkonomi, og der vil ikke gennem rapporten blive opstillet noget overslag.

I forhold til jordbundsforhold er der afgrænset fra beregninger af sætninger, forbelastning og nedsivning. I den forbindelse er der ej heller regnet på afvandingssystemer.

Der er i projektbeskrivelsen omtalt en omdannelse af den eksisterende rundkørsel mellem Universitetsboulevarden og Hadsund Landevej, til et F-kryds. I det nye kryds har fokus været på vejgrenen ved Hadsund Landvej, mens de øvrige grene blot er tegnet og ikke nærmere bestemt. Den samme afgrænsning gør sig gældende for den eksisterende rundkørsel mellem Egnsplanvej og Hadsund Landevej, hvor fokus ligger på vejgrenen der forbinder rundkørslen og Hadsund Landevej. Den dobbeltrettede cykelsti øst for strækningen er ikke håndteret i F-krydset eller rundt i rundkørslen.

Der er grundet en tidsbegrænsning af projektets periode ikke håndteret de tre eksisterende markoverkørsler på strækningen, samt indkørslen til en større tank og EL-station. Der kan dog henvises til Vejdirektoratets standardtegninger for markoverkørsler.

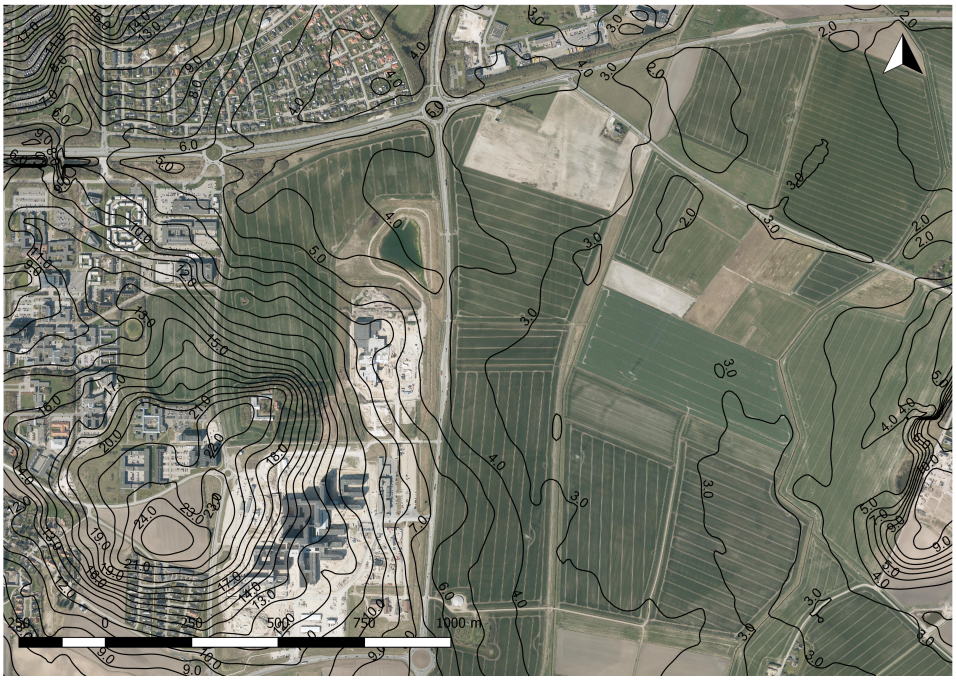
Screening af bindinger 3

Der vil i dette kapitel blive kigget på eksisterende forhold, som der skal tages hensyn til i forhold til projektet. De væsentligste bindinger for dette projekt er terrænforhold, eksisterende ledninger og matrikelforhold.

3.1 Terrænforhold

Terrænforholdene skal kortlægges for projektet, således at det er muligt allerede inden projektstart at konkludere, om der skal laves store mængder jordarbejde. Dette er en fordel at vide i forhold til fastlæggelsen af økonomien for projektet.

For projektet ved Hadsund Landevej fremgår det af figur 3.1, at der er forholdsvis fladt i området, hvor den eksisterende vej er beliggende. Det betyder, at der kun vil forekomme mindre skråninger, når anlægget står færdigt. Det forventes, at det nye anlæg placeres tæt ved den nuværende beliggenhed.



Figur 3.1. Højdemodel for området.

Ud fra højdekortet på figur 3.1 vises det, at terrænet fra vest mod øst falder fra omkring kote 6 til 4. Terrænet er dog mere fladt mod nord, hvor det omkring indkørslen til Servicebyen stiger med to meter inden for 250 meter. Dette forhold skal tages i betragtning ved projekteringen af

det pågældende kryds, da det skal sikres, at længdeprofilet overholder de gældende vejregler. Det kan betyde større skråninger for dette område.

3.1.1 Jordbundsforhold

Jordbundsforholdene skal kendes af hensyn til, om den nyanlagte vej sætter sig over tid. Ud fra jordbundsforholdene er det muligt, at vurdere om en forbelastning eller en udskiftning af jorden er nødvendig, før den nye vej anlægges. Den eksisterende vej må dog forventes at have sat sig over årene. Udover sætninger er det også vigtigt at vide, om det er muligt at nedsive vejvandet. Dette kan for eksemplet ikke lade sig gøre, hvis de underliggende lag er primære lerlag.

I bilag A er der vist to boreprofiler, udført af COWI, i forbindelse med opførslen af det nye Aalborg Universitetshospital. Boringerne er lavet vest for Hadsund Landevej, og der er udvalgt de to profiler, som er placeret henholdsvis længst mod nordøst og sydøst i forhold til projektets udstrækning. En mere præcis placering af boringerne fremgår af figur 3.2.



Figur 3.2. Placering af boringer.

Boreprofilerne B203 og B351 viser begge spor af ler fra omkring en meter under terræn og ned. Disse forhold skal tages i betragtning for både sætninger og nedsivning.

I forhold til nedsivningsprocessen, sænker leret nedsviningstiden af overfladevandet, hvilket på sigt kan gøre, at vandet forbliver på overfladen længere tid, end hvad der er hensigtsmæssigt. Problemet kan løses med vejdræn, hvor vandet ledes til en recipient, som kunne være en sø eller et nærliggende åløb. Denne løsning ville kræve rensning af vandet før udledning til recipient samt en godkendelse fra kommunen.

Anlæg der bygges på ler har ofte en længere sætningsperiode, der skal tages højde for. Sætter vejen sig meget på længere sigt, kan dette danne skader i vejkassen samt overfladen af vejen.

3.1.2 Grundvandsforhold

Grundvandets beliggenhed skal klarlægges således, at det er muligt at forudsige hvilken afvandingsmetode, der er den ideelle løsning for netop dette projekt. Udover problematikker for afvandingen kan grundvandet også have en betydning for, hvordan vejkassen skal opbygges.

Ligger grundvandsspejlet højt i området, kan der ikke laves en løsning med nedsivning, da vejvandet blot vil danne overfladevand. Er dette tilfældet, skal der laves et afvandingssystem, hvor vandet ledes væk på anden vis. Hvis der trænger vand ind i de øvre lag i vejkassen, kan der dannes skader i vejen som eksempelvis revner og krakeleringer.

Af boreprofilerne i bilag A fremgår det, at grundvandsspejlet mod nord, boring B203, er beliggende 0,5 meter under terræn, hvilket er et højt niveau. Mod syd i boring B351 er pejlingsrøret tørt d. 17-03-2014, og dette er trods en dybde på tre meter under terræn.

Gældende for begge pejlinger er, at de afhænger af årstiden samt regnmængder og jordbundsforhold. For at få en mere præcis vurdering af grundvandsspejlets beliggenhed skal der foretages flere pejlinger. Ligesom i afsnit 3.1.1 kan et vejdræn anbefales for at hjælpe vandet bedre væk.

3.2 Eksisterende ledninger

Ved et anlægsprojekt, om det er et nyt eller ændringer på et eksisterende, skal de eksisterende ledningsforhold undersøges. Dette gælder både ledninger i luften, men især også dem under jorden, som ikke er synlige. Kendes placeringen af underjordiske ledninger, er det i højere grad også lettere at undgå omkostningsfulde graveskader.

For at indhente ledningsoplysninger kan der søges disse oplysninger på Ledningsejerregistret (LER). På LER kan der søges om ledningsoplysninger og gravetilladelser for det område, der ønskes at grave i. Ledningsejeren har pligt til at indberette ledningerne til LER, således at alle oplysningerne er samlet et sted. [Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, -]

For dette projekt er der i 2018 søgt LER-oplysninger på Hadsund Landevej på den strækning, som projektet omhandler, og ansøgning i LER er foretaget af COWI. Det er særligt store ledninger som gas, EL og kloakledninger, der skal holdes øje med, dog er der i mange tilfælde også kabler nedgravet i jorden.

På dette projekt kan der komme konflikter med i alt otte ledningsejere. I tabel 3.1 er lavet en liste med hvilken ledningsejer, ledninger og steder, der kunne danne konflikter for projektet.

Ledningsejer	**Ledningstype**	**Placering**
Aalborg Vand	Ledning og signalkabel	Vest for Hadsund Landevej
TDC	Kabeltracé	Vest for Hadsund Landevej
N1	Kabeltracé	Vest for Hadsund Landevej
Aalborg kloak	Fællesledning	Gennem Universitetsboulevarden
GlobalConnect	Kabel	Vest for Hadsund Landevej
Energii	Kabeltracé	Vest for Hadsund Landevej
EnerginetGas	Gastransmissionsledning	Øst for Hadsund Landevej
Energinet - EL	Kabler	Krydsene ved Egnsplanvej

Tabel 3.1. Oversigt over eventuelle konflikter med ledninger og ledningsejere.

Konflikterne med ledningerne og ledningsejerne skal håndteres inden der graves, og det skal vurderes, om anlægget kan etableres over eksisterende ledninger. Ved ledninger, hvor der ikke kan anlægges et større anlæg over, skal der tages en beslutning om, hvorvidt det er mest hensigtsmæssigt, at tilpasse projektet eller ledningerne.

I forbindelse med dette projekt antages det, at det er de eksisterende ledninger, som skal tilpasses udvidelsen af strækningen.

3.3 Matrikelforhold

I forbindelse med udvidelsen af Hadsund Landevej skal de matrikulære forhold belyses. Det skal fastslås, om der er kapacitet til at anlægge to ekstra spor, eller om det har store konsekvenser for de omkringliggende arealer. Med et nyt tværprofil, som skal rumme fire spor og en cykelsti, skal der udlægges en del areal til projektet.

Projektet er lokaliseret i en landzone, og dette betyder på forhånd, at mulighederne for udvidelse er gode. Det skal dog stadig kontrolleres, om der er konflikter med nærtliggende huse og andre særlige forhold. På figur 3.3 er vist et oversigtskort over matriklerne i området.



Figur 3.3. Oversigt over matrikler i området.

På oversigtskortet over matrikelforholdene fremgår det, at Hadsund Landevej har sin egen matrikel, denne ejes af staten. Matriklen er dog ikke stor nok til, at der kan udvides inden for denne, og det er derfor nødvendigt at ekspropriere yderligere areal. Alt efter hvilken metode, der anvendes til at lave udvidelsen, kan arealet variere. Der kan vælges at laves en udvidelse, hvor den nuværende centerlinje bevares, eller der kan udvides enten mod øst eller vest. Ud fra figur 3.3 forekommer det ikke som et problem at erhverve areal, hverken mod øst eller vest.

Udover det areal, der skal benyttes til det færdige projekt, skal der med stor sandsynlighed også

ekspropriers midlertidige arealer til under selve anlægsfasen. Der ses ikke nogle problemer med at ekspropriere de nødvendige arealer.

Del I

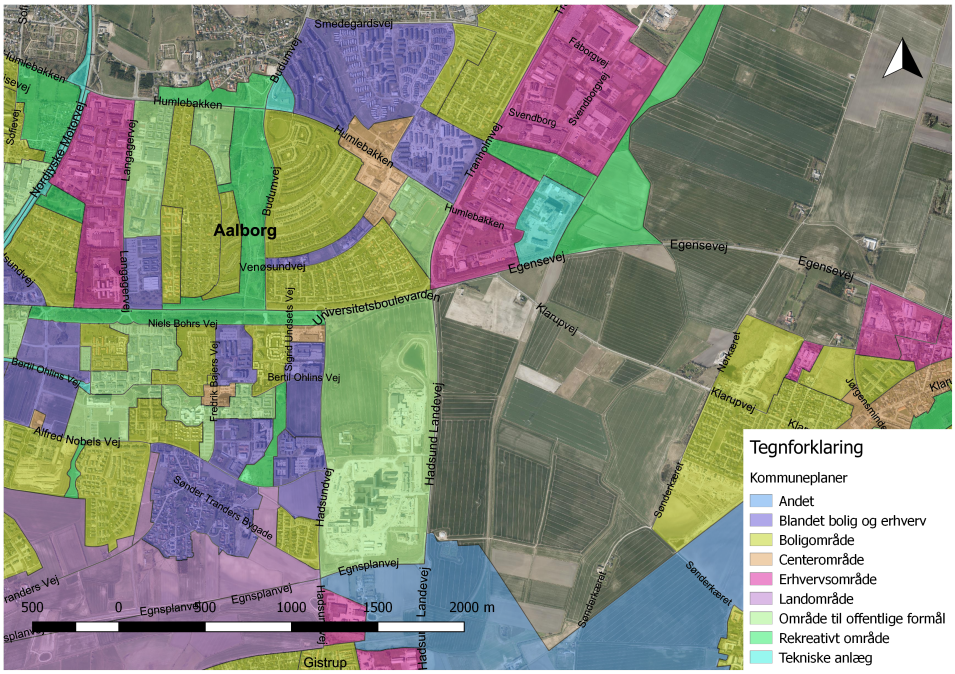
Skitseprojektering

Vejnettet 4

I det følgende beskrives vejnettet for Hadsund Landevej samt de omkringliggende veje. Centrale informationer om vejnettet er hentet fra Vejman. Vejman er en database, hvor der kan findes forskellige oplysninger omkring de danske veje, blandt andet hvem der ejer dem, og hvad hastighedsbegrænsningen er på en given strækning.

4.1 Vejens klassificeringer

Hadsund Landevej er klassificeret som en trafikvej, også kaldet en gennemfartsvej. Dette betyder, at der er særligt fokus på fremkommelighed og sikkerhed af personbiler. Udover gennemfartsvejen er der yderligere to kategorier inden for vejklasser, og disse er fordelingsveje og lokalveje. På en gennemfartsvej er det også karakteristisk, at der er nedsat tilgængelighed, hvilket betyder, at fodgængere og cyklister fjernes fra strækningen eller føres over i eget tracé. For at få et bedre overblik af området omkring den nævnte strækning på Hadsund Landevej, er det på figur 4.1 vist hvilke Kommuneplaner, der i området. Dette vil også give en fornemmelse af hvilken trafik, der færdes på vejstrækningen. [Vejdirektoratet, 2019*b*]



Figur 4.1. Oversigt over kommuneplaner.

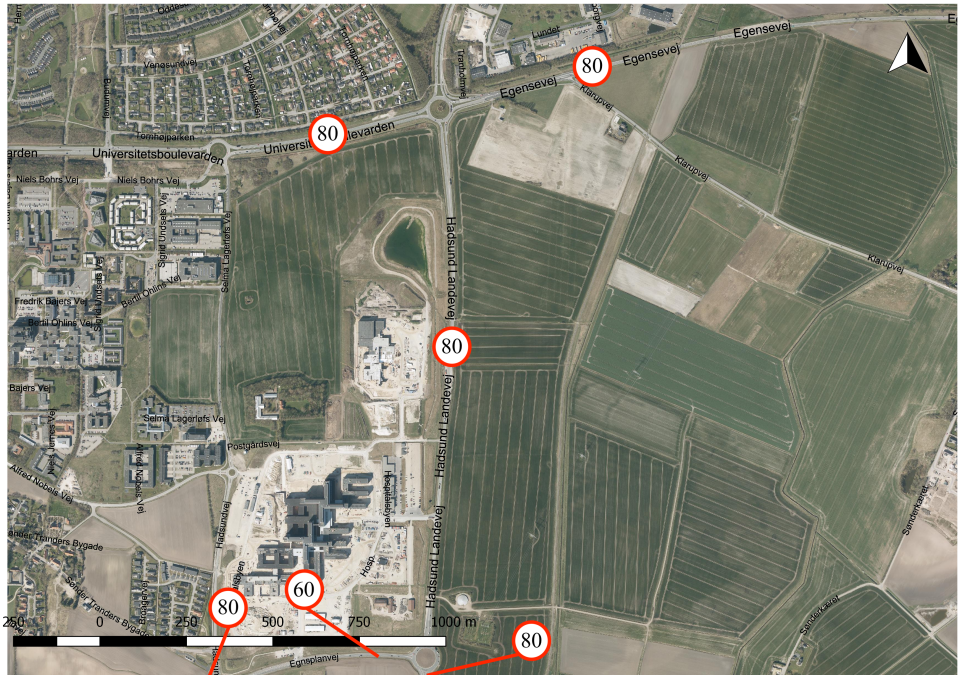
På figur 4.1 fremgår det, at Hadsund Landevej ikke er omgivet af hverken store boligkvarterer eller erhvervsområder. Der er til gengæld et stort område lige vest for vejen, som er tiltænkt

offentlige formål og skal huse det førnævnte nye universitetshospital. Uden mange lokalveje og tilfaldsveje kan det dermed bekræftes, at vejen er en gennemfartsvej.

Selvom der på strækningen skal udbygges to signalregulerede kryds, ændrer Hadsund Landevej ikke vejklasse. Sammenholdt med, at strækningen skal udbygges til fire spor, samt at dens formål er at øge fremkommeligheden for både hospitalsgængere og andre, vurderes strækningen til at være en trafikvej.

Udover vejklassen vurderes hastighedsklassen ligeledes. Der skal på strækningen laves en hastighedsklassificering, som vejen kan dimensioneres og projekteres efter.

For trafikveje arbejdes der med hastighedsklasserne meget høj+, meget høj og høj+. Hadsund Landevej er i forvejen klassificeret som en trafikvej med en hastighed på høj+, hvilket betyder, at planlægningshastigheden er 80 km/t og, at det er den hastighed, der må køres på strækningen. Eksisterende tilstødende veje har samme hastighedsklasse med undtagelse af Egnsplanvej, hvor der er flere strækninger med en planlægningshastighed på 60 km/t. Af figur 4.2 fremgår det, at der siden begyndelsen af opførelsen af det nye universitetshospital, er en vej der støder til den udvalgte strækning på Hadsund Landevej, foruden indkørslerne til henholdsvis hospitalet og Servicebyen. Derfor vurderes det, at planlæningshastigheden kan bibeholdes på 80 km/t, mens vejen dimensioneres efter den dimensionerende hastighed 100 km/t.



Figur 4.2. Oversigtskort over områdets fartgrænser.

Grundet den høje hastighed samt at vejen, efter Region Nordjyllands ønske, udviddes til en 4-sporet gennemfartsvej, placeres der en midterrabat på strækningen for at øge trafiksikkerheden for de hårde trafikanter. For at opnå en tilfredsstillende sikkerhed for de bløde trafikanter, i det her tilfælde cykeltrafik, laves der en seperat cykelsti parallel med kørebanens forløb mod øst. Strækningens nye tværsnit er yderligere beskrevet under kapitel 5.

4.2 Trafikale forhold

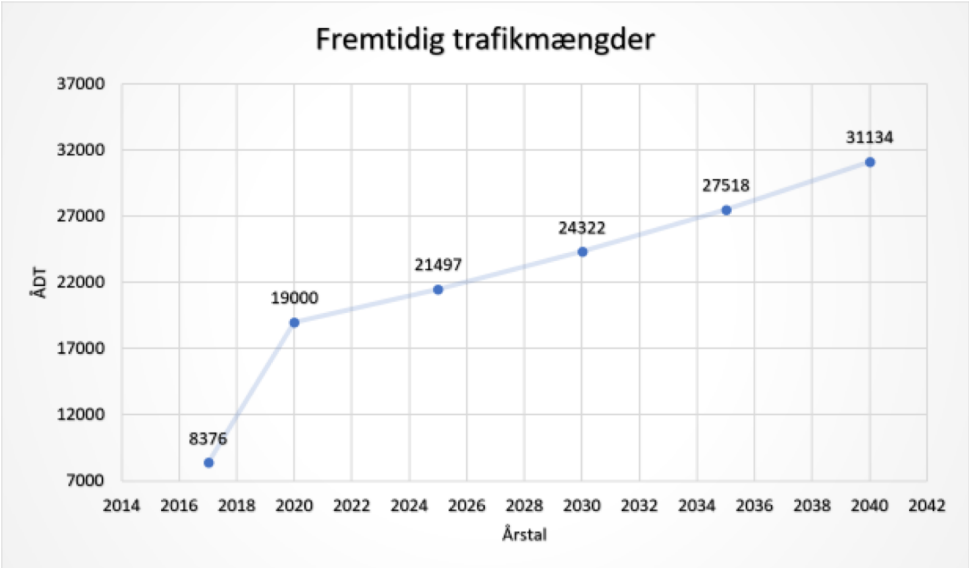
Under kapitel 2.1 fremgår det, at der kun vil blive projekteret det ben i krydset, som tilkobler Hadsund Landevej med Universitetsboulevarden. De trafikale forhold skal være med til at afklare udformningen af det fremtidige signalregulerede kryds på Universitetsboulevarden. Det er allerede forudsat af Region Nordjylland, at der på strækningen skal anlægges en udvidelse til fire spor.

Egnsplanvej åbnede i sommeren 2019, og der er derfor ikke foretaget tællinger for Hadsund Landevej efter åbningen. Der arbejdes derfor ud fra antagelser om den fremtidige trafik. Dertil skal der laves en antagelse af, hvor meget trafik henholdsvis det nye Universitetshospital og Servicebyen i fremtiden kommer til at generere.

I 2013 blev der lavet en miljørapport af COWI A/S i forbindelse med opførelsen af NAU. I rapporten indgår et estimat på, hvordan trafikken vil fordele sig med åbningen af Egenplansvej, samt hospitalet i år 2020. Estimatet vurderer, at der i 2020 vil være et tillæg på cirka 10 300 biler/døgn, dette giver i alt en ÅDT på 19 000 biler/døgn på Hadsund Landevej mod Universitetsboulevarden. ÅDT står for årsdøgnstrafik og angiver gennemsnitstrafikken af biler pr. døgn igennem et år i et udvalgt snit. [COWI A/S, 2013]

I 2017 blev der lavet en tælling på Hadsund Landevej op mod Universitetsboulevarden. Tællingen fandt, at der i 2017 var en ÅDT på 8376 i det talte snit. Da trafiktællingen er fundet sted i 2017, er denne tælling lavet før henholdsvis åbningen af Egnsplanvej og NAU.

Med tallene fra 2017 og Miljørapporten kan trafikken fremskrives fra 2020 til år 2040, som det er vist på figur 4.3. For beregning af fremskrivningen, se bilag B. Det forventes ikke, at alle afdelinger på det nye hospital står klar til åbningen i 2020, så det må derfor antages, at der vil ske en yderlige udvikling i trafiktallene i de efterfølgende år. Der afgrænses dog fra denne videre udvikling i denne rapport.



Figur 4.3. Fremskrivning af Hadsund Landevej fra 2017 til 2040.

Aalborg Kommune benytter som udgangspunkt en fremskrivningsfaktor på 1,73 %, og denne faktor gælder for hele Aalborg ifølge Aalborg Kommune [2013*b*]. Grundet den store udvikling af

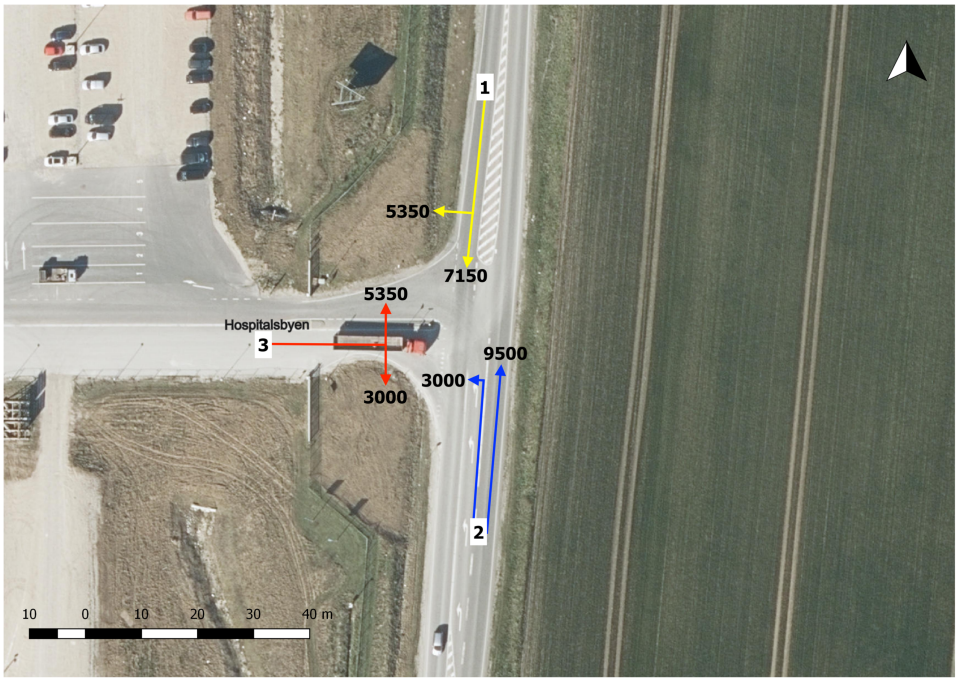
trafik i Aalborg Øst samt åbningen af universitetshospitalet, vurderes trafikvæksten til 2,5 % per år i følge COWI A/S [2013]. Denne procentsats er benyttet til fremskrivningen af ÅDT.

4.2.1 Kapacitet af kryds

Der er på projektstrækningen tre kryds, som skal kunne klare at afvikle den fremtidige trafik på en tilfredsstillende måde. De tre kryds er alle signalregulerede og forekommer på Universitetsboulevarden, indkørslen til Servicebyen og indkørslen til NAU. Der vil i det følgende blive regnet belastningsgrad, middeltidsforsinkelse og 5 % overskridelse af kølængderne for de nuværende kryds. I bilag B fremgår de nødvendige beregninger, som er benyttet til indtastning i programmet Dankap for at beregne kapacitetsniveau og middeltidsforsinkelse. Dankap er et program udviklet af Vejdirektoratet til at beregne kapacitet, middeltidsforsinkelse med videre af kryds og frie vejstrækninger. Programmet anvender håndbogen "Kapacitet og serviceniveau"som baggrund for beregningerne.

4.2.2 T-kryds

Der er i dag lavet et midlertidigt kryds til at afvikle trafikken til og fra det nye universitetshospital, som er under opførelse. Da trafikmængderne vil vokse væsentligt med åbningen af hospitalet, er det de fremtidige trafikmængder, der er benyttet i disse beregninger. På figur 4.4 er de vurderede fremtidige strømme i krydset vist. Disse strømme er benyttet i Dankap på et prioriteret T-kryds. Al cykeltrafik er ikke regnet med, da denne anses for at være begrænset.



Figur 4.4. Estimeret trafikstrømme i T-kryds ved Universitethospital.

Dankap benyttes til at beregne belastningsgraden, B, som fortæller noget om, hvor trafikeret en strækning eller kryds er. Er belastningsgraden lig 0, er der ingen kødannelse eller tæt trafik. I dette projekt vurderes en belasningsgrad på op til $0,8$ som værende acceptabel.

Middeltidsforsinkelse, t, afhænger af kapaciteten og belastningsgraden. Er belastningsgraden stor, vil middeltidsforsinkelsen ligeledes være stor. Den sidste værdi, som der er regnet for, er overskridelsen af kølængden i 5 % af beregningstiden, $n_{5\%}$. Da der i dette projekt ikke er anlagt tilkørsler til sekundærevejen, kan der accepteres lange kølængder.

Efter at de fremtidige strømme er benyttet på det nuværende T-kryds i Dankap, fremgår resultaterne af figur 4.5. På figuren er det vist, at den nuværende udformning af krydset hverken er acceptabel i forhold til B, t eller $n_{5\%}$ fra sekundærvejen indefra NAU. De uacceptable strømme er markeret med en rød firkant.

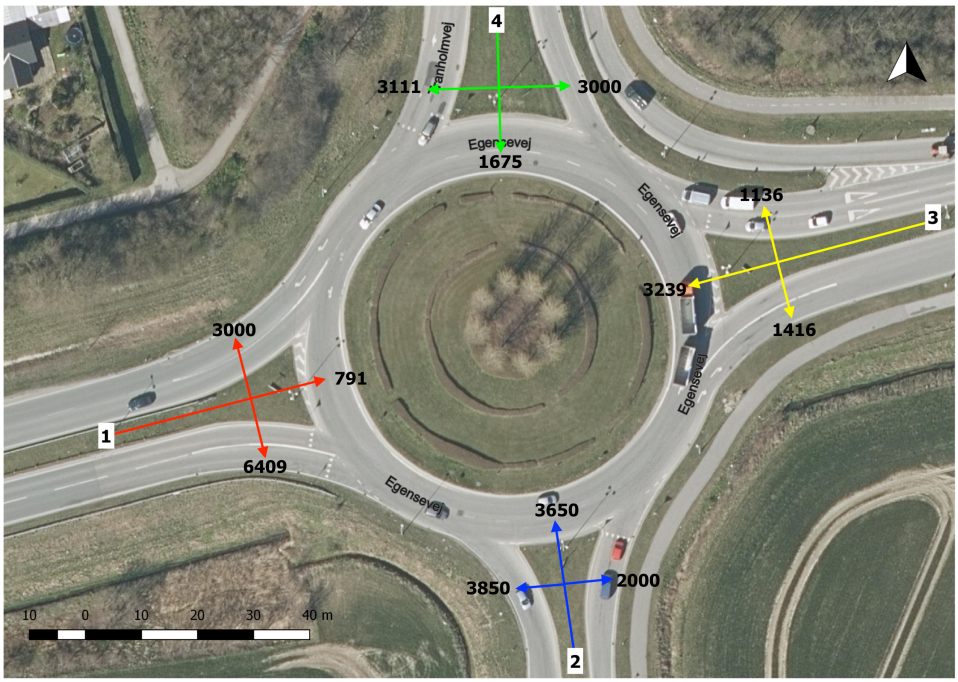
Parametre: Vejregler

Strøm / Gren	Middelforsinkelsen t og kølængden n i tilfartssporet		
	B	t sek/Kt	$n_{5\%}$ Kt
1 LH	1,09	188	94
2 V	4,77	6875	161
2 L	0,78		
3 VH	>10	>10000	>1000

Figur 4.5. Resultater fra Dankap på nuværende krydsudformning.

4.2.3 Rundkørsel

Der er ligeledes lavet en beregning af de ovennævnte værdier i den nuværende rundkørsel på Universitetsboulevarden. For denne beregning er der også her brugt trafiktal, som er vurderet til at være den fremtidige situation efter universitetshospitalets åbning. De estimerede strømme er vist på figur 4.6.



Figur 4.6. Estimerede trafikstrømme i rundkørsel på Universitetboulevarden.

Efter indtastelse i Dankap, er der beregnet B, t og $n_{5\%}$, og disse resultater fremgår på figur 4.7. Af figuren fremgår det, at fire spor ikke kan klare belastningen fra den fremtidige trafik, disse spor er markeret med en rød firkant.

Parametre: Vejregler

Strøm / Gren	Middelforsinkelsen t og kølængden n i tilfartssporet		
	B	t sek/Kt	$n_{5\%}$ Kt
1 Spor H	1,45	829	146
1 Spor V	0,75	22	8
2 Spor H	1,45	839	138
2 Spor V	0,75	24	8
3 Spor H	1,18	381	52
3 Spor V	0,61	21	5
4 Spor H	1,43	804	110
4 Spor V	0,74	27	8

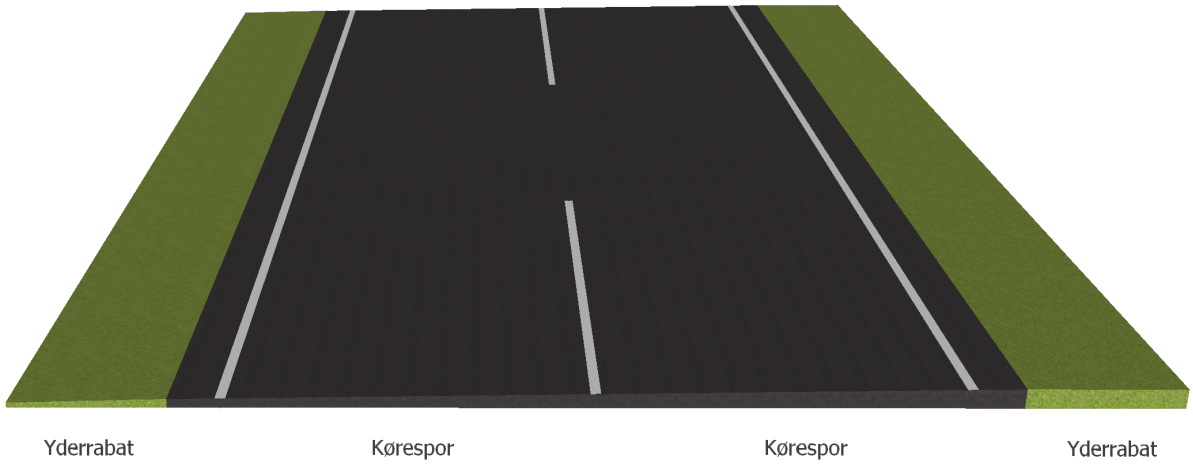
Figur 4.7. Resultater fra Dankap på nuværende krydsudformning.

Tværprofiler 5

Projektstrækningen skal udvides med to ekstra spor, og der vil derfor forekomme væsentlige ændringer på det nuværende tværprofil til det fremtidige tværprofil.

5.1 Nuværende tværprofil

Hadsund Landevej er en statsvej, hvilket gør, at det er Vejdirektoratet, som er vejmyndighed. Vejdirektoratet har diverse standarder, dertil også standarder for tværprofiler af 2-sporet landeveje, Hadsund Landevej er ikke nogen undtagelse. På figur 5.1 er det nuværende tværprofil illustreret. Tværprofilet illustrerer den lige strækning, hvor der ikke forekommer vigelommer.



Figur 5.1. Eksisterende tværprofil af Hadsund Landevej.

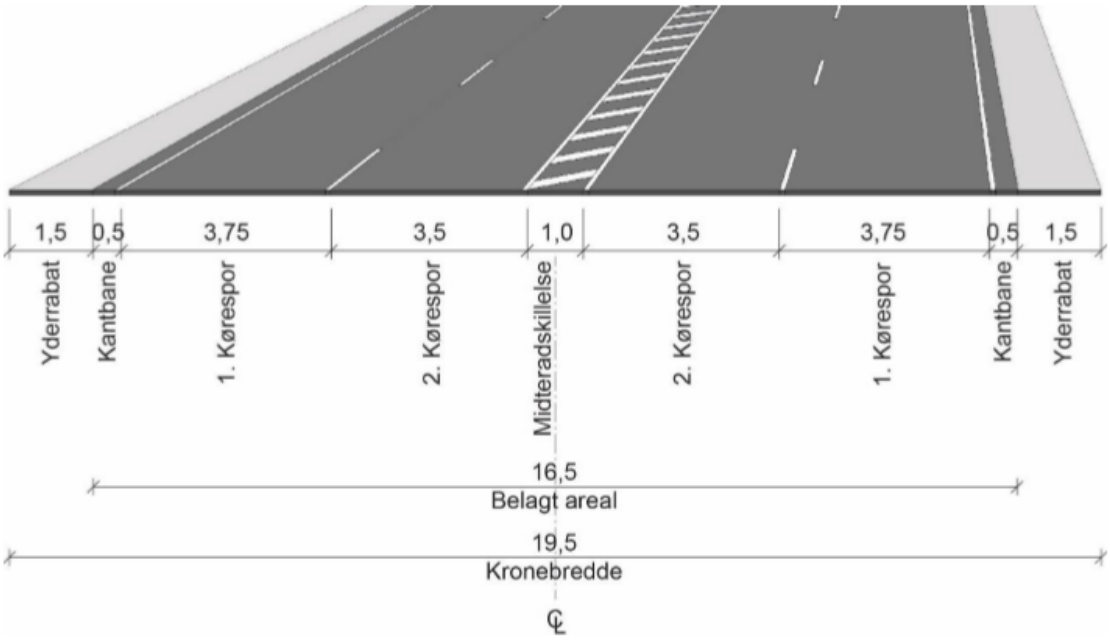
Af figur 5.1 fremgår det, at der på den nuværende vejstrækning er udført en ensidig hældning mod venstre, hvilket giver mulighed for en udvidelse af vejen til 4 spor mod højre. Således kan der anlægges to spor mod øst, hvor den eksisterende vej bibeholdes og anlægsomkostningerne holdes nede.

5.2 Fremtidigt tværprofil

Det fremtidige tværprofil skal efter Region Nordjyllands krav indeholde fire vognbanespor, en midterrabat og en dobbeltrettet cykelsti, som følge af stigende trafik fra det nye universitetshospital. Udvidelsen kommer til at medvirke, at der på strækningen bliver en forøgelse i kapacitet og dermed bedre fremkommelighed.

5.2.1 Forudsætninger for tværprofilet

Det fremtidig tværprofil vil tage udgangspunkt i figur 5.2, som er et basistværprofil fra vejreglerne. [Vejdirektoratet, 2018*d*]



Figur 5.2. Basistværprofil for en 4-sporet vej ved 90 km/t. [Vejdirektoratet, 2018*d*]

Tværprofilet har som udgangspunkt en bredde på 19,5 m, hvor 1. kørespor, jævnfør figur 5.2, har en bredde på 3,75 meter for at kunne afvikle køretøjer med en bredde på 3,65 m. For Hadsund Landevej er det vurderet, at både 1. kørespor og 2. kørespor dimensionernes med en bredde på 3,50 m. Vejen forventes ikke, at blive brugt til køretøjer med en bredde over 2,55 m med mindre det er i særlige tilfælde.

Midteradskillelsen er på basisprofilet 1 m af hensyn til trafiksikkerheden, så den modsatrettede trafik er adskilt. På Hadsund Landevej udføres der en græsmidterrabat med en bredde på 5 m, hvilket medfører en større trafiksikkerhed. Det undgås desuden, at der skal laves udvidelser til venstresvingsspor i kryds på strækningen. Bredden af midterrabatten er også valgt på baggrund af en tidligere beslutning taget af Aalborg Kommune ved udvidelsen fra Tranholmvej, hvor udvidelsen af denne er lavet med en græsmidterrabat på 5 m. Placeringen af Tranholmvej i forhold til Hadsund Landevej er angivet på figur 5.3 med en rød prik.

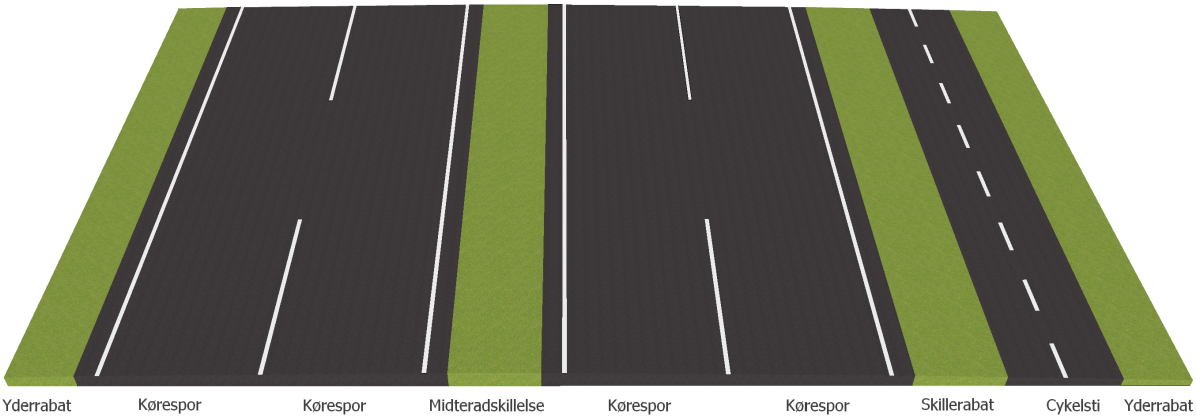


Figur 5.3. Placering af Tranholmvej i forhold til Hadsund Landevej.

Kantbane og yderrabat er dimensioneret med en bredde, hvor det er muligt at henstille mindre nedbrudte køretøjer, uden at disse er til gene for de øvrige trafikanter. Kantbane og yderrabat er dimensioneret med samme mål som basisprofilet, hvor kantbanen er 0,5 m og yderrabatten er 1,5 m. Da den eksisterende vej bibeholdes, og der er kantbaner mod både øst og vest, vil de to nye kørespor ligeledes bliver udført med kantbaner. Dette betyder, at der på begge sider af midterrabatten vil være en 0,5 m bred indre kantbane.

Med udvidelsen til en 4-sporet vej placeres al cykeltrafik på Hadsund Landevej, af sikkerhedsmæssige årsager på en dobbeltrettet cykelsti, hvor der laves en skillerabat med en minimumsbredde på 3 m. Bredden af skillerabatten er inklusiv bredden for yderrabatten for henholdsvis vejen og cykelstien. Der anlægges ikke en fællessti, da det ikke forventes, at der vil være et stort antal fodgængere på strækningen. Den dobbeltrettede cykelsti anlægges med en bredde på 3 m, hvor bredden er inklusiv en kantbane på 0,5 m i hver side af cykelstien. Patienter til og fra sygehuset, som er til fods, forventes at benytte muligheden for den nye Plusbus-løsning, som får en station på sygehusområdet. [Vejdirektoratet, 2018*d*]

Det fremtidige tværprofil vil dermed have en bredde på 24 m uden den dobbeltrettede cykelsti. Med skillerabat og cykelsti vil tværprofilet dermed være 29,5 m bred. På figur 5.4 er det fremtidige tværprofil af Hadsund Landevej illustreret.



Figur 5.4. Fremtidig tværprofil af Hadsund Landevej.

De grundlæggende forhold og det fremtidige tværprofil er nu på plads, og der kan derfor arbejdes videre med flere detaljer. Der vil i det følgende være et detailprojekt, som tager emnerne tracéring, krydsudformning, afvanding, belægning og afmærkning op.

Del II

Detailprojektering

Tracering 6

Udformningen af vejens tracé er en kombination af linjeføringen og længdeprofilet, herunder med aspekter som blandt andet komfort og sigtforhold. Da Hadsund Landevej er en statsvej, skal denne overholde de fleste anbefalinger i Vejdirektoratet [2019*e*]. Dette kan være anbefalinger omhandlende sigtforhold, cirkelbuer, vejkryds, sidehældning med videre. I det følgende er der lavet en kort beskrivelse af linjeføringen og længdeprofilet.

6.1 Linjeføring

Det er valgt, at den fremtidige linjeføring skal følge den eksisterende, dog med en forskydning på 5,5 m mod øst. På strækningen er der to fikspunkter, som skal rammes, og dette er rundkørslen mellem Universitetsboulevarden og Hadsund Landevej, samt rundkørslen i den modsatte ende mellem Egnsplanvej og Hadsund Landevej. Undervejs på strækningen er der indlagt to yderligere kryds ind til NAU og Servicebyen. Linjeføringen er placeret således, at de eksisterende spor bibeholdes, og der anlægges to nye spor mod øst, som skal udgøre de to vognbaner med kørselsretning mod nord. Med denne løsning kan der spares på budgettet, da de eksisterende spor kan forblive åbne under det meste af anlægsfasen, samt at der kun skal anlægges to nye vognbaner.

Linjeføringen afhænger i høj grad af den eksisterende vej, og der må derfor ske en ombygning i begge vognbaner op til hvert kryds i enderne af strækningen.

Efter beregninger som er vist i bilag C, skal linjeføringen overstige horisontalradier på 1400 m grundet sigt- og kørselsdynamiske forhold. Derfor er linjens kurver dimensioneret med radierne 2000 m og 3000 m. Dertil er der indlagt klotoider som overgangskurver, hvor disse beregninger ligeledes indgår i bilag C. Hele strækningens nye linjeføringer er vist på *Tegning 3* og *Tegning 4*. De eksisterende forhold er vist på *Tegning 1* og *Tegning 2*.

6.2 Længdeprofil

Det er så hvidt muligt forsøgt at følge den eksisterende geometri, trods manglende opmålinger fra projektlokationen. Terrænet ude på lokationen kan betragtes som fladt og der er derfor lavet så få vertikalkurver som muligt.

Der er efter optegningen af linjeføringen lavet et længdeprofil, hvor der er taget højde for sigt, hældning og æstetik. I bilag C er de benyttede udregninger vist.

Sigten er overholdt med radier på henholdsvis 6500 m og 15 433 m. Der er ikke et resulterende fald, som overstiger 70 ‰, hvilket er et krav. De resulterende fald på projektstrækningen er alle beliggende omkring 25, 1 ‰. For at gøre strækningen behaglig at køre på, er der taget hensyn til,

at de horisontale klotoider falder sammen med et ret linjestykke af længdeprofilet, og ligeledes falder horisontale cirkelbuer sammen med vertikale cirkelbuer.

Der er blevet stræbet efter store forhold mellem horisontalkurverne og vertikalkurverne. Med et større forhold mellem horisontalkurver og vertikalkurver tydeliggøres vejens forløb for billisterne. Dette fremmer det visuelle og sikkerhedsmæssige aspekt. Dog har den eksisterende linjeføring ikke gjort det muligt, at få de ønskede størrelsesforhold, da horisontalekurverne er forholdsvis korte. De fundende forhold er $R_v = 8 \cdot R_h$ og $R_v = 2 \cdot R_h$.

På *Tegning 5* og *Tegning 6* er længdeprofilet for den 4-sporede vej vist.

Krydsudformning 7

Udfra et ønske fra Region Nordjylland skal der etableres et firbenet signalreguleret kryds, to signalregulerede T-kryds og en tilslutning til den nuværende rundkørsel mod syd. I dette afsnit vil der blive kigget nærmere på, og tages valg i forhold til udformingen af de fire nye tiltag på strækningen. På *Tegning 3* og *Tegning 4* fremgår den nye geometri for hele strækningen, herunder også krydsudformningerne.

Fælles for alle kryds er, at der anvendes et sættevognstog som det dimensionsgivende køretøj med en samlet længde på op til 18 m. Sættevognstoget er fremkørt med en hastighed på 5 km/t. Der er ved alle kryds lavet hvilestrækninger med en længdegradient på under 25 ‰. Hvilestrækningen er i alle tilfælde over 20 m lange. Da de to T-kryds udformes ens, vil der i dette kapitel blive taget udgangspunkt i det ene.

Beregninger for breddeudvidelser og oversigtsforhold for alle krydsformerne kan findes i bilag D, og vil ikke blive vist i dette kapitel. Oversigtsforholdene er kontrolleret i tilfælde af, at signalanlægget er ude af drift, og sekundærevejen skal overholde ubetinget vigepligt.

For at kunne videreudvikle og tilrette krydsene, ville en simulering i VISSIM kunne vise de nærmere forhold. Dette er der dog afgrænset fra i dette projekt.

7.1 Kryds - Hadsund Landevej og Universistetsboulevarden

I dette signalregulerede kryds vil der ikke være bløde trafikanter. Al cykeltrafik vil blive ledt gennem krydset ude af niveau af sikkerhedsmæssige grunde. De mange spor, der skal til for at aflede trafikken tilfredsstillende gennem krydset, vil ikke være hensigtsmæssige at krydse i niveau for cyklister. Der vil i denne rapport ikke blive set mere på krydsningen for cyklister gennem dette kryds.

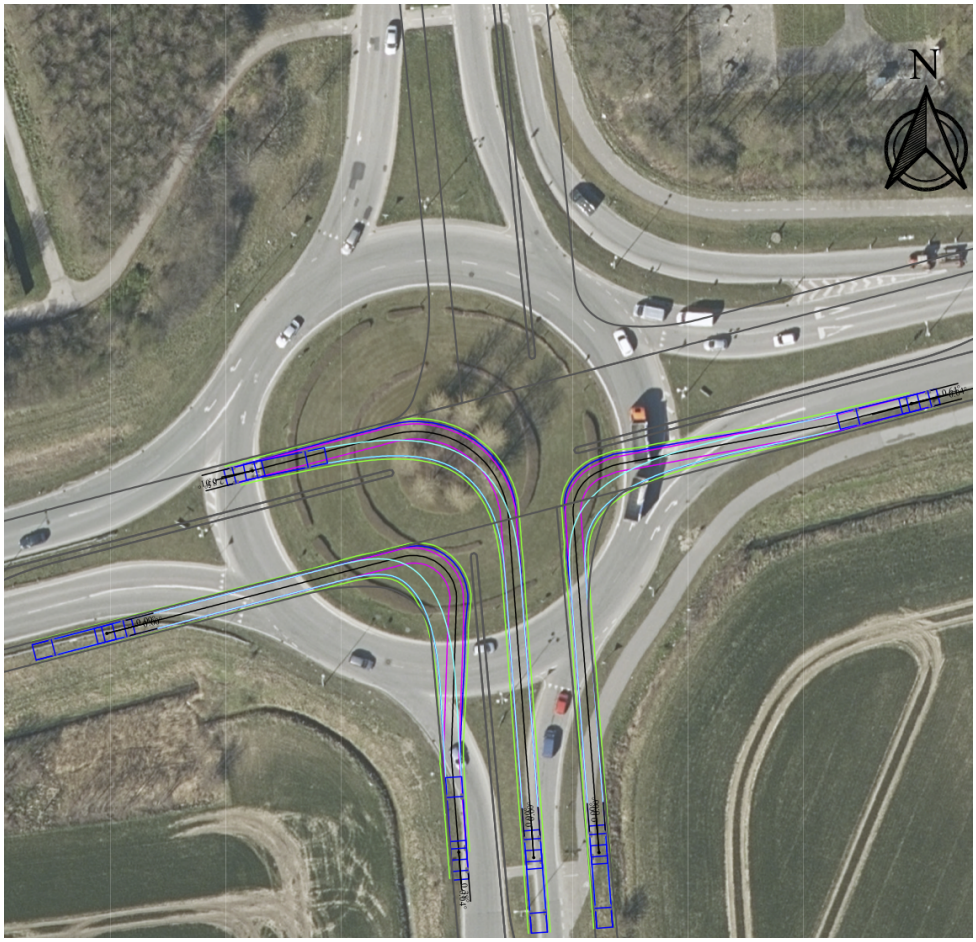
Der vil være placeret heller i det firebenede signalregulerede kryds, således modsatrettede spor opdeles, for at øge sikkerheden. Det betyder at midterhellen videreføres til enden af vejgrenene. Der vil i denne rapport blive fokuseret på vejgrenen tilhørende Hadsund Landevej.

På figur 7.1 er det firbenede kryds vist. Der er på figuren vist arealbehovet for et sættevognstog til og fra Hadsund Landevej. Sættevognstoget er udført i AutoCad under et Novapointmodul. Programmet Autoturn er specielt udviklet til at gennemkøre kørekurver, der har dog ikke været licensadgang til programmet i dette projekt.

Vejgrenen mod Hadsund Landevej er udformet med to venstresvingsspor, to spor der går ligeud og et højresvingsspor. Denne udformning er baseret på fordelingen af trafik, som blev antaget i kapitel 4.

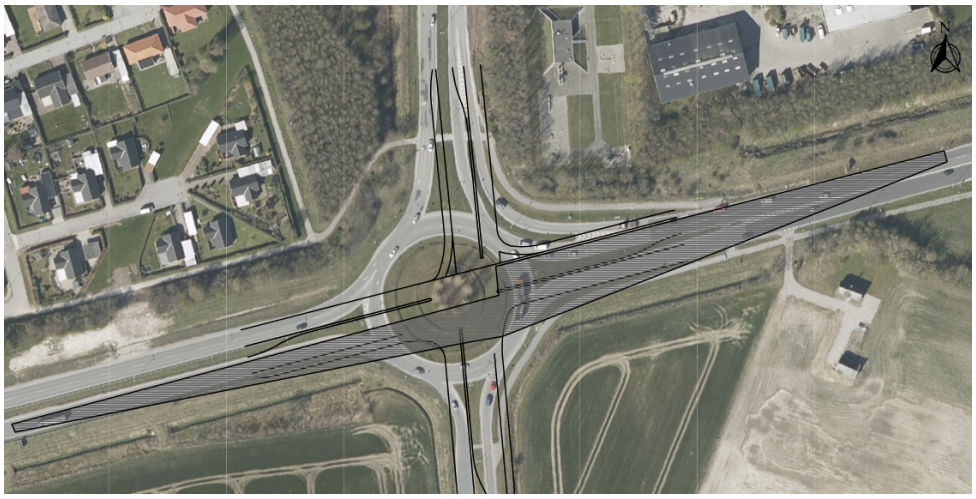
Der er beregnet en breddeudvidelse, som er brugt ved alle de etablerede svingbaner. Der er i bilag

D regnet på længden af kilestrækningen samt længden af svingbanen. Kilestrækningen udføres over en strækning på 29 m med to cirkelbuer, der har en radius på 59 m. Svingbanens samlede længde bliver 85 m, når der tages højde for decelerationslængden og kølængden.



Figur 7.1. F-kryds med kørekurver til og fra Hadsund Landevej.

Oversigtsforholdene for den projekterede vejgren er kontrolleret og overholder kravene såfremt, at der ikke placeres sigthindrende genstande i det markerede areal på figur 7.2. Oversigtslængden er trukket 3 m tilbage fra stoplinjen og har sigt på 206 m til hver side.



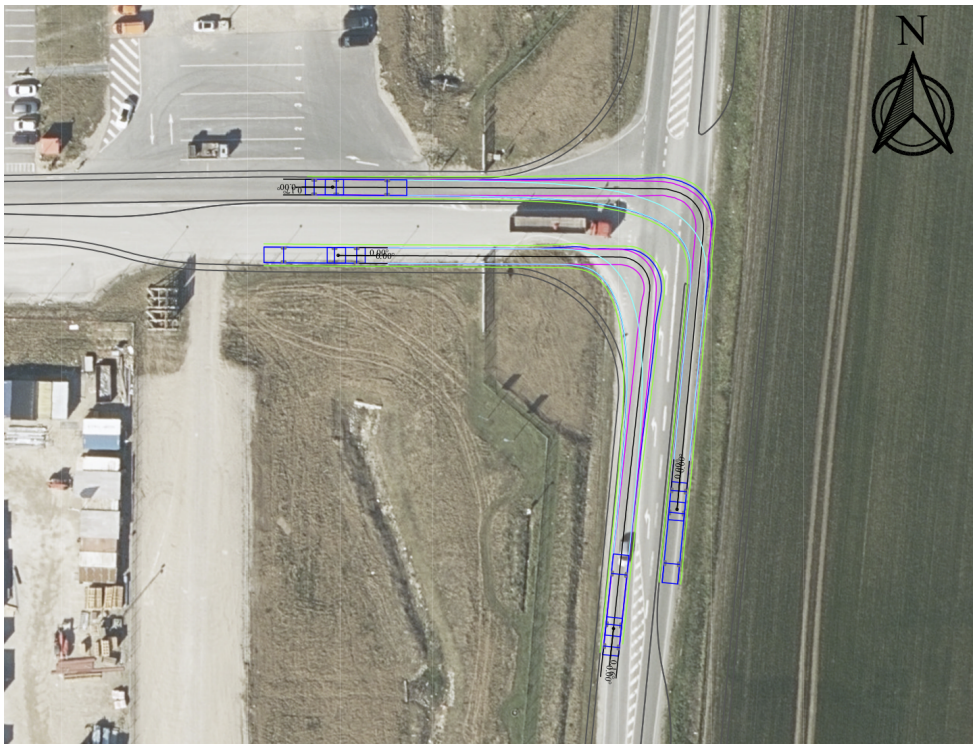
Figur 7.2. F-kryds med oversigtsforhold til og fra Hadsund Landevej.

7.2 T-kryds

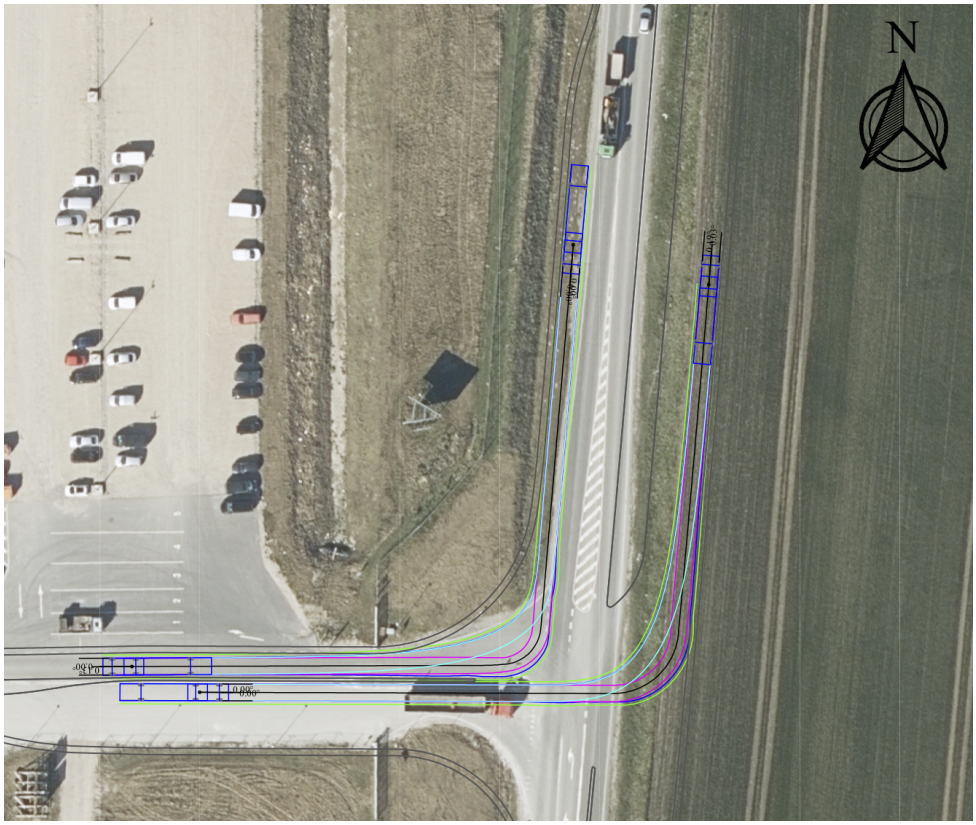
Cyklister håndteres fra cykelstien i øst, gennem krydset ved hjælp af signalregulering og afmærkning. Skæringen gennem krydset sker mod nord til en separat sti på Servicevejen. Der afgrænses fra udformning af stien på Servicevejen i dette projekt.

Der skal projekteres to T-kryds for henholdsvis Servicebyen og universitetshospitalet. De to kryds udformes ens med Hadsund Landevej som gennemfartsspor og et tilsluttende spor, hvor en midterhelle adskiller tilfartsporet og frafartssporet. [Vejdirektoratet, 2019*d*]

På figur 7.3 og 7.4 er udformningen af et af de to T-kryds vist. Der er på figuren vist arealbehovet for et sættevognstog. Krydsene er udformet med to venstresvingsspor samt et højresvingsspor.



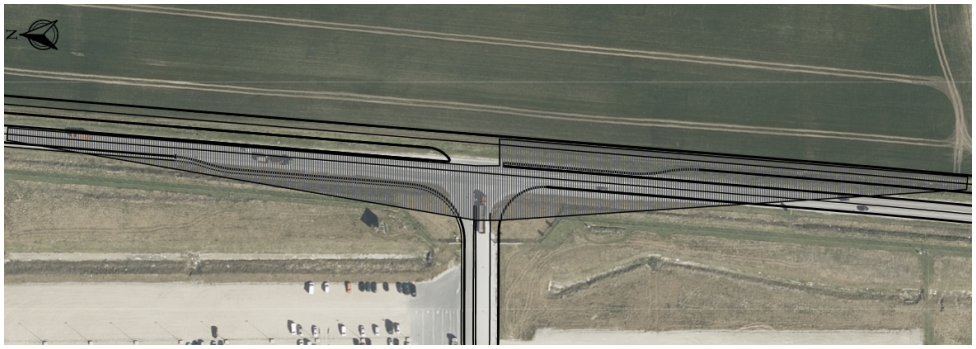
Figur 7.3. T-kryds med kørekurver til og fra syd.



Figur 7.4. T-kryds med kørekurver til og fra nord.

For begge T-kryds er oversigtsforholdene kontrolleret. På figur 7.5 er oversigtsforholdene

illustreret. Sigtlængden ad sekundærvejen er ligeledes trukket 3 m tilbage fra stoplinjen, mens sigtlængden på primærvejen er trukket 206 m ud til hver side.



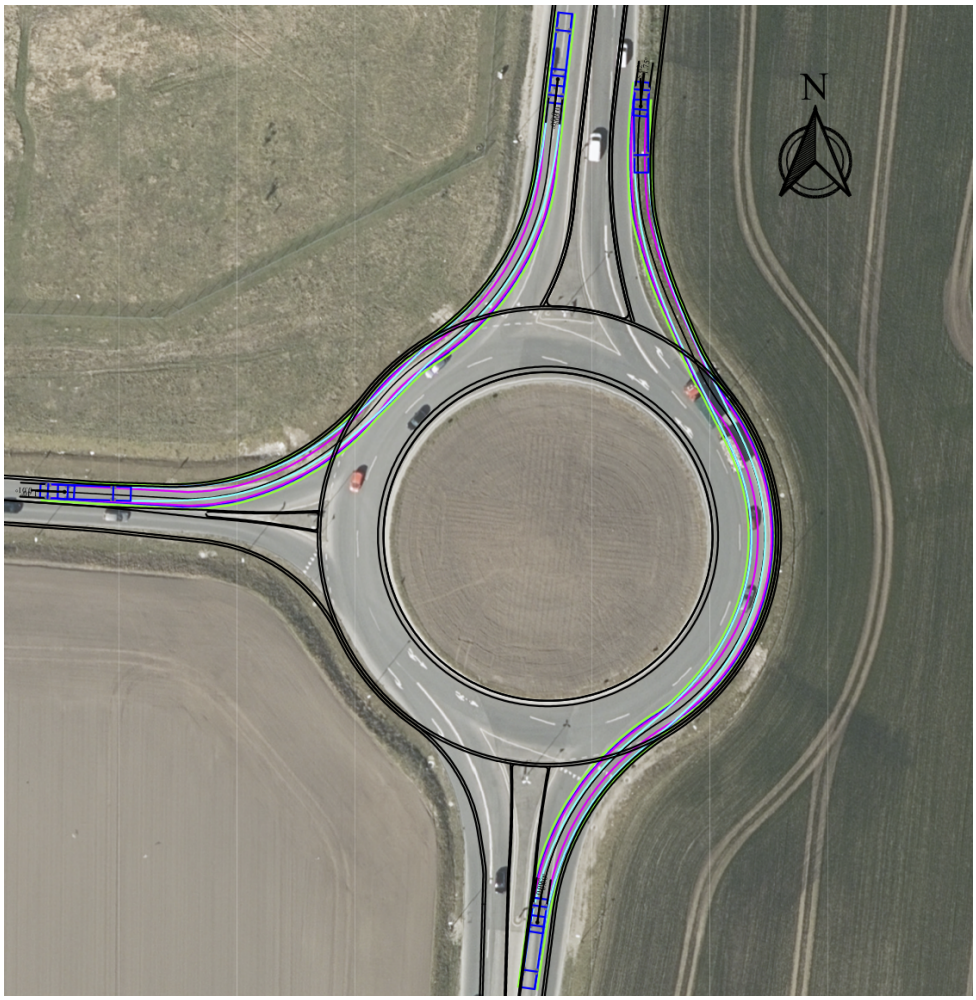
Figur 7.5. T-kryds med oversigtsforhold til og fra Hadsund Landevej.

7.3 Tilslutning til eksisterende rundkørsel

Den eksisterende rundkørsel mellem Hadsund Landevej og Egnsplanvej bibeholdes, med undtagelse af vejgrenen mod Hadsund Landevej nord. Vejgrenen mod NAU er i fokus, mens de to resterende grene ikke undersøges nærmere, de er blot indtegnet for overskuelighedens skyld. Cykeltrafikken vil blive ledt udenom rundkørslen, eventuelt helt ude af niveau. Der er afgrænset fra cykeltrafik i rundkørslen.

Rundkørslen er lavet med en radius af midter øen på 30 m og kørebanebredde på 10 m inklusiv begge spor. Dette er bestemt ud fra den nuværende rundkørsel. På ydersiden af midterøen er lavet et overkørtbart areal på 1 m, som kan benyttes af særtransporter. Der er på ydersiden lavet en kantbane på 0,5 m. Både spor, kantbane og overkørselsareal har en hældning på 25 ‰ væk fra midterøen. [Vejdirektoratet, 2019*c*]

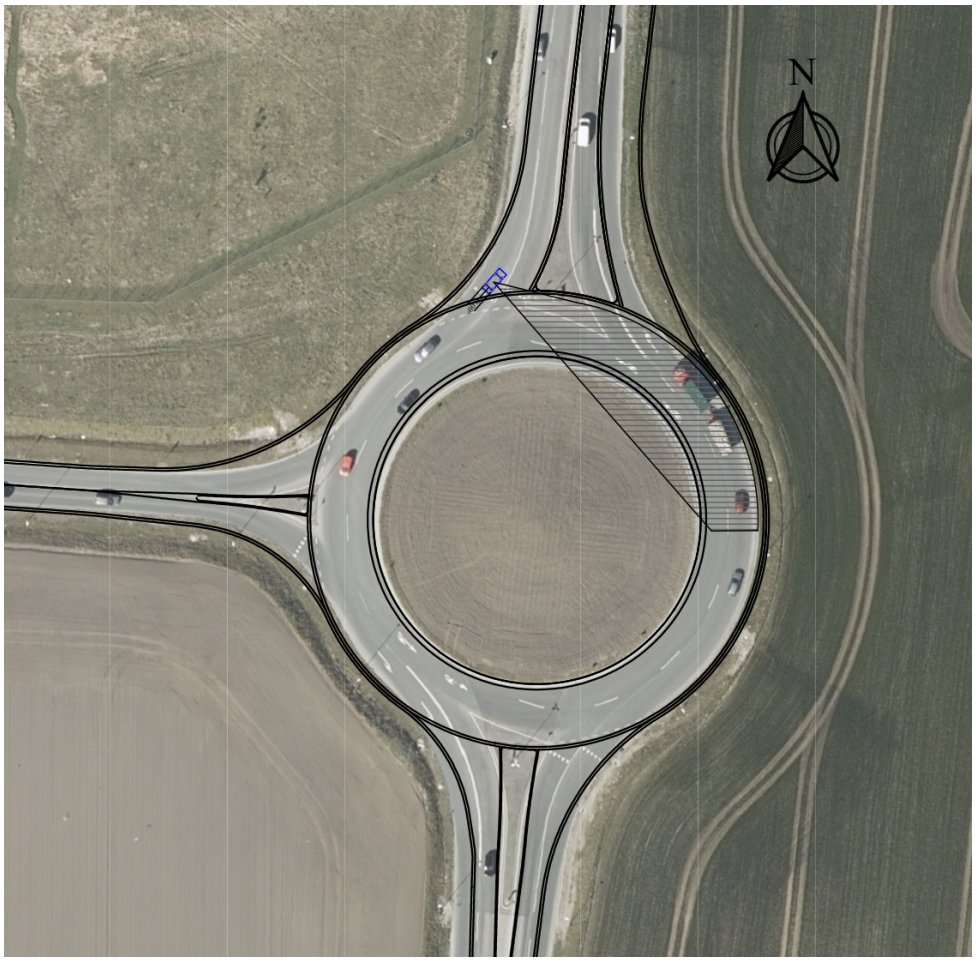
Ligesom den eksisterende rundkørsel er der lavet tvunget højresvingsspor på primærstrækningen, hvilket resulterer i, at der er valgt afrundningsradier i til- og frafartssporet på 45 m. Der er for enden af midterrabatten lavet en trompetafslutning med en kontrakurve i frafartssporet. På figur 7.6 er arealbehovet for et sættevongstog i rundkørslen illustreret. [Vejdirektoratet, 2019*c*]



Figur 7.6. Rundkørsel med kørekurver til og fra Hadsund Landevej.

Der skal også være oversigt i en rundkørsel. Oversigtsarealet er illustreret på figur 7.7. Da rundkørslen er placeret i åbent land, skal midterøen som minimum være 2 m høj i centrum, for at gøre billister opmærksomme på, at der er en forhindring forude, hvilket er med til at forhindre eneuheld.[Vejdirektoratet, 2019*c*]

Sigtlængden ad Hadsund Landevej er trukket 3 m tilbage fra vigelinjen. Den anden sigtlængde er fundet til at være 65 m.



Figur 7.7. Rundkørsel med oversigtsforhold til og fra Hadsund Landevej.

7.4 Kontrol af T-kryds og F-kryds

Der er for F- og T-krydsene lavet en Dankap-simulering for at kontrollere, at krydsene ikke bryder sammen ved de nye trafikmængder. Krydsene er regnet som signalregulerede kryds, hvor der ved T-krydset er regnet med tre faser med en mellemtid på 6 sek og ved F-krydset er regnet med fire faser af en mellemtid på 8 sek. [Vejdirektoratet, 2018*b*]

De forskellige vejgrenes navne er vist på figurerne 4.6 og 4.4 i kapitel 4. Som tidligere beregnet overstiger begge kryds B = 1 i den 30. største time, hvilket giver en uacceptabel kø og for lange ventetider. På figur 7.8 er resultaterne for kapacitetsberegningerne vist for det fremtidige F-kryds.

Parametre: Vejregler

Vejgren	Kørespor	Middelforsinkelsen t og kølængden n i tilfartssporet		
		B	t sek/Kt	$n_{5\%}$ Kt
1	V	0,76	68	11
1	V	0,76	68	11
1	L	0,19	32	6
1	L	0,19	32	6
1	H			
1	H			
3	V	0,36	48	6
3	V	0,36	48	6
3	L	0,78	49	20
3	L	0,78	49	20
3	H			
3	H			
2	V	0,78	63	14
2	V	0,78	63	14
2	L	0,78	65	13
2	L	0,78	65	13
2	H	0,50	32	12
4	V	0,61	52	11
4	V	0,61	52	11
4	L	0,36	46	7
4	L	0,36	46	7
4	H	0,39	29	10
4	H	0,39	29	10

Figur 7.8. Kapacitetsberegninger i Dankap efter omdannelse fra rundkørsel til F-kryds.

Som det fremgår af figur 7.8 er det vejgren 1 og 2, som bliver hårdest belastede. Krydset lever dog op til kravet med maksimum $B = 0,8$ i alle vejgrene. På figur 7.9 er beregningerne for T-krydset lavet.

Parametre: Vejregler

Vejgren	Kørespor	Middelforsinkelsen t og kølængden n i tilfartssporet		
		B	t sek/Kt	$n_{5\%}$ Kt
1	L			
1	L			
1	H			
2	V	0,85	56	18
2	L	0,86	44	25
2	L	0,86	44	25
3	V	0,83	55	16
3	V	0,83	55	16
3	H	0,53	18	13

Figur 7.9. Kapacitetsberegninger i Dankap efter udvidelse af T-kryds.

Af figur 7.9 fremgår det, at kun en enkelt af vejgrenene opfylder kravet til $B = 0,8$, det er dog i trafiktællingerne medregnet, at der mod Hadsund Landevej er to udkørsler i form af Hospitalsvejen og Servicebyen, og ikke kun en som regnet i Dankap. Dette kan medvirke til, at krydsene belastes mindre. Som tidligere nævnt vil en VISSIM-simulering kunne fastslå, om krydsene kan afvikle trafikken tilfredsstillende.

i

Afvanding 8

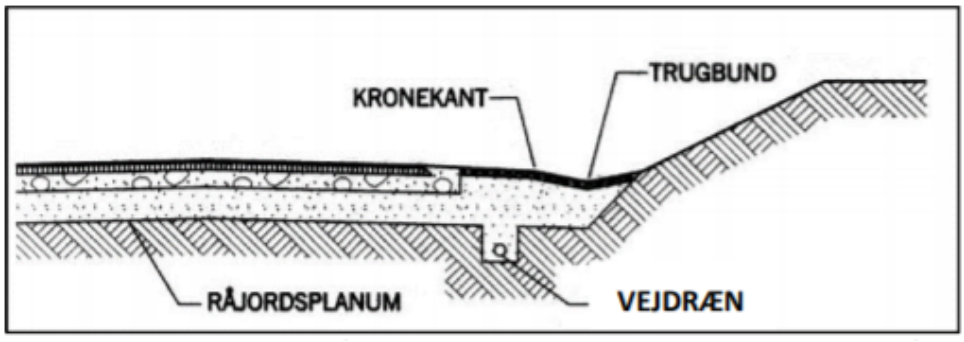
Der er i denne rapport afgrænset fra dimensionering af bassiner og ledningernes størrelse samt placering.

Det er relevant, at kigge på afvandningsforholdene for et vejprojekt, da dette har betydning for vejens holdbarhed og den generelle sikkerhed på vejen. Der bør ikke forblive vand på vejen efter et regnskyl, og der bør heller ikke ophobe sig vand på sidearealerne, hvis dette er ikke er hensigtsmæssigt. Der vil derfor i det følgende være en beskrivelse af, hvordan vejvandet kan håndteres fra arealet i midterrabatten og ud til anlagt grøft. Gennemgangen vil starte indefra midterrabatten.

Midterrabatten etableres i græs og forventes derfor at kunne nedsive det regnvand, der skulle falde på denne, og den har derfor ikke noget fald. Vognbanerne vil på hver side af midteradskillelsen have et fald på 25 ‰ til og med den ydre kantbane. Efter den ydre kantbane falder rabatten med 50 ‰ ud til grøft. På *Tegning 7* er tværsnittet vist, hvor de omtalte arealers fald er illustreret.

For at sikre afvandingen langs vejen er det overholdt, at længdeprofilet ikke overskrider en længdegradient på 30 ‰. Dette er for at undgå erosion langs vejen, som kan trække jordmaterialer op på asfalten og skabe en mindre funktionsevne for billisterne. Med fald på under 30 ‰ er det resulterende fald også sikret ikke at overskride 70 ‰.

Af afsnit 3.1.1 fremgår det, at jorden i området er leret, og derfor antages at have en forringet nedsivningsevne. Der skal derfor findes en anden løsning end nedsivning af vejens overfladevand. Som løsning til dette problem er det valgt at anlægge vejdræn. En principskitse er vist på figur 8.1.



Figur 8.1. Principskitse af tværprofil med vejdræn. [Vejdirektoratet, 2017*a*]

Vejdrænet har til formål at aflede vand fra det befæstede areal, således at det ikke trækker ind i vejkassen og derved svækker dennes bæreevne. Fra vejdrænet ledes vandet videre til en recipient. Ud fra området er det nærlæggende at søge om tilladelse fra Aalborg Kommune til at udlede vandet i en mindre å. Regnvand fra veje skal renses inden der må ske en videre udledning.

8.1 Afvanding af kryds

Ved de signalregulede kryds føres hældningen af den overordnede/primærevejens fald igennem krydset. Ved F-krydset kan tagprofilet med fordel blive fladet ud til 15 ‰ gennem krydset for at afhjælpe et hop henover midten af krydset for billister, der kører fra Hadsund Landevej til Tranholmvej og omvendt. Der placeres nedløbsbrønde i krydset, således at vognbanerne holdes fri for vand. Brøndene placeres, så disse ikke overkøres i krydset eller i kurverne. [Vejdirektoratet, 2018*a*]

Rundkørslen afvandes ved, at der placeres nedløbsbrønde i kantbanen, så der derved ikke køres på disse. Cirkulationsarealet vippes med 25 ‰ væk fra midterøen, som afvandes separat for at undgå overfladevand fra denne i cirkulationsarealet. [Vejdirektoratet, 2018*a*]

Vejafmærkning 9

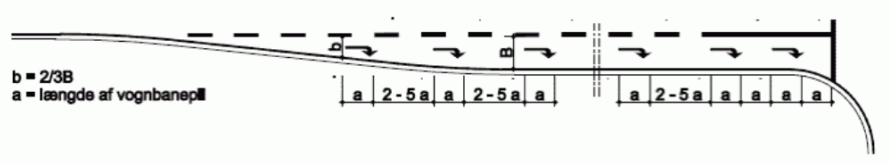
Der er i dette projekt lavet afmærkning på kørebanen ud fra håndbøgerne "Afmærkning på kørebanen, Dimensioner" og "Eksempelsamling, Afmærkning på kørebanen" medmindre andet er angivet. Afmærkningen er vist på *Tegning 8* og *Tegning 9* og i kapitel 11.

Af længdeafmærkning er der brugt en smal ubrudt kantlinje til at markere kantbanerne på både den frie strækning og i krydsene. Alle smalle kantlinjer (Q46.2) er lavet i en bredde på 0,1 m. På alle frie strækninger er der benyttet vognbanelinjer (Q41.1) med dimensionerne 5 m × 10 m × 0,1 m, hvor der i selve krydsområdet af krydsene er benyttet ledelinjer (Q41.2) med målene 1,25 m × 2,5 m × 0,1 m.

Fra 12 m før stoplinjer og vigelinjer er der brugt spærrelinjer (Q44), som for gennemfartssporene er 0,1 m brede, og for svingbaner mod gennemfartsspor er der brugt en bredde på 0,3 m. Fra svingbanernes start til spærrelinjen er benyttet en bred punkteret kantlinje (Q47.12) i dimensionerne 4 m × 4 m × 0,3 m. Til at vejlede cyklisterne i T-krydsene er indlagt en linje til at lede disse. Der er benyttet linje S21.

Det eneste tværafmærkning, der er benyttet, er stoplinjer (S13) i en bredde af 0,3 m og vigelinjer (S11) i rundkørslen. Stoplinjerne er trukket 5 m tilbage fra toppen af nærliggende helle.

I rundkørslen er der lavet tvunget højresving ud af vejgrenen mod Hadsund Landevej. Der er derfor brugt lige-højrepil (R11.7) til at markere dette. Af pile i T-kryds og F-kryds er brugt ligeud-, venstre- og højrepile (R11.1, R11.4 og R11.5). Disse er valgt til at være 5 m lange og 0,15 m brede. Den første pil er placeret, hvor svingbanerne er cirka 2/3 fuldt udvidet, og den næste er anbragt fem pilelængder efter. Sidste pil inden stoplinje er sat i en pilelængde fra stoplinjen med en enkelt pilelængde til den anden sidste pil. På figur 9.1 er vist en skitse af beregningen til placeringen af pilene.



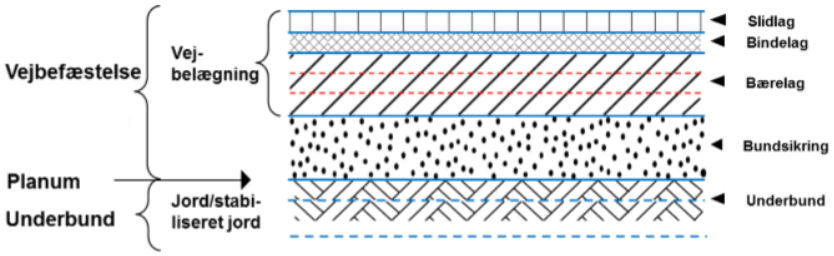
Figur 9.1. Placering af svingpile i kryds. [Vejdirektoratet, 2017*c*]

I T-krydsene er benyttet cykelsymboler (V21), således at de bløde trafikanter ved, hvor de skal færdes. Cykelsymbolerne er 2 m lange. På selve cykelstien er anvendt en punkteret linje til opdeling af stien (Q49) i dimensionerne 1 m × 1 m × 0,1 m.

Vejbefæstelse 10

Der skal i dette kapitel beregnes en opbygning af vejkassen, som skal dimensioneres til en holdbarhedsperiode på minimum 10 år. Der er til vurdering af opbygningen benyttet håndbogen "Dimensionering af befæstelser og forstærkningsbelægninger" Vejdirektoratet [2017*b*]. Foruden håndbogen er programmet MMOPP benyttet til at bestemme vejbefæstelsens levetid. MMOPP er et program, der kan beregne vejopbygningens levetid analytisk. Beregninger til dette kapitel er vist i bilag E.

Vejbefæstelsen er opbygget af bundne og ubundne lag. Det bundne lag er sammensat af slidlag, bindelag og øverste bærelag, mens de ubundne lag er nedre bærelag (stabilgrus) og bundsikring. På figur 10.1 er illustreret en principskitse af vejbefæstelsens opbygning.



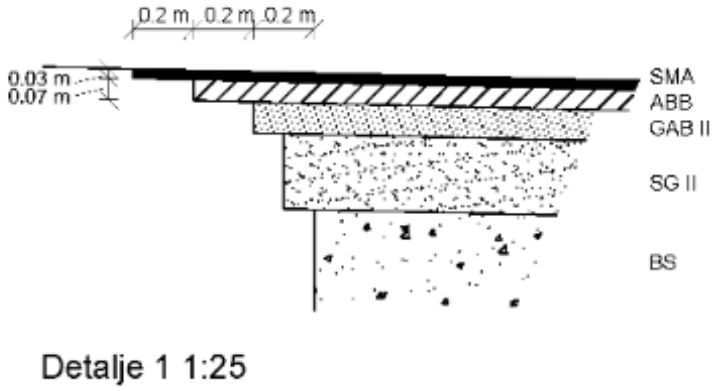
Figur 10.1. Principskitse af opbygningen af vejkassen. [Vejdirektoratet, 2018*c*]

Selve tykkelsen af vejkassen beregnes ved hjælp af katalogmetoden, hvor trafikklassen først findes, og derefter kan tykkelsen aflæses ud fra trafikklassen og frostsikkerheden af underbunden.

ÅDT'en er fundet i afsnit 4.2 og forventes, at inkludere al tung trafik. Der er derfor i Mastra fundet en lastbilprocent til 12 % for Hadsund Landevej. Dette tal er fundet i 2017, og det forventes, at antallet af lastbiler følger udviklingen stabilt, og at den derfor forbliver 12 % efter hospitalets åbning. Trafikklassen er på den baggrund regnet til T7, hvilket er den højeste trafikklasse. Med trafikklasse og en frosttvivlsom underbund med spor af ler, skal vejbefæstelsen som minimum opfylde en tykkelse på 700 mm.

10.1 Eksisterende vejopbygning

For at skabe sammenhæng mellem de eksisterende vognbaner, som vil blive bibeholdt, og de projekterede nye vognbaner, er der fra Vejdirektoratet skaffet viden om Hadsund Landevejs opbygning af dennes vejbefæstelse. Dermed vil de nye vognbaner opbygges på samme måde, som de eksisterende. Tykkelserne vil blive beregnet på ny, så disse overholder en levetid på 10 år, mens lagene vil være de samme. Af figur 10.2 fremgår de anvendte materialer på den eksisterende strækning.



Figur 10.2. Eksisterende vejopbygning af Hadsund Landevej.

10.2 Fremtidig vejopbygning

På bagrund af den eksisterende vejbefæstelse opbygges de nye vognbaner med de samme lag, og dette betyder, at de kommende vognbaner vil blive opbygget af:

- SMA
- ABB
- GAB ||
- SG ||
- BS

De bestemte materialer er indtastet i MMOPP. De fundende resultater af tykkelsen for lagene er vist i tabel 10.1.

Materiale	Tykkelse [mm]
SMA	30
ABB	70
GAB ||	80
SG ||	240
BS	370
Samlet tykkelse	790

Tabel 10.1. Tykkelser af vejbefæstelse fundet ved den analytiske metode.

På figur 10.3 er levetiderne af lagene vist. Her er lag 1 slidlag, lag 2 er det bundne bærelag, lag 3 er det ubundne bærelag og lag 4 er bundsikringen. Den analytiske metode har optimeret de indtastede tykkelser. Det kontrolleres, at levetiderne overholder 10 år.

Lag	E-værdi	Kritisk	Tilladelig	Levetid, år
1	3805	168	184	15,9
2	300	0,104	0,112	13,3
3	100	0,034	0,035	10,9
4	40	0,013	0,013	10,2

Figur 10.3. Analytisk beregnet levetid af lagene i vejkassen.

Af *Tegning 7* fremgår lagene i tværsnittet.

10.2.1 Opbygning af cykelsti

Der er på strækningen mellem Aalborg og Hadsund tidligere projekteret en cykelsti. Da Vejdirektoratet er vejadministrator på hele strækningen, opbygges den nye cykelsti med tilsvarende materialer og tykkelser. Opbyggelsen af hentet fra Vejdirektoratets tegning "H505.02 Cykelsti mellem Gistrup og Lundby". Cykelstiens befæstelse er vist i tabel 10.2.

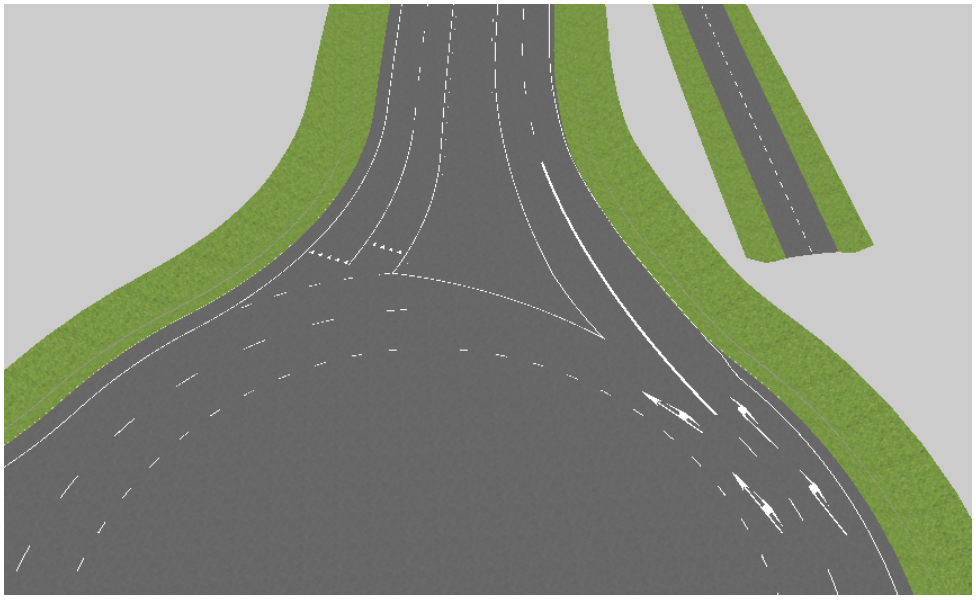
Materiale	Tykkelse [mm]
PA	20
GAB 0	50
SG	150
BS	150
Samlet tykkelse	370

Tabel 10.2. Materialer og tykkelser for opbygningen af cykelsti.

3D-visualisering 11

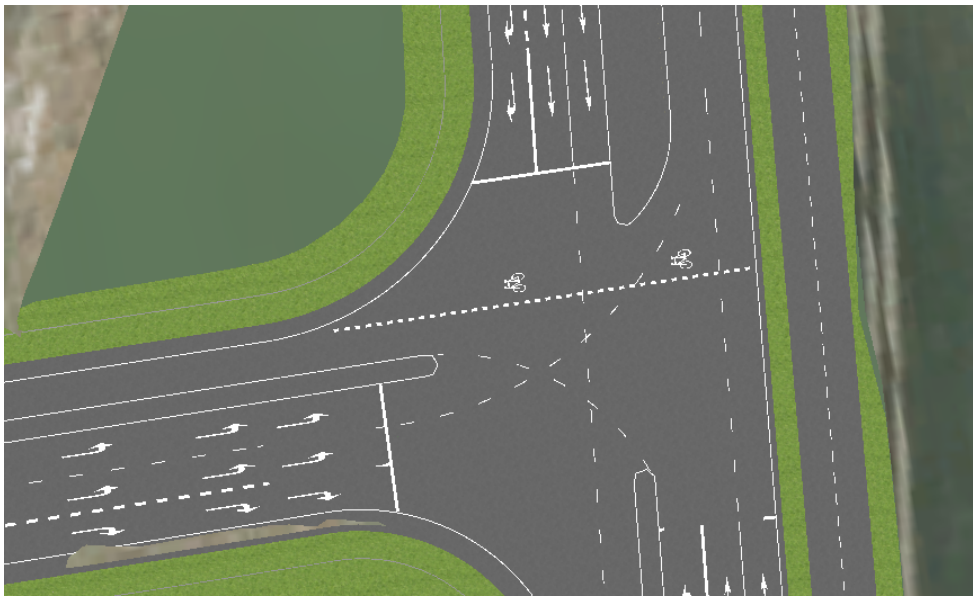
I dette kapitel fremgår der figurer fra 3D-modellen, som er projekteret i programmet Novapoint. Figurerne skal bruges til at visualisere henholdsvis de tre krydsudformninger og en del af den frie strækning.

Præsentationen af Hadsund Landevejs udvidelse startes ved rundkørslen mod syd. Rundkørslen er vist på figur 11.1.



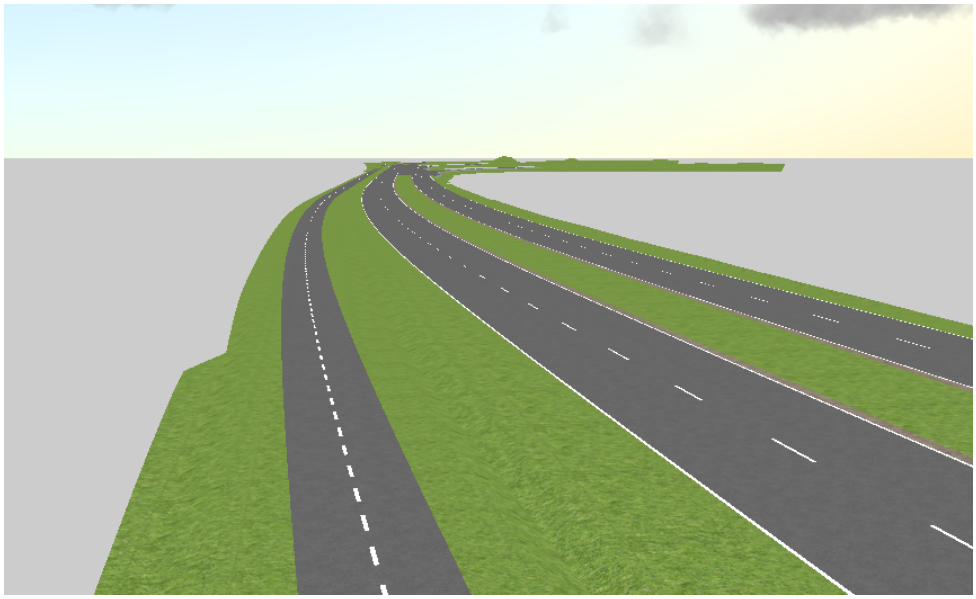
Figur 11.1. 3D-visning af rundkørsel fra Novapoint-model.

Af figur 11.2 fremgår det ene T-kryds,og det andet er udformet på tilsvarende vis.



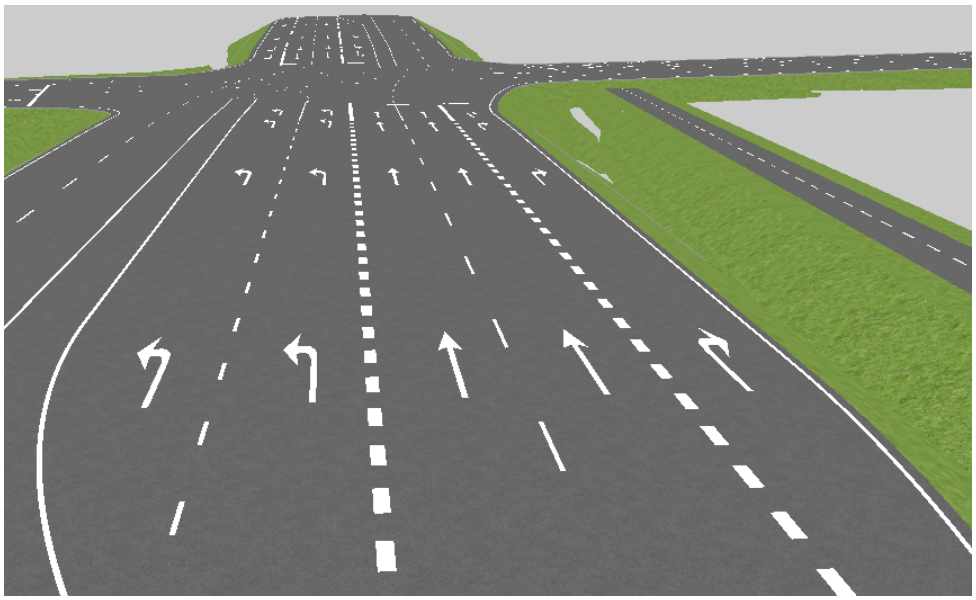
Figur 11.2. 3D-visning af T-kryds fra Novapoint-model.

På figur 11.3 er den frie strækning vist med blikket mod syd, mod indkørslerne til hospitalet.



Figur 11.3. 3D-visning af fri strækning fra Novapoint-model.

Den projekterede strækning slutter ved det firbenede kryds i nord. Figur 11.4 er vist med retning fra Hadsund Landevej.



Figur 11.4. 3D-visning af det firbenede kryds fra Novapoint-modellen.

Konklusion 12

Nyt Aalborg Universitetshospital (NAU) vil i fremtiden komme til, at skabe mere trafik på det omkringliggende vejnet. Med fokus på Hadsund Landevej og de tre tilhørende kryds, er det ud fra de nye trafikmængder og kapacitetsberegninger fastslået, at der er behov for en udvidelse af Hadsund Landevej med tilhørende kryds. Udvidelsen består af 2 ekstra spor. Udover ændring af vejstrækningen har beregninger i programmet Dankap vist, at de nuværende krydsudformninger ikke er holdbare løsninger til den fremtidige trafikmængde. Der kan ske yderligere simuleringer af kryds og strækninger, som ikke er medtaget i denne rapport. Trafikmængden bliver så stor, at især krydset mellem Universitetsboulevarden og Hadsund Landevej vil komme under pres efter hospitalets åbningsdag.

Forud for projekteringen af udvidelsen er der lavet en screening af bindingerne for projektet. Disse fandt at terrænet var fladt og at der dermed ikke ville komme store længdefald på vejen. Desuden viste boreprofiler, at jordforholdene ikke er optimale til nedsivning af regnvand fra vognbanerne. Det vil derfor være hensigtsmæssigt, at etablere vejdræn til afvanding af vejen. I forhold til ledninger var der flere konflikter, som skulle løses i samarbejde med ledningsejerne. Den sidste binding der blev undersøgt var ekspropriation, hvor der ikke blev fundet nogle større forhindringer, da området er præget af marklandskab.

I skitsefasen blev der fundet frem til, at tværprofillet udvides fra to til fire spor med en midterhelle på 5 m, hvor der er hentet inspiration fra Tranholmvej og Hadsund Landevejs videre forløb syd for Egnsplanvej. Den nuværende linjeføring forskydes mod øst, således at de eksisterende kørespor kan bibeholdes og en udvidelse vil ske med to nye spor, som har kørselsretning på nord. Anlægsudgifterne reduceres i og med, at de eksisterende vognbaner bibeholdes. Samtidig kan de eksisterende vognbaner anvendes under anlægsfasen, af de nye vognbaner, således trafikken generes mindst muligt.

Der blev i detailfasen udformet kryds med større kapacitet til, at kunne afvikle trafikken tilfredsstillende. T-krydsene udformes med to svingbaner mod Aalborg og en svingbane mod motorvejen. Det firbenede kryds mellem Universitetsboulevarden og Hadsund Landevej udformes med to svingbaner fra grenen fra Hadsund Landevej mod Aalborg, to gennemfartsspor og en svingbane mod øst. Med denne udformning er krydsende stadig tæt på maksimum kapacitet, og der bør derfor laves en større simulering af disse for et mere nøjagtigt resultat.

Vejkassens materialer blev bestemt på baggrund af den eksisterende vejkasse, dog med en ny beregning for, at opnå en levetid på 10 år. Ud fra disse forudsætninger skal den nye vejkasse som minimum være 700 mm tyk. Tykkelserne af lagene er blevet beregnet ved hjælp af programmet MMOPP.

Litteratur

Aalborg Kommune [2013*a*], 'Aalborg - den attraktive storby', http://www.aalborgkommuneplan.dk/hovedstruktur/h_019_1.aspx. Sidst besøgt: 24-11-2019.

Aalborg Kommune [2013*b*], 'Trafikkapacitet', https://www.aalborg.dk/trafik-og-transport/trafik/trafikken/trafikkapacitet. Sidst besøgt: 17-12-2019.

Aalborg Kommune [2014], 'Fakta om brt', https://brt.aalborg.dk/fakta-om-brt. Sidst besøgt: 07-01-2020.

Christina Svendsen [2016], 'En by i udvikling', https://www.appetize.dk/en-by-i-udvikling/. Sidst besøgt: 24-11-2019.

COWI A/S [2013], 'Aalborg universitetshospital, miljørapport med vvm-redegørelse og miljøvurdering', http://apps.aalborgkommune.dk/images/teknisk/PLANBYG/miljoevurdering/KpH-024_Lp4-4-109_Miljoerapport_og_VVM.pdf. Sidst besøgt: 17-12-2019.

Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet [-], 'Ler', https://ler.dk/Portal/P.1.Forside.aspx. Sidst besøgt: 07-01-2020.

Region Nordjylland [2019], 'Fakta om nyt aalborg universitetshospital', https://nau.rn.dk/Om-byggeriet/Se-Nyt-Aalborg-Universitetshospital/Fakta. Sidst besøgt: 24-11-2019.

Vejdirektoratet [2017*a*], 'Håndbog: Afvandningskonstruktioner - brønde, bygværker og ledninger', https://vejregler.lovportaler.dk/. Sidst besøgt: 06-01-2020.

Vejdirektoratet [2017*b*], 'Håndbog: Dimensionering af befæstelser og forstærkningsbelægninger', https://vejregler.lovportaler.dk/. Sidst besøgt: 07-01-2020.

Vejdirektoratet [2017*c*], 'Håndbog: Eksempelsamling, afmærkning på kørebanen', https://vejregler.lovportaler.dk/. Sidst besøgt: 12-01-2020.

Vejdirektoratet [2018*a*], 'Håndbog: Fælles grundlag og planlægning for vejkryds i åbentland', https://vejregler.lovportaler.dk/. Sidst besøgt: 04-01-2020.

Vejdirektoratet [2018*b*], 'Håndbog: Projektering af trafiksignaler', https://vejregler.lovportaler.dk/. Sidst besøgt: 28-12-2019.

Vejdirektoratet [2018*c*], 'Håndbog: Projektering af vejbefæstelser', https://vejregler.lovportaler.dk/. Sidst besøgt: 08-01-2020.

Vejdirektoratet [2018*d*], 'Håndbog: Tværprofiler i åbent land', https://vejregler.lovportaler.dk/. Sidst besøgt: 17-12-2019.

Vejdirektoratet [2018*e*], 'Regnemodul udviklet til vejgeometriske beregninger', https://vejregler.lovportaler.dk/. Sidst besøgt: 03-01-2020.

Vejdirektoratet [2019*a*], 'Håndbog: Kapacitet og serviceniveau', https://vejregler.lovportaler.dk/. Sidst besøgt: 02-01-2020.

Vejdirektoratet [2019*b*], 'Håndbog: Planlægning af veje og stier i åbent land', https://vejregler.lovportaler.dk/. Sidst besøgt: 07-01-2020.

Vejdirektoratet [2019*c*], 'Håndbog: Rundkørsler i åbent land', https://vejregler.lovportaler.dk/. Sidst besøgt: 06-01-2020.

Vejdirektoratet [2019*d*], 'Håndbog: Signalregulerede kryds i åbent land', https://vejregler.lovportaler.dk/. Sidst besøgt: 17-12-2019.

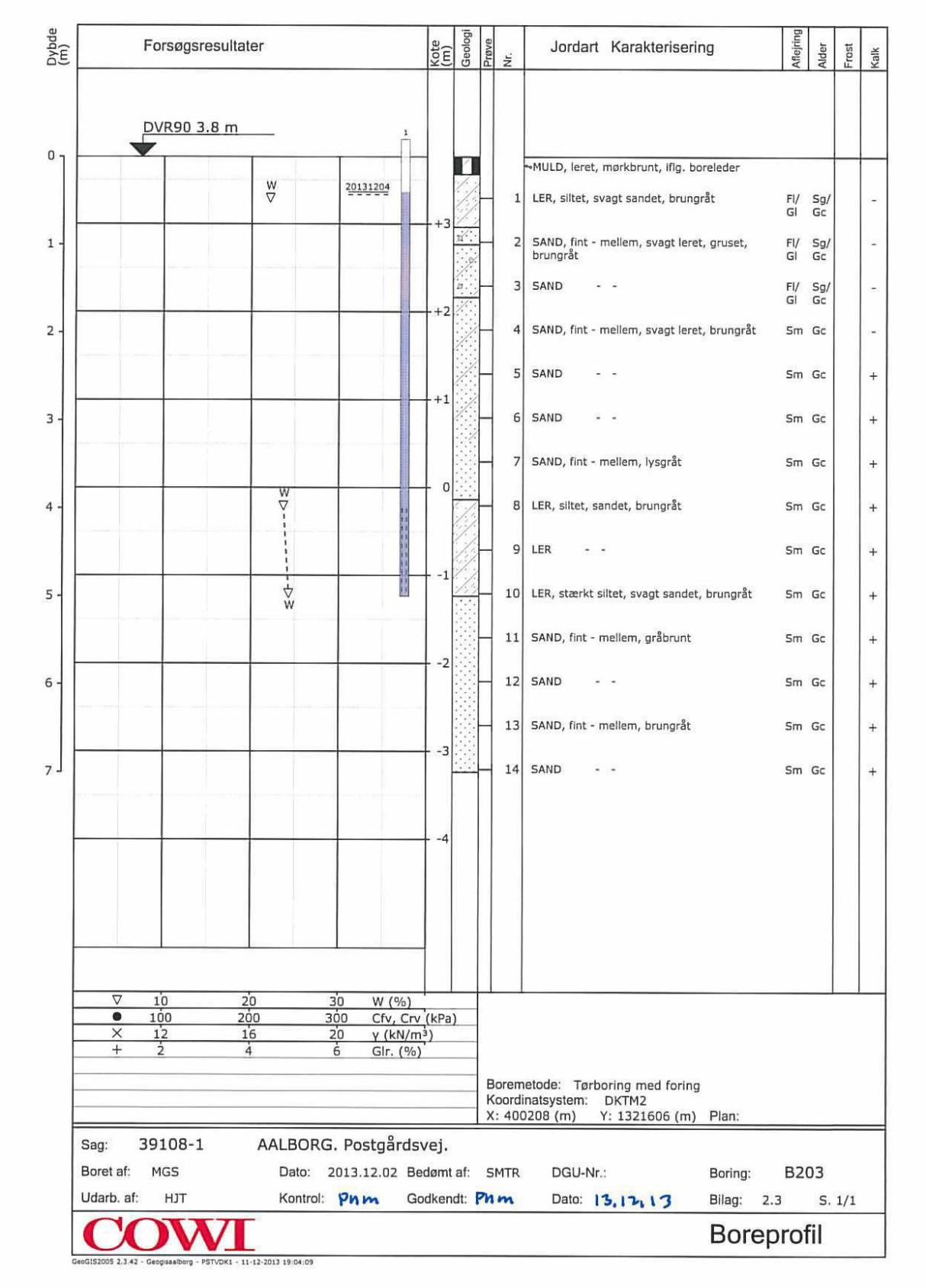
Vejdirektoratet [2019*e*], 'Håndbog: Tracéring i åbent land', https://vejregler.lovportaler.dk/. Sidst besøgt: 02-01-2020.

Boreprofiler

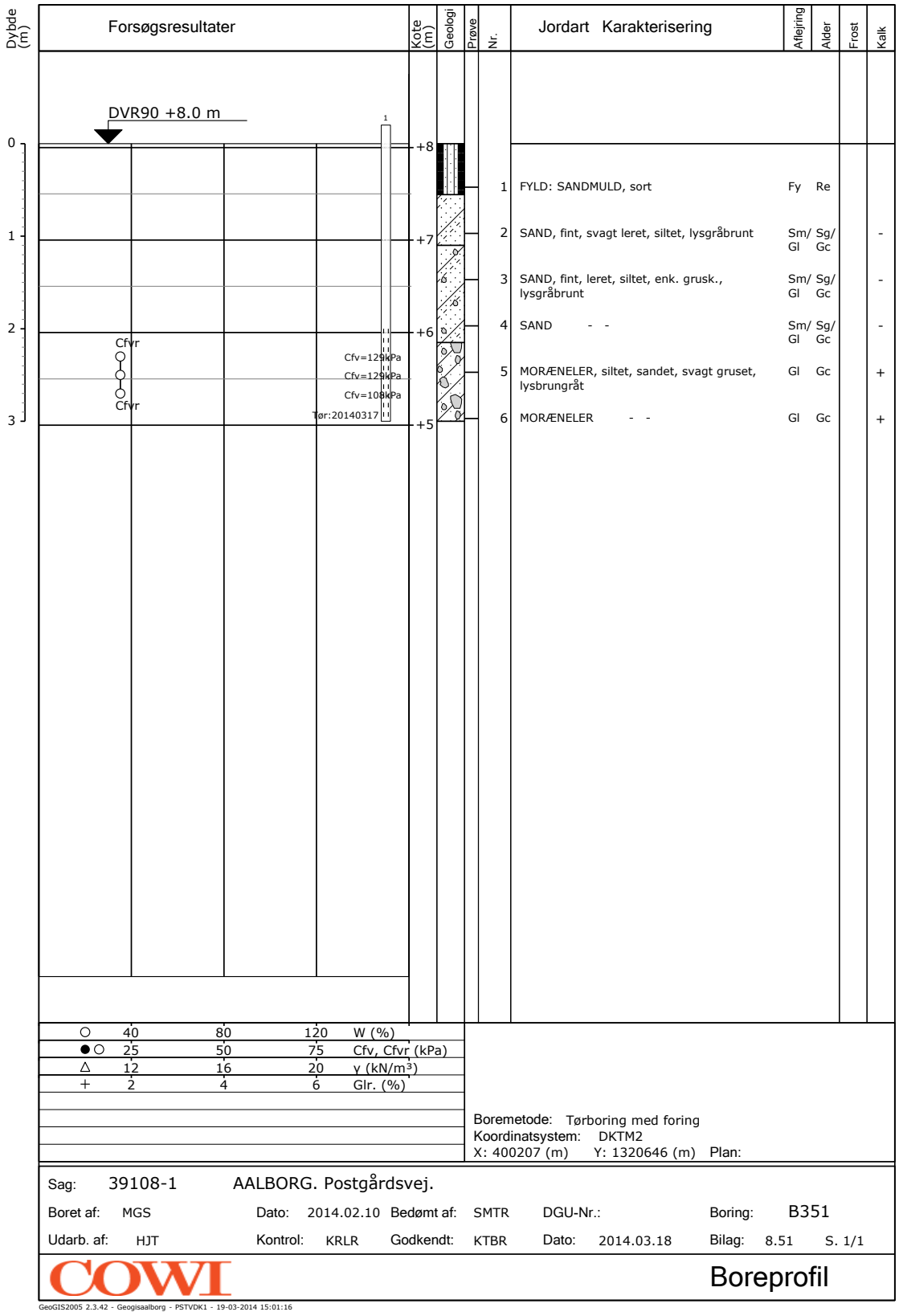
A

Bilaget indeholder to boreprofiler, B203 og B351, henholdsvis fra år 2013 og 2014. Placeringen af boringerne er vist på figur 3.2 i afsnit 3.1.1.

Boreprofilerne er lavet af COWI A/S.



Figur A.1. Boreprofil B203.

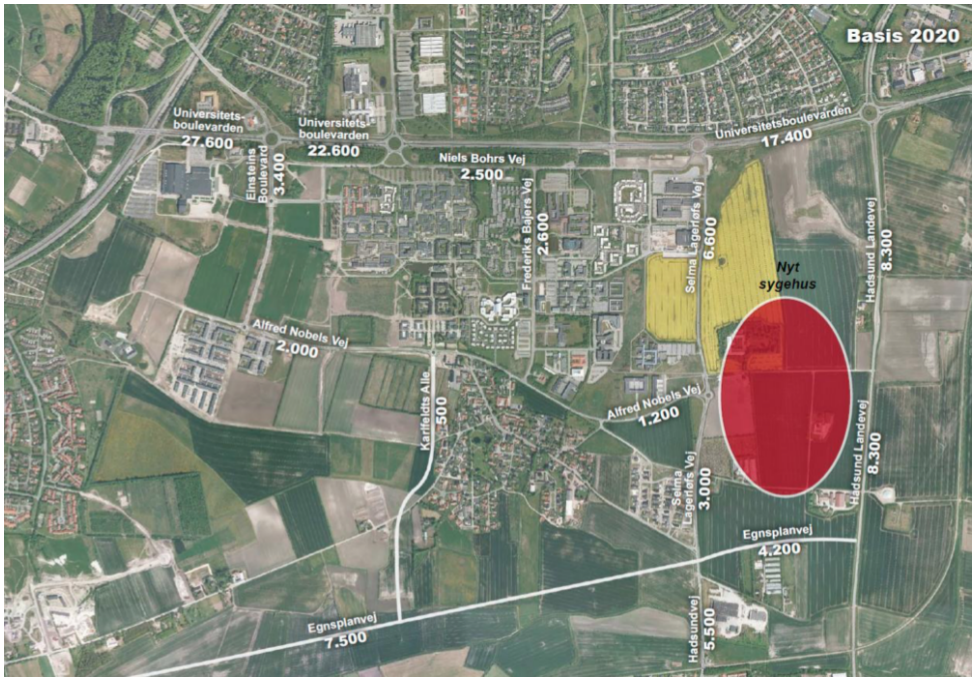


Figur A.2. Boreprofil B351.

Trafikberegninger

B

De fremtidige trafikmængder er hentet fra en miljørapport udarbejdet af COWI A/S i 2013. På figur B.1 er den forventede ÅDT ved Egnsplansvejens åbning vist, og på figur B.2 er den forventede ÅDT for det nye universitetshospital vist. Da der af COWI's estimater ikke fremgår ÅDT på de to sidste grene af rundkørslen på Universitetsboulevarden, er disse tal fundet ved hjælp af Mastra. Trafiktallene er fra 2019 og er for Egensevej 11 299 bil/døgn og for Tranholmvej 15 193 bil/døgn. Tallene fundet i Mastra er fremskrevet, så basisåret for alle vejgrene er i 2020.



Figur B.1. Forventet trafikmængder i 2020 uden NAU.[COWI A/S, 2013]



Figur B.2. Forventet trafikmængder i 2020 med åbningen af NAU.[COWI A/S, 2013]

Formlerne der er blevet brugt til takfikberegningerne er alle hentet fra Vejdirektoratet [2019*a*] medmindre andet er beskrevet.

Der er ud fra de estimerede ÅDT'er fremskrevet til år 2040, og dette er gjort ved formel B.1.

$$\text{Å}DT_n = \text{Å}DT_0 \cdot (1+a)^n \tag{B.1}$$

Her er n antal år efter basisåret, og a er den årlige tilvækst, som i dette projekt er sat til $0,025$ i decimaltal.

For at gøre det muligt at regne kapaciteten af de forskellige kryds, herunder T-kryds og rundkørsel, skal årsdøgnstrafikken omregnes til en trafikintensitet, I_t. Der er i dette projekt brugt en trafikbelastning fra den 30. største time, I_{30}, hvilket bruges til at bestemme en procentvis del af ÅDT. Formel B.2 beskriver trafikintensiteten.

$$I_t = \frac{\text{Å}DT \cdot p(t)}{100} \tag{B.2}$$

Hvor p(t) er den procentvise del af ÅDT baseret på trafiktypen. Denne værdi baseres ud fra, at trafikken i krydsene er regional trafik og kan aflæses til $13,5$ i tabel 2.3 i Vejdirektoratet [2019*a*].

Tracéringsberegninger

C

Der er i dette kapitel benyttet Håndbogen Tracéring i åbent land Vejdirektoratet [2019*e*], medmindre andet er angivet. Dertil er et regnemodul, der er udviklet til vejgeometriske beregninger benyttet til gennemregninger. [Vejdirektoratet, 2018*e*]

C.1 Linjeføring

Til dimensionering af horisontalkurver er formel C.1 benyttet for en lang kurve.

$$R_h = \frac{L_{sigt}^2}{8 \cdot d_{sh}} \tag{C.1}$$

Hvor R_h angiver den mindste radius, som kurven skal være lig med eller overstige. L_{sigt} angiver sigtlængden, som er aflæst til 164 m i Vejdirektoratet [2018*e*] ved en V_d på 100 km/t. Det er yderligere bestemt at bruge stopsigt, da en midterrabat adskiller vognbanerne. Den sidste værdi, der er brugt i formlen, er d_{sh}, som er afstanden til den nærmeste sigthindrende genstand, hvilket i dette tilfælde er 3,75 m. d_{sh} er beregnet ved summen af afstanden fra midten af yderste vognbane (1,75 m), kantbanen (0,5 m) og rabatbredden (1,5 m). Efter udregningen kan det konkluderes, at mindsteradius skal være 1400 m, da denne overstiger mindsteradius beregnet på baggrund af kørseldynamikken. Kørselsdynamikkens mindsteradius er regnet i regnemodulet og fundet til 600 m.

Overgangskurverne er dannet af klotoider, som har til formål at øge kørselskomforten. Klotoiderne er indsat ved hjælp af Novapoint via Autocad og er accepteret, da den eksiterende vej formodes at have tilsvarende klotoideparametre.

C.2 Længdeprofil

Til beregning af sigtforhold og fald er håndbogen Tracéring i åbent land Vejdirektoratet [2019*e*], ligeledes benyttet.

Der er regnet for minimumradier i konvekse kurver samt i konkave kurver i tilfælde af, at der skal komme en fremtidig bro eller portaltavle på strækningen. Til udregning af konvekskurver er formel C.2 anvendt.

$$R_{v,min} = \frac{L_{sigt}^2}{2 \cdot (\sqrt{h_{øje}} + \sqrt{h_{obj}})^2} \tag{C.2}$$

Her er L_{sigt} sigtlængden, hvilket har samme værdi som ved horisontalkurven, da der regnes ved stopsigt. $h_{øje}$ er øjepunktshøjden og fastsættes til 1 m. Objekpunktshøjden, h_{obj}, fastsættes til 0,25 m for en ikke-motorvej. Med værdierne kan det regnes, at den konvekse radius minimum skal have en værdi på 6000 m.

For beregning af konkavkurver er formel C.3 anvendt.

$$R_{v,min} = \frac{L_{sigt}^2}{2 \cdot (\sqrt{h_{fri} - h_{øje}} + \sqrt{h_{fri} - h_{obj}})^2} \tag{C.3}$$

For denne formel gælder det, at h_{fri} er frihøjden op til en hindring over vejbanen. Denne er fastsat til 4,5 m, da dette tillader en lastbil at køre under hindringen. Øjenhøjden hæves til 2,5 m af hensyn til personer, som sidder højt i køretøjer som lastbiler. Objekthøjden er ligeledes hævet for at tilgodese lastbiler. Denne indsættes til 0,3 m. Minimumradius for konkavkurven bliver derved 1200 m.

Det resulterende fald beregnes ved hjælp af vejens sidehældning og længdefald. Der er på strækningen valgt en sidehældning på 25 ‰ for at sikre vejafvandningen. Der er dertil tre rette linjestykker på strækningen, som har længdefaldene $2,23$ ‰, $2,80$ ‰ og $1,87$ ‰. Med hældningerne kendt, kan det resulterende fald bestemmes ved formel C.4.

$$Resulterende fald = \sqrt{(i_r^2 + i_r^2)} \tag{C.4}$$

Med formlen bliver de resulterende fald $25,10$ ‰, $25,17$ ‰ og $25,07$ ‰.

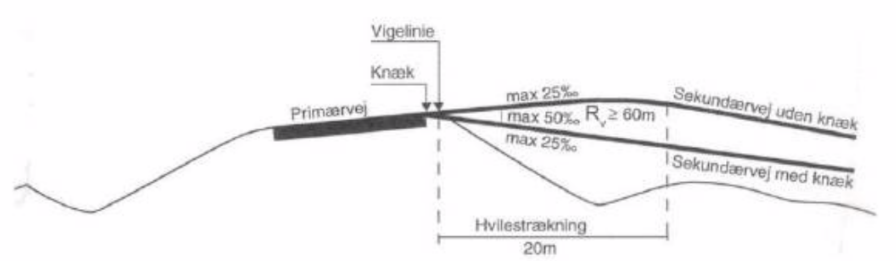
I sammenhæng mellem horisontalkurverne og vertikalkurverne skal der kigges på forholdene mellem disse for, at billisten har en fornemmelse af vejens forløb. Størrelsesforholdet mellem kurverne er regnet ved formel C.5.

$$Forhold = \frac{R_v}{R_h} \tag{C.5}$$

Af formelen fås forholdene $R_v = 8 \cdot R_h$ og $R_v = 2 \cdot R_h$.

Krydsudformning D

Til ethvert kryds er der krav til hvilestrækninger, og derfor er der på figur D.1 vist hvilke promiller, denne strækning skal overholde.

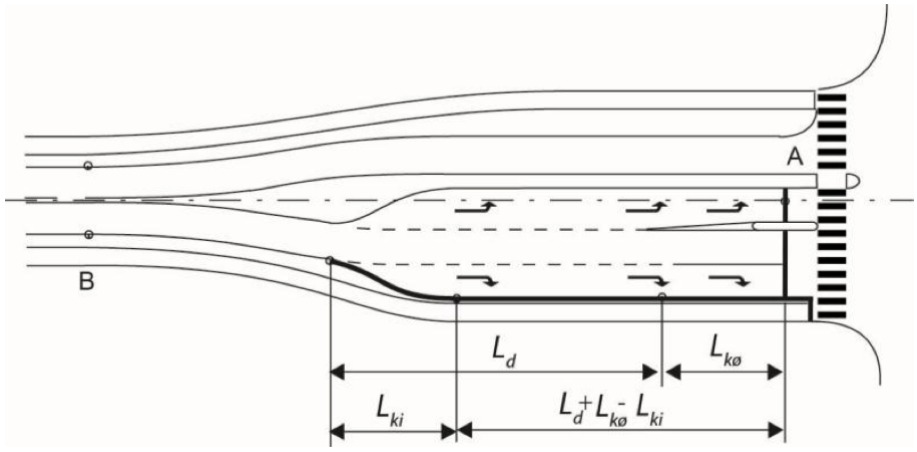


Figur D.1. Principskitse af krav til hvilestrækninger.[Vejdirektoratet, 2019*e*]

D.1 Svingspor

Der er til beregningerne af svingsporenes længder i krydsene brugt håndbogen Signalregulerede kryds i åbent land Vejdirektoratet [2019*d*].

Længden af svingsporene er sammensat af tre delstrækninger, som er decelerationsstrækning L_d, og heri indgår kilestrækningen L_{ki}. Den sidste delstrækning op til krydset er køstrækningen $L_{kø}$. På figur D.2 er en principskitse vist, hvorpå de forskellige delstrækninger er illustreret. Dertil skal de radier, som danner S-svinget i kilestrækningen bestemmes.



Figur D.2. Principskitse af svingspor.[Vejdirektoratet, 2019*d*]

Først findes L_{ki}, og dette gøres ved formel D.1.

$$L_{ki} = \frac{V_p}{3} \cdot \sqrt{\frac{b_v}{3}} \tag{D.1}$$

Hvor V_p er planlægningshastigheden, altså den hastighed, der skal køres med på strækningen. Denne er fastsat til 80 km/t. b_v angiver bredden af svingsporet lagt sammen med kantlinjen mod gennemfartssporet. Denne er fastsat til 3,5 m af hensyn til svingende lastvogne. Kilestrækningen bliver derved 29 m lang. Efter fastsættelsen af kilestrækningen beregnes radierne på denne. Dette gøres ved formel D.2.

$$R_{ki,1} = R_{ki,2} = \frac{L_{ki}^2}{4 \cdot b_v} \tag{D.2}$$

I formlen bruges den førfundne L_{ki} på 29 m og b_v på 3,5 m. Dette giver en radius på 59 m, for hver af kilestrækningens buer.

Decelerationsstrækningen beregnes ved formel D.3.

$$L_d = \frac{(0,7 \cdot V_p)^2}{2 \cdot (g_d + g \cdot i_t) \cdot 3,6^2} \tag{D.3}$$

Hvor V_p er fastsat til 80 km/t. Decelerationen, g_d, sættes til 2 m/s^2 og tyndeaccelerationen, g, til 9,81 m/s^2. Endelig sættes længdegradienten af vejen, i_t, til $0,002$. Dette giver $L_d = 59$m.

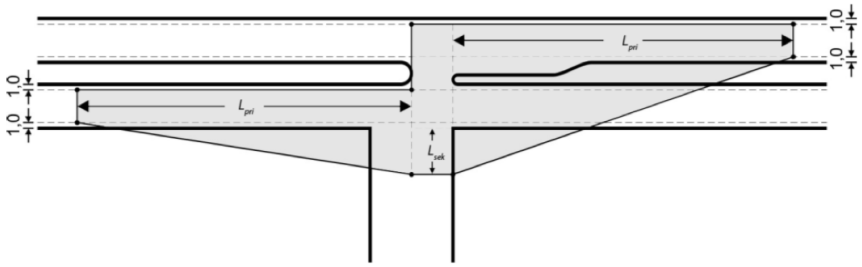
Den sidste delstrækning, $L_{kø}$, er aflæst til mindst at være 25 m.

Summeres L_d og $L_{kø}$ fås den samlede længde på svingbanen til 85 m.

D.2 Oversigt

For at kontrollere om oversigtsforholdende er i orden, er håndbogen "Fælles grundlag og planlægning for vejkryds i åbent land"anvendt. [Vejdirektoratet, 2018*a*]

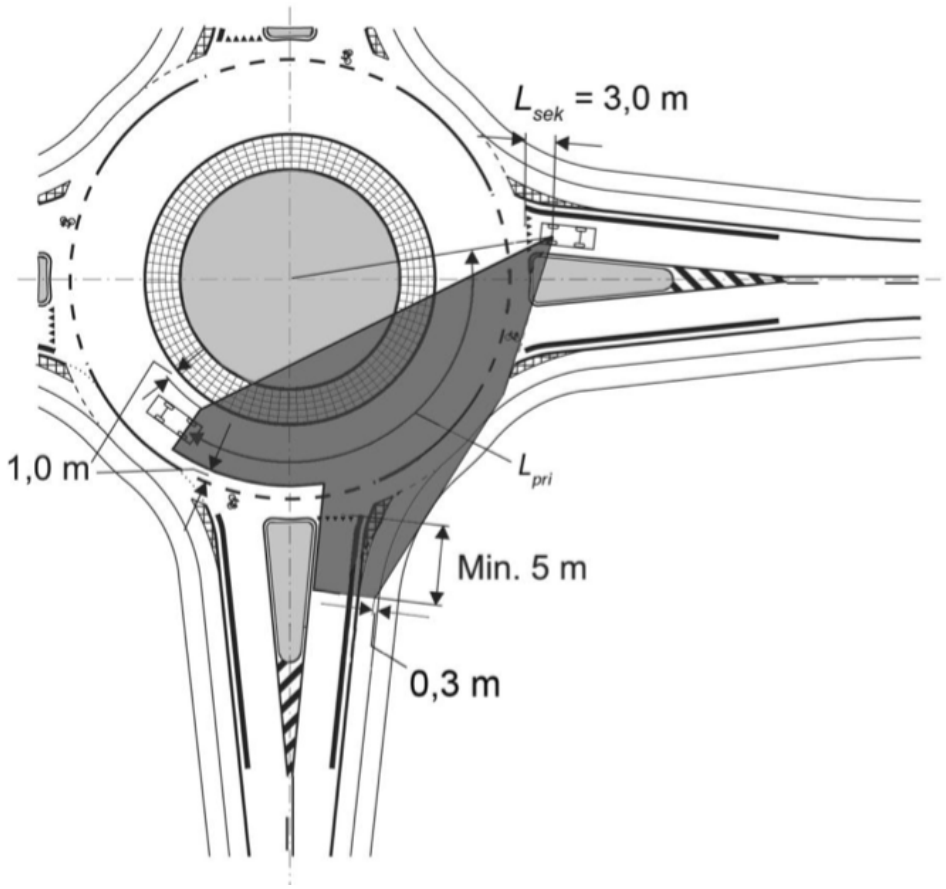
På figur D.3 er vist en principskitse af forholdene ved krydsene.



Figur D.3. Principskitse af oversigt i kryds.[Vejdirektoratet, 2018*a*]

Oversigtslængden, L_{sek}, er fastsat til 3 m, mens den anden oversigtslængde, L_{pri} er aflæst til 206 m ved en dimensionerende hastighed på 100 km/t.

For oversigt til rundkørsler er det lidt anderledes. Her skal det være muligt at kunne se 5 m bag vigelinjen i det forrige tilfartsspor, samt have oversigt i en hvis længde i cirkulationsarealet. På figur D.4 er vist en principskitse for oversigtsarealet i en rundkørsel.



Figur D.4. Principskitse af oversigt i rundkørsler.[Vejdirektoratet, 2018*a*]

L_{sek} er ligesom ved kryds 3 m bag vigelinjen. Længden L_{pri} er aflæst efter en kørekurves radius på 30 m til at være 65 m.

Vejbefæstelse

E

Der er i dette kapitel brugt håndbogen "Dimensionering af befæstelser og forstærkningsbelægninger". [Vejdirektoratet, 2017*b*]

For at gøre det muligt at benytte beregningsprogrammet MMOPP, skal dimensioneringstrafikken bestemmes. Dette gøres ved formel E.1, for i sidste ende at finde trafikklassen, som skal benyttes i MMOPP.

$$N_{Æ10} = P \cdot K_F \cdot K_K \cdot K_R \cdot F_{SS} \cdot \sum(F_{Æ10} \cdot L) \tag{E.1}$$

De forskellige parametre bestemmes i det følgende.

P er en vækstfaktor, som har til formål at binde den stigende trafikmængde sammen med dimensioneringsperioden. P beregnes ud fra formel E.2.

$$P = \frac{(1+\alpha)^n - 1}{\alpha}) \tag{E.2}$$

Hvor α er den årlige stigning af trafikken, som er fundet under afsnit 4.2 til 2,5 %. n er dimensioneringsperioden, der i dette projekt er bestemt til 10 år grundet den store mængde trafik. Fra formelen fås $P = 11,20$.

K_F er en korrektionsfaktor, der korrigerer for lastbilernes fordeling på vejen. Denne faktor er aflæst til $0,45$ på baggrund af, at det er en 4-sporet vej.

K_K er ligeledes en korrektionsfaktor. Denne faktor tager højde for kanalisering og er bestemt til $1,0$, da køresporsbredden på strækningen er normal.

K_R er også en korrektionsfaktor, som har til formål at indberegne vridning af vejen. Der forventes ikke at være nogle vridninger, og denne faktor sættes derfor til $K_R = 1,0$.

F_{SS} korrigerer for dækmontering i forbindelse med supersingledæk. Denne korrektionsfaktor er aflæst til $1,6$ for øvrige statsveje.

$F_{Æ10}$ er en korrektionsfaktor, som tager højde for køretøjsart og vejtype. Den er aflæst til $1,30$ grundet klassificeringen øvrige statsveje og sættevogstog.

L står for antallet af lastbiler per år for begge retninger. L beregnes ved formel E.3.

$$L = ÅDT \cdot 365 \cdot (\frac{lastbilprocent}{100}) \cdot 0,86 \tag{E.3}$$

ÅDT er tidligere fundet i afsnit 4.2, og er for den mest belastede strækning 19 000 kt/døgn. Lastbilprocenten er anslået til 12 % for denne strækning, hvor hovedparten af trafikken er personbiler til og fra det nye universitetshospital. Antallet af lastbiler på et år bliver dermed L = 715692.

Med alle inputs på plads kan dimensioneringstrafikken beregnes.

$$N_{Æ10} = 11,2 \cdot 0,45 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,6 \cdot \sum(1,65 \cdot 715692) = 9525587 \tag{E.4}$$

Med $N_{Æ10}$ kan trafikklassen aflæses på figur E.1 til T7.

Trafikklasse	Lastbiler på vejen pr. døgn i begge retninger tilsammen	$N_{Æ10}$ pr. døgn i spor (øvre grænse)	Dimensioneringstrafik $N_{Æ10}$/år
T0[1)]	Kun lette køretøjer	-	-
T1	Mindre end 1	0,5	75
T2	Op til 65	20	7.300
T3	65 til 120	50	18.300
T4	120 til 560	200	73.000
T5	560 til 1.200	500	180.000
T6	1.200 til 1.500	800	300.000
T7	Mere end 1.500	1.500[2)]	500.000[2)]
Noter 1) I trafikklasse T0 bør træffes aktive foranstaltninger mod færdsel med tunge køretøjer (mere end 3.500 kg totalvægt), f.eks. tungt sneryd-ningsmateriel. 2) Principielt ubegrænset - de angivne værdier bruges som standard-værdier i MMOPP.			

Figur E.1. Tafikklasser. [Vejdirektoratet, 2017*b*]

Med trafikklassen T7 og en kendt underbund, som indeholder ler, kan den samlede minimumstykkelse aflæses på figur E.2 til 700 mm.

Risikogruppe	Mindste koblingshøjde		
	Frostsikker[1)]	Frosttvivlsom[1)]	Frostfarlig[1)]
Materiale-typer / Trafik-klasse	Sand og grus uden betydende partier af silt og siltholdigt ler	Moræneler, ler og stabiliseret underbund[3)]	Silt og meget siltholdige jordarter med mulighed for vandtilførsel, forbrændingsslagge og flyveaske[2)] og stabiliseret underbund[3)]
T0, T1	Som bestemt ud fra Analytisk-Empirisk Dimensionering	400 mm	500 mm
T2		500 mm	700 mm
T3		600 mm	800 mm
T4, T5, T6, T7		700 mm	900 mm

Noter
1) Som standard E-værdier for underbundsbetegnelserne "Frostsikker", "Frosttvivlsom" og "Frostfarlig" anvendes i MMOPP 100 MPa, 40 MPa og 20 MPa.
2) Aktuel frosthævningsrisiko bør fastlægges ved laboratorieundersøgelse.
3) Ved stabilisering af underbund kan der ikke umiddelbart påregnes nogen forbedring af materialets frosthævningsegenskaber. Der henvises i øvrigt til afsnit 3.8.

Figur E.2. Minimumstykkelse af samlet vejbefæstelse. [Vejdirektoratet, 2017*b*]