

Denne artikel er publiceret i det elektroniske tidsskrift

Artikler fra Trafikdage på Aalborg Universitet

(Proceedings from the Annual Transport Conference
at Aalborg University)

ISSN 1603-9696

www.trafikdage.dk/artikelarkiv

Beslutningsstøttemodel for baneprojekter

Ulrik Bachmann Holmetoft, Civilingeniør, Ulrik.Holmetoft@Atkinsglobal.com, Atkins Danmark

Anders Hunæus Kaas, Civilingeniør Ph.D., Anders.H.Kaas@Atkinsglobal.com, Atkins Danmark

Abstrakt

Ved enhver form for modellering træffes der subjektive vurderinger, men det er ikke alle vurderingsmetoder der åbner op for diskussion og gennemsigtighed for denne subjektivitet. For at tilvejebringe et tillidsvækkende beslutningsgrundlag for infrastrukturprojekter med stor offentlig bevågenhed, er det vigtigt, at der fokuseres på at anvende gennemskelige vurderingsmetoder, der leverer den nødvendige beslutningsstøtte for beslutningstagerne samtidig med, at det øger forståelsen for vurderingsprocessen og beslutningsgrundlaget. Det skal i den sammenhæng understreges, at det primære formål med beslutningsstøtte og modellering af beslutningsmodeller først og fremmest bør være at skabe indsigt og forståelse, frem for at definere én "korrekt" løsning. Ofte er processen med at strukturere problemstillingen og diskussionen herom mere værdifuld end selve det numeriske resultat fra en given evalueringsmodel.

I denne artikel præsenteres, hvorledes en kombination af cost-benefit analyse og multi-kriterie analyse kan danne grundlag for en effektiv og helhedsorienteret beslutningsstøttemodel for evaluering af baneprojekter.

Ved hjælp af cost-benefit analysen er det muligt at foretage en systematisk kvantificering og sammenholdelse af de monetære effekter, som projektet direkte medfører. Multi-kriterie analysen anvendes som et supplement til cost-benefit analysen og angiver et mål for, hvordan alternativerne præsterer i forhold til hinanden på baggrund af effekter, som ikke direkte kan fastsættes ud fra monetære forhold.

Ved at kombinere analyserne (MCA + CBA) er det muligt at sammenholde forskellige projekter/alternativer og se på deres samlede økonomiske og samfundsmæssige effekter i forhold til hinanden.

Evalueringsmetoden er blevet anvendt i forbindelse med udredning af det mest optimale tracé for bybane mellem Solakrossen og lufthavnsterminalen på Stavanger Lufthavn i Norge, som Atkins Danmark har gennemført på vegne af Bybanekontoret på Nord-Jæren¹.

¹ Bybanekontoret er et projektkontor oprettet i 2007 for udvikling og behandling af bybaneprojektet i Rogaland. Bybanekontoret ejes af de tre involverede kommuner (Stavanger, Sandness og Sola) og Rogaland fylkeskommune.

Evalueringsmetode

Kravene til udredningen og sammenligning af de forskellige tracéalternativer nødvendiggjorde en evalueringsmodel, der kunne håndtere forskellige effekter af monetær og ikke-monetær karakter og således vurdere konsekvenserne ud fra kvantitative såvel som kvalitative forhold.

I forhold til at vurdere de monetære effekter, blev det besluttet at anvende en klassisk cost-benefit analyse. Ved hjælp af dette evalueringsredskab behandles de forskellige monetære effekter, hvorefter det søges at kvantificere hver effekt og udtrykke dem ud fra monetære termer. Analysemetoden omfatter således fordelene for de direkte brugere af anlægget vejet op mod samfundets omkostninger til projektet.

Multi-kriterie analysen anvendes som et supplement til cost-benefit analysen, da ikke alle effekter, der påvirker de enkelte alternativers attraktivitet, direkte kan beskrives ud fra rent økonomiske og kvantificerbare forhold. Dette gælder f.eks. strategiske effekter og hensyn til natur og miljø. Ved at supplere cost-benefit analysen med en multi-kriterie analyse er det muligt at vurdere, hvordan alternativerne præsterer i forhold til hinanden ud fra en mere helhedsorienteret synsvinkel.

Case Study: Udredning af tracéalternativer til Stavanger Lufthavn

På Nord-Jæren i Norge planlægges det i øjeblikket at etablere en bybane, som vil forbinde de tre kommunecentre i Stavanger, Sandnes og Sola. Bybanen består af en nord-syd akse fra Stavanger til Sandnes samt en øst-vest akse fra Forus til Sola, hvor den vil tilslutte lufthavnsterminalen på Stavanger Lufthavn, Sola.



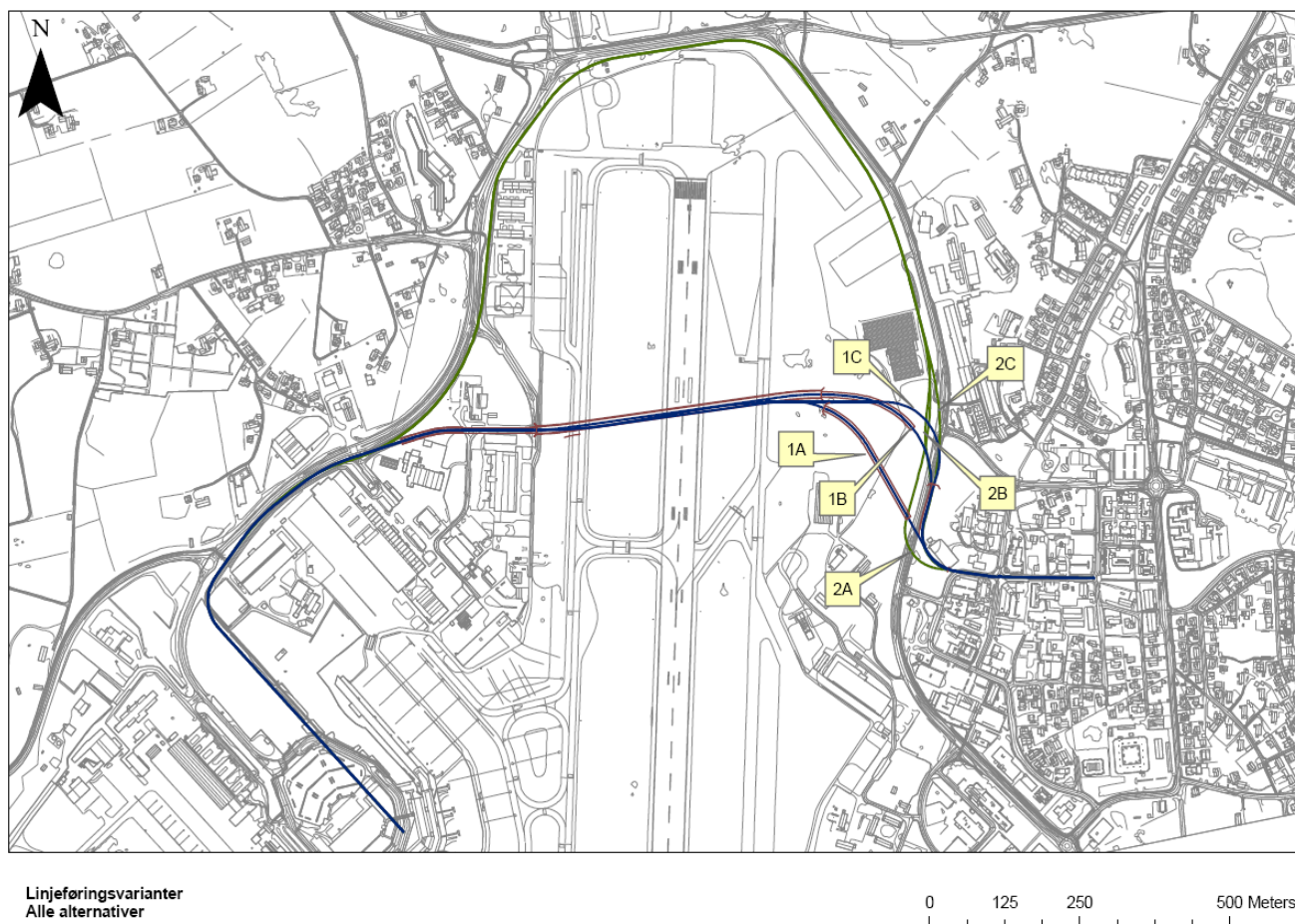
Figur 1 Grundstruktur for bybanen

Som en del af udredningsarbejdet fik Atkins Danmark til opgave, at foretage en udredning af de forskellige alternativer for bybanetracé på delstrækningen mellem Sola og lufthavnsterminalen på Stavanger Lufthavn med det formål, at identificere det mest optimale tracéalternativ i forhold til de væsentligste præmisser og identificerede konsekvenser.

Tracéalternativer

På baggrund af tidligere udredningsarbejder er der udpeget to overordnede alternativer for linjeføring af Bybanens delstrækning mellem Sola og Stavanger Lufthavn. Linjeføringerne, der er baseret på en tunnel-løsning under landingsbanen er kaldet alternativ 1, mens linjeføringerne, der forløber i terræn langs de eksisterende veje via Sømmevågen nord om landingsbanen, kaldes alternativ 2.

De 2 hovedalternativer har hver 3 varianter, der varierer i forhold til, hvordan de krydser vejen mellem Solakrossen og lufthavnen (Sentrumsvegen). De 2 hovedalternativer og deres varianter kan ses i figuren nedenfor.



Figur 2 Tracéalternativer

I figur 2 krydser alternativerne 1A og 2A Sentrumsvegen i niveau ret ud for Soltunvegen. Alternativerne 1C og 2B krydser i niveau i kryds ved Kongshaugvegen (umiddelbart nord for Soltunvegen), mens alternativerne 1B og 2C krydser Sentrumsvegen i tunnel.

Proces

Arbejdet med at udrede det mest optimale tracéalternativ forløber i fire delvis overlappende aktiviteter.



Figur 3 Procesforløb

Kortlægning

Første aktivitet omhandlede kortlægning af problemstillinger, information og viden af relevans i forhold til udredningen og var tiltænkt, at danne grundlag for udvælgelse af effekter der ønskes behandlet som del af henholdsvis CBA og MCA. Udvælgelsen af disse effekter skulle finde sted på beslutningsstøttekonferencen, der skulle forløbe i umiddelbar forlængelse af kortlægningsaktiviteten. Det viste sig dog hurtigt, at dette ikke var praktisk muligt i henhold til tidsplanen for projektet, da kortlægning af de geotekniske forhold viste sig at være vanskeligere end først antaget. Beslutningsstøttekonferencen blev derfor afholdt før den fulde kortlægning var gennemført.

Beslutningsstøttekonference

For at sikre at de rette effekter blev behandlet i henholdsvis CBA og MCA, blev der afholdt en såkaldt beslutningskonference med det formål, at identificere, udvælge og vægte de effekter som nøgleinteressenterne anser som de mest relevante.

Som led i beslutningsprocesser vil forskellige interessenter have forskellige holdninger til hvilke effekter, der bør behandles og deres betydning i forhold til hinanden. Denne holdning kan tilkendegives ved at lade relevante nøgleinteressenter mødes i et fælles forum for at identificere og vurdere de effekter, der bør behandles i cost-benefit og multi-kriterie analysen. Alternativt opstår der en risiko for, at en vurdering kan misbruges, hvor interessenter kun fremhæver de effekter, de finder fordelagtige for problemstillingen – uden at fremhæve de grundlæggende argumentationer herfor.

Nøgleinteressenter indenfor forskellige fagdiscipliner blev inviteret til at deltage i beslutningsstøttekonferencen, for at sørge for at alle aspekter af de forskellige problemstillinger blev belyst samt sikre en retvisende vægtning af effekterne der indgik i multi-kriterie analysen.

Som udgangspunkt for beslutningsstøttekonferencen fik deltagerne tilsendt information omkring forløbet af beslutningsstøttekonferencen, samt hvad der blev forventet af dem. Herudover fik de forelagt de væsentligste problemstillinger fra kortlægningen.

Det primære formål med beslutningsstøttekonferencen var at udvælge de effekter, der skulle inddrages i henholdsvis CBA og MCA samt at vægte MCA-effekterne i forhold til hinanden.

Følgende effekter blev identificeret og udvalgt til at blive behandlet som del af henholdsvis CBA og MCA:

Effekt	Beskrivelse	Behandles som del af
Investerings-	Investeringsomkostninger består af udgifter til etablering af	CBA

omkostninger	letbanens faste baneanlæg med tilhørende underlag og installationer. Herunder etablering af tracé, broer, tunneller, sporanlæg, standsningssteder, signalanlæg, køreledningsanlæg, omformerstationer, driftsovervågning og realtidsinformation	
Driftsomkostninger (inkl. vedligehold)	Driftsudgifter består af udgifter i forbindelse med kørsel, kundebetjening, afskrivning og vedligeholdelse af rullende materiel, depot og værkstedsfaciliteter. Vedligehold består af de årlige udgifter til opretholdelse af det faste baneanlæg med tilhørende underlag og installationer, eksklusiv depot og værkstedsfaciliteter.	CBA
Driftsindtægter	Inkluderer indtægter fra salg af billetter.	CBA
Rejsetidsgevinst	For brugerne af den kollektive trafik og biltrafikken.	CBA
Risiko og sårbarhed	Inkluderer forhold af sikkerhedsmæssig karakter i forhold til et projekts potentielle skadelige indflydelse på samfundet relateret til faremomenter som forurening, trafikulykker, sabotage, tilgængelighed af infrastruktur etc.	CBA
Gennemførlighed	Reflekterer om det er realiserbart at gennemføre alternativet i forhold til byggemetode, geotekniske forhold, tilgængeligt udstyr og kompetence for at gennemføre alternativet.	MCA
Tilgængelighed	Tilgængelighed blev underopdelt i følgende sub-effekter: fysisk tilgængelighed og barriereeffekt. Fysisk tilgængelighed dækker over antal og placering af holdesteder langs bybanetracé. Barriereeffekt knytter sig til om der er mulighed for niveaufri krydsning af barriere under og efter etablering af letbanetracé. En barriere kan være fysisk som hindrer biler, cykler, fodgænger og dyrs færdsel, som giver reelle farer og utryghed og visuelle som mindsker og forstyrrer udsyn og sigtelinje.	MCA
Areal- og byudvikling	Vurdering af hvor godt de forskellige tracéalternativer understøtter muligheden for areal- og byudvikling.	MCA
Byggeperiode	Hvor lang tid det tager at etablere det pågældende tracéalternativ.	MCA
Driftsforhold	Driftsforhold blev underopdelt i følgende subkriterier: regularitet og punktlighed. Regularitet er defineret som andel af gennemførte afgang. Punktlighed er defineret som andel af tog som er rettidige.	MCA
Ejendoms- og arealanvendelse	Ejendoms- og arealanvendelse defineres bl.a. som de områder forsvaret råder over i dag og som muligvis i fremtiden vil blive inddraget. Sker dette vil det åbne op for yderligere mulighed for optimering af letbanetracé.	MCA

Figur 4 Udvalgte effekter

Generelt var beslutningskonferencen præget af konstruktiv dialog og stort engagement fra alle deltagere, hvilket resulterede i mange gode diskussioner og efterfølgende afklaring af fælles forståelse for metoder og effekter. Som udgangspunkt for hele beslutningsstøttekonferencen introducerede Atkins deltagerne til multi-kriterie metoden Analytical Hierarchy Process (AHP), som benyttes til efterfølgende vægtning af MCA-effekter og tracéalternativer.

Vægtningen af effekterne foregik via parvise sammenligninger i henhold til AHP metoden, hvor hver effekt på skift bliver sammenlignet med de andre effekter i henhold til følgende verbale pointskala.

Vægtning	Betydning
1	Samme
3	Større
5	Meget større
7	Særdeles meget
9	Ekstremt meget større
2, 4, 6, 8	Mellemliggende værdier

Tabel 1 AHP pointskala

Med 6 effekter blev der således i alt gennemført 15 parvise sammenligninger ($6 \cdot 5 / 2 = 15$).

Samtlige deltagere argumenterede, for hver parvis sammenligning, hvilken værdi den pågældende effekt burde have i forhold til den effekt den blev sammenlignet med. I det tilfælde der ikke kunne nås til konsensus om en værdi for en sammenligning, afgjorde gennemsnittet af samtlige tilkendegivelser den endelige vægtning. Resultatet af vægtning af effekterne, som blev foretaget af deltagerne på beslutningskonferencen, kan ses i nedenstående tabel.

Effekt	Vægtning
Gennemførlighed	0,04
Tilgængelighed	0,28
Areal- og byudvikling	0,27
Byggeperiode	0,09
Driftsforhold	0,28
Ejendoms- og arealbrug	0,04

Tabel 2 Vægtning af MCA-effekter

Med udvælgelsen af effekterne til inddragelse i henholdsvis CBA og MCA samt vægtning af MCA-effekterne, er det muligt at vurdere og vægte de 6 forskellige tracéalternativer i forhold til hinanden. Før denne vurdering kunne finde sted, var det nødvendigt at foretage et udredningsarbejde med det formål, at beregne de monetære konsekvenser af CBA-effekterne for hvert tracéalternativ samt belyse og afklare

problemstillinger for hver af de 6 MCA-effekter, så det var muligt enten kvantitativt eller kvalitativt at vægte tracéalternativerne for hver af effekterne.

Udredning

Udredningsarbejdet blev udført i to parallelle spor. Et spor hvor fokus var på at beregne CBA-effekterne for hvert tracéalternativ og et andet spor, hvor fokus var på kvalificering af vurderingsgrundlaget for MCA-effekterne. Udredningsarbejdet blev foretaget over en periode på et halvt år af Atkins og i tæt samarbejde med Bybanekontoret og relevante nøgleinteressenter. Midtvejs og til slut i processen blev nøgleinteressenterne, inklusiv samtlige deltagere fra beslutningsstøttekonferencen, inviteret til inddragningsmøder, hvor de blev præsenteret for udredningsarbejdet og fik mulighed for at kommentere og fremkomme med argumentation for den endelige vægtning af tracéalternativerne.

Den efterfølgende vurdering af tracéalternativerne i forhold til effekterne blev foretaget af Atkins på baggrund af det samlede udredningsarbejde og input fra interessenterne fra inddragningsmøderne.

Vurdering

Til den overordnede vurdering af de enkelte alternativer sammenholdtes som tidligere nævnt resultaterne fra cost-benefit og multi-kriterie analysen for at få alle de relevante effekters indflydelse med i vurderingen. Det blev besluttet på det afsluttende inddragningsmøde, at resultatet af multi-kriterie analysen skulle vægtes med 30%, da projektet set ud fra en samfundsøkonomisk synsvinkel ikke udelukkende kan holdes oppe af effekter, som det ikke er mulig direkte at værdisætte.

Tracéalternativ	CBA B/C rate	MCA Vægtning
1A	1,15	0,22
1B	0,89	0,19
1C	1,13	0,17
2A	3,52	0,15
2B	3,40	0,12
2C	1,36	0,14

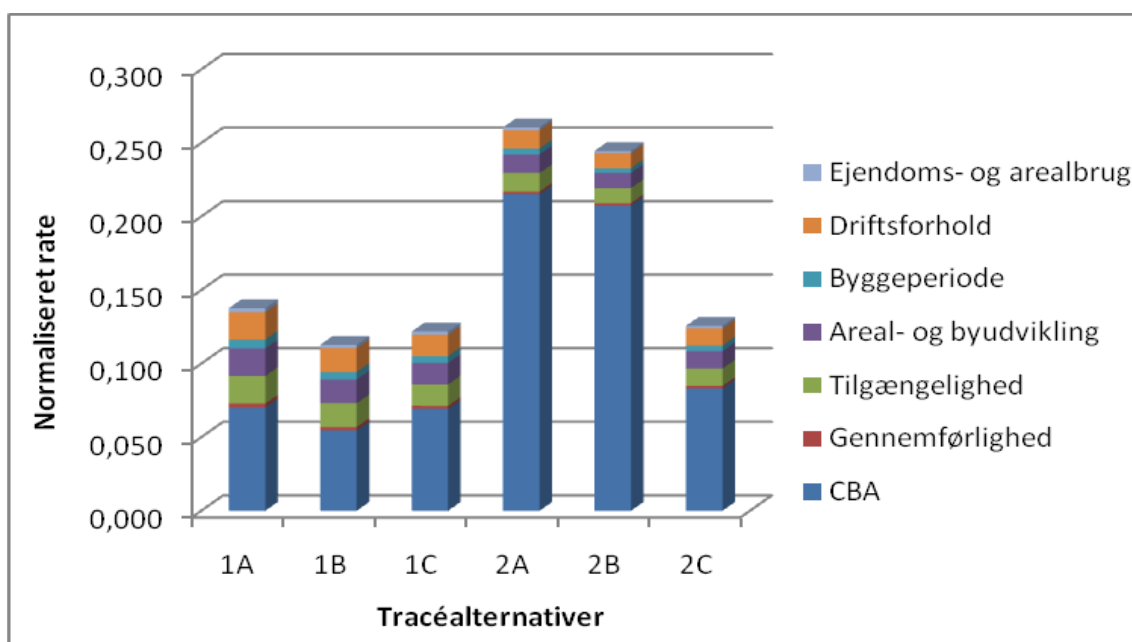
Tabel 3 Angivelse af CBA-resultat og vurderingsresultat for MCA

Det fremgår tydeligt at ovenstående tabel, at alternativ 2A og 2C fremstår som de klart mest attraktive alternativer set fra et CBA perspektiv, hvorimod alternativerne 1A og 1B er de mest attraktive ud fra et MCA perspektiv.

Resultater

Ved at normalisere resultaterne fra CBA og MCA analyserne i forhold til vægtningen 70/30 (CBA/MCA), er det muligt at fremkomme med et kombineret resultat ud fra en fælles skala, der udtrykker det mest optimale alternativ.

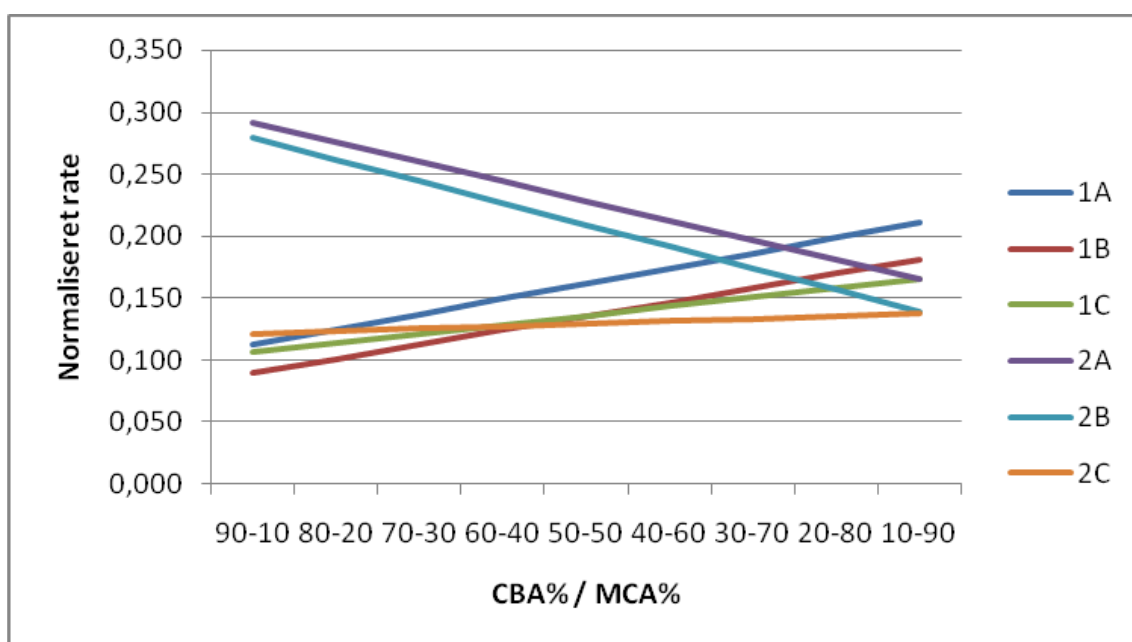
I nedenstående figur er det muligt at se, hvor meget resultatet fra cost-benefit analysen samt hver enkelt MCA-effekt bidrager med til det samlede resultat udtrykt ved den normaliserede rate.



Figur 5 Samlet resultat

Ud fra ovenstående figur fremgår det, at alternativ 2A fremstår som det mest attraktive tracéalternativ tæt efterfulgt af alternativ 2B. Det ses tydeligt, at den primære årsag til dette resultat er vægtningen af CBA med 70%.

Ved at foretage følsomhedsberegning på vægtningsforholdet mellem CBA og MCA, er det muligt at undersøge hvor robust det samlede resultat er. I nedenstående ses det, at alternativ 2A bliver mindre og mindre attraktivt jo højere MCA vægtes. Multi-kriterie analysen skal dog vægtes med mindst 74% før end et andet alternativ vil fremstå mere attraktivt. Alternativ 1A vil da fremstå som det mest attraktive tracéalternativ. Det kan altså konstateres at forskellen imellem de monetære effekter mellem hovedalternativerne 1 og 2 er så store, at MCA-effekterne vil skulle vægtes forholdsvis meget for at et andet alternativ vil fremstå mere attraktivt. Det samlede resultat fremstår dermed særdeles robust.



Tabel 4 Følsomhedsbetragtning

Erfaringer

Kombinationen af cost-benefit analyse og multi-kriterie analyse som samlet evalueringsmetode for vurdering af letbaneprojektet i Stavanger viste, at det er muligt at udføre en helhedsorienteret beslutningsanalyse med aktiv involvering af nøgleinteressenter, som på en systematisk og gennemskuelig måde effektivt kan fungere som beslutningsgrundlag for et baneprojekt.

Særligt den aktive involvering af nøgleinteressenter via beslutningsstøttekonferencen og efterfølgende inddragningsmøder viste sig som effektive måder at identificere relevante kriterier og tilsikre en retvisende vægtning af disse samt øge gennemskuelighed i vurderingsanalysen.

Selve beslutningsstøttekonferencen medførte nye ideer og henledning på problemstillinger, der ikke tidligere var tænkt på. I det at beslutningsstøttekonferencen blev afholdt på et forholdsvis tidligt stadie, åbnede det op for muligheden for at inddrage synspunkter, problemstillinger og ideer fra interessenterne, der kunne inddrages i evalueringsmetoden og efterfølgende udredes.

Et vigtigt udgangspunkt for en effektiv beslutningskonference er, at der forinden foretages et grundigt forarbejde med kortlægning af de væsentligste problemstillinger og konsekvenser af projektet. Det er ligeledes vigtigt med grundig forberedelse af deltagerne. Alternativt opstår muligheden for deltagerne vil tolke konsekvenserne af tiltaget forskelligt og dermed vurdere effekterne ud fra forskellige forudsætninger. Inddragelse af allerede udarbejdet materiale, såsom forstudier og VVM undersøgelser, som grundlag for beslutningsstøttekonferencen vil gøre det nemmere for deltagerne at identificere og udvælge effekter samt tildele disse en retvisende vægtning.

Det anbefales, at der ikke vurderes mere end 6 – 8 effekter på beslutningsstøttekonferencen, da det kan være svært for deltagerne at opnå det nødvendige overblik over effekterne og deres indbyrdes forhold. Med 8 effekter vil der skulle foretages 28 parvise sammenligninger samtidig med, at deltagerne skal introduceres til metoden og orienteres omkring resultat af kortlægningen. Det kan anbefales, at forberedelsesmateriale bestående af introduktion til metode samt kortlægningsmateriale sendes ud til deltagerne på beslutningsstøttekonferencen i god tid før denne afholdes.

Det bør tilstræbes at få deltagelse af beslutningstagere i beslutningsstøttekonference, da det er vigtigt, at der fokuseres på udvælgelse af centrale effekter af afgørende betydning for prioritering af det pågældende projekt. Det er dog også vigtigt, at deltagerne på beslutningsstøttekonferencen udgøres af interessenter med forskellig baggrund og ekspertise, så det er muligt at få foretaget en helhedsorienteret udvælgelse og vurdering af relevante effekter og deres indvirkning på projektet.

Metoden vurderes at være bredt anvendeligt i forhold til prioritering af infrastrukturelle tiltag og er forholdsvis let at gå til, men kræver dog brug af facilitator til gennemførelse af beslutningsstøttekonferencen samt indsigt i udarbejdelse af cost-benefit analyse og multi-kriterie analyse.