
+Bus på Karolinelundsvej



Afgangsprojekt på diplomingeniøruddannelsen i
Veje & Trafik, Aalborg Universitet
Byggeri & Anlæg
Christian Bøtke Kongsvad Andersen



Studienævn for Byggeri & Anlæg
Thomas Manns Vej 23
DK - 9220 Aalborg Øst
Tlf. 99 40 84 84
<http://www.ses.aau.dk>

AALBORG UNIVERSITET STUDENTERRAPPORT

Titel:

+BUS på Karolinelundsvej

Projekttype:

Afgangsprøve på diplomingeniør-
uddannelsen: Veje og Trafik

Projektperiode:

1. november 2017 til 19. januar 2018

ECTS:

15 ECTS

Vejleder:

Erik Kjems

Udarbejdet af:

Christian Bøtke Kongsvad Andersen

Antal sider: 77 sider

Afsluttet: 19-01-2018

Tegninger: 4 stk.

Forsidebillede : <https://www.vanhool.be/en/public-transport/exquicity-brt/cng-hybrid>

SYNOPSIS:

Denne rapport omhandler en delstrækning af det kommende +Bus-projekt i Aalborg. Der er i rapporten udarbejdet en analyse af relevante bindinger i området, samt projekteret på baggrund af viden om disse. I rapporten er der yderligere lavet en skitse- og detailprojektering af delstrækningen, samt konstrueret en model af en dobbeltleddet bus i AutoTurn. Derudover er der lavet en projekt-, afmærknings-, afvandings- og ekspropriationsplan for projektet, hvortil der ligeledes er udarbejdet et anlægsoverslag. Projektet går i sin helhed ud på, at indpasse et dobbeltrettet busspor på Karolinelundsvej i Aalborg. Dette skal sikre god fremkommelighed og høj regularitet, for den fremtidige kollektive trafik i Aalborg. Karolinelundsvej er blot en delstrækning af det samlede +Bus-projekt, der skal forbinde Aalborg Vestby med Nyt Aalborg Universitetshospital. Strækningen er i alt 11,3 km, hvoraf delstrækningen på Karolinelundsvej udgør ca. 180 m.

Forord

Denne rapport er udarbejdet som afgangsprøve på diplomingeniøruddannelsen, med specialisering i Veje og Trafik på Aalborg Universitet. Rapporten omhandler projektering af en delstrækning for det kommende +Bus-projekt i Aalborg. Rapporten er udarbejdet i perioden fra d. 1. november 2017 til d. 19. januar 2018.

Der rettes stor tak til vejleder Erik Kjems for gode råd og vejledning. Derudover skal der ligeledes lyde en stor tak til Aalborg Kommune, for at stille en kontorplads til rådighed, samt at besvare spørgsmål gennem projektperioden.

Læsevejledning

I rapporten henvises der til kilder ved brug af Harvard-metoden, med forfatterens efternavn samt årstal på kilden. I tilfælde hvor kilden er udarbejdet af flere personer, henvises der til institutionen kilden er udgivet for, dette gør sig eksempelvis gældende ved henvisning til de danske vejregler. En kilde er som udgangspunkt placeret efter linjer, afsnit eller sektioner som underbygges af denne.

Rapporten er opdelt i en hovedrapport og et appendiks. I hovedrapporten præsenteres overvejelser og resultater. I appendikset beskrives enkelte dele af rapporten, som vurderes at have særlig betydning, for forståelsen hos læseren. Yderligere består rapporten af en projekt-, afmærknings-, afvandings- og ekspropriationsplan, som er vedlagt rapporten.

Tegningsliste

Tegning	Tegnings nr.	Målestok	Dato
Projektplan	101	1:500	18-01-2018
Afmærkningsplan	201	1:500	18-01-2018
Afvandingsplan	301	1:500	18-01-2018
Ekspropriationsplan	1101	1:500	18-01-2018

Indholdsfortegnelse

1	Indledning	1
1.1	<i>Udviklingen i Aalborg har fart på</i>	2
1.2	<i>Fremtiden for den kollektive trafik i Aalborg</i>	3
1.3	<i>Kan en BRT-løsning erstatte en letbane?</i>	3
1.3.1	Hvad gør letbanen så populær?	3
1.3.2	Hvad er en BRT-løsning?	4
2	Projektbeskrivelse	7
3	Områdeanalyse	9
3.1	<i>Eksisterende vejnet</i>	9
3.2	<i>Trafikmængder</i>	10
3.3	<i>Ledninger i området</i>	11
3.4	<i>Højdekurver</i>	12
3.5	<i>Støjvold langs Karolinelundsvej</i>	13
3.6	<i>Tekniske forhold</i>	15
3.7	<i>Sammenfatning af områdeanalysen</i>	16
4	Skitseprojektering	17
4.1	<i>Tværsprofil</i>	17
4.1.1	Placering af særligt tracé	17
4.1.2	Eksisterende tværsprofil	19
4.1.3	Fremtidigt tværsprofil	19
4.2	<i>Matrikulære forhold</i>	23
4.2.1	Tinglysning	25
4.3	<i>Vurdering af skitseprojekt</i>	25
5	Detailprojektering	27
5.1	<i>Arealbehov</i>	27
5.2	<i>Separat højresvingsbane – Karolinelundsvej/Bornholmsgade</i>	29
5.3	<i>Tilslutning til eksisterende vejnet</i>	29
5.3.1	Tilslutning til Bornholmsgade	30
5.3.2	Tilslutning til den nordlige del af Karolinelundsvej	30
5.3.3	Tilslutning til Kjellerupsgade	30
5.3.4	Tilslutning til Sønderbro	30
5.4	<i>Cykelsti nær signalregulering</i>	31
5.4.1	Krydset Jyllandsgade/Karolinelundsvej	31
5.4.2	Krydset Bornholmsgade/Karolinelundsvej	32
5.5	<i>Vejlukning - Fyensgade</i>	33
5.6	<i>Fremtidige matrikulære forhold</i>	34
5.7	<i>Vejbefæstelse</i>	35
5.7.1	Trafikbelastning i +Bussens tracé	36
5.7.2	Valg af slidlag	36
5.7.3	Vejkassens opbygning	37
5.8	<i>Vejafvanding</i>	39
5.8.1	Almindeligt tagprofil	39
5.8.2	Omvendt tagprofil	40
5.8.3	Valg af vejafvanding	40
5.9	<i>Tracering – herunder horisontalradier</i>	41

5.10	<i>Afmærkning</i>	42
5.10.1	Længdeafmærkning	42
5.10.2	Tværafmærkning	43
5.10.3	Pilafmærkning	44
5.10.4	Skiltning på delstrækningen	44
5.11	<i>Anlægsoverslag</i>	45
5.11.1	+Bussens delstrækning på Karolinelundsvej	45
6	Diskussion	47
7	Konklusion	49
8	Litteraturliste	51
Appendiks A – Arealbehov i AutoTurn		55
Appendiks B – Udformning af asymmetrisk hammerhoved		57
Appendiks C – Vejbefæstelse		59
Appendiks D – Anlægsoverslag		65

1 Indledning

Belastningen på de danske veje, specielt i byer, stiger i takt med at flere og flere bosætter sig i de større danske byer. De mange tilflyttere er ikke nødvendigvis indstillet på at tage den kollektive trafik, da denne har tendens til ofte at være forsinket, overfyldt og tidskrævende. Derfor har der gennem længere tid været fokus på, at ændre folks trafikale adfærd. Et af de helt store samtaleemner, i de større danske byer, har derfor været letbaner. I Aarhus blev letbanen udskudt på ubestemt tid, da den planlagte åbningsdag, den 23. september 2017, ikke blev overholdt. Udsættelsen skete, da sikkerhedsgodkendelserne ikke blev givet af Transport-, Bygge- og Boligstyrelsen (Danielsen, 2017). Letbanen i Aarhus åbnede for de første passagerer den 21. december 2017 (Nina Hougaard, 2017). Odense er ligeledes i gang med at etablere en letbane, og denne forventes at åbne i 2020 (*Odense Letbane*, 2017). Endvidere planlægges der en letbane i hovedstadsområdet, hvor 11 kommuner, Region Hovedstaden og staten går sammen om finansieringen, denne forventes at åbne i 2023/2024 ("*Hovedstadens Letbane*", 2017).

Udover ovennævnte var Aalborg også langt i planlægningen af en letbane, da den kollektive trafik, som i mange andre byer, ligeledes er presset til det yderste. Det var planen, at denne skulle forbinde Aalborg Midtby med det kommende NAU, Nyt Aalborg Universitetshospital (Sundhed og Bæredygtig Udvikling, NT, & Region Nordjylland, 2008). Efter planen skulle staten være medfinansierende på letbaneprojektet i Aalborg, men i finansloven for 2016 blev letbaneprojektet i Aalborg annulleret. Dermed står Aalborg uden et tilskud fra staten, på 800 millioner kroner, og dermed blev letbaneprojektet droppet (Wormslev, 2015).

Dermed skal Aalborg Kommune finde et alternativ til letbanen, da Aalborg Kommune og Region Nordjylland ikke kan finansiere et letbaneprojekt alene. Dette kræver at der tænkes i nye og billigere alternativer, hvormed den ønskede effekt stadig opnås. Aalborg Kommune er allerede godt i gang, da en stor del af planlægningsarbejdet, lavet i forbindelse med den planlagte letbane, kan anvendes. På figur 1 ses den planlagte letbanes rute.



Figur 1: Den planlagte rute for 1. etape af letbanen i Aalborg (Sundhed og Bæredygtig Udvikling m.fl., 2008).

1.1 Udviklingen i Aalborg har fart på

Aalborg har udviklet sig markant de seneste år, hvilket i særdeleshed kan mærkes på vejene i og omkring Aalborg. Den generelle befolkningstilvækst i Aalborg er på 7,2 %, hvilket er væsentligt højere end landsgennemsnittet på 5,3 %. Derudover får byggeriet af NAU, Nyt Aalborg Universitetshospital, også stor betydning for infrastrukturen i Aalborg. Det forventes at NAU får 6.500 ansatte og 1.700 ambulante patienter. Udover ansatte og patienter forventes der også et stort antal besøgende, varetransport, og meget mere i forbindelse med driften af NAU. NAU forventes indviet i år 2020 (Aalborg Kommune, NT, & Region Nordjylland, 2016). Derudover er antallet af studerende på Aalborg Universitet steget fra 14.977 i 2013, til 17.025 studerende i 2017, hvilket svarer til en stigning på 13,7 % (Aalborg Universitet, 2017). Aalborg udvikles altså i stor stil, og intet tyder på at udviklingen stopper. Derfor skal der findes en løsning på trængselsproblematikken på vejene, hvilket en nytænkning af den kollektive trafik i Aalborg er en stor del af.

1.2 Fremtiden for den kollektive trafik i Aalborg

Når nu den kollektive trafik i Aalborg ikke bliver effektiviseret med en letbane, skal der tænkes i alternative løsninger. Allerede i 2012 investerede Aalborg Kommune i en busvej i selvstændigt tracé, langs Universitetsboulevarden, da den kollektive trafik i Aalborg allerede på daværende tidspunkt var under stort pres. Projektet kostede 60 millioner kroner, og har haft en positiv effekt på busdriften i Aalborg siden åbningen. Rejsetiden blev i gennemsnit forbedret med 53 sekunder pr. afgang, men endnu vigtigere blev regulariteten forbedret markant. Før busvejen blev åbnet varierede køretiden med 2 til 10 minutter, hvilket i dag er reduceret til 2-4 minutter. Der er dog stadig et stort behov for forbedring af den kollektive trafik, og den nuværende problematik ligger i, at der ikke kan indsættes flere linje 2 busser, som kører fra Aalborg Væddeløbsbane til Storvorde via Aalborg Bus-terminal (Vejdirektoratet, 2012a). En af årsagerne til at Aalborg Kommune var villige til at investere i en busbane, i selvstændigt tracé, kan have været med henblik på, at der senere skulle etableres en letbane. Dette er af økonomiske årsager ikke længere tilfældet, og der tænkes derfor i andre baner. Det er besluttet at erstatningen for den planlagte letbane, skal være i form af en BRT-løsning (Bus Rapid Transit). Spørgsmålet er blot om en BRT-løsning kan bidrage med de samme aspekter, som den planlagte letbane.

1.3 Kan en BRT-løsning erstatte en letbane?

Inden det kan vurderes om en letbane kan erstattes af en BRT-løsning, forklares i det følgende hvad hhv. en letbane og en BRT-løsning primært består af.

1.3.1 Hvad gør letbanen så populær?

En letbane er en moderne udgave af en sporvogn, dog er en letbane væsentligt mere støjsvag, og har en markant bedre komfort sammenlignet med de gammeldags sporvogne. Derudover er de moderne letbaner mere miljøvenlige. En letbane kombinerer endvidere mange af de gode egenskaber, som hhv. tog og bus besidder. En letbanes kapacitet er nogenlunde tilsvarende et togs, og har bremseegenskaber der er sammenlignelige med en bus. En letbane adskiller sig dog markant fra tog, da en letbane har mulighed at blande sig med anden trafik (Vejdirektoratet, 2012a). Derudover er en letbane i høj kurs ret politisk, da denne er med til at sikre vækst omkring skinnerne. Dette kaldes "skinneeffekten", og gør det attraktivt at investere omkring letbanens tracé, da dette giver en sikkerhed for investorerne. Denne sikkerhed er begrundet med, at et letbanetracé normalt ikke omlægges, hvilket kan være tilfældet med en busrute (*Odense Letbane*, 2017).

1.3.2 Hvad er en BRT-løsning?

BRT (Bus Rapid Transit) er en løsning til effektivisering af den kollektive trafik, primært i byer, hvor busserne prioriteres højt i trafikken. En BRT-løsning er, sammenlignet med en letbane, væsentligt mere fleksibel, hvilket er en stor fordel. Ud over fleksibiliteten er der også stor forskel på økonomien, når en BRT-løsning sammenlignes med en letbane. En BRT-løsning har ikke samme omfang af afledte arbejder, sammenlignet med en letbane, hvilket gør at en BRT-løsning er både billigere og væsentligt hurtigere at etablere. Af afledte arbejder tænkes her på renovering af anden infrastruktur, såsom kloakledninger, fjernvarmeledninger og lignende. Denne type infrastruktur bliver ved anlæg af en letbane renoveret, således opgravninger i tracéet inden for den nærmeste fremtid, så vidt muligt undgås. Ved anlæg af en BRT-løsning er dette ikke nødvendigt i samme omfang, da det her er muligt at anvende andre vognbaner i tilfælde af eksempelvis ledningsarbejder. Derudover kan der ved arrangementer i byen, som eksempelvis DGI Landsstævne, tages alternative ruter i brug, da en BRT løsning ikke er skinnebåren.

I tabel 1, ses en oversigt over nogle af de fysiske forskelle der er, når der snakkes om hhv. en BRT-løsning og en letbane.

	BRT	Letbane
Køretøjslængde	12(-) 18,5-24 m	30-40 m
Min. horisontalradius	Ca. 10 m	Ca. 25 m
Min. vertikalradius	Ca. 60 m	Ca. 1.000 m
Anbefalet maks. gradient	50 ‰	40-70 ‰
Indstigningshøjde	20-90 cm	20-90 cm
Hastighed, i eget tracé	30-80 km/t	100-120 km/t
Hastighed, blandet trafik	30-80 km/t	30-80 km/t
Belægning	Asfalt, evt. med styreskinne eller ledelinje	Skræver, asfalt, stenbelægninger, græs (med skinne)

Tabel 1: Tekniske specifikationer for BRT og letbane (Vejdirektoratet, 2012b).

I ovenstående tabel indikeres det, at en letbane er mere effektiv end en BRT-løsning, når det kommer til hastighed og passagerantal, sidstnævnte grundet køretøjslængden. En letbane kræver dog både langt større horisontal- og vertikalradier, hvilket kan blive udfordrende når der projekteres i byen, som tilfældet er i dette projekt.

Aalborg Kommunes BRT-løsning omtales som +Bus, og består af dobbeltleddede busser. Aalborg vil i fremtiden være den første by i Danmark, hvor der bliver indsat 24 meter lange dobbeltleddede busser. I andre større danske byer er der gang i letbanebyggeriet, hvilket som nævnt tidligere ligeledes var ambitionen i Aalborg. Nu arbejdes der derimod på en

BRT-løsning, som opfylder en lang række af de krav, som Aalborg Kommune stiller til den fremtidige kollektive trafik. Denne bustype forventes at kunne fragte et sted mellem 150 og 200 passagerer, og køre op til 50 km/t på ruten. Hele +Bussens rute, 11,3 km, forventes tilbagelagt på samlet set 32 minutter, da signalreguleringerne på ruten indstilles således at +Bussen altid har grønt lys (Aalborg Kommune, 2017a). Endvidere er +Bussen en miljøvenlig transportform, og dobbeltleddede busser findes både med dieselmotor, som hybrid og med elmotor.

2 Projektbeskrivelse

Som nævnt skal den kollektive trafik i Aalborg forbedres inden for de kommende år, og det er bestemt at løsningen på problemet er en BRT-løsning. Projektet kaldes i daglig tale for +Bus, og omfatter etablering af en ny type af busser i Aalborg. Denne bustype er 24 meter lange, og dobbeltledede.

Projektet som helhed strækker sig fra Væddeløbsbanen ved Egeholm Færgevej i vest, til Nyt Aalborg Universitetshospital i øst via J. F. Kennedys Plads. Det er ikke på hele ruten, at +Bussen kommer til at køre i sit eget trængselsfrie tracé. Øst for J. F. Kennedys Plads, ved banegården, får +Bussen sit eget dobbeltrettede tracé. Mod vest kører +Bussen også trængselsfrit, og deler vognbane med eksempelvis vare- og servicekørsel. Ruten ses på figur 2.

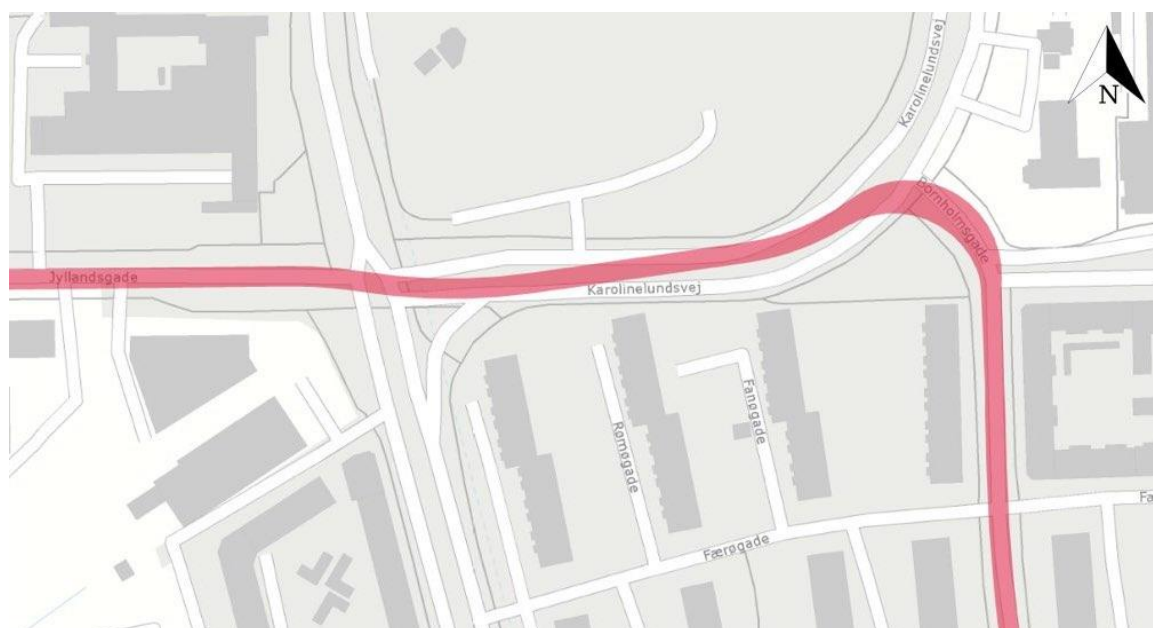


Figur 2: Ruten for +Bus-projektet i Aalborg (Aalborg Kommune, 2017b).

Projektet der behandles i denne rapport tager udsping i +Bus-projektet i Aalborg, hvilket er et stort anlægsprojekt med mange afledte arbejder, inden for forskellige fagligheder. Selve +Bus-projektet har baggrund i ønsket om en letbane, hvilket ikke blev en realitet, da statsstøtten udeblev. +Bus-projektet kræver stor omlægning af både den trafikale infrastruktur, og ændring i nogle af de vejbefæstelser, der i dag findes rundt om i Aalborg. En

af forudsætningerne for at +Bussen bliver en succes er, at rejsetiden, og ikke mindst komforten, med den kollektive trafik i Aalborg forbedres. Dette forudsætter etablering af et separat dobbeltrettet busspor, hvor dette er muligt. I dette projekt arbejdes der med delstrækningen på Karolinelundsvej, som er en strækning på cirka 180 meter, placeret mellem et signalreguleret F- og T-kryds. Projektet omhandler design og projektering af delstrækningen.

Denne delstrækning rummer, ligesom mange andre bynære strækninger, en række problematikker når det kommer til vejudvidelsen. Derudover er det tiltænkt, at de 24 meter lange dobbeltleddede busser skal svinge ind ad Bornholmsgade, se figur 3, hvilket giver anledning til at disses arealbehov skal undersøges nærmere.



Figur 3: +Bussens rute på Karolinelundsvej (Geodatastyrelsen, 2017).

3.2 Trafikmængder

Inden der kan fastlægges et tværsnit for vejen, med et tracé forbeholdt +Bussen, dannes der et overblik over den eksisterende trafik i området. Dette gøres for at sikre fremkommeligheden for andre trafikanter. Udover biltrafikken, fastlægges det ligeledes hvor stor en mængde cykeltrafik der er i området. På de fleste omkringliggende strækninger er der de seneste år foretaget snittællinger, både af motortrafik og cykel/knallertrafik. Der er dog ikke foretaget en tælling af motorkøretøjer på Bornholmsgade siden år 2002, og denne strækning er dermed den med størst usikkerhed. Der kendes ikke til noget kørselsmønster, hverken for biltrafikken eller cykler/knallertrafikken, da tællingerne er snittællinger med relativ stor indbyrdes afstand. Figur 5 giver et overblik over de snittællinger, der er registeret i området.



Figur 5: ÅDT for biltrafik, tunge køretøjer og cykel/knallertrafikken registreret i tælleåret. Tallene er angivet i køretøjer pr. døgn (Vejdirektoratet, 2017f) (Vejdirektoratet, 2017e). Ortofoto er fra 2017.

Ovenstående figur angiver ÅDT i tælleåret, hvilke på figur 6 er fremskrevet til år 2040. Snittællingerne er fremskrevet eksponentielt til år 2040, til trods for at der er tale om en lang fremskrivningsperiode. Årsagen til dette valg er, at det forventes at trafikken kun vil stige markant i fremtiden, da transportsektoren er i stor udvikling. Sammenholdes dette med den generelle udvikling i Aalborg, baseret på befolkningstilvæksten, forventes dette at være det bedste og sikreste valg. Den generelle opregningsfaktor i Aalborg Kommune er 1,73 % pr. år (Aalborg Kommune, 2017d). Tilsvarende opregningsfaktor er anvendt for cykel/knallertrafikken.

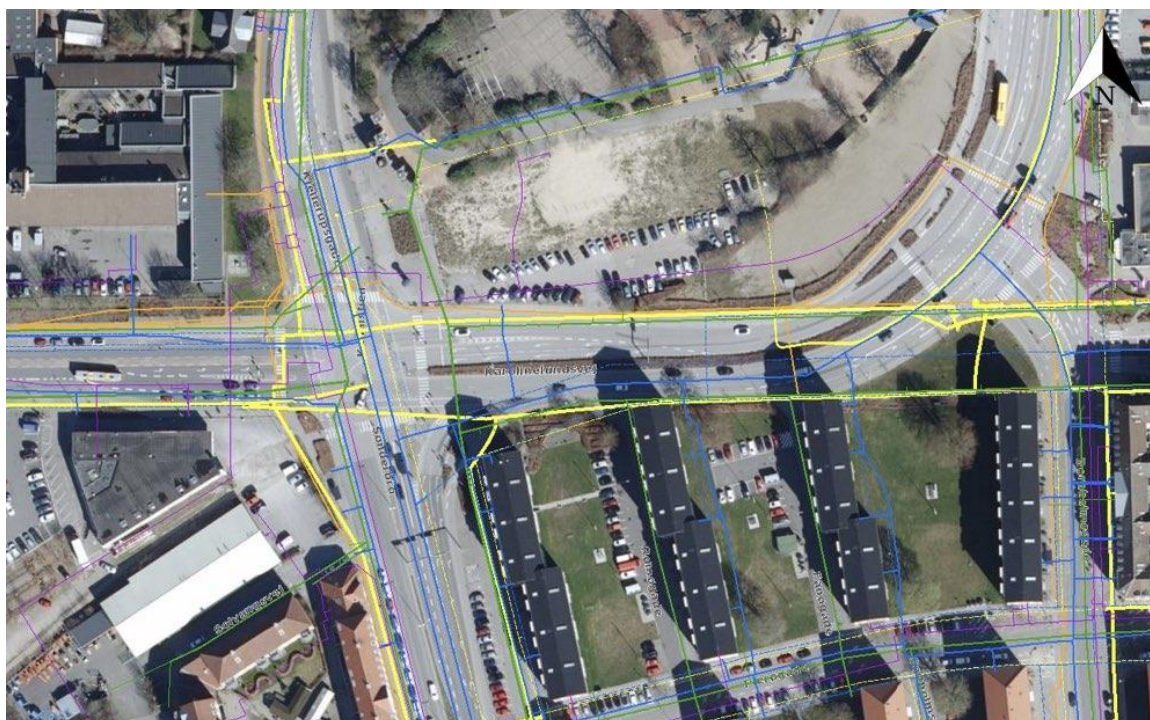


Figur 6: Den fremskrevne ÅDT for biltrafik, tunge køretøjer og cykel/knallertrafikken. Tallene er angivet i køretøjer pr. døgn (Vejdirektoratet, 2017f) (Vejdirektoratet, 2017e). Ortofoto er fra 2017.

Der bliver i denne rapport ikke lavet nogen decideret kapacitetsberegning, men det vurderes ud fra ovenstående, at det ikke er hensigtsmæssigt at skære ned på antallet af vognbaner. Dermed bliver det mulighedernes kunst at finde en optimal løsning, hvor tværprofilen udvides med et dobbeltrettet tracé til +Bussen.

3.3 Ledninger i området

Inden der projekteres, skal der ligeledes dannes et overblik over hvilke ledninger der er i og omkring vejen, og dermed også hvilke ledningsejere der skal kontaktes i forbindelse med ombygningen af Karolinelundsvej. For at få en overordnet indikation om ledningernes placering i og omkring vejen, er der i denne rapport anvendt et kort med ledningsoplysningerne for hele Aalborg Kommune. Dette kort er dog ikke nødvendigvis helt opdateret, men giver et retvisende billede af de eksisterende forhold. I forbindelse med et projekt, hvad enten det er stort eller småt, anbefales det altid at der søges LER-oplysninger. Hermed opnås der viden om hvilke ledningsejere, der er registreret på stedet. Disse kan herved indkaldes til et ledningsejermøde, hvor eventuelle ledningsarbejder og –renoveringer kan indlægges i tidsplanen, og koordineres mellem de enkelte ledningsejere. Herved undgås det, forhåbentligt, at en nyanlagt eller -renoveret vej ikke opbrydes umiddelbart efter udførelsen. På figur 7 ses eksisterende fjernvarme-, vand-, gas- og fiberledning.

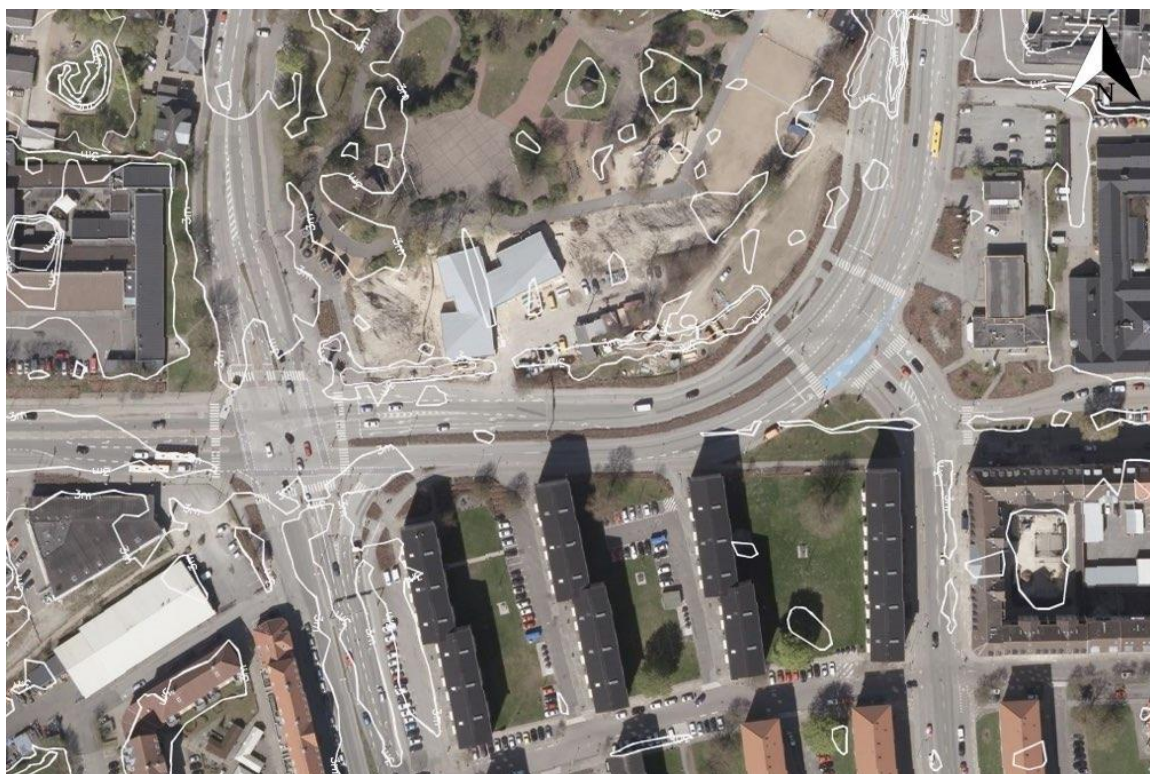


Figur 7: Oversigt over ledningstyper på Karolinelundsvej. Lilla = fjernvarme, blå = vand, grøn = kloak, gas = gul og fiber = orange (Geocortex, 2017). Ortofoto er fra 2016.

På ovenstående figur ses de eksisterende ledninger i og omkring vejen, dog kendes der ikke til oplysninger om hvornår de enkelte ledninger er fra. Hermed kan det ikke vurderes om nogle af disse skal renoveres inden for en overskuelig årrække. Udover forsyningsledningerne på figur 7, er der også et system til afledning af regn- og spildevand. Delstrækningen der behandles i denne rapport er endnu ikke separatkloakeret, for yderligere information vedr. placeringen af fællesledningen se afvandingsplanen, tegning nr. 301.

3.4 Højdekurver

I forbindelse med etablering af afvanding på strækningen, er det væsentligt at få klarlagt hvor stort et fald der er på vejen. Højdeforskelle er væsentlige, når der i detailprojekteringen skal placeres nedløbsriste, således vejen afvandes tilstrækkeligt. Selvom der ikke forventes store niveauforskelle, undersøges dette alligevel. Årsagen er, at det er væsentligt at få afklaret om der er niveauforskelle mellem den eksisterende vej, omkringliggende arealer. Denne niveauforskel er væsentlig, da tværprofilet på strækningen udvides grundet etableringen af et separat tracé til +Bussen. Højdekurverne for projektområdet ses på figur 8.



Figur 8: Højdekurver for projektlokaliteten, højdekurverne er vist med et interval på 0,5 m (Geodatastyrelsen, 2017).
Ortofoto er fra 2017.

På ovenstående figur ses at højdeforskellene på projektlokaliteten, som forventet, ikke er store. Højdeforskellene giver altså ikke anledning til de store problematikker, ved udvidelse af tværprofilet. Ved besigtigelse af projektlokaliteten ses det, at der er et niveau-spring på cirka 0,5 til 1 meter i syd. Dette er mellem fortovets bagkant, og opholdsarealet mellem boligblokkene.

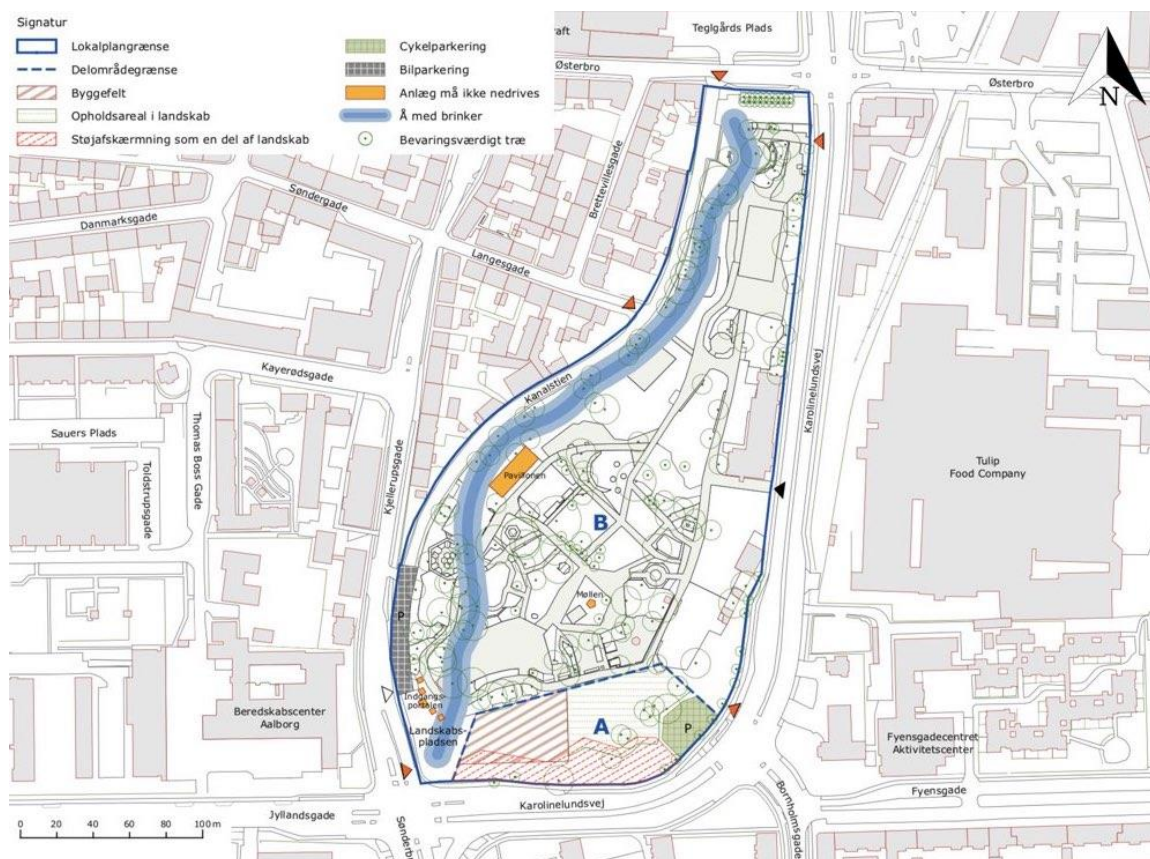
3.5 Støjvold langs Karolinelundsvej

Under besigtigelsen af projektlokaliteten, ses det endvidere at der for nylig er etableret en støjvold, der afskærmer legepladsen, ved den nyåbnede børnehave, fra Karolinelundsvej. Denne er placeret uhensigtsmæssigt i forhold til den fremtidig +Bus, da denne er opført ved bagkanten af fortovet i nord. På figur 9 ses størrelsen, og placeringen af støjvolden.



Figur 9: Støjvold etableret for at afskærme den nyåbnede børnehave i Karolinelunden.

Som det ses på ovenstående figur er støjvolden markant, og sætter en form for naturlig begrænsning. Der kan dog stilles spørgsmålstejn ved hvordan tilladelsen til denne er givet, da der de seneste mange år har været snakket om en letbane, senere erstattet af en BRT-løsning, på strækningen. I lokalplanen for området gøres der opmærksom på, at den kollektive trafik i området forbedres inden for en årrække, men der tages ikke yderligere stilling til at vejens tværprofil udvides (Aalborg Kommune, 2016). Dette lader altså til at være en forglemmelse i lokalplanen. Støjvolden forventes ikke at blive fjernet helt i forbindelse med etableringen af +Bussen, da denne er indarbejdet i den samlede plan for den nyåbnede bæredygtige børnehave. Her har landskabsarkitekterne etableret støjvolden som et visuelt virkemiddel fra begge sider. Det forventes dog at den del af støjvolden, der vender ud mod Karolinelundsvej, skal reduceres i størrelse. Dette forudsætter dog, at der opføres en støttemur eller lignende. Oversigt over lokalplanen ses på figur 10, hvor det kan fornemmes, at der primært er taget højde for det nuværende tværprofil i forbindelse med lokalplanlægningen.



Figur 10: Arealanvendelse for Karolinelunden, der bl.a. viser den store udstrækningen støjvolden har langs Karolinelundsvej (Aalborg Kommune, 2016).

I efteråret 2017 har Aalborg Kommune igangsat udarbejdelse af en lokalplan, der strækker sig over hele +Bussens strækning. Hvorvidt udarbejdelse af denne er påbegyndt efter ovenstående forglemmelse, eller blot skal sikre mod lignende problematikker fremadrettet, vides ikke (Aalborg Kommune, 2017c).

3.6 Tekniske forhold

Udover de nævnte forhold på strækningen, er der ligeledes en række andre tekniske foranstaltninger, der er relevante at danne et overblik over. Dette drejer sig bl.a. om eksisterende bygninger, nedløbsriste, signalstandere m.m. Dette er alle relevante ting at tage højde for i projekteringsfasen, da disse har større eller mindre indflydelse på den samlede anlægssum. Eksisterende bygninger er de væsentligste at tage højde for, da nedløbsriste og signalstandere kan forskydes, hvilket i de fleste tilfælde blot kræver en mindre ledningsomlægning.

3.7 Sammenfatning af områdeanalysen

Efter udarbejdelse af områdeanalysen, er der enkelte forhold der giver anledning til større bekymring end andre. Dette drejer sig specielt om de eksisterende bygninger, og det eksisterende vejnet. De matrikulære forhold er generelt et problem, når vejene i midtbyen skal udvides, da det så vidt muligt ønskes at tilpasse løsningerne herefter. I forbindelse med +Bus-projektet er man imidlertid indstillet på, at arealerhvervelse på en stor del af strækningen er nødvendig. Dette indikerer at det ønskes at opnå den bedst mulige trafikale løsning, og de matrikulære forhold kan altså tilpasses efter denne. Derfor er de matrikulære forhold ikke inddraget i områdeanalysen. Disse vil derimod blive inddraget, når det samlede tværprofil for +Bussens delstrækning på Karolinelundsvej er fastlagt. Ledningsoplysningerne er også væsentlige at have med i overvejelserne, når der skal etableres vejafvanding og lignende.

Den nyetablerede støjvold vurderes også at blive problematisk, og det forventes at denne skal reduceres i størrelse, eller helt eller delvist erstattes af en støttemur. Yderligere sætter niveauspringet i syd en naturlig grænse for, hvor bagkanten af fortovet kan placeres. I dette projekt ønskes det ikke at berøre bygninger, da dette vil få store konsekvenser for mange beboere, og heller ikke er realistisk rent politisk. Anderledes er det med det eksisterende vejnet, som bliver tilpasset efter +Bussen. Det ønskes af økonomiske årsager at minimere tilpasningen, men løsningen skal dog kunne afvikle trafikken i området acceptabelt.

4 Skitseprojektering

+Bussens delstrækning på Karolinelundsvej bliver i dette kapitel skitseprojekteret, hvilket har til hensigt at undersøge hvor meget det fremtidige tværprofil vil fylde. Dermed undersøges det om den nødvendige plads er til stede, eller om der i detailprojekteringen skal skæres ned på antallet af vognbaner. Dermed er det nødvendigt at få fastlagt det fremtidige tværprofil på Karolinelundsvej, der indeholder et separat dobbeltrettet busspor.

4.1 Tværprofil

I dette afsnit fastlægges bredder af vognbaner, cykelsti, fortov samt antallet af gennemfarts- og svingbaner. Der tilstræbes at det eksisterende antal vognbaner fastholdes, til trods for at der indsættes et særligt tracé til +Bussen. Når det samlede tværsnit er fastlagt, vurderes det efterfølgende hvorvidt dette er muligt. Inden det samlede tværsnit kan fastlægges, skal det først bestemmes hvor +Bussens særlige tracé skal placeres.

4.1.1 Placering af særligt tracé

I tværsnittet skal der sikres plads til +Bussen, hvilket gøres i form af et særligt tracé, der kun anvendes af denne, og eventuelt enkelte andre buslinjer. Dette skal medføre en højere regularitet, bedre komfort og forbedret rejsetider. Dette er alle tre parametre, der vægtes højt, når det snakkes BRT-løsninger. Tracéet til en BRT-løsning har, ifølge de danske vejregler, to mulige placeringer, enten som et midtlagt eller sidelagt tracé (Vejdirektoratet, 2016a).

4.1.1.1 Midtlagt tracé

Ved anlæg af en BRT-løsning, er den hyppigste placering af tracéet, i tværsnittets midte. Denne placering giver et symmetrisk vejprofil, og mulighed for parkering og varelevering i vejsiderne. Derudover sikrer denne placering ligeledes, at tracéet fremtræder tydeligt i vejilledet. En af ulemperne ved et midtlagt tracé er, at passagererne skal krydse de resterende vognbaner, for at få adgang til BRT-løsningen. Derfor skal perronernes placering gennemtænkes, således både af- og påstigning kan foregå forsvarligt. Yderligere er et midtlagt tracé fordelagtigt for store køretøjer, da svingbevægelsen er så optimal som muligt, i begge retninger. Dette er hensigtsmæssigt grundet +Bussens størrelse.

4.1.1.2 Sidelagt tracé

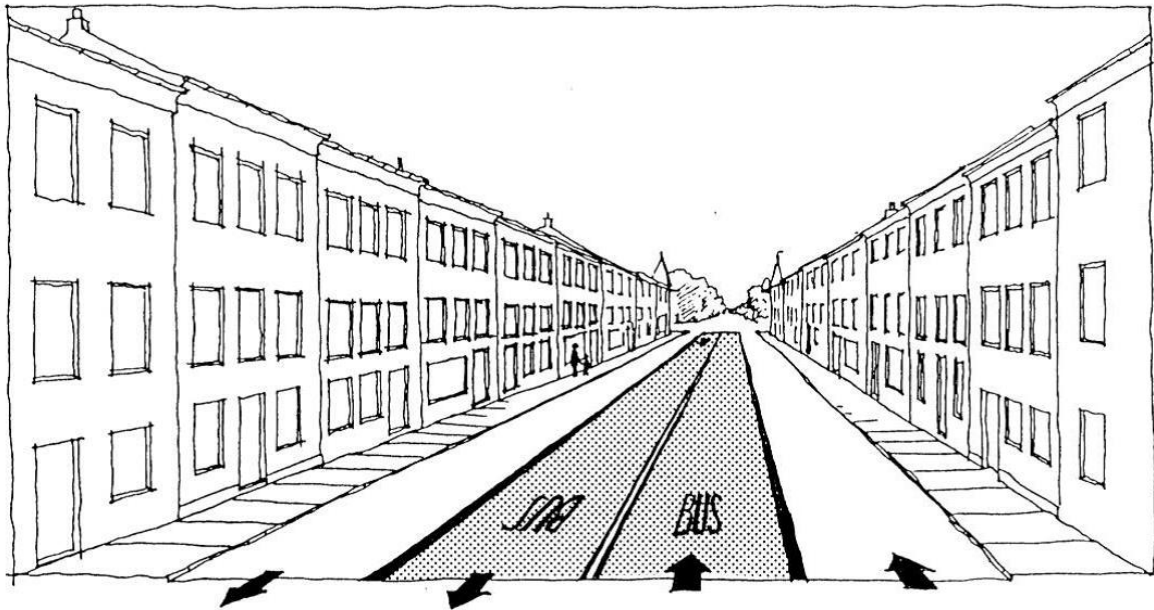
Ved et sidelagt tracé, er det lettere at integrere stoppestederne i forbindelse med det omkringliggende miljø, dette kan eksempelvis være kulturelle tilbud eller lignende. Derudover skal passagererne ikke krydse vognbanerne med biltrafik, hvis disses ærinde er placeret på samme side som stoppestedet. Et sidelagt tracé vanskeliggør dog parkering og varelevering i vejsiden. Endvidere tilskrives et sidelagt tracé ofte en tillægsbredde, da det af driftsmæssige, og økonomiske, årsager ikke anbefales at tunge køretøjer, herunder busser, kører over nedløbsriste og dæksler. Derudover nedsætter kørsel over nedløbsriste og dæksler ligeledes komforten for passagerne.

4.1.1.3 Alternativ til vejreglernes anbefalinger

Ovenfor er beskrevet hvordan de danske vejregler forholder sig til BRT-løsninger, men der er også andre alternativer. På længere lige strækninger, hvor oversigtsforholdene er tilstrækkelige, kan det vurderes hvorvidt det er nødvendigt med et dobbeltrettet busspor i fuld bredde. Bredden kan eventuelt reduceres ved at der etableres et enkeltrettet busspor, med et tillægsareal på begge sider, der kan anvendes når busserne skal passere hinanden. Dette kunne bl.a. være tilfældet på Karolinelundsvej. Denne løsning findes ikke i forbindelse med en fuld BRT-løsning nogle steder i Europa, hvorfor denne heller ikke vurderes egnet i forbindelse med +Bus-projektet i Aalborg. Den eneste fordel ved denne løsning er, at den fylder mindre i vejilledet, ulemperne er derimod mange. Denne løsning nedsætter komforten markant for passagererne, da det forventes at frekvensen for +Busen bliver 3-4 minutter i morgen- og eftermiddagsspidstimen. Dermed vil busserne skulle passere hinanden cirka hvert andet minut, hvilket ikke vurderes hensigtsmæssigt. Derudover kræver denne løsning et godt kommunikationssystem, særligt i forbindelse ved svingbevægelser i byrummet.

4.1.1.4 Fastlæggelse af særligt tracé

Ud fra ovenstående betragtninger anses den mest hensigtsmæssige placering, af et særskilt tracé til +Bussen, at være i vejmidten. Dette vurderes som den bedste løsning, da +Bussen herved bliver fremhævet, og dermed anses som en transportform med høj prioritet på strækningen. +Bussens fremtræden er specielt vigtig, da det ønskes at flytte så meget af biltrafikken som muligt over på den kollektive trafik, da dette giver mindre trængsel for den øvrige trafik. På figur 11 ses en principskitse af et midtlagt tracé.



Figur 11: Principskitse af midtlagt tracé, med kørselsretning påført (Vejdirektoratet, 2016a).

Ved anlæg af et særskilt tracé til en BRT-løsning, skal denne adskilles fra den øvrige trafik. Dette mindsker risikoen for, at den øvrige trafik anvender tracéet. Adskillelsen kan ske enten visuelt, i form af striber og eventuelt skift i belægning, eller ved fysisk adskillelse. Det anbefales at der etableres en fysisk adskillelse, hvis pladsforholdene tillader det (Vejdirektoratet, 2016a).

4.1.2 Eksisterende tværprofil

På nuværende tidspunkt består strækningen på Karolinelundsvej af en række forskellige gennemfarts- og svingbaner. Derudover er der langs hele strækningen også enkeltrettet cykelsti og fortov. Det eksisterende tværprofils elementer varierer over delstrækningen, og den samlede bredde fra bagkant fortov i nord, til bagkant fortov i syd, er på det smalste sted 28 meter.

4.1.3 Fremtidigt tværprofil

Som nævnt etableres et særskilt tracé til +Bussen i vejmidten, hvor busserne skal have mulighed for at passere hinanden. Den anbefalede bredde, og minimumsbredde, af det dobbeltrettede busspor til +Bussen, ses i tabel 2.

Anbefalede bredder af busveje og -baner		
	Uden cykel- og knallertrafik på busvejen	Med cykel- og knallertrafik på busvejen
Dobbeltsporet busvej		
Anbefalet bredde	6,50 m	7,00 m
Minimumsbredde	6,00 m *	6,00 m *
Busbane		
Anbefalet bredde	3,50 m	4,50
Minimumsbredde	3,00 m *	
Særligt tracé (BRT)	Enkelt retning / dobbeltrettet	
Anbefalet bredde	3,50 m / 7,00 m	–
Minimumsbredde	3,25 m / 6,50 m	

Tabel 2: Anbefalede bredder af busveje. * kun over korte afstande (Vejdirektoratet, 2016a).

Ud fra ovenstående tabel vurderes det, at bredden af +Bussens særlige tracé skal være syv meter. Denne bredde vurderes mest hensigtsmæssig, da det ønskes at gøre +Bussen så attraktiv som muligt, derfor følges den anbefalede bredde. Udover tracéet, skal der som nævnt ligeledes etableres en adskillelse mellem tracéet og de øvrige vognbaner. Det anbefales at tracéet afgrænses fysisk, eksempelvis i form af kantstensafgrænsede heller. Derudover skal det også vurderes hvor bredde fortove, cykelstier, vognbaner m.m. skal være. I tabel 3 ses en oversigt over tværsnitselementer, med tilhørende normal- og minimumsbredder.

Tværsnitselement	Normalbredde	Vejledende minimumsbredde
Fortov	2,50 m	1,50 m
Ensrettet cykelsti	2,25 m*	1,80 m*
Vognbane med bustrafik uden cykel/knallertrafik	3,50 m	3,00 m***
Kørebanekant til fast genstand	3,0 m ved $R_H > 1000$	1,00 m inkl. evt. kantstentillæg
Helle ved bundet venstresving	-	1,50 m**

Tabel 3: Oversigt over normal- og vejledende minimumsbredder af tværsnitselementer på Karolinelundsvej.

*Ved parkering langs cykelstien tillægges en bredde på 0,1 m.

** Ved placering af signalstander i hellen øges bredden med 0,1 m.

*** Bør kun anvendes over korte strækninger, og under snævre forhold (Vejdirektoratet, 2016b) (Vejdirektoratet, 2012b).

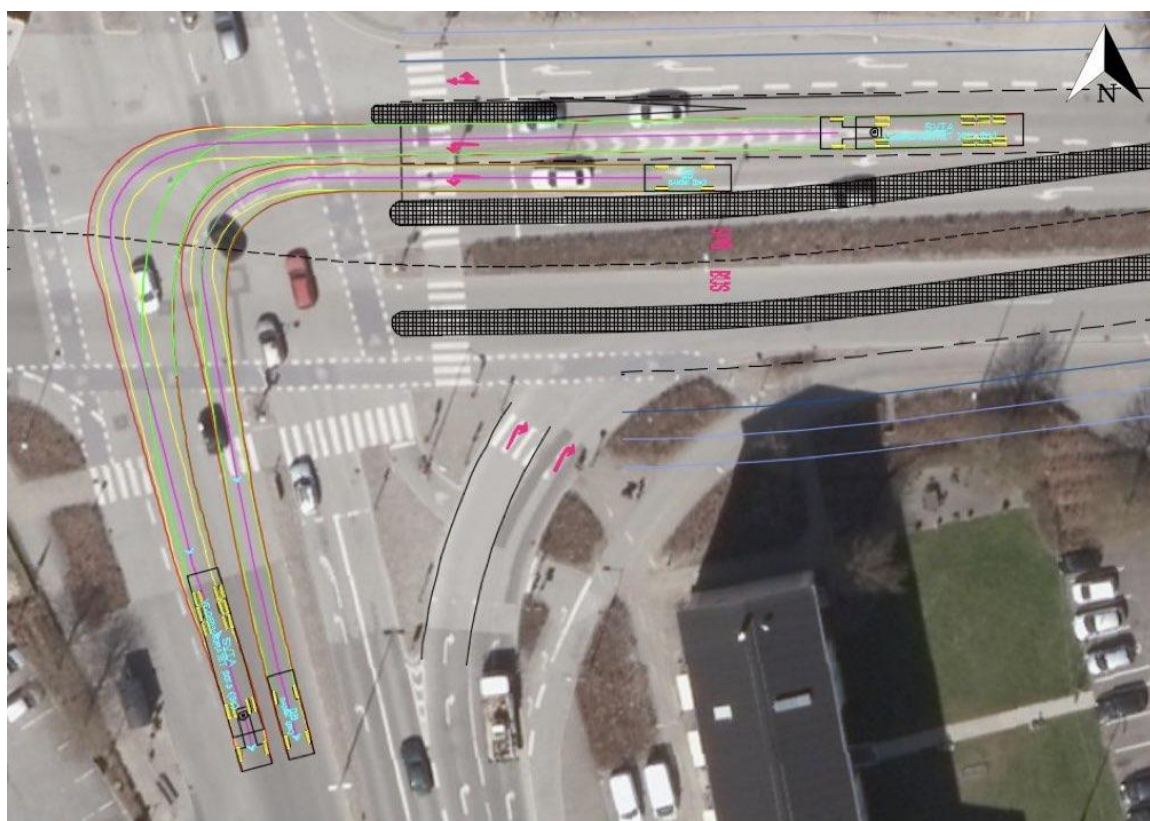
Tages ovenstående vejledende bredder i betragtning, kan det konkluderes at det ikke kan lade sig gøre, at beholde det eksisterende antal vognbaner, og dermed skal det vurderes hvilke(n) der kan undværes for at mindske tværprofilets bredde.

Trafiktallene i områdeanalysen viser, at Kjellerupsgade har den laveste trafikbelastning, og det vurderes derved at højresvingbanen på Karolinelundsvej, ind ad Kjellerupsgade, bedst kan undværes. Dermed skal højresving fra Karolinelundsvej, ind ad Kjellerupsgade, foregå med en kombineret gennemfarts- og højresvingbane. Årsagen til at der ikke vælges at sløjfe et af de to venstresvingsspor, fra Karolinelundsvej ned ad Sønderbro, er den store trafikbelastning der er på Sønderbro. Yderligere skal antallet af vognbaner for enhver svingende trafikstrøm, i og efter kryds, mindst være lig antallet af vognbaner før krydset (Transport- og Bygningsministeriet, 2016). Den vejledende vognbanebredde afhænger af den skilte hastighed på vejen, hvilken er 50 km/t. Sammenhængen mellem vognbanebredde og hastighedsklasse ses i tabel 4.

Hastighedsklasse		Vognbanebredde
Høj	60-70 km/t	3,50 m *
Middel	50 km/t	3,00-3,25 m
Lav	30-40 km/t	2,75 m
Meget lav	10-20 km/t	2,50 m

Tabel 4: Vejledende vognbanebredde. *Vognbaner der udelukkende betjener personbiler, kan etableres med en bredde på 3,25 m (Vejdirektoratet, 2016b)

Udover at højresvingbanen ind ad Kjellerupsgade nedlægges, fastholdes det resterende antal vognbaner. Vognbanebredden sættes som beskrevet i ovenstående tabel til 3,25 meter på alle vognbanerne, med undtagelse af det ene venstresvingsspor, fra Karolinelundsvej ned ad Sønderbro. Dette sættes til 3,00 meter, da der ved etablering af to svingbaner i samme retning kun er krav om, at den yderste svingbane dimensioneres til det dimensionsgivende køretøj. I dette tilfælde er det dimensionsgivende køretøj en sættevogn. Denne bestemmelse er endvidere kun gældende, når der er tale om samme vejvisningsdestination. Den inderste svingbane skal dimensioneres efter en distributionsbil, begge køretøjers svingmanøvre skal kunne udføres samtidig (Vejdirektoratet, 2010). Dette er efterprøvet i AutoTurn, og ses på figur 12.



Figur 12: Venstresving foretaget samtidig af en distributionsbil og en sættevogn. Ortofoto er fra 2017.

Som det ses på ovenstående figur, kan det godt lade sig gøre at overholde kravene fra vejreglerne, til trods for at vognbanebredden i det inderste venstresvingsspor er smallere end det yderste.

Den fysiske adskillelse mellem +Bussens tracé, og den øvrige trafik, skal adskilles med en helle på minimum to meter. Principielt er der ikke forskel på kravene til bredden af sikkerhedszonen i åbent land og i byer. I eksisterende byområder gøres der dog opmærksom på, at andre bredder kan anvendes, da kravene til bredden af sikkerhedszonen ofte ikke kan overholdes. I byområder anbefales, at kravene i tabel 5 som minimum overholdes (Vejdirektoratet, 2012b).

Hastighed	Bredde af sikkerhedszone
60-70 km/t	3,00 m
50 km/t	1,00 m
30-40 km/t	0,50 m
10-20 km/t	0,25 m

Tabel 5: Minimumsbredde af sikkerhedszone i byer, kantstenstillæg er inkl. i bredderne (Vejdirektoratet, 2012b).

Hermed undersøges det nu hvorvidt der er plads til at udforme tværsnittet som beskrevet. Dette skitseres groft, da hensigten blot er at undersøge pladsforholdene, og dermed

danne et overblik over, om der skal skæres yderligere ned på antallet af vognbaner. På figur 13 ses skitseprojekteringen af +Bussens delstrækning på Karolinelundsvej. På

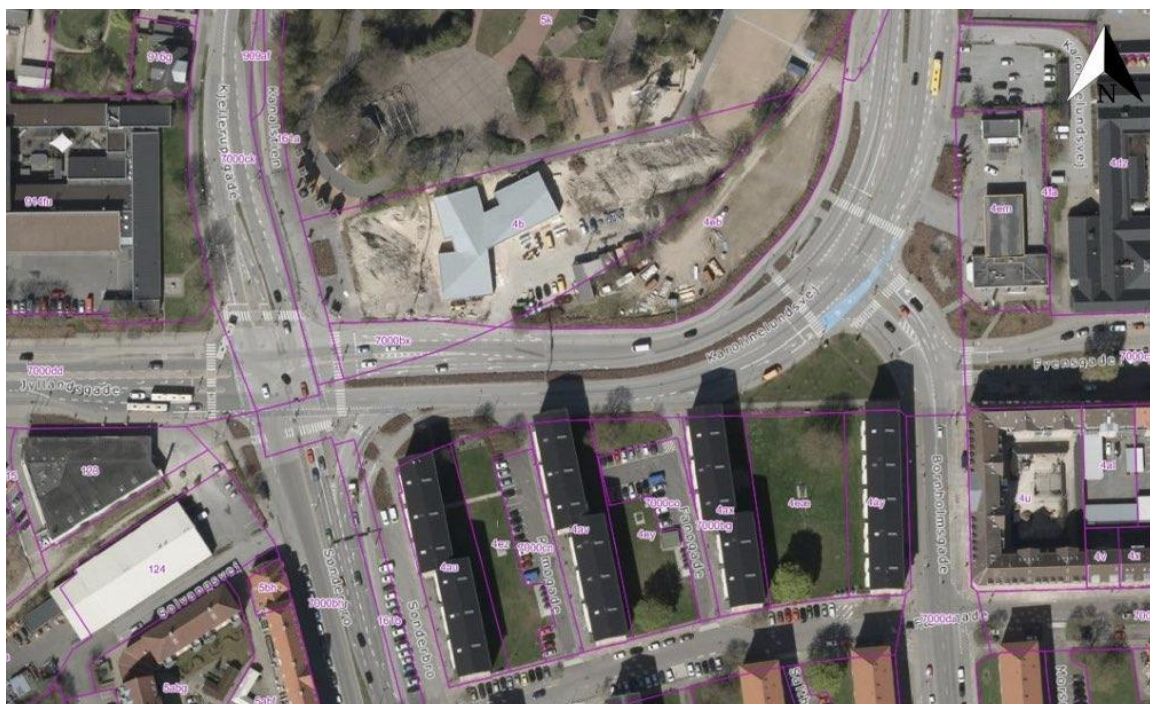


*Figur 13: Skitseprojektering af +Bussens delstrækning på Karolinelundsvej inkl. kørekurve for en dobbeltledet bus.
Ortofoto er fra 2017.*

Som det ses på ovenstående figur er det muligt at etablere det ønskede antal vognbaner, mellem den eksisterende bebyggelse.

4.2 Matrikulære forhold

Strækningen der behandles i denne rapport er placeret i Aalborg, med meget omkringliggende bebyggelse. Dermed er en af problematikkerne også de matrikulære forhold, da der ved anlæg af projektet herved skal udføres ekspropriationer. Dette har stor betydning for projektets forløb, da dette er en tidskrævende proces. I skitseprojekteringen er tværsnittet for delstrækningen fastlagt, og dermed kan der skabes et overblik over hvilke matrikler, der eventuelt bliver påvirket af projektet. På figur 14 ses de matrikulære forhold i området omkring Karolinelundsvej.



Figur 14: Matrikelkort for området omkring Karolinelundsvej (Geodatastyrelsen, 2017). Ortofoto er fra 2017.

Som det ses på ovenstående figur, er der en række matrikler i projektområdet, der grænser tæt op ad den eksisterende vej. I tabel 6 er ejerforhold og anvendelse af de omkringliggende matrikler beskrevet, således der er et samlet overblik over hvilke ejere der skal kontaktes, i forbindelse med en eventuel fremtidig ekspropriation.

Matrikelnummer	Ejerforhold	Anvendelse
4au, 4ez, 4av, 4ey, 4ax, 4eæ, 4ay	Boligforeningen Fjordblink	Beboelsesejendom
4u	Aalborg Boligforening af 1941	Beboelsesejendom
4b, 4eb	Aalborg Kommune	Anden kommunal ejendom
4em	Dansk Fuels A/S	Ren forretning (tankstation)
7000bg, 7000dd, 7000ck, 7000bx, 7000da, 7000cx, 7000bh	Aalborg Kommune	Udskilt vej
161a, 161b	Aalborg Kommune	Delvis vej, cykelsti, fortov og parkering.

Tabel 6: Oversigt over ejerforhold og anvendelse af matrikler omkring Karolinelundsvej (Geodatastyrelsen, 2017) (OIS, 2017).

Hermed er der dannet et overblik over hvilke matrikler, der kan blive berørt, når projektet i fremtiden skal anlægges.

4.2.1 Tinglysning

På de omkringliggende matrikler er der tinglyst enkelte servitutter, alle er dog tinglyst på tankstationen på matrikel 4em. Servitutterne omfatter bl.a. vedligeholdelse af oversigtsforhold, opsatte hegn, reklameskilt m.m. Disse vurderes uden betydning for projektet, da de primært omhandler oversigtsforhold, der ikke grænser direkte op til krydset mellem Karolinelundsvej og Bornholmsgade.

4.3 Vurdering af skitseprojekt

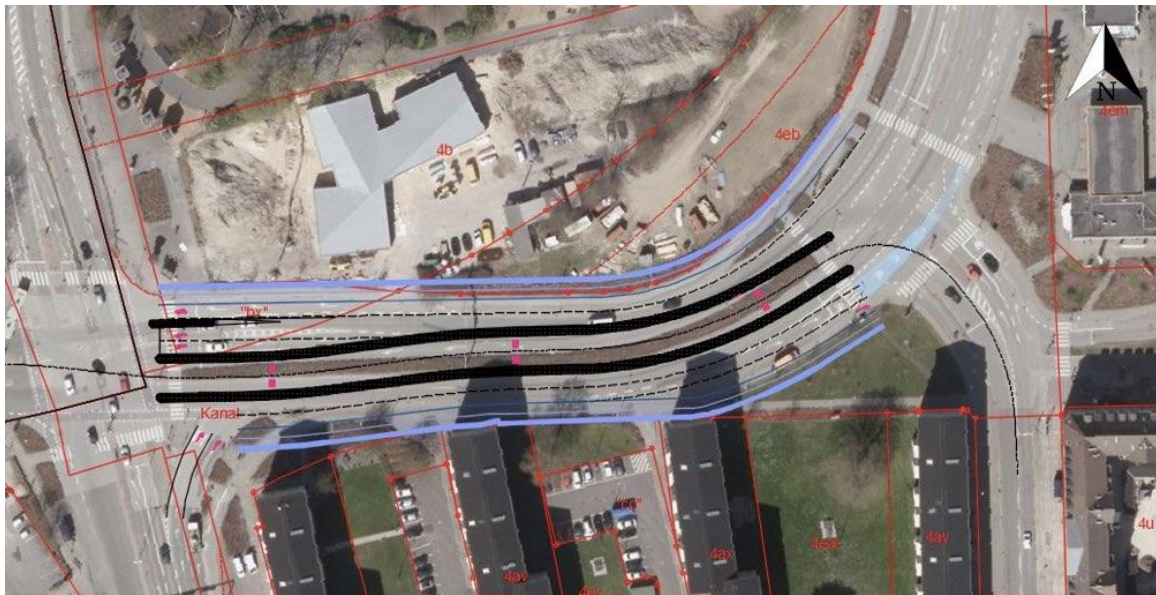
I forbindelse med skitseprojekteringen, kan det konkluderes at der er en række problematikker. I skitseprojekteringen er indgriben på støjvolden, og eksisterende skel mod nord, begrænset mest muligt. +Bussens tracé er forsøgt tilpasset eksisterende midterhelles udformning, dog med større radier. Store radier er selvsagt vigtige, da små radier nedsætter komforten hos passagerne. Til trods for at der er anvendt store radier, vil der i detailprojekteringen fokuseres på at opnå et mere retlinet vejforløb, mellem de to kryds. Årsagen til at dette ikke er gjort i skitseprojekteringen er, at det her er forsøgt at tilpasse +Bussens tracé til det eksisterende vejforløb bedst muligt. Det blev i den forbindelse vurderet mest hensigtsmæssigt at følge midterhellens vejforløb. Endvidere er længden af den inderste venstresvingsbane meget kort, hvilket der ligeledes skal rettes op på i detailprojekteringen. Dette vil et længere retlinet forløb, midt på strækningen, være medvirkende til.

I skitseprojekteringen er det fremtidige tværprofil på Karolinelundsvej fastlagt, og de overordnede rammer for strækningen er hermed på plads. Tværprofilets elementer, med tilhørende bredder, er opsummeret i tabel 7.

Tværprofilelement	Anvendt bredde
Fortov, inkl. kantsten	2,00 m
Cykelsti, inkl. kantsten	2,25 m
Vognbane, inkl. strib	3,25 m
Inderste venstresvingsbane	3,00 m
Helle til bundet venstresving	1,60 m
Helle mellem bustrace og vognbane	2,00 m
+Bussens tracé	7,00 m

Tabel 7: Oversigt over bredderne anvendt på de enkelte tværprofilelementer på Karolinelundsvej.

På figur 15 ses skitseprojektet sammenholdt med de matrikulære forhold. Her ses det at der med udgangspunkt i skitseprojekteringen, ikke opstår de store problemer med disse.



Figur 15: Skitseprojektets omfang i henhold til de matrikulære grænser. Ortofoto er fra 2017.

5 Detailprojektering

+Bussens delstrækning på Karolinelundsvej er i de foregående kapitler analyseret og skitseprojekteret. Viden opnået i forbindelse med områdeanalysen og skitseprojekteringen, danner grundlag for detailprojekteringen. Denne omfatter eksempelvis vurdering af arealbehov for dobbeltleddede busser, fastlæggelse af tværsnit, vejafvanding, vejkaassens opbygning, anlægsoverslag m.m. Samlet danner ovenstående grundlag for udarbejdelse af en projekt-, afvandings-, afmærknings-, og ekspropriationsplan, for +Bussens delstrækning på Karolinelundsvej.

5.1 Arealbehov

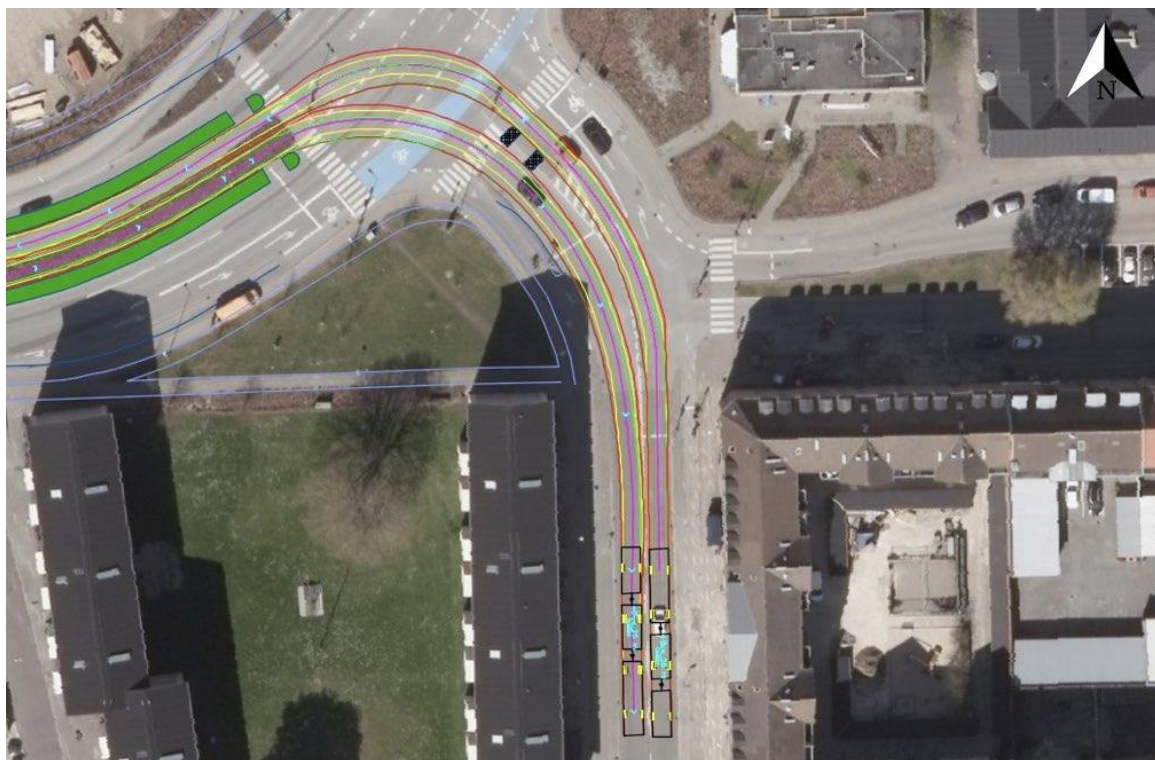
I forbindelse med svingbevægelsen ned ad Bornholmsgade, skal det undersøges hvorvidt dette kan lade sig gøre for en dobbeltleddet bus, med en samlet længde på cirka 24 meter. Markedet for dobbeltleddede busser er stærkt begrænset, og derfor vil der i denne rapport ligeledes blive sammenlignet med en enkeltleddet bus på 21 meter. Denne sammenligning sker for at danne et overblik over forskellen i arealbehovet, mellem en enkelt- og dobbeltleddet bus.

Til at fastlægge arealbehovet, anvendes programmet AutoTurn. AutoTurn er et tredjepartsprogram, der kan integreres i AutoCAD, hvor karakteristika for en lang række køretøjer indgår, og derved kan der laves kørekurver tilpasset et specifikt køretøj. Vejdirektoratet har udgivet en række standardkøretøjer, som er fyldestgørende for langt de fleste projekteringsopgaver. Disse standardkøretøjer indeholder ikke busser med de nævnte længder, da den maksimalt tilladte længde på en ledbus i Danmark er 18,75 meter (Transport-, 2016). Derfor er der i forbindelse med fastlæggelse af arealbehovet, konstrueret en model af en dobbeltleddet bus i AutoTurn. For at kunne konstruere en model af en dobbeltleddet bus, er der en række karakteristika der skal fastlægges. Af disse kan eksempelvis nævnes akselafstande, afstande mellem leddene, køretøjsbredde og køretøjslængde. Derudover er der nogle styretekniske egenskaber, der specielt er væsentlige når der snakkes ledbusser, da disse har en maksimal vinkel, som leddene kan dreje. Yderligere har dobbeltleddede busser, ud over styring på den forreste aksel, ofte også styring på den bagerste aksel. Dette er med til at sikre at dobbeltleddede busser, til trods for størrelsen, har overraskende gode styreegenskaber.

I forbindelse med fastlæggelse af arealbehovet, for en dobbeltleddet bus, er der anvendt data fra en producent. Producenten ønsker ikke at der oplyses modelspecifikke dimensioner, da antallet af producenter er stærkt begrænset. I dette projekt fremgår derfor kun

enkelte overordnede modelspecifikationer. Modellen af bussen konstrueret i AutoTurn, er lavet efter producentens oplysninger, og det viser sig at kørekurverne stemmer godt overens med de kørekurver, som producenten har fremsendt. Dermed anses modellen konstrueret i AutoTurn for retvisende, og kan dermed danne grundlag for fastlæggelse af arealbehovet.

Arealbehovet for en dobbeltleddet bus stemmer nogenlunde overens med eksisterende bustyper, da der er en række styretekniske egenskaber, der gør det muligt for disse busser at manøvrere på begrænset plads. Det er ikke størrelsen af de enkelte vogne der er afgørende, men nærmere de vinkler som leddene kan dreje. Derudover er hjuldrejningen på den forreste, og den bagerste aksel vigtig for køretøjets arealbehov. Hjulene på den bagerste aksel drejer ikke samtidig med den forreste aksel, hvilket sikrer så minimalt et udsving på bagenden af bussen som muligt. Årsagen er at leddene først drejer så meget som muligt, hvorefter det bagerste hjulsæt begynder at dreje. I det følgende er arealbehovene for de nævnte køretøjer vist, bemærk at der er etableret en krydsningshelle på Bornholmsgade. På figur 16 ses arealbehovet for en dobbeltleddet bus på Karolinelundsvej, i svinget ned ad Bornholmsgade.



Figur 16: Arealbehov for +Bussens svingmanøvre fra Karolinelundsvej ned ad Bornholmsgade. Ortofoto er fra 2017.

Ved fastlæggelse af arealbehovet i krydset, anvendes en hastighed på 15 km/t for det dimensionsgivende køretøj (Vejdirektoratet, 2010). Fremgangsmåden for modellering af en dobbeltleddet bus i AutoTurn er beskrevet i Appendiks A. Arealbehovet for en 21 meter enkeltleddet bus ses på figur 17.



Figur 17: Arealbehov for en 21 meter enkeltledet bus' svingmanøvre fra Karolinelundsvej ned ad Bornholmsgade. Ortofoto er fra 2017.

5.2 Separat højresvingsbane – Karolinelundsvej/Bornholmsgade

Ved krydset mellem Karolinelundsvej og Bornholmsgade, er der i dag etableret en højresvingsbane fra Karolinelundsvej ned ad Bornholmsgade. Denne fastholdes, da trafikken ind ad Bornholmsgade, fra Karolinelundsvej, stadig ønskes mulig. Ved anlæg af separat højresvingsbane sikres, at de to gennemfartsbaner ikke generes af den høresvingende trafik. Arealmæssigt er det ikke noget problem at opretholde højresvingsbanen, da en del af det tilstødende græsareal kan anvendes. Højresvingsbanen anlægges med en bredde på 3,50 meter, inkl. afmærkning, da cykelstien afkortes (Vejdirektoratet, 2010).

Det er ikke muligt at opfylde vejreglernes krav vedr. længde og udformning af en svingbane, da en kilestrækning vil forskyde fortov og cykelsti på den del af strækningen, hvor pladsen i forvejen er mest trang. Højresvingsbanen anlægges derfor ikke efter gældende vejregler, hvad angår den geometriske udformning. Denne udføres i stedet som en blød overgang fra gennemfartsbanen til højresvingsbanen, hvilket er tilsvarende den eksisterende højresvingsbanes udformning.

5.3 Tilslutning til eksisterende vejnet

+Bussens delstrækning på Karolinelundsvej skal, udover at fungere selvstændigt, ligeledes tilpasses det eksisterende vejnet. Efter etablering af +Bussens tracé i vejmidten, bliver de andre vognbaners tilslutningskanter forskubbet i forhold til det eksisterende vejnet. Disse

tilslutningskanter etableres som enkelte cirkelbuer, dog med undtagelse af tilslutningen fra Sønderbro til Karolinelundsvej. Der beskrives i det følgende nogle af de overvejelser, der er gjort i forbindelse med tilslutningerne til det eksisterende vejnet. Tilslutningerne ses på projektplanen, tegning nr. 101.

5.3.1 Tilslutning til Bornholmsgade

Bornholmsgades tilslutning til Karolinelundsvej er specielt vigtig, da det er her at +Bussen kommer til at foretage en svingbevægelse. Udover +Bussens svingbevægelse, er der ligeledes etableret en højresvingsbane. Her ønskes det at lave tilslutningen således, at sættevogne kan køre ind ad Bornholmsgade. Tilslutningen etableres med en radius 16 meter, og der anvendes herfor lige kantsten med en længde på 0,5 meter. Dette gøres normalvis, når radien er større end 10 meter (IBF, 2017). Efter tilslutningen, når sættevognens kørekurve tillader det, etableres en adskillelse på én meter mellem cykelsti og vognbane på Bornholmsgade (Vejdirektoratet, 2016b).

5.3.2 Tilslutning til den nordlige del af Karolinelundsvej

Grundet +Bussens tracé midt i tværprofilet på Karolinelundsvej, er det nødvendigt at tilpasse eksisterende fortov og cykelsti, med tilhørende svingbane på cykelstien fra nordøst. Svingbanen på cykelstien bevares så vidt muligt, dog bliver bredden ved krydsningen af Karolinelundsvej lidt smallere. Noget af denne bredde kan generhverves ved at ændre adskillelsen mellem cykelstien og svingbanen på cykelstien, fra værende en fysisk adskillelse, til afstribning.

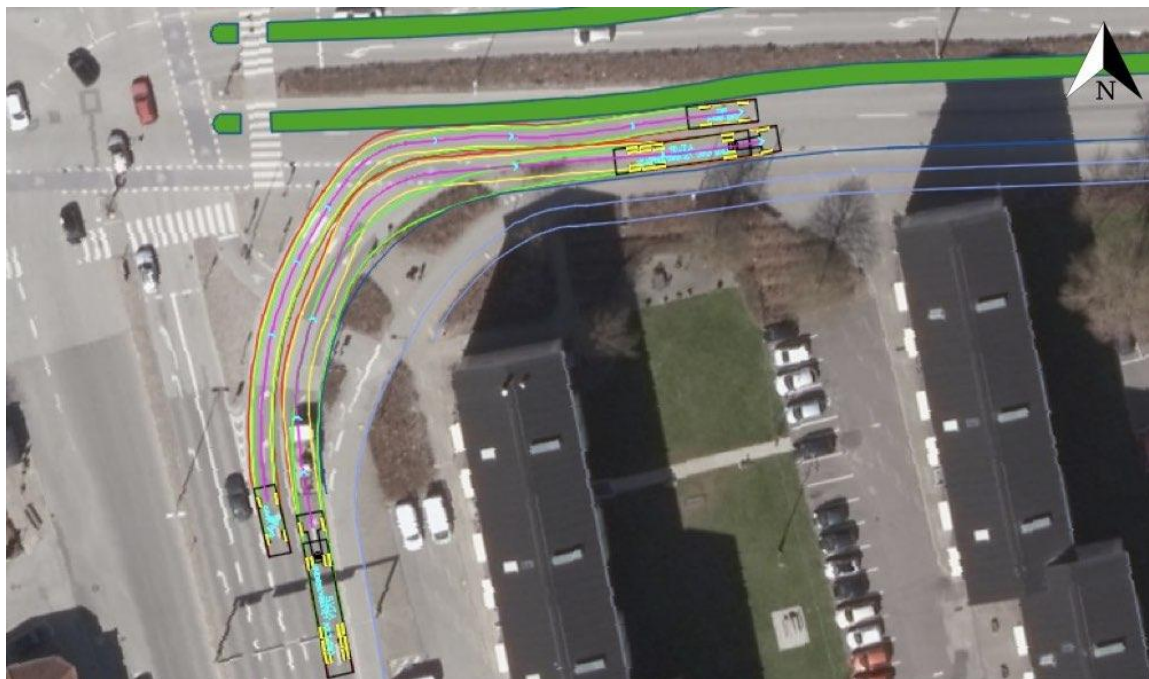
5.3.3 Tilslutning til Kjellerupsgade

Ved tilslutningen mellem Karolinelundsvej og Kjellerupsgade, skal der ikke foretages betydelige anlægstekniske ændringer. Det eksisterende kantstensforløb kan i store træk bevares, da den eksisterende højresvingsbane nedlægges, og bliver kombineret med gennemfartsbanen.

5.3.4 Tilslutning til Sønderbro

Sønderbro har i dag to højresvingsbaner ned ad Karolinelundsvej, hvilke bevares. Som tidligere nævnt skal der sikres plads til at både en sættevogn, og en distributionsbil, kan foretage deres svingmanøvre samtidigt. For at dette kan lade sig gøre, er der derfor nødvendigt at indsnære hellen mellem eksisterende højresvingsbane og cykelsti. Dette har dog betydning for cykeltrafikken fra Jyllandsgade mod Karolinelundsvej, da den eksiste-

rende overgang herved formindskes markant. Yderligere medfører indsnævringen af hel-
len, at kantstensafgræsningen mellem den yderste højresvingsbane, og cykelstien skal
rykkes. På figur 18 ses kørekurverne for en sættevogn, og en distributionsbil, der danner
grundlag for udformning af kantstensafgræsningen.



Figur 18: Højresving fra Sønderbro til Karolinelundsvej, foretaget samtidig af en sættevogn og en distributionsbil. Orto-
foto er fra 2017.

5.4 Cykelsti nær signalregulering

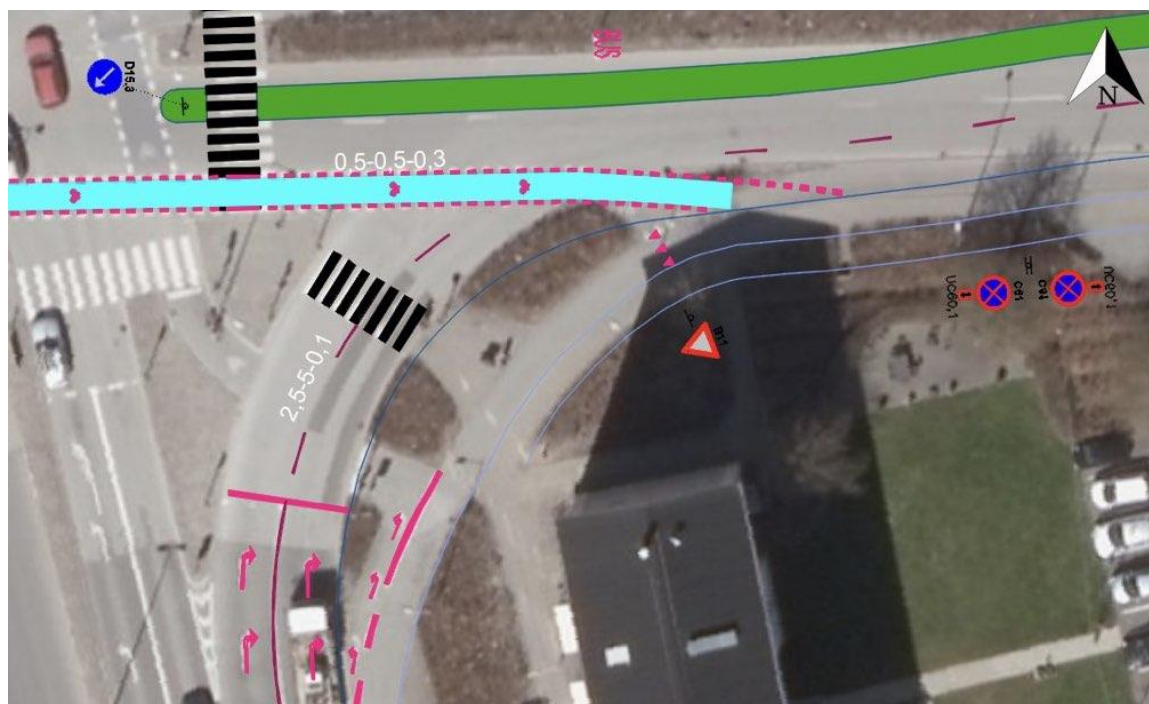
Der etableres som tidligere nævnt cykelstier, med en bredde på 2,25 meter, langs hele
strækningen på Karolinelundsvej. I forbindelse med signalregulerede kryds er der primært
to muligheder, hvad angår afslutningen af cykelstier. En cykelsti kan enten fremføres eller
afkortes. I signalregulerede kryds afhænger den bedste løsning af en vurdering af krydsets
udformning, og specielt antallet af højresvingende bilister. Den trafiksikkerhedsmæssige
bedste løsning er konfliktfri regulering af cyklister og bilister, hvilket dog ofte ikke er mu-
ligt i byområder grundet pladsmangel, og den store mængde trafik der skal afvikles. I det
følgende behandles cykelstiernes afslutning, ved de to signalregulerede kryds.

5.4.1 Krydset Jyllandsgade/Karolinelundsvej

I det vestlige kryds vurderes det trafiksikkerhedsmæssigt mest forsvarligt, at fremføre cy-
kelstien. Dette gøres da vognbanen, som cykelstien eventuelt kunne føres ud i, er en kom-
bineret gennemfarts- og højresvingsbane. Hovedparten af biltrafikken i denne vognbane
fortsætter ligeud i krydset, dog vurderes det ikke hensigtsmæssigt at blande cykeltrafik-
ken med en kombineret gennemfarts- og højresvingsbane. Derfor fremføres cykelstien,

og stopstregen for bilisterne trækkes fem meter længere tilbage, end stopstregen på cykelstien (Vejdirektoratet, 2010).

I forbindelse med ændringen af kantstensafgræsningen, ved højresvingsbanen fra Sønderbro mod Karolinelundsvej, bliver det problematisk at bevare eksisterende tilkobling for cyklister, mellem Jyllandsgade og Karolinelundsvej. Denne problematik kan eventuelt løses ved at ændre på vigepligtsforholdene. I den forbindelse foreslås, at det fremadrettet er cyklister i cykelshunten, fra Sønderbro mod Karolinelundsvej, der har vigepligt. Ved eksisterende krydsudformning er det cyklisterne fra Jyllandsgade, der har vigepligt. Denne løsning ses på figur 19.



Figur 19: Ændrede vigepligtsforhold for cyklister i krydset mellem Jyllandsgade og Karolinelundsvej. Ortofoto er fra 2017.

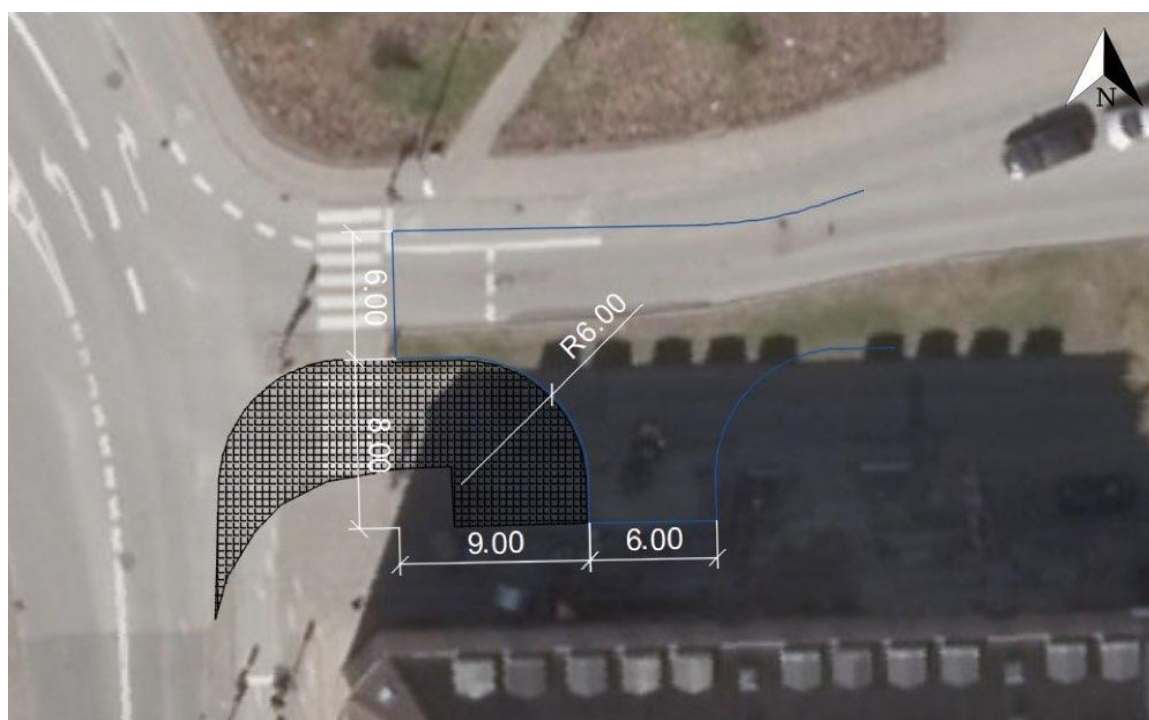
5.4.2 Krydset Bornholmsgade/Karolinelundsvej

I det signalregulerede kryds øst for delstrækningen, etableres der en separat højresvingsbane, og i den forbindelse vælges det at afkorte cykelstien. Hovedparten af cyklisterne forventes at være højresvingende, og det vurderes derfor ikke hensigtsmæssigt at etablere en cykelbane mellem gennemfarts- og højresvingsbanen (Vejdirektoratet, 2010). Der placeres dog en cykelboks foran højresvingsbanen, som cyklister kan placere sig i, når de holder for rødt. Dette findes ligeledes på strækningen i dag.

5.5 Vejlukning - Fyensgade

For at tilgodese +Bussen i Aalborg, foretages en række vejlukninger, primært på strækningen vest for John F. Kennedys Plads. Vejlukningerne foretages helt eller delvist, og skal forhindre krydsning af +Bussens tracé på strækninger, hvor dette er muligt. Udover at tilgodese +Bussen, har vejlukningerne også den fordel, at der opnås et disponibelt areal. Dette areal kan anvendes til beplantning, etablering af bænke eller anden form for byfor-skønnelse.

Vejlukningen i Fyensgade påtænkes udført, således der ikke opstår konflikter mellem +Bussen, og den ind- og udkørende trafik til og fra Fyensgade. Dermed flyttes en mindre mængde trafik til andre veje i området. Vejlukningen udformes som et asymmetrisk hammerhoved, og dimensioneres således en lastvogn kan vende med bakning. Princippet for udformning af et asymmetrisk hammerhoved ses i Appendiks B. Den dimensionsgivende hastighed for er vendepladsen 5 km/t (Vejdirektoratet, 2011). Placeringen af det asymmetriske hammerhoved, med tilhørende dimensioner, ses på figur 20.



Figur 20: Asymmetrisk hammerhoved ved vejlukning af Fyensgade, med dimensioner (Vejdirektoratet, 2011). Ortofoto er fra 2017.

Ovenstående løsning er valgt ud fra tanken om at nedlægge så lidt fortov, cykelsti samt parkeringspladser som muligt på Fyensgade. En alternativ løsning til et asymmetrisk hammerhoved er en cirkelformet vendeplads. Denne fylder dog 18 meter i bredden, kontra det asymmetriske hammerhoveds samlede bredde på 14 meter. Derfor vurderes det mest hensigtsmæssigt at etablere et asymmetrisk hammerhoved, da der herved skal omlægges

et mindre areal af den eksisterende belægning. Det eneste der skal omlægges, i forbindelse med etablering af det asymmetriske hammerhoved, er en kort strækning med fortov og cykelsti. Alternativt kan hammerhovedet rykkes længere mod øst, således omlægningen ikke bliver nødvendig. Dette medfører dog, at arealet mellem vejlukningen og Bornholmsgade bliver betydeligt større, hvilket indebærer at et større antal parkeringspladser på Fyensgade skal nedlægges som følge heraf. Dermed vurderes det ikke hensigtsmæssigt at flytte hammerhovedet længere mod øst, og derfor placeres vendepladsen som vist på figur 21.



Figur 21: Vejlukning af Fyensgade integreret på projektilokaliteten. Ortofoto er fra 2017.

Signalanlægget mellem Bornholmsgade og Fyensgade nedlægges, da det grundet den omtalte vejlukning ikke længere er relevant.

5.6 Fremtidige matrikulære forhold

De matrikulære forhold er tidligere beskrevet, og efter endt projektering af strækningen, fremgår det at indgriben på de omkringliggende matrikler er begrænset. Det er udelukkende de matrikulære grænser i nord, der skal reguleres. De nye matrikelgrænser fastsættes som værende placeret 30 cm bag projekteret bagkant af fortov. Dette gøres for at give plads til belysning og lignende. Matriklerne der erhverves areal fra er nummereret med 4b og 4eb, og er registreret som *anden kommunal ejendom*, og er ejet af Aalborg Kommune. Dette vurderes derfor ikke problematisk, da Aalborg Kommune ligeledes ejer

de to nærliggende vejmatriler 7000bx og 7000bg, der er registreret som udskilt vej. I tabel 8 fremgår de berørte matrikelnumre, med nuværende og fremtidige arealer.

Matrikelnum- mer	Nuværende areal		Fremtidigt areal	
	Samlet areal [m ²]	Andel vej [m ²]	Samlet areal [m ²]	Andel vej [m ²]
4b	5.665	0	5.559	0
4eb	3.103	1.281	2.773	1.177
7000bx	586	586	693	693
7000bg	21.516	21.516	21.845	21.845
Total	30.870	23.383	30.870	23.715

Tabel 8: Oversigt over berørte matriler, med tilhørende størrelser (Geodatastyrelsen, 2017).

Som det fremgår af ovenstående tabel, er arealet der skal matrikulært berigtiges af mindre omgang. På figur 22 ses arealet, som skal matrikulært berigtiges.



Figur 22: Areal som skal matrikulært berigtiges er markeret med blå. Ortofoto er fra 2017.

5.7 Vejbefæstelse

I +Bussens tracé skal der på en del af den samlede strækning, etableres en ny vejbefæstelse. Dette inkluderer også underliggende lag, da der på eksempelvis Jyllandsgade og Karolinelundsvej i dag er en midterhelle, der adskiller de modsatrettede vognbaner. Dette medfører, at der skal tages stilling til hvilken opbygning der er mest hensigtsmæssig til formålet. Der vil som nævnt tidligere i denne rapport udelukkende køre busser på strækningen. Formålet med vej-kassens opbygning er, at fordele belastningen fra trafikken, således at der forekommer så minimale sætninger som muligt.

5.7.1 Trafikbelastning i +Bussens tracé

Til at starte med er det væsentligt få dannet et overblik over, hvor mange busser der forventes at køre på strækningen pr. døgn. Dette danner grundlaget for valg af trafikklasse, da valget af denne sker på baggrund af antallet af lastbiler, eller $N_{\text{Æ10}}$ -aksler. Trafikklassen fastsættes i denne rapport ud fra antallet af $N_{\text{Æ10}}$ -aksler, da busser belaster vejene mindre end lastbiler.

Som nævnt forventes det, at +Bussen i morgen- og eftermiddagsspidstimen kører med en frekvens på 3-4 minutter, hvilket vil sige at der i spidstimen forventes at køre op til 20 dobbeltleddede busser i hver retning. I døgnets øvrige timer forventes det, at der vil køre færre dobbeltleddede busser, dog er det i støbeskeen at enkelte andre busruter ligeledes skal anvende tracéet. Der findes ikke noget konkret tal på hvor mange busser der forventes at færdes i tracéet. Der er dog udarbejdet et notat, hvor den fremtidige busdrift er analyseret med udgangspunkt i den nye trafikale infrastruktur i Aalborg. Her fremgår det, at det forventes at der i 2025 vil køre 32 busser i spidstimen pr. retning, foruden +Bussen på Karolinelundsvej (By- og Landskabsforvaltningen, 2017). Det antages at 15 % af busserne vil køre i enten morgen- eller eftermiddagsspidstimen, hvilket tilsammen giver 347 busser pr. døgn pr. retning, både almindelige og dobbeltleddede busser. Det vurderes at der ikke skal tages særligt hensyn til dobbeltleddede bussers ekstra vægt, da akseltrykket vurderes at være mindre, eller at svare til, akseltrykket fra en enkeltleddet bus. Dette vurderes acceptabelt, da dobbeltleddede busser har flere aksler, som den ekstra vægt fordeles på. En dobbeltleddet bus vejer cirka 24.000 kg, til sammenligning vejer en enkeltleddet bus cirka 18.500 kg, uden passagerer (Van Hool, 2017).

I Appendiks C ses beregningen af antallet af $N_{\text{Æ10}}$ -aksler, med ovenstående trafikmængde som grunddata. I appendikset vurderes det at +Bussens tracé tilhører trafikklasse T4.

5.7.2 Valg af slidlag

Inden at vejkassens opbygningen kan bestemmes ved anvendelse dimensioneringsprogrammet MMOPP, skal der vælges hvilken form for slidlag, der skal anvendes på strækningen. Der kommer udelukkende til at køre busser på strækningen, og der er derfor som udgangspunkt to muligheder, enten en skærvemastiks eller en semifleksibel belægning.

5.7.2.1 Skærvemastiks

Skærvemastiks, SMA, er typisk det slidlag der anvendes, når der er tale om en strækning med megen tung trafik. Det der gør en skærvemastiks særlig anvendelig til dette formål er, at den består af et åbent stenskelet, hvor en stor del af hulrummet er udfyldt med bitumen og filler. Dette sikrer en god tæthed i slidlaget, og stenskellet sikrer at slidlaget

har gode friktionsegenskaber. Disse egenskaber gør at en skærvemastiks er særligt anvendelig til tung trafik, og til vridende, kanaliseret og statisk belastning (Bender, 2016).

5.7.2.2 *Semifleksible belægninger*

Semifleksible belægninger, SFB, er en belægningstype der ofte anvendes på pladser med megen tung trafik. En SFB består af en asfalt med en høj hulrumsprocent, således der er plads til at hulrummet kan udfyldes med mørtel. Dette gør at en SFB har en god fleksibilitet og en høj bæreevne, der er kendetegnet ved de gode egenskaber fra hhv. asfalt og beton. Udlægningen af en SFB sker over to omgange, hvor først en asfalt med en høj hulrumsprocent udlægges. Når asfalten er afkølet fyldes hulrummet med mørtel, hvorefter der trækkes en gummiskraber over slidladet, for at sikre en jævn overflade (Bender, 2016). Semifleksible belægninger anvendes primært på busholdepladser, standpladser i lufthavne, containerpladser, industrigulve m.m.

I Aalborg Kommune er semifleksible belægninger anvendt i forbindelse med buslommer, og dele af busvejen langs Universitetsboulevarden. Specielt erfaringerne opnået i forbindelse med busvejen, er interessante i forbindelse med +Bussens tracé, da disse projekter minder meget om hinanden. En af de vigtigste erfaringer er, at det er nødvendigt med ekspansionsfuger, da der efter noget tid opstod revner flere steder på strækningen. Dette kan erfaringsmæssigt undgås ved at lave ekspansionsfuger pr. 10 meter, da en SFB til tider opfører sig som en betonplade, hvorved der kan dannes revner i belægningen.

5.7.3 *Vejkassens opbygning*

Befæstelsesopbygningen dimensioneres i MMOPP, og de fleste parametre til dette er gennemgået ovenfor. Der mangler dog en væsentlig vurdering, hvilken omfatter underbunden på Karolinelundsvej. Underbunden har stor betydning for vejkassens opbygning. På strækningen er der i nyere tid ikke foretaget geotekniske boringer, som er offentligt tilgængelige. Den seneste geotekniske boring nær strækningen er fra Kjellerupsgade, og er fra 1997. Derudover er der i 1977 foretaget en geoteknisk boring på Fyensgade, nær den nuværende tankstation. Begge boringer indikerer, at de øverste 0,8 meter består af fyld, efterfulgt ler med enkelte kalkpartikler ned til en dybde på 1,9 meter. Derefter træffes skiftevis sand og ler indtil en dybde på 3,3 meter (GEUS, 2017). I tabel 9 ses sammenhængen mellem koblingshøjde, frostfølsomhed og trafikklasse.

Risikogruppe		Mindste koblingshøjde		
Trafikklasse \ Materialetyper		Frostsikker ¹⁾	Frosttvivlsom ¹⁾	Frostfarlig ¹⁾
		Sand og grus uden betydende partier af silt og siltholdigt ler	Moræneler, ler og stabiliseret underbund ³⁾	Silt og meget silt-holdige 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) Aktuell frosthævningsrisiko bør fastlægges ved laboratorieundersøgelse. 3) Ved stabilisering af underbund kan der ikke umiddelbart påregnes nogen forbedring af materialets frosthævningsegenskaber.			

Tabel 9: Mindste koblingshøjder, når der tages hensyn til frosthævningsrisiko (Vejdirektoratet, 2017c).

Sammenholdes ovenstående tabel med jordlagene truffet i de geotekniske boringer, klassificeres underbunden på Karolinelundsvej som frosttvivlsom. Dette medfører, at vej-kassens opbygning skal have en koblingshøjde på minimum 700 mm.

Vejkassens opbygningen bestemmes i dimensioneringsprogrammet MMOPP. Der er eksperimenteret med de to nævnte slidslagstyper. Dimensioneringen er først lavet med analytisk-empirisk metode, hvor levetiden af de enkelte lag ønskes at have 20 års levetid. Derefter er opbygningen kørt gennem en simulering, dette gøres for at opnå viden om nedbrydelsesforløbet. Resultaterne for beregning af vej-kassens opbygning ses i Appendiks C.

5.7.3.1 Valg af vejkassens opbygning

Efter der er udført beregninger og simuleringer i MMOPP, vurderes det mest hensigtsmæssigt at anvende befæstelsesopbygningen, med en semifleksibel belægning som slidlag. Årsagen er, at den samlede opbygning har en længere levetid, og er mere sporkøringsresistent. En semifleksibel belægning er dog erfaringsmæssigt 50 % dyrere end en skærvemastiks. Dette opvejes dog lidt, da den samlede tykkelse af de dyre lag, altså slidlag, bindelag og det bundne bærelag, er mindre ved anvendelse af en semifleksibel belægning som slidlag. Yderligere er levetiden på en semifleksibel belægning væsentligt længere, hvilket ligeledes er positivt. I tabel 10 ses vejkassens opbygning for +Bussens tracé.

Lag	Materiale	Tykkelse
Slidlag	Semifleksibel belægning 70/100	40 mm
Bindelag	ABB Modif.	60 mm
Bundet bærelag	GAB I 70/100	60 mm
Ubundet bærelag	SG II	190 mm
Bundsikring	Bundsikring II ($U \leq 3$)	350 mm
Total tykkelse		700 mm

Tabel 10: Vejkassens opbygning med en semifleksibel belægning som slidlag dimensioneret i MMOPP.

5.8 Vejafvanding

På Karolinelundsvej er der i dag et velfungerende afvandingssystem, hvilket skal tilpasses det udvidede tværprofil. Det forventes ikke, at der skal etableres yderligere afvanding på vognbanerne. Her forventes nedløbsristene blot forskudt, således disse kommer til at ligge op ad den nye kantstenslinje på strækningen. Der skal dog etableres afvanding af +Bussens tracé. Fællesledningen, som stikledningerne transporterer vejvandet til, forventes at have tilstrækkelig kapacitet til at håndtere den ekstra mængde vand der opsamles. Den ekstra mængde vejvand kommer fra udvidelsen af vejens tværprofil. Arealet af +Bussens tracé, som skal tilkobles eksisterende fællesledning, er på cirka 1100 m². Der er flere muligheder til afvanding af +Bussens tracé, hvilke belyses i det følgende.

5.8.1 Almindeligt tagprofil

Den mest anvendte udformning af vejens tværprofil er et tagformet tværprofil, hvor begge vognbaner normalvis etableres med en hældning på 25 ‰ ud mod kantstensafgræsningen. Dette medfører, at der i +Bussens tracé skal placeres nedløbsriste i begge vejsider. Dette er som nævnt i forbindelse med fastlæggelse af det fremtidige tværprofil, i skitseprojekteringen, omtalt som en dårlig placering rent driftsmæssigt. Denne vurdering er stadig gældende, dog er køresporene i +Bussens tracé 3,50 meter bredde. Dette medfører, at det ikke er nødvendigt for +Bussen at køre helt op ad kantstensafgræsningen.

Dermed er der plads til, at de dobbeltleddede busser kan trække længere ind mod bus-sporets midte, og derved opretholde den høje komfort for passagererne. Endvidere sikrer bredden af +Bussens tracé ligeledes, at slitagen på nedløbsristene nedsættes markant, da disse som udgangspunkt ikke får kontakt med +Bussens hjul. Dermed vurderes de driftsmæssige aspekter, som nævnt i forbindelse med fastlæggelse af +Bussens særlige tracé, i skitseprojekteringen, ikke at have markant indflydelse på den fremtidige drift.

5.8.2 Omvendt tagprofil

Alternativt til et almindeligt tagprofil, kan der anvendes et omvendt tagprofil. Dette har både fordele og ulemper, sammenlignet med et almindeligt tagprofil. Ved et omvendt tagprofil etableres sidehældningen ind mod vejmidten, og nedløbsristene placeres derfor i vejmidten. Denne form for afvanding anvendes normalt ikke på større veje, da dette giver et unaturligt forløb. Metoden ses dog anvendt på enkelte mindre boligveje, hvor det omvendte tagprofil er en del af en LAR-løsning. Det er ikke hensigten at anvende +Bussens tracé som en LAR-løsning, hvorfor denne løsning til vejafvandingen ikke vurderes hensigtsmæssig. En fordel ved denne afvandingstype er, at der kan etableres et mindre antal nedløbsriste, hvilket dog er en minimal økonomisk post i det samlede anlægsbudget for +Bussens delstrækning på Karolinelundsvej.

5.8.3 Valg af vejafvanding

Ved anlæg af +Bussens tracé, vurderes det mest hensigtsmæssigt at etablere et almindeligt tagprofil, der skal sikre at vandet ledes væk fra vejen. Dette vælges da denne type afvanding er den mest almindelige på de danske veje, og erfaringsmæssigt har stor succes. Endvidere har Aalborg Kommune ikke de bedste erfaringer, med anlæg af omvendt tagprofil. Tilladelser til dette er alene givet i forbindelse med projekter indeholdende en LAR-løsning, på mindre boligveje.

Nedløbsristene etableres med en afstand på 24 m, da det vurderes at længdefaldet på Karolinelundsvej er på mellem 3 og 5 ‰. Med et længdefald af denne størrelse, er den anbefalede maksimale afstand mellem nedløbsristene 25 m (Vejdirektoratet, 2017b). Placeringen af nedløbsristene ses på figur 23.



Figur 23: Udsnit af afvandingsplan. Rød = fællesledning, og blå = regnvandsledning.

Som det ses på ovenstående figur er området i dag fælleskloakeret, hvilket gør af vejvandet ledes ned i fællesledningen, medmindre at Karolinelundsvej bliver separatkloakeret i forbindelse med ombygningen. For yderligere detaljer vedr. afvandingen af delstrækningen, med fokus på +Bussens tracé, henvises til afvandingsplanen, tegning nr. 301.

5.9 Tracering – herunder horisontalradier

I forbindelse med detailprojekteringen af +Bussens delstrækning på Karolinelundsvej er der, modsat i skitseprojekteringen, arbejdet med konkrete horisontalradier. I forbindelse med projekteringen er det valgt at arbejde med så store horisontalradier som muligt, da dette sikrer god kørselskomfort for passagererne. Grundet Karolinelundsvejs forløb, og med svingmanøvren ind ad Bornholmsgade, er det nødvendigt at etablere enkelte mindre radier. Disse overholder dog stadig anbefalingen på minimum 10 meter, hvorfor dette ikke anses som problematisk (Vejdirektoratet, 2012a).

Radierne anvendt på strækningen ses på figur 24, hvor de enkelte horisontalradier er angivet for centerlinjen af +Bussens tracé.



Figur 24: Horisontalradier for +Bussens tracé på Karolinelundsvej. Ortofoto er fra 2017.

På ovenstående figur ses horisontalradierne for centerlinjen af +Bussens tracé, hvor rette linjestykker er angivet som $R \infty$.

5.10 Afmærkning

I det følgende beskrives afmærkningen af +Bussens delstrækning på Karolinelundsvej. Afmærkningen gennem krydsene fastlægges ikke i forbindelse med dette projekt, da denne afhænger meget af hvordan de færdige kryds udformes. I det følgende er afmærkningen af delstrækningen delt op i hhv. længde-, tvær- og pilafmærkning. Afmærkningen der beskrives fremgår af afmærkningsplanen, tegning nr. 201.

5.10.1 Længdeafmærkning

I det følgende beskrives den længdeafmærkning, der etableres på Karolinelundsvej i forbindelse med ombygningen grundet +Bussen.

5.10.1.1 Q 41.1C – vognbanelinje, midtlinje/delelinje

Til adskillelse af vognbaner med samme færdselsretning anvendes en delelinje, disse findes på nuværende tidspunkt ikke på strækningen. Det vurderes dog hensigtsmæssigt at etablere delelinjer, da strækningens forløb mellem de to kryds ændres. Yderligere er disse med til at lede trafikken, samt indikerer at trafikanterne skal udvise forsigtighed ved vognbaneskift. Delelinjerne etableres med en bredde på 10 cm. Stribelængden og stribemellemrummet er hhv. 2,50 m og 5,00 m (Vejdirektoratet, 2017a).

5.10.1.2 Q 42.2C – varslingslinje, delelinje

Til at adskille de to venstresvingsbaner, fra Karolinelundsvej ned ad Sønderbro, anvendes varslingslinjer som delelinje. Der anvendes varslingslinjer som delelinje, da trafikanterne skal udvise særlig agtpågivenhed ved vognbaneskift. Linjerne etableres med en bredde på 10 cm. Stribelængden og sribemellemrummet er hhv. 2,50 m og 1,25 m (Vejdirektoratet, 2017a).

5.10.1.3 Q 47.11C – punkteret kantlinje, bred

I forbindelse med svingbanerne på Karolinelundsvej, etableres der brede punkterede kantlinjer. Således kan svingbanerne afgrænses, samtidig med at de punkterede kantlinjer stadig må overskrides. Bredden af kantlinjerne er 30 cm, og stribelængden og sribemellemrummet er begge 2,0 m. Dette er nødvendigt, da en ren svingbane så vidt muligt skal være lukket. Det vil sige, at den brede punkterede kantlinje skal begynde ved en kantsten, midterhelle eller lignende. Der etableres brede punkterede kantlinjer ved venstresvingsbanerne, ned ad Sønderbro, og høresvingsbanen ind ad Bornholmsgade.

5.10.2 Tværafmærkning

På Karolinelundsvej skal der, grundet ombygning af delstrækningen, ligeledes etableres tværafmærkning.

5.10.2.1 S 13 – stoplinje

Ved signalreguleringerne etableres der stoplinjer, dette gøres både på vognbaner og cykelsti. Stoplinjen etableres næsten i fuld vognbane- og cykelstibredde. Stoplinjen føres ikke helt ud til kantstenen, da dette kan hindre gennemløb af overfaldevand. Stoplinjerne udføres med en bredde på 30 cm (Vejdirektoratet, 2017a).

5.10.2.2 S 17 – fodgængerfelt

Fodgængerfelterne på Karolinelundsvej etableres med de i vejreglerne anbefalede dimensioner. Hermed etableres disse med en stribebredde på 3,0 m, en stribelængde på 0,5 m og en stribeafstand på 0,5 m (Vejdirektoratet, 2017a).

Ved fodgængerfelter der krydser minimum to vognbaner, etableres der en krydsningshelle. En krydsningshelle skal minimum være 2,0 m bred, hvilket gør af hellen etableret i forbindelse med afgrænsningen af +Bussens tracé, kan anvendes til dette formål (Vejdirektoratet, 2016b).

5.10.3 Pilafmærkning

Til at supplere længde- og tværafmærkningen anvendes vognbanepile, der fortæller trafikanterne hvilken vognbane de skal placere sig i.

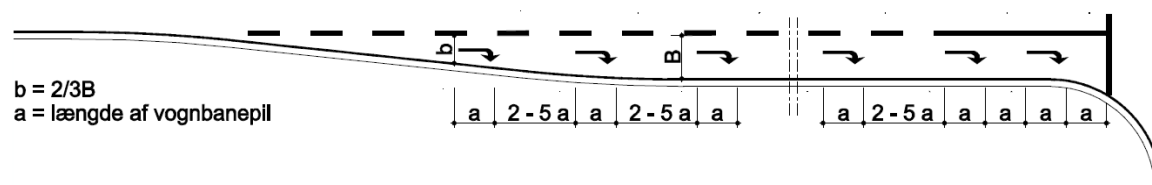
5.10.3.1 R 11 – pilafmærkning

I de forskellige svingbaner anvendes pile svarende til kørselsretningen. Pilene etableres med en størrelse på 5 m, og en stribebredde på 15 cm. Der anvendes følgende udgaver af R11-pilene:

- R11.1 – Ligeudpil
- R11.4 – Venstresvingspil
- R11.5 – Højresvingspil
- R11.7 – Ligeud – højrepil

5.10.3.2 Placering af vognbanepile

Når der etableres pilafmærkning, er der nogle retningslinjer der skal følges. Pilene der anvendes har en bestemt geometri, der sikrer entydighed og ensartethed på de danske veje. Derudover findes der retningslinjer for pilenes placering, afstanden mellem pilene m.m. Disse ses på figur 25.



Figur 25: Placering af vognbanepile i svingbane (Vejdirektoratet, 2017d).

5.10.4 Skiltning på delstrækningen

Afmærkningen på kørebanen er nu på plads, og i det følgende beskrives kort skiltningen på strækningen. Der skal i store træk ikke ændres på skiltningen på +Bussens delstrækning på Karolinelundsvej. Det er dog nødvendigt med nye placeringer til en stor del af skiltene, da vejens tværprofil ændres. Årsagen til at det er muligt at anvende en skilteplan nogenlunde svarende til den eksisterende er, at der er tale om en BRT-løsning, og ikke en letbane. De enkelte skilte gennemgås ikke, placeringen af skiltene samt skiltetype ses på afmærkningsplanen, tegning nr. 201.

+Bussens delstrækning på Karolinelundsvej er placeret inden for byskiltene, og det er derfor ikke nødvendigt at skilte med en hastighedsbegrænsning. Grundet vejens brug, og trafikmængde, er der standsningsforbud på strækningen. Forbuddet er gældende i begge vejsider. Derudover vurderes det nødvendigt at opretholde skiltning med påbudt passage, ved hellerne der afgrænser +Bussens tracé. Disse findes ligeledes ved den eksisterende midterhelle på Karolinelundsvej i dag. Grundet at højresvingsbanen ned ad Kjellerupsgade nedlægges, er det nødvendigt at opsætte en ny portaltavle. Denne fremgår af afmærkningsplanen, tegning nr. 201.

5.11 Anlægsoverslag

I dette kapitel udarbejdes et anlægsoverslag for +Bussens delstrækning på Karolinelundsvej, derudover præsenteres det samlede anlægsoverslag for +Bussen. Dette gøres for at give et indblik i det samlede projektets størrelse og omfang. +Bussen i Aalborg forventes i alt at koste 510 mio. kr., fordelt over en treårig periode. Projektet finansieres af Aalborg Kommune, Region Nordjylland og staten, der bidrager med hhv. 245, 15 og 250 mio. kr. (Aalborg Kommune, 2017a). I tabel 11 ses fordelingen på de forskellige hovedposter.

Hovedposter	Forventet udgift i mio. kr.
Bustracé	39,7
Stationer	111,8
Vejændringer	264,6
Stationsforpladser	47,1
Arealerhvervelse	39,7
Kommunikation	7
Total	510

Tabel 11: Samlet anlægsoverslag for +Bussen i Aalborg (Aalborg Kommune, 2017a).

5.11.1 +Bussens delstrækning på Karolinelundsvej

Anlægsoverslaget for +Bussens delstrækning på Karolinelundsvej, udarbejdes på baggrund af projekt-, afmærknings- og afvandingsplan samt vejassens opbygning. Hermed kendes de forskellige mængder, hvorefter disse tilknyttes en enhedspris. I hovedrapporten præsenteres blot udgifterne fordelt på de forskellige hovedposter, disse ses yderligere udspecificeret i Appendiks D. Enhedspriserne anvendt til udarbejdelse af anlægsoverslaget er dels erfaringspriser fra Aalborg Kommune, og dels fra forskellige prisdatabaser. I tabel 12 ses en oversigt over hovedposterne, samt en forventet udgift. I anlægsoverslaget er der indregnet 10 % til etablering og drift af arbejdspladsen, med tilhørende trafik-

afvikling, hvilket specielt er vigtigt grundet Karolinelundsvejs betydning for det sammenhængende vejnet. Yderligere er der indregnet 15 % til uforudsete udgifter, hvilket vurderes fornuftigt grundet projektets detaljeringsgrad. I anlægsoverslaget er der ikke indhentet tilbud for etablering af belysning, og tilpasning af eksisterende belysning. Tilsvarende gør sig gældende for tilpasning af eksisterende signalanlæg, samt etablering af et trafikstyret signalanlæg. Derfor er den forventede udgift til disse to poster baseret på et estimat, med udgangspunkt i projekter af lignende størrelse.

Post	Betegnelse	Forventet udgift i kr.
01	Arbejdsplads m.v.	415.486
02	Jordarbejder	170.825
03	Afvanding	349.400
04	Bundsikringslag af sand og grus	96.000
05	Ubundne bærelag af stabilgrus	201.250
07	Varmblandet asfalt	1.252.225
08	Brolægning	317.500
09	Kørebaneafmærkning	160.864
10	Afmærkningsmateriel	50.800
11	Inventar	1.556.000
14	Uforudsete udgifter	685.553
Total		5.255.903

Tabel 12: Anlægsoverslagt for +Bussens delstrækning på Karolinelundsvej, fordelt på forskellige hovedposter.

Som det fremgår af ovenstående tabel, udgør +Bussens delstrækning på Karolinelundsvej i alt ca. 5,3 mio. kr., ud af det samlede overslag på 510 mio. kr.

6 Diskussion

I forbindelse med udarbejdelse af dette projekt, er placeringen af +Bussens tracé på Jyllandsgade antaget, og er dermed forbundet med en vis usikkerhed. Dette kan give anledning til småjusteringer, primært i den vestlige del af +Bussens delstrækning på Karolinelundsvej. Når +Bussens tracé på Jyllandsgade er fastlagt, kan forskellige tvivlsspørgsmål besvares. Disse omfatter eksempelvis hvorvidt tilslutningen, mellem Sønderbro og Karolinelundsvej, skal reguleres eller ej. Dette er dog en afvejning af hvor tæt fortovet i nord, kan lægges op ad den nyåbnede børnehave. Det bedste scenarie er, hvis det kan accepteres, at den vestlige del af tracéet kan skubbes tilstrækkeligt mod nord, således den eksisterende tilslutning mellem Sønderbro og Karolinelundsvej kan bevares. Yderligere vil forætningen ligeledes reduceres som følge af dette.

Det vurderes endvidere ikke hensigtsmæssigt, at anvende vejreglernes minimumsbestemmelser til adskillelse af +Bussens tracé, fra de øvrige vognbaner. Årsagen til dette er, at hellerne anvendes til andre formål, såsom krydsningshelle og til placering af signalstandere.

Afhængig af placeringen af +Bussens tracé på Jyllandsgade, kan det ligeledes vurderes hvorvidt det vil være hensigtsmæssigt, at rykke +Bussens tracé op mellem den dobbeltsporede venstresvingsbane, og gennemfartssporet. Dette kræver dog at der skal ændres på afmærkningen, da venstresvingende fra Karolinelundsvej mod Sønderbro, herved skal skifte til venstresvingsbanen allerede i krydset mellem Karolinelundsvej og Bornholmsgade. Fordelen ved denne løsning er, at +Bussens overgang fra Jyllandsgade til Karolinelundsvej, ikke forsættes i samme omfang som projekteret. Omfanget afhænger dog stadig af den endelige placering, af +Bussens tracé i Jyllandsgade. Derudover skal venstresvingende bilister fra Karolinelundsvej, mod Sønderbro, ikke krydse +Bussens tracé i det vestlige kryds. En af ulemperne ved at placere +Bussens tracé mellem venstresvingsbanerne og gennemfartssporet er, at bilister skal være opmærksomme på, at deres beslutning foretaget i det østlige kryds ikke kan laves om. Dette kan medføre farlige situationer, hvis en trafikant ændrer beslutning i krydset.

Yderligere kan det diskuteres hvorvidt den valgte løsning for cyklister, fra Jyllandsgade mod Karolinelundsvej, er den bedste løsning. Der ændres på vigepligtsforholdene, da der ikke er tilstrækkeligt med plads til at en cykel kan holde i den reducerede helle. Denne løsning er i projektet vurderet acceptabel, da vigepligt for cyklister i en cykelshunt allerede

findes andre steder i Aalborg. Et eksempel på dette er den nye cykelsti på Strandvejen ved Plaza, umiddelbart vest for Limfjordsbroen.

Endvidere skal forgængere der ønsker at krydse Karolinelundsvej, i det østlige kryds, benytte sig af en fodgængerovergang, der indeholder to krydsningsheller. Dette er en ulempe for langsomtgående fodgængere, da disse herved i værste fald skal krydse Karolinelundsvej i tre etaper.

7 Konklusion

Gennem udarbejdelse af denne rapport kan det konkluderes, at tilføjelse af et dobbeltrettet busspor midt på Karolinelundsvej ikke er en umulig opgave. Dette er dog ikke en nem øvelse, da det som i mange andre tilfælde kræves, at der prioriteres mellem forskellige trafikantgrupper. I forbindelse med +Bus-projektet i Aalborg, prioriteres den kollektive trafik selvfølgelig højt, hvilket kommer til udtryk, når der fastlægges tværsnit. Yderligere vurderes det fordelagtigt, at den fremtidige kollektive trafik i Aalborg ikke bliver i form af en letbane, men derimod en BRT-løsning. En af de helt store fordele ved valget af en BRT-løsning, sammenlignet en letbane, er den øgede fleksibilitet. Forskellen på en BRT-løsning og en letbane, afspejler sig endvidere markant i den forventede totale anlægssum for projektet. Derudover giver en BRT-løsning mindre anledning til omlægning af den eksisterende trafik, sammenlignet med en letbane.

Der er ikke mange erfaringer at hente fra andre danske byer, da en fuld BRT-løsning, i samme omfang, ikke findes herhjemme. Der arbejdes derimod med letbaner i andre større danske byer. Dette gør, at vejreglernes beskrivelse af BRT-løsninger bærer meget præg af, at disse tager et stort afsæt i vejreglerne for letbaner. Disse to typer af kollektiv trafik minder også meget om hinanden. Derfor forventes det også, at store dele af planlægningsarbejdet, udarbejdet for den planlagte letbane i Aalborg, også kan anvendes for +Bus-projektet.

De dobbeltleddede busser, der på sigt skal indkøbes, er under stor udvikling, da disse ligeledes bliver brugt i stor stil i andre europæiske storbyer som Hamborg, Metz og Malmø. I Hamborg tilstræbes det, at der fra 2020 ikke længere indkøbes dieseldrevne busser, og derfor udvikles busser med alternative drivmidler i stor hast. +Bus-projektet forventes tidligst at stå færdig i 2021, og derfor klargøres flere stationer, perroner og vendepladser til opladning, eller optankning af alternative drivmidler. Dette gøres, da Aalborg Kommune stadig er i planlægningsfasen af +Bus-projektet, og derfor vil holde alle muligheder åbne.

Anlægsoverslaget for +Bussens delstrækning på Karolinelundsvej lyder på 5,3 mio. kr.

8 Litteraturliste

- Bender, M. (2016). *Asfalt Håndbogen*. Asfaltindustriens Forlag.
- By- og Landskabsforvaltningen, S. K. (2017). *Busser i midtbyen*.
- Danielsen, R. (2017). Åbning af Letbanen udskudt på ubestemt tid. Hentet 14. november 2017, fra <http://nyheder.tv2.dk/lokalt/2017-11-14-aabning-af-letbanen-udskudt-paa-ubestemt-tid>
- Geocortex. (2017). Lednignsdata. Hentet 8. november 2017, fra http://s504136.aalborg.dk/Dansk_Html5Viewer/Index.html?configBase=http://s504136.aalborg.dk/Geocortex/Essentials/GCprod/REST/sites/TrafikVeje_Projektering_45/viewers/Dansk_Grn_kort/virtualdirectory/Resources/Config/Default
- Geodatastyrelsen. (2017). Trafik og Veje. Hentet fra <https://drift.kortinfo.net/Map.aspx?page=TrafikOgVeje&Site=Aalborg&loginToken=6d1c352a9fc3415ba5fb25e4e250b44e>
- GEUS. (2017). Jupiter. Hentet 29. december 2017, fra http://data.geus.dk/geusmap/?mapname=jupiter#zoom=5.830621423356552&lat=6225000&lon=555000&visiblelayers=Topografisk&filter=&layers=&mapname=jupiter&filter=&epsg=25832&mode=map&map_imagetype=png&wkt=
- Hovedstadens Letbane. (2017). Hentet 4. november 2017, fra <http://www.dinletbane.dk/se-visionerne/fakta/>
- IBF. (2017). Belægningsprodukter. Hentet 13. december 2017, fra <http://brochure.ibf.dk/Prislister/belaegningprisliste2018/?page=1>
- Nina Hougaard. (2017). Kom med på den første tur med passagerer. Hentet 11. januar 2018, fra <https://www.tv2ostjylland.dk/artikel/foelg-letbane-aabningen-kom-med-indenfor-paa-foerste-tur>
- Odense Letbane. (2017). Hentet fra <https://www.odenseletbane.dk/om-odense-letbane/status-pa-letbanen/>
- OIS. (2017). Din genvej til ejendomsdata. Hentet 8. november 2017, fra <https://www.ois.dk/>
- Sundhed og Bæredygtig Udvikling, NT, & Region Nordjylland. (2008). *Letbane i Aalborg*. Hentet fra https://www.aalborg.dk/media/559260/letbane_i_aalborg.pdf
- Transport-, B. B. (2016). Dimensionsbekendtgørelsen. Hentet 13. november 2017, fra <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=185300>
- Transport- og Bygningsministeriet. (2016). Bekendtgørelse om anvendelse af vejafmærkning. Hentet 22. november 2017, fra <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=180098>
- Van Hool. (2017). Specifications. Hentet 4. januar 2018, fra <http://www.exquicity.be/en/>

- Vejdirektoratet. (2010). Vejkryds. Hentet 22. november 2017, fra
<http://vejregler.lovportaler.dk/ShowDoc.aspx?t=%2FV1%2FNavigation%2FTillidsmandssystemer%2FVejregler%2FAnlaegsplanlaegning%2FTrafikarealer+by%2Fkryds+i+byomrader%2F&q=arealbehov&docId=vd-20101203132023819-full>
- Vejdirektoratet. (2011). Anlæg for parkering og standsning i byer. Hentet 27. november 2017, fra
<http://vejregler.lovportaler.dk/ShowDoc.aspx?t=%2FV1%2FNavigation%2FTillidsmandssystemer%2FVejregler%2FAnlaegsplanlaegning%2FTrafikarealer+by%2Fparkering+i+byomrader%2F&docId=vd-anlaeg-parkering9-full>
- Vejdirektoratet. (2012a). Baggrundsrapport for vejregelarbejdet med BRT og letbaner
Teknisk rapport. Hentet fra
<http://vejregler.lovportaler.dk/ShowDoc.aspx?q=BRT&docId=vd-anlaeg-brt2012-2-full>
- Vejdirektoratet. (2012b). Grundlag for udformning af trafikarealer. Hentet 22. november 2017, fra
<http://vejregler.lovportaler.dk/ShowDoc.aspx?t=%2FV1%2FNavigation%2FTillidsmandssystemer%2FVejregler%2FAnlaegsplanlaegning%2Ffaelles+for+by+og+land%2F&q=arealbehov&docId=vd-anlaeg-vejgeo-grundlag2-full>
- Vejdirektoratet. (2016a). Kollektiv bustrafik og BRT. Hentet fra
<http://vejregler.lovportaler.dk/ShowDoc.aspx?q=BRT&docId=vd-2016-0078-full>
- Vejdirektoratet. (2016b). Tværprofiler i byer. Hentet 28. november 2017, fra
<http://vejregler.lovportaler.dk/ShowDoc.aspx?t=%2FV1%2FNavigation%2FTillidsmandssystemer%2FVejregler%2FAnlaegsplanlaegning%2FTrafikarealer+by%2F&docId=vd-2016-0053-full>
- Vejdirektoratet. (2017a). Afmærkning på kørebanen, Dimensioner. Hentet 2. januar 2018, fra
<http://vejregler.lovportaler.dk/ShowDoc.aspx?t=%2FV1%2FNavigation%2FTillidsmandssystemer%2FVejregler%2FAnlaegsplanlaegning%2FFaerdselsregulering%2FKorebanen%2F&docId=vd-anlaeg-dimensioner-full>
- Vejdirektoratet. (2017b). Afvandingskonstruktioner - brønde, bygværker og ledninger.
Hentet 3. januar 2018, fra
<http://vejregler.lovportaler.dk/ShowDoc.aspx?t=%2FV1%2FNavigation%2FTillidsmandssystemer%2FVejregler%2FAnlaegsplanlaegning%2FVejkonstruktioner%2FAfvanding%2F&docId=vd20170127-full>
- Vejdirektoratet. (2017c). Dimensionering af befæstelser og forstærkningsbelægninger.
Hentet 17. december 2017, fra
<http://vejregler.lovportaler.dk/ShowDoc.aspx?t=%2FV1%2FNavigation%2FTillidsmandssystemer%2FVejregler%2FAnlaegsplanlaegning%2FVejkonstruktioner%2F&docId=vd20170126-full>

Vejdirektoratet. (2017d). Eksempelsamling, Afmærkning på kørebanen. Hentet 13. december 2017, fra <http://vejregler.lovportaler.dk/ShowDoc.aspx?t=%2FV1%2FNavigation%2FTillidsmandssystemer%2FVejregler%2FAnlaegsplanlaegning%2FFaerdselsregulering%2FKorebanen%2F&docId=vd20170148-full>

Vejdirektoratet. (2017e). Mastra. Hentet 19. november 2017, fra <http://vej08.vd.dk/mastra/nytui/main/noegletal.html>

Vejdirektoratet. (2017f). Vejman. Hentet 18. november 2017, fra <http://vejman.vd.dk/>

Wormslev, S. (2015). Ingen penge til letbane. Hentet 4. november 2017, fra <https://nordjyske.dk/nyheder/ingen-penge-til-letbane/494eb28c-4ed6-4d22-a9c7-d17f57d1dad1>

Aalborg Kommune. (2016). *Lokalplan 1-1-124*. Hentet fra <http://apps.aalborgkommune.dk/images/teknisk/PLANBYG/lokplan/01/1-1-124.pdf>

Aalborg Kommune. (2017a). +BUS. Hentet 28. november 2017, fra <https://www.aalborg.dk/trafik-pas-og-transport/trafik/plusbus>

Aalborg Kommune. (2017b). +Bus-oversigtskort. Hentet 16. november 2017, fra <https://www.aalborg.dk/media/4551215/oversigtskort-plusbus.jpg>

Aalborg Kommune. (2017c). Lokalplan 1-1-134. Hentet fra <http://aalborgkommune.viewer.dkplan.niras.dk/plan/5#/lokalplanid/4393/51649>

Aalborg Kommune. (2017d). Trafikkapacitet. Hentet 20. november 2017, fra <https://www.aalborg.dk/trafik-pas-og-transport/trafik/trafikkapacitet>

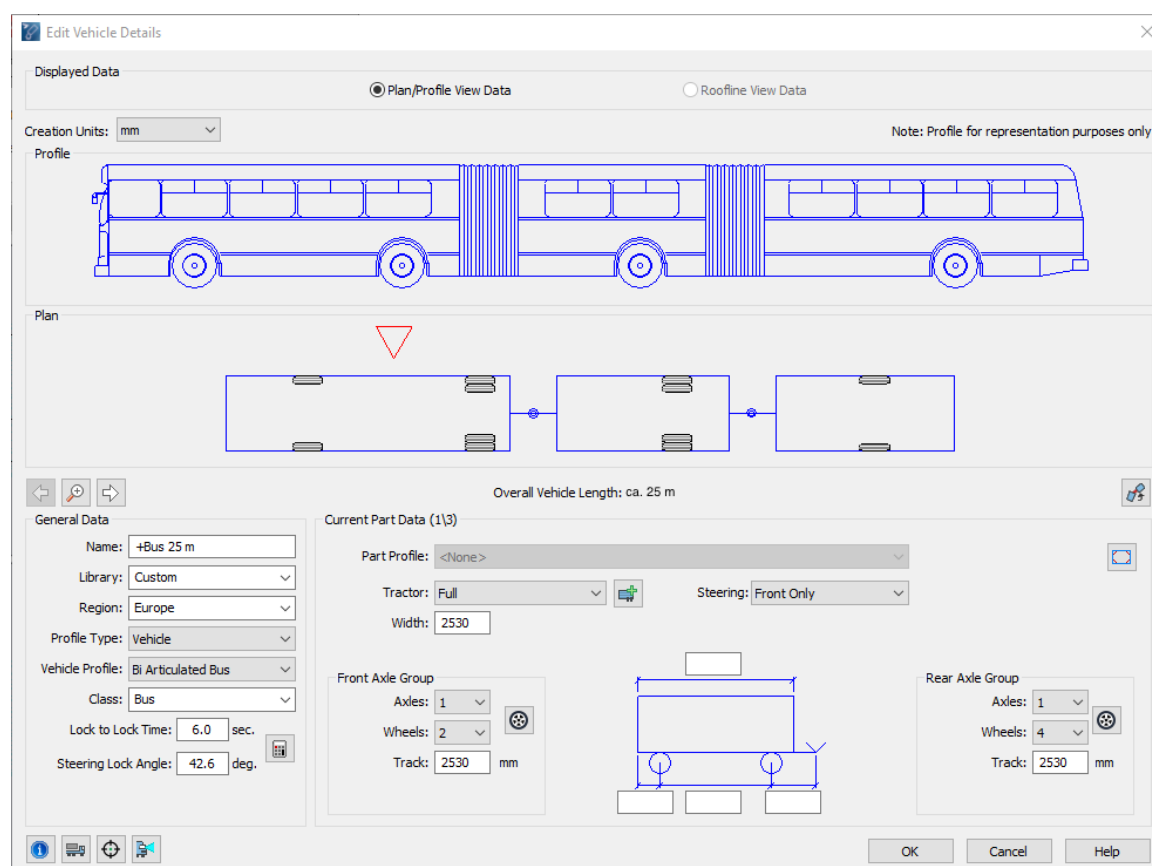
Aalborg Kommune, NT, & Region Nordjylland. +Bus Aalborg - Byens nye livsnerve (2016). Hentet fra https://www.aalborg.dk/media/4551217/plusbus_brochure.pdf

Aalborg Universitet. (2017). Studerende på Aalborg Universitet.

Appendiks A – Arealbehov i AutoTurn

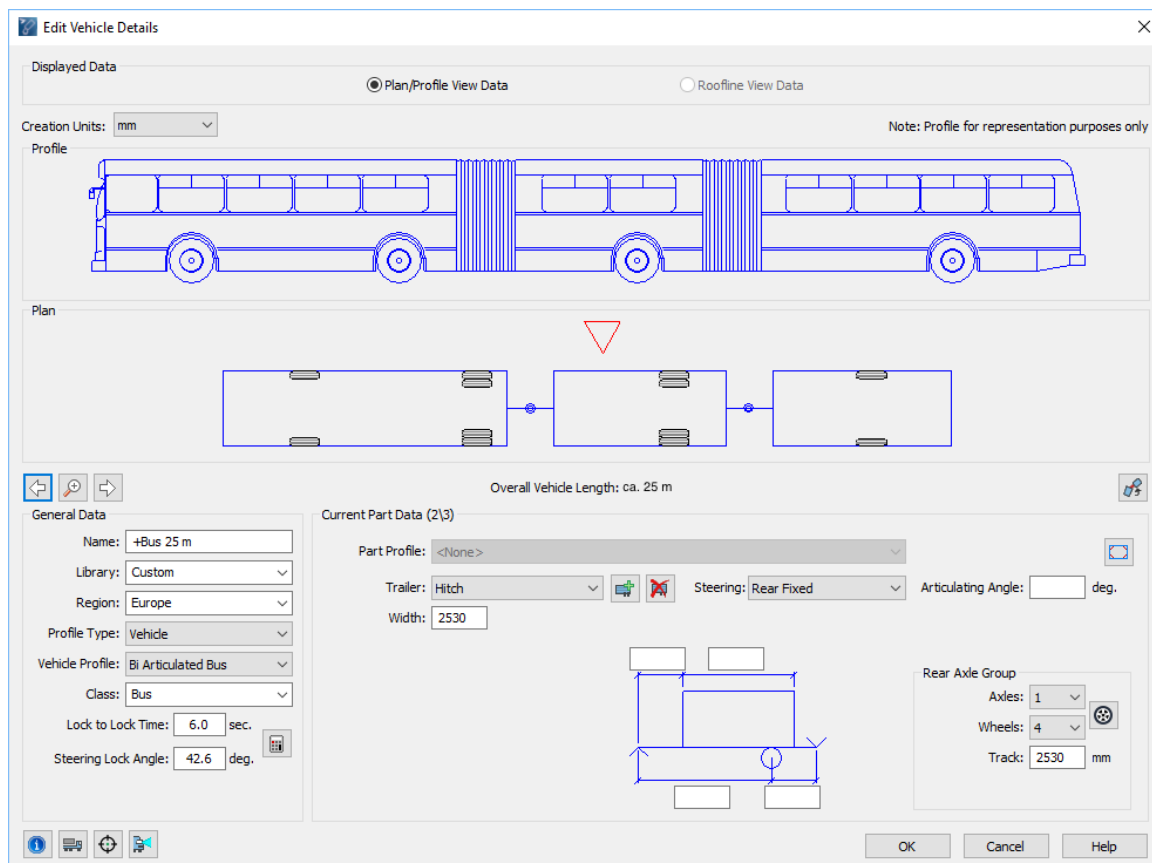
I det følgende beskrives de grundlæggende parametre, der skal tages stilling til, når en dobbeltleddet bus modelleres i AutoTurn. Som et led i den fremtidige kollektive trafik i Aalborg, ønskes det at anvende dobbeltleddede busser. Dette kræver dog at arealbehovet undersøges nærmere, hvilket AutoTurn er et stærkt værktøj til. Der findes som udgangspunkt ikke en dobbeltleddet bus i AutoTurns bibliotek, og det er derfor nødvendigt selv at konstruere denne.

Der er i forbindelse med konstruktion af modellen rekvireret et datablad fra en producent, der dog ønskes hemmeligholdt. Derfor er fremgangsmåden kun beskrevet, og de fleste mål er derfor udeladt på figurerne i dette appendiks. Som udgangspunkt konstrueres modellen del efter del, og sammenkoblingen mellem disse er af typen *hitch*. Derudover er det væsentligt at informere programmet om, at der kun er styring på den forreste aksel på den forreste del. På figur 26 ses princippet for konstruktion af den forreste del, af en dobbeltleddet bus i AutoTurn.



Figur 26: Princip for konstruktion af den forreste del af en dobbeltleddet bus i AutoTurn.

Herefter kigges der på de resterende dele. Her er det ikke blot dimensionerne på vognen der er væsentlig. Her skal der yderligere indtastes en *articulating angle*, altså hvor mange grader leddet mellem to dele kan dreje. Der er ikke styring på akslen på den midterste del, og styringen for akslen angives derfor som *fixed*. Princippet for dette ses på figur 27.



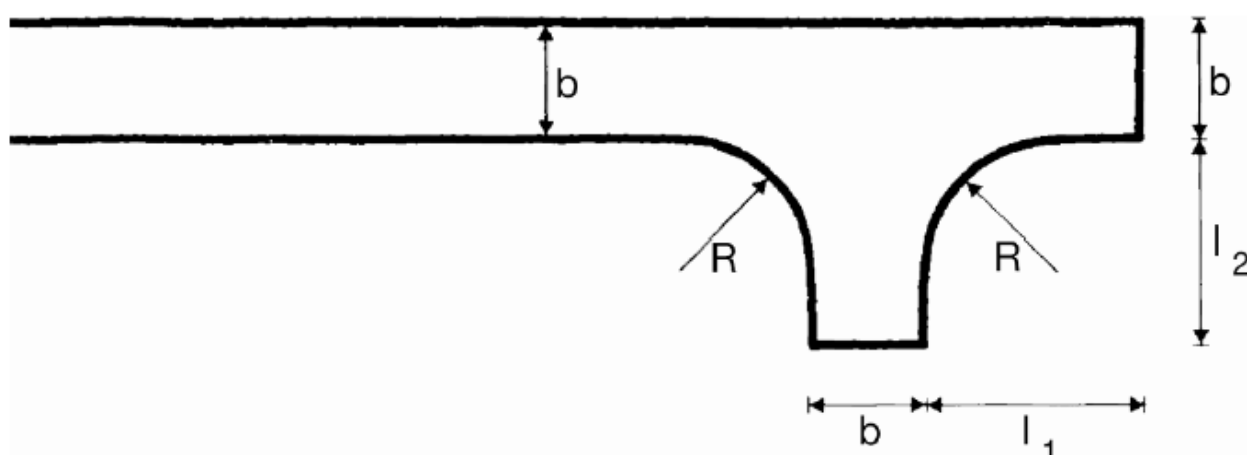
Figur 27: Princip for konstruktion af den midterste del af en dobbeltleddet bus i AutoTurn.

På den tredje, og sidste del, er det ligeledes vigtigt at angive hvor mange grader leddet, der adskiller vogn 2 og 3 kan dreje. En anden ting der også har stor betydning for at gøre kørekurverne, for en dobbeltleddet bus, så virkelighedsnære som muligt er, at der indtastes en styring på den bagerste aksel. Styringen på den bagerste aksel angives som den maksimale vinkel, og der kan vælges at akslen først begynder at dreje, når den maksimale udbøjning i de to led er opnået. Den maksimale udbøjning i leddene afhænger af hvor mange grader, som forhjulet drejer. Dette sikrer at der opnås så skarp, og korrekt, en kørekurve som muligt. Alle størrelser og vinkler er fremskaffet fra producentens datablad, og modellen vurderes derfor som retvisende. Efter indtastning af køretøjets karakteristika, beregner AutoTurn selv hvad der er muligt, når modellen benyttes.

Appendiks B – Udformning af asymmetrisk hammerhoved

I forbindelse med vejlukningen ved Fyensgades tilslutning til Bornholmsgade, udformes vejlukningen som et asymmetrisk hammerhoved. Årsagen til at valget er faldet på et asymmetrisk hammerhoved er, at denne udformning giver mulighed for at bevare flere parkeringspladser, end en cirkelformet vendeplads. Yderligere opstår der et disponibelt areal mellem vejlukningen og Bornholmsgade, dette kan anvendes til cykelparkering, bænke eller lignende. Dette vurderes hensigtsmæssigt, da perronerne i Bornholmsgade er placeret i umiddelbar nærhed.

På figur 28 ses en principskitse for etablering af et asymmetrisk hammerhoved, og tilhørende mål findes i tabel 13.



Figur 28: Principskitse af asymmetrisk hammerhoved (Vejdirektoratet, 2011).

Type køretøj og køremåde ($v = 5 \text{ km/t}$)	Dimensioner			
	b	R	l_1	l_2
Lastvogn med bakning	6,0 m	6,0 m	9,0 m	8,0 m
Distributionsbil med bakning	5,0 m	6,0 m	10,0 m	9,0 m

Tabel 13: Dimensionsgivende mål for en vendeplads lavet som et asymmetrisk hammerhoved. Afstanden fra kørebane til fast genstand bør være mindst 1,5 m (Vejdirektoratet, 2011).

Appendiks C – Vejbefæstelse

I forbindelse med beregning af vejkassens opbygningen, er det vigtigt at få et overblik over hvor mange $N_{\text{Æ10}}$ -aksler, der forventes at køre i +Bussens tracé. Dette gøres ud fra følgende formel:

$$N_{\text{Æ10}} = P \cdot K_F \cdot K_K \cdot K_R \cdot F_{SS} \cdot \sum(F_{\text{Æ10}} \cdot L)$$

Hvor:

$N_{\text{Æ10}}$	Dimensioneringstrafikken	-
P	Vækstfaktor [%]	-
K_F	Korrektionsfaktor for trafikdens fordeling over vejens tværsnit [-]	1
K_K	Korrektionsfaktor for kanaliseringen af trafikken [-]	1
K_R	Korrektionsfaktor for vridning [-]	1
F_{SS}	Korrektionsfaktor for supersingledæk [-]	1,2
$F_{\text{Æ10}}$	Korrektionsfaktor, der afhænger af køretøjsart [-]	0,5
L	Antal busser [busser/døgn/retning]	347

Vækstfaktoren, P , anvendes ikke, da MMOPP har en funktion der udfører denne beregning.

Faktoren K_F bestemmes ud fra fordelingen over tværsnittet, hvilket gøres ud fra tabel 14.

Fordeling	K_F
Smalle veje, hvor trafikken forventes at køre i et spor	1,0
2-sporede veje	0,5
Veje med 4 eller flere spor	0,45

Tabel 14: Korrektionsfaktor for fordeling (Vejdirektoratet, 2017c).

Faktoren K_K tager højde for kanaliseringen af trafikken, og bestemmes ud fra tabel 15.

Kanaliseringsgrad	K_K
Opmarchfelter, kanaliserede kryds med kantsten	2,0
Miljøprioriteret gennemfart og lignende	1,5
Normal køresporsbredde (3,75 m)	1,0

Tabel 15: Korrektionsfaktor for kanalisering (Vejdirektoratet, 2017c).

Faktoren K_R tager højde for vridning, og bestemmes ud fra tabel 16.

Rundkørsler og kryds	K_R
Lige vej uden vridning	1,0
Rundkørsler og kryds med enkelt kørespor	2,0
Rundkørsler og kryds med 2 eller flere kørespor	1,0

Tabel 16: Korrektionsfaktor for rundkørsler og kryds (Vejdirektoratet, 2017c).

Faktoren F_{ss} tager højde for dækmonteringen, da der korrigeres for monteringen af supersingledæk, og bestemmes ud fra tabel 17.

Vejtype		F_{ss}
Motorveje		1,8
Øvrige statsveje		1,6
Kommuneveje ¹⁾		1,2 – 1,5
Note 1)	For kommuneveje bør den lave værdi anvendes i by, og den høje værdi uden for by. For kommuneveje i by med væsentlig andel af tung trafik, eller for kommuneveje uden for by med begrænset tung trafik, kan andre værdier i intervallet anvendes.	

Tabel 17: Korrektionsfaktor for supersingledæk (Vejdirektoratet, 2017c).

Faktoren $F_{\text{Æ}10}$ korrigerer for køretøjsart og vejtype, og bestemmes ud fra tabel 18.

Køretøjsart	$F_{\text{Æ}10}$	
	Motorveje og øvrige statsveje	Kommuneveje ¹⁾
Sololastbiler	0,35	0,15 – 0,25
Påhængsvognstog	1,65	0,90 – 1,50
Sættevognstog	1,30	0,65 – 1,20
Busser	0,75	0,50 – 0,60
Note 1)	For kommuneveje bør den lave værdi anvendes i by og den høje værdi uden for by. For kommuneveje i by med væsentlig andel af tung trafik eller for kommuneveje uden for by med begrænset tung trafik kan andre værdier i intervallet anvendes.	

Tabel 18: $F_{\text{Æ}10}$ -faktorer opdelt på køretøjsart (Vejdirektoratet, 2017c).

Antallet af køretøjer, L , er svært at fastsætte, men som nævnt i hovedrapporten i afsnittet *Trafikbelastning i +Bussens tracé*, antages det at morgen- og eftermiddagsspidstimen tilsammen udgør ca. 15 %. Yderligere er nævnt, at der forventes at køre 20 dobbeltleddede busser, og 32 almindelige busser i spidstimen pr. retning. Dermed vurderes antallet af busser, pr. døgn pr. retning, at være:

$$L_{\text{døgn}} = \frac{20 + 32}{15} \cdot 100 \approx 347 \text{ busser/døgn/retning}$$

Dermed kan det samlede regnestykke for antallet af $N_{\text{Æ}10}$ -aksler opstilles:

$$N_{\text{Æ}10} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 0,5 \cdot (0,50 \cdot 347) = 104,1 N_{\text{Æ}10}/\text{døgn/retning}$$

I tabel 19 ses inddelingen af trafikklasser i henhold til antallet af $N_{\text{Æ10}}$ -aksler.

Trafik- klasse	Lastbiler på vejen pr. døgn i begge retninger til sammen	$N_{\text{Æ10}}$ pr. døgn i spor (øvre grænse)	Dimensionerings- trafik $N_{\text{Æ10}}$ /år
T0¹⁾	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 snerydningsmateriel.			
2) Principielt ubegrænset – de angivne værdier bruges som standardværdier i MMOPP.			

Tabel 19: Inddeling af trafikklasser (Vejdirektoratet, 2017c).

Ud fra ovenstående tabel kan det konkluderes, at +Bussens delstrækning på Karoline-lundsvej tilhører trafikklasse T4. Yderligere fremgår det af hovedrapporten, at den samlede tykkelse af vejklassens opbygning skal være minimum 700 mm. Dermed kendes alle faktorer til dimensionering af vejklassens opbygning i MMOPP. I det følgende er der gennemregnet med et slidlag af skærvemastiks (SMA), og en semifleksibel belægning (SFB).

Vejkasse med slidlag af skærvemastiks

I tabel 20 ses opbygningen dimensioneret i MMOPP, ved analytisk-empirisk metode.

Lag	Materiale	Tykkelse
Slidlag	Skærvemastiks 40/60	40 mm
Bindelag	ABB Modif.	60 mm
Bundet bærelag	GAB I 70/100	70 mm
Ubundet bærelag	SG II	200 mm
Bundsikring	Bundsikring II ($U \leq 3$)	330 mm
Total tykkelse		700 mm

Tabel 20: Vejkaassens opbygning, bestemt ved analytisk-empirisk metode i MMOPP.

Levetiderne for lagene bestemmes i MMOPP, hvor vejkaassens opbygningen opdeles i fire lag. Lag 1 er de bundne bærelag, lag 2 er de ubundne bærelag, lag 3 er bundsikringen og lag 4 består af underbunden. I tabel 21 ses levetiderne for de forskelle lag.

Lag	Levetid
1	24,2 år
2	31,3 år
3	22,7 år
4	21,8 år

Tabel 21: Levetider af de enkelte lag, bestemt ved analytisk-empirisk metode i MMOPP.

Udover ovenstående levetider, er MMOPP ligeledes behjælpelig til bestemmelse af nedbrydelsesforløbet. Her sættes levetidskriterierne til 20 år for belægningens jævnhed og asfaltnedbrydningen (E_{snit} og E_{min}). Der accepteres dog, at den tilladelige spordybde ved sporkøring, på 10 mm, opnås efter 15 år (Vejdirektoratet, 2017c).

I tabel 22 ses belægningens levetid bestemt ved simulering.

Belægningens jævnhed	Sporkøring	E_{snit}	E_{min}
>20 år	15,8 år	>20 år	>20 år

Tabel 22: Belægningens levetid bestemt ved simulering i MMOPP.

Vejkasse med slidlag af semifleksibel belægning

I tabel 23 ses opbygningen dimensioneret i MMOPP, ved analytisk-empirisk metode.

Lag	Materiale	Tykkelse
Slidlag	Semifleksibel belægning 70/100	40 mm
Bindelag	ABB Modif.	60 mm
Bundet bærelag	GAB I 70/100	60 mm
Ubundet bærelag	SG II	190 mm
Bundsikring	Bundsikring II ($U \leq 3$)	350 mm
Total tykkelse		700 mm

Tabel 23: Vejkassens opbygning, bestemt ved analytisk-empirisk metode i MMOPP.

Levetiderne for lagene bestemmes ligeledes i MMOPP. Lagenes inddeling er tilsvarende forrige afsnit. I tabel 24 ses levetiderne for de forskellige lag.

Lag	Levetid
1	33,3 år
2	39,2 år
3	21,3 år
4	23,7 år

Tabel 24: Levetider af de enkelte lag, bestemt ved analytisk-empirisk metode i MMOPP.

I tabel 25 ses belægningens levetid bestemt ved simulering, med kriterier svarende til forrige afsnit.

Belægningens jævnhed	Sporkøring	E_{snit}	E_{min}
>20 år	17,0 år	>20 år	>20 år

Tabel 25: Levetid bestemt ved simulering i MMOPP.

Appendiks D – Anlægsoverslag

Beskrivelse af ydelser					Kontrakt		
HP	PO	UP	Betegnelse	Enhed	Antal enheder	Enhedspris [kr.]	Total pris [kr.]
01			ARBEJDSPLADS MV.				
01	01		ARBEJDSPLADS MV.				
		03	Etablering, drift og rømning og færdselsregulerende foranstaltninger udgør i alt 10 % af entreprisesummen	%	10,00%	4.154.863,80	415.486
			I alt at overføre til side A				415.486
02			JORDARBEJDER				
02	02		OPBRYDNING				
		07	Asfalt, at opbryde og bortskaffe, t = 50 - 100 mm	m ²	125	125,00	15.625
		20	Trappefræsning	m	400	50,00	20.000
		21	Granitkantsten, at optage og rense	m	900	100,00	90.000
02	04		RÅJORD - AFGRAVNING OG BORTSKAFFELSE				
		01	Afgravning og udsætning af jord (ekskl. deponeringsafgifter som betales direkte af bygherren)	m ³	490	80,00	39.200
02	07		Etablering af græs				
		01	Sået græs	m ²	600	10,00	6.000
			I alt at overføre til side A				170.825
03			AFVANDING				
	02		Levering og sætning af nedløbsbrønde inkl. karm og rist	stk.	14	4.000,00	56.000
	09		Levering og lægning af stikledning, Ø 160 mm PP-SN8, dybde indtil 3,0 m under færdigt terræn	m	60	140,00	8.400
	23		Eksisterende nedkøbsbrøn genanvendes med ny placering	stk.	30	2.500,00	75.000
	24		Levering og lægning af Ø400 betonrør, dybde indtil 3,0 meter under færdigt terræn.		140	1.500,00	210.000
			I alt at overføre til side A				349.400
04			BUNDSIKRINGSBLAG AF SAND OG GRUS				
		02	Bundsikringsgrus, varierende tykkelser	m ³	800	120,00	96.000
			I alt at overføre til side A				96.000
05			UBUNDNE BÆRELAG AF STABILT GRUS				
	01	01	SG II, at levere og indbygge i gangarealer, t = 150 mm	m ²	500	50,00	25.000
		02	SG II, at levere og indbygge i cykelsti, t = 150 mm	m ²	600	50,00	30.000
		03	SG II, at levere og indbygge i kørebanearealer, t = 200 mm	m ²	1.950	75,00	146.250
			I alt at overføre til side A				201.250

Beskrivelse af ydelser					Kontrakt		
HP	PO	UP	Betegnelse	Enhed	Antal enheder	Enhedspris [kr.]	Total pris [kr.]
07			VARMBLANDET ASFALT				
07	01		GRUSASFALTBETON (GAB I)				
	01		GAB I, B 70/100, 135 kg/m ² , t = 60 mm	m ²	1.950	200,00	390.000
	06		Reguleringspris GAB I	t	16	1.500,00	23.400
07	02		GRUSASFALTBETON (GAB 0)				
	01		GAB 0, type 11, B 70/100, 115 kg/m ² , t = 40 mm	m ²	600	115,00	69.000
	06		Reguleringspris GAB 0	t	5	1.500,00	7.200
07	04		PULVERASFALT (PA)				
	03		PA type 8t, B 250/330, 70 kg/m ² , t = 30 mm	m ²	600	75,00	45.000
	05		Reguleringspris, PA type 6t	t	3	1.000,00	3.000
07	05		ASFALTBETONBINDELAGE (ABB)				
	02		ABB type 16, mod. 40/100-75, 130 kg/m ² , t = 60 mm	m ²	1.950	200,00	390.000
07	06		SKÆRVEMASTIKS (SMA)				
	03		SMA 8, B 40/60, 60 kg/m ² , t = 40 mm	m ²	850	125,00	106.250
	04		Reguleringspris, SMA	t	4	1.500,00	6.375
07	07		SEMIFLEKSIBELBELÆGNING (SFB)				
	01		SFB 11, B40/60, t = 40 mm	m ²	1.100	190,00	209.000
07	09		DIVERSE ASFALTARBEJDER				
	05		Permanent asfaltrampe i AB 8t, B 70/100, med GAB kerne mellem fortov/cykelsti eller cykelsti/kørebane, b = 350 mm,	m	30	100,00	3.000
			I alt at overføre til side A				1.252.225
08			BROLÆGNING				
08	01		BROSTEN, BORDURSTEN OG CHAUSSÉSTEN				
	09		Chaussésten, fra depot og sætte i beton	m ²	150	500,00	75.000
08	02		GRANITKANTSTEN				
	01		Fasgranitkantsten, fra depot og sætte i beton	m	900	125,00	112.500
	02		Fasgranitkantsten, at levere og sætte i beton	m	100	300,00	30.000
08	03		BETONKANTSTEN, FLISER OG AFLØBSRENDER				
	10		Omlægning af eksisterende belægning	m ²	400	250,00	100.000
			I alt at overføre til side A				317.500

Beskrivelse af ydelser					Kontrakt		
HP	PO	UP	Betegnelse	Enhed	Antal enheder	Enhedspris [kr.]	Total pris [kr.]
09			KØREBANEAFMÆRKNING				
09	01		FJERNELSE AF EKSISTERENDE AFMÆRKNING				
	01		01 Affræsning af striber	m ²	300	25,00	7.500
	02		02 Affræsning af symboler	stk.	10	75,00	750
09	02		TERMOPLASTISK PLAN AFSTRIBNING, T = 3-5 mm				
	01		01 10 cm brede kørebanelinier	m	250	19,80	4.950
	02		02 30 cm brede kørebanelinier	m	200	60,60	12.120
	03		03 50 cm brede spærreflader og fodgængerfelter	m ²	279	77,20	21.539
	04		04 Vigelinier (højteender)	stk.	3	85,00	255
	05		05 Pile, bogstaver og øvrige symboler, h = 2,6 m	stk.	25	350,00	8.750
	07		07 Blå cykelfelter	m ²	300	350,00	105.000
						1,00	
			I alt at overføre til side A			1,00	160.864
						1,00	
10			AFMÆRKNINGSMATERIEL			1,00	
						1,00	
	02		02 Tavler og standere, at genopstille	stk.	9	1.200,00	10.800
	03		03 Portaltavle, at nedtage og bortskaffe	stk.	2	5.000,00	10.000
	04		04 Portaltavle, at levere og opsætte	stk.	1	30.000,00	30.000
			I alt at overføre til side A				50.800
11			INVENTAR				
	06		06 Støttemur, at levere og opsætte i 1,5 m højde	m	100	1.560,00	156.000
	07		07 Tilpasning af eksisterende signalanlæg, herunder flytte signalmaster samt etablere trafikstyring	stk.	1	800.000,00	800.000
	80		80 Tilpasning af eksisterende belysning, og eventuel indkøb af ekstra belysning	stk.	1	600.000,00	600.000
			I alt at overføre til side A				1.556.000
14			Uforudsete udgifter	%	15%	4.570.350,18	685.553
			Total				5.255.903