

Jernbanedirektoratet

Arealeffektivitet i transportsektoren

4. mai 2021



Tittel

Arealeffektivitet i transportsektoren

Oppdragsgiver

Jernbanedirektoratet

Oppdragsgivers kontaktperson

Morten K. Flisnes

Vårt prosjektnummer

20052

Skrevet av

Rolv Lea, Civitas AS

Ulrike Bayr, NIBIO

Wenche Dramstad, NIBIO

Christine Handstanger, Infraplan AS

Fotos og illustrasjoner

Forsidefoto: Rolv Lea, Civitas AS

Kart: Ulrike Bayr, NIBIO

Dato

04.05.2021

Sist revidert

–

© AS Civitas 2021

By-, miljø- og samfunnsplanlegging

www.civitas.no

Forord

Jernbanedirektoratet har gitt Civitas AS i oppdrag å gjennomføre et utredningsarbeid som kan øke kunnskapen om hvordan arealforbruk fra landbaserte transportsystem påvirker oppnåelsen av nasjonale mål knyttet til klima, miljø og bærekraftig utvikling, og å utvikle kunnskap og metodikk som viser hvordan arealeffektive, landbaserte transportsystemer kan bidra til å nå nasjonale mål.

Spørsmål som det konkret søkes svar på, er:

- Hvilken betydning har arealeffektiv transport på nasjonale målsetninger innen klima, bærekraft og miljø?
- Hva er arealeffektivitet i denne sammenheng?
- Under hvilke forutsetninger kan jernbanen sees på som en arealeffektiv transportform?

Utredningsarbeidet og metodeutviklingen er gjennomført som et samarbeid mellom Civitas AS, Infraplan AS og NIBIO.

Arbeidet har vært fulgt av en arbeidsgruppe i Jernbanedirektoratet bestående av Morten Kaldhussæter Flisnes, Ingvild Nilsen og Kristin Dahl Stoknes.

For oppdragstaker er arbeidet utført av Rolv Lea (Civitas AS, prosjektleder), Wenche Dramstad (NIBIO) og Christine Handstanger (Infraplan AS). Ulrike Bayr (NIBIO) har utført GIS-analysene og Eivind Orre (Orre AS) har bidratt med kontrollmål basert på luftfoto.

Innhold

| | |
|---|-----------|
| Forord | 3 |
| Innhold | 4 |
| Sammendrag | 6 |
| 1 Innledning og avgrensning | 10 |
| 1.1 Bakgrunn | 10 |
| 1.2 Hva menes med «effektiv arealbruk»? | 11 |
| 1.3 Arealeffektivitet og grad av måloppnåelse | 12 |
| 1.4 Transportinfrastruktur og naturmangfold | 14 |
| 2 Hva er de nasjonale målene? | 17 |
| 2.1 Klimamål | 17 |
| 2.2 Mål for naturmangfold..... | 18 |
| 2.3 Mål for bærekraft..... | 19 |
| 2.4 Det er grunnlag for målkonflikter..... | 20 |
| 3 Avgrensinger | 22 |
| 3.1 Kun landbaserte transportsystem..... | 22 |
| 3.2 Kun infrastruktur i driftsfasen | 22 |
| 3.3 To arealdefinisjoner | 23 |
| 3.4 Kun strekningsvis analyse | 25 |
| 4 Metode for beregning av arealeffektivitet | 27 |
| 4.1 Overordnet definisjon og anvendelse | 27 |
| 4.2 Tallfesting av transportkapasitet..... | 28 |
| 4.3 Tallfesting av infrastrukturareal | 35 |
| 4.4 Øvrige arealer | 40 |
| 4.5 Naturmangfold og klima..... | 41 |
| 4.6 Geografiske analyser | 43 |
| 5 Areal- og naturmangfold – resultater for eksempelstrekninger . | 45 |
| 5.1 P1: Oslo – Tønsberg | 46 |
| 5.2 P2: Oslo – Hamar..... | 48 |
| 5.3 P3: Stavanger – Egersund..... | 50 |
| 5.4 P4: Trondheim - Steinkjer | 52 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 5.5 | G1: Oslo – Trondheim..... | 54 |
| 5.6 | G2: Oslo – Bergen | 56 |
| 6 | Eksempelstrekningene oppsummert..... | 58 |
| 6.1 | Arealeffektivitet..... | 58 |
| 6.2 | Naturmangfold og klima..... | 63 |
| 7 | Arealeffektivitet, arealegenskaper og måloppnåelse..... | 67 |
| 8 | Videre kunnskapsbehov..... | 72 |
| 9 | Referanser..... | 74 |
| | Vedlegg: Dokumentasjon GIS-analyser | 76 |

Sammendrag

Bakgrunn

Det er en økende bevissthet om at landareal er en begrenset, og derfor verdifull, ressurs. Norge har forpliktet seg til en rekke mål om reduksjon av klimautslipp, naturmangfold og bærekraft. Mange av disse er direkte eller indirekte koblet til arealbruk. Jernbanedirektoratet har behov for mer kunnskap om hvilken betydning arealbruk til transportformål har for de ulike målsetningene.

Effektiv arealbruk, eller arealeffektivitet, defineres i denne rapporten som å få en høyest mulig måloppnåelse ut av det arealbeslaget som gjøres. De ulike målene gir grunnlag for målkonflikter, for eksempel ved at økt arealbruk til matproduksjon kan gå på bekostning av å la arealet være uberørt natur og derved bidra til naturmangfold. Både økt matproduksjon og opprettholdelse av naturmangfold er nasjonale mål. Tilsvarende innenfor transportsektoren kan bedre og større veier gi økt trafiksikkerhet, men også her på bekostning av areal med stor betydning for naturmangfold. Vurdering av måloppnåelse avhenger derfor av hvordan de ulike målene vektlegges.

Avgrensing

Utredningen er avgrenset til å se på vei- og jernbanetransport i infrastrukturens driftsfase, og kun for enkeltstrekninger. I utredningen utvikles en metode for å tallfeste arealeffektivitet definert som forholdet mellom transportkapasitet og areal som er direkte nedbygget (lagt under asfalt eller pukk). I vurdering av ulike infrastrukturstrekningers måloppnåelse legges en videre forståelse av areal til grunn, mer i retning av areal hvor naturen er påvirket av inngrepet.

Beregningsgrunnlag

Metoden utvikles for seks eksempelstrekninger, to for godstransport mellom byer og fire for pendling til/fra bysentre. Det utvikles inntil tre beregningsalternativer for hver strekning, for det formål å undersøke hvordan ulike forutsetninger om blant annet infrastrukturstandard og reisekomfort påvirker resultatene.

Mange arealkrevende funksjoner er felles for vei og jernbane. Dette gjelder for eksempel parkeringsplasser og annet veiareal i tilknytning til jernbanestasjoner samt selve stasjonsarealet, godsterminaler, hensettings- og verkstedsareal. I beregningene er dette avgrenset slik at stasjonsbygg, perronger og ekstra sporareal er inkludert som jernbaneareal for

persontransporteksemplene, mens veikryss er inkludert som veiareal. Begge disse regnes som areal til nødvendige funksjoner for å sammenkoble forskjellige infrastrukturnivåer. I godstransporteksemplene er arealforbruket kun regnet som kjørevei inklusiv kryssningsspor. Det er sett på i hvilken grad infrastruktur i tunnel – hvor arealforbruket ikke påvirker naturen på overflaten - har betydning for resultatene.

Arealeffektivitet i persontransport

Eksempelberegningene peker mot at antallet mulige reisende pr. time. pr. kvadratkilometer på dobbelsporet jernbane kan ligge tre til fem ganger over det tilsvarende for firefelts vei.

Arealeffektiviteten for enkeltsporet jernbane og tofelts vei synes å være mer på samme nivå.

Nivåene for arealeffektivitet som er beregnet i jernbaneeksemplene er om lag 400-1700 personer pr. time pr. kvadratkilometer. Det tilsvarende for vei er om lag 250-600 personer pr. time pr. kvadratkilometer. Disse intervallene omfatter to- og firefelts vei og enkeltsporet og dobbelsporet jernbane.

Areal til veikryss og stasjoner påvirker arealeffektivitetstallene med i område en til to prosentpoeng. Areal i tunnel kan ha større betydning, og er holdt utenfor i disse resultatene.

Arealeffektivitet i godstransport

Beregnete arealeffektivitetsnivåer for bane og vei er forholdsvis like og ligger i intervallet 12-26 TEU pr. time pr. kvadratkilometer. Det sees kun på godstransport som kan tallfestes som containerlaste – TEU. Mindre endringer i forutsetninger i de ulike eksempelberegningene, som for eksempel om det forutsettes veitransport med semitrailer eller med det større modulvogntoget, kan være tilstrekkelig til å snu arealeffektivitetsforholdet mellom transportformene.

Godstransport-eksemplene er utformet slik at persontransportens behov for kapasitet tilfredstilles først, tilsvarende hvordan sportilgang på jernbane fordeles i dag. Med en slik forutsetning kan det for veiinfrastruktur pekes på at over et døgn er det mange timer med svært lite trafikk, og at dette er infrastrukturkapasitet som i prinsippet kan benyttes til godstransport, og som i prinsippet og i en partiell betraktning kunne gi langt høyere arealeffektivitet for godstransport på vei. Eventuelle nettverkseffekter, som for eksempel at midlertidige kødannelser kan føre til varierende trafikkbelastning andre steder i nettverket, er ikke tatt hensyn til.

Naturmangfold

Mulige indikatorer for naturmangfold er direkte arealbeslag, antall rødlistede arter, antall observasjoner av disse artene og utvalgte verdifulle naturtyper som antas påvirket av arealbeslaget.

I eksempelberegningene er jernbanesporets arealbeslag mellom en halvpart og to tredeler av veibanens. Lengdeforskjellen mellom bane og veirute er i de fleste eksemplene minimal.

Antall arter som er observert i nærheten av eksempelstrekningene, er ganske likt for vei og bane, men banen kommer på de analyserte strekningene i kontakt med noe større areal av viktige naturtyper. I gjennomsnitt finner vi flere registreringer av rødlistearter langs jernbanen, noe som kan tilskrives strekningsforløpet.

Det er vesentlig hvor i landet infrastrukturen befinner seg, og til dels også om den er i innlandet eller i kystnære områder. Dette har sammenheng med den store naturlige variasjonen som finnes i Norge.

Lokale forhold spiller en viktig rolle. Ofte er det noen få, spesielle områder som øker antall berørte arter betraktelig. Slike områder har ofte langt flere artsregistreringer, enten på grunn av et faktisk høyere artsrikdom, eller på grunn av en høyere observasjonsintensitet.

Måloppnåelse

- Bane synes å være langt mer arealeffektiv enn vei når det gjelder persontransport.
- Når det gjelder godstransport er forskjellene mindre. Med en bedre metode for tallfesting av transportkapasitet på vei kan muligens vei være den mest arealeffektive transportformen for gods.
- Arealforbruket er generelt mye mindre for bane enn for vei.
- Påvirkning på naturmangfold er stedsavhengig og viser til dels stor variasjon.

Videre kunnskapsbehov

Det bør utvikles indikatorer, og aller helst kvantitative indikatorer, på omfang og alvorlighet av transportinfrastrukturens påvirkning på naturmangfold og økosystemer.

Det bør også utredes nærmere hvor den største samfunnsnyttene ligger – begrenset arealbruk, redusere infrastrukturens barrierevirkning, færre viltpåkjørslar, eller annet.

Det bør undersøkes nærmere i hvilke situasjoner rutenettanalyse bør anvendes framfor bufferanalyse, og omvendt, samt hvilkene rutestørrelse som bør benyttes.

Det har ikke lyktes i dette oppdraget å tallfeste maksimal veikapasitet over lange strekninger på en tilfredstillende måte. Det bør vurderes å undersøke alternative framgangsmåter som kan gi større datamengder og /eller som kan gi mulighet for vurdere transportkapasitet i et nettverk.

Den partielle infallsvinkelen med å se på enten persontransport eller godstransport er noe utilfredstillende når virkeligheten er at infrastrukturen brukes av begge. Det bør vurderes utviklet en felles «lasteenhet» som kan fange opp både gods- og personer.

1 Innledning og avgrensning

1.1 Bakgrunn

Landareal er en begrenset ressurs, noe som gjør det verdifullt. Dette er det blitt en økende bevissthet rundt både internasjonalt og nasjonalt. En konsekvens av dette er økt oppmerksomhet om viktigheten av en kunnskapsbasert arealforvaltning, og helt konkret hva vi velger å bruke areal til. Effektiv arealbruk er dessuten viktig for å nå en rekke nasjonale og internasjonale mål, som f.eks. å redusere klimagassutslipp, å opprettholde god økologisk tilstand i økosystemene og å bidra til en bærekraftig samfunnsutvikling.

Som en begrenset ressurs er det en problemstilling hvordan areal allokeres mellom samfunnssektorer, hvor «uberørt natur» kan regnes som en sektor. Isolert sett, og innenfor hver enkelt sektor, bør denne ressursen benyttes slik at bruken bidrar til høyest mulig måloppnåelse. Samtidig er det flere mål der måloppnåelse påvirkes av arealbruk, noe som også kan gi grunnlag for målkonflikter. Uansett går utbygging av transportinfrastruktur på bekostning av arealressursene, og det er dermed viktig at arealbruken sees i sammenheng med den samfunnsnyttene transporttiltaket gir.

Jernbanedirektoratet har behov for mer kunnskap om hvilken betydning arealbruk til transportformål, og spesielt jernbaneformål, har for nasjonale målsetninger innen klima, bærekraft og miljø. Jernbanen opptar, som andre landbaserte transportsystem, arealer for å transportere gods og mennesker. Formålet med dette utredningsarbeidet er todelt, og helt spesifikt

- å øke kunnskapen om hvordan arealforbruk fra landbaserte transportsystem påvirker oppnåelse av nasjonale mål knyttet til
- klima jf. Meld. St. 21 (2011-2012) Norsk Klimapolitikk.
- miljø jf. Meld. St. 14 (2015-2026) Natur for livet – Norsk handlingsplan for naturmangfold og Naturmangfoldloven
- bærekraftig utvikling jf. nullvekstmålet og Norges forpliktelser til FNs bærekraftsmål
- å utvikle kunnskap og metodikk som viser hvordan effektiv arealbruk til landbaserte transportsystemer kan bidra til måloppnåelse, herunder også under hvilke forutsetninger det kan sies at jernbanen bruker areal på en effektiv måte.

1.2 Hva menes med «effektiv arealbruk»?

Effektivitet er et tema i mange ulike sektorer. Generelt handler effektivitet om resultat i forhold til innsats. Kolbjørnstveit (2019) definerer effektivitet som noe som «...handler om å bruke minst mulig ressurser eller innsatsfaktorer for oppnå et best mulig resultat. Man blir mer effektiv hvis man oppnår høyere måloppnåelse med samme innsatsfaktorer som før, eller hvis man trenger mindre innsatsfaktorer for å nå samme mål.»

I eiendomssektoren er man opptatt av arealeffektivitet som «er et mål på hvor effektivt man utnytter bebygde arealer. Arealeffektiviteten måles i antall leide kvadratmeter per ansatt, og man legger til grunn det totale arealet, inkludert fellesrom.» (Norsk eiendom, ne.no). Bedriftsforbundet skriver i en veileder for leie av lokaler, under overskriften «lokalenes arealeffektivitet», at «for mange bedrifter er det kostnaden pr. medarbeider som er sentral, det må avklares hvor mange kvadratmeter som går med til hver ansatt.» (dinbedrift.no).

Felles for disse definisjonene er at en definisjon tilsvarende Kolbjørnstveits ligger til grunn. Som bedriftsøkonomiske aktører er medlemmer hos Bedriftsforbundet og Norsk eiendom opptatt av at produksjonslokalene bidrar til best mulig måloppnåelse (økonomisk overskudd), og i hvilken grad lokalene gjør dette vurderes ut fra forholdstallet kvadratmeter pr. ansatt. Dette forholdstallet kalles arealeffektivitet – et begrep som henspiller på i hvilken grad et areal som en innsatsfaktor bidrar til å nå et mål, uavhengig av hva dette målet er.

Arealeffektivitet handler om å vurdere arealbruk som en innsatsfaktor opp mot grad av måloppnåelse.

For transportsektorene er det ikke produksjonslokaler som er det sentrale, men arealbeslaget «på bakken» av den infrastrukturen som er nødvendig for å kunne produsere transporttjenester. En slik analogi er ikke noe nytt: Et internettsøk på «land-use efficiency» gir noen treff på vitenskapelige artikler som ser på forholdet mellom areal «på bakken» og produksjonen i en samfunnssektor. Innenfor elektrisitetsproduksjon finnes for eksempel en artikkel i Environmental Science & Technology (Hernandez, 2013):

“... Maximizing the efficient use of land for utility-scale solar energy (USSE) is one of the major challenges in realizing the full potential of solar energy; however, the land-use efficiency (LUE; Wm^{-2}) of USSE remains ambiguous. We quantified the capacity-based LUE of 183 USSE

installations (>20 MW; planned, under construction, and operating) using California as a case study. ... Our findings can be used to better understand and improve the LUE of USSE, thereby maximizing economic, energetic, and environmental returns on investments.”

1.3 Arealeffektivitet og grad av måloppnåelse

Om vi overfører definisjonene på effektivitet til arealbruk og utvikling av transportinfrastruktur, er en naturlig definisjon at samfunnet må få mest mulig transport ved å bruke minst mulig areal. Den transportløsningen som gjør dette, altså har det beste forholdet mellom transport og arealbruk, vil da regnes som å være den arealmessig mest effektive transportformen.

Om vi ser utelukkende på mål for transport kan den mest arealeffektive transportformen operasjonaliseres som forholdstallet mellom transport og arealforbruk:

$$\text{Arealeffektivitet} = \frac{\text{Transport}}{\text{Arealforbruk}}$$

Gitt at landareal er en begrenset og verdifull ressurs er det imidlertid også andre mål som er relevante å ta inn i vurderingen av hva areal skal brukes til (se mer detaljert omtale av relevante nasjonale mål i kapittel 2). Påvirkningen på naturmangfold og klimautslipp er spesielt aktuelle, da disse potensielt er direkte påvirket av endringer i arealbruk.

Vi vil derfor koble arealeffektivitet innen transport med betydningen av denne arealeffektiviteten for grad av måloppnåelse også for mål innen tema naturmangfold og klima.

Alternativt kunne vi gå direkte fra transportinfrastrukturens arealbeslag til hvordan dette bidrar til å nå de nasjonale målene. Med en slik fremgangsmåte ville brøken over ikke ha transport, men et uttrykk for de overordnede, nasjonale målene i telleren. Når vi har valgt bort en slik fremgangsmåte er dette fordi det er vanskelig å se hvordan de overordnede målene kan tallfestes til én størrelse. Uten en slik operasjonalisering forblir arealeffektivitet en sammensatt og kvalitativ størrelse, og vil heller ikke si noe om hvilken «transportnytte» arealbruken gir samfunnet. En bedre vei å gå synes å være å tallfeste både transport og arealbeslag, og dermed arealeffektivitet, som en mellomstasjon på veien til å vurdere sammenhengen mellom arealforbruk og grad av oppnåelse av overordnede mål. Dette er heller ikke uten



Figur 1-1 Utvikling av ny infrastruktur kan påvirke store arealer, her fra nye E18 gjennom tidligere Østfold fylke. Bildene er tatt fra samme punkt med noen års mellomrom. Foto: O. Puschmann, NIBIO.

utfordringer, men en slik fremgangsmåte viker i utgangspunktet mer fruktbar.

Gitt definisjonen foran er en arealeffektiv transportinfrastruktur den som tilbyr best mulig transportkapasitet med minst mulig arealforbruk. Med tanke på mål om naturmangfold er det i tillegg viktig *hvilke* naturtyper og arter som blir berørt av omdisponering av areal til transportinfrastruktur, og *i hvilket omfang*. Om arters leveområder blir redusert eller ødelagt som en følge av utvikling av transportinfrastruktur er dette direkte knyttet til en redusert måloppnåelse for mål om å ta vare på naturmangfoldet. For mål om redusert utslipp av klimagasser er det isolert sett viktig om omdisponering av areal til transportinfrastruktur påvirker naturtyper som allerede har bundet mye karbon (for eksempel myr), og ved påvirkningen bidrar til at dette frigjøres. Den motsatte situasjonen er også viktig, med det mener vi om den reduserer framtidig opptak av karbon fra luften, noe som for eksempel vil være en konsekvens av fjerning av skog.

1.4 Transportinfrastruktur og naturmangfold

I utgangspunktet vil alle endringer av jordoverflaten ha en betydning for naturmangfoldet. I henhold til Lov om forvaltning av naturens mangfold (naturmangfoldsloven) er naturmangfold (§3i) «biologisk mangfold, landskapsmessig mangfold og geologisk mangfold, som ikke i det alt vesentlige er et resultat av menneskers påvirkning». Vi har av praktiske årsaker i dette arbeidet valgt å fokusere på artsmangfold og verdifulle naturtyper. Konkret vil betydningen av endringer i arealbruk på arter og naturtyper variere avhengig av økosystem og type og omfang av endringen. Generelt vil de fleste påvirkninger føre til at noe eller noen begunstiges, mens andre blir skadelidende. Det vil også være arter som tilsynelatende ikke blir berørt.

Selv om noen former for menneskelig bruk av og påvirkning på arealer vil være positive for eksempel for enkelte arter, vil de langt fleste være negative. Effektene på naturmangfoldet vil videre være direkte eller indirekte. Blant de direkte effektene er påkjørsler, som gir skade og død. For enkelte arter kan dette være alvorlig, slik det for eksempel er for panter i Florida. I Norge ble om lag 8 800 rådyr, elg, hjort og villrein påkjørt av bil eller tog i jaktåret 2018/19, uten at dette er vurdert å være alvorlig for populasjonene av disse artene. Det er imidlertid ikke bare de store og lettere observerbare artene som nevnes i sammenheng med trafikk. Spørsmålet om hvor mange insekter og amfibier som dør i møte med biltrafikken er også løftet frem, men her mangler det fremdeles gode svar. Dog er det ikke vanskelig å tenke at antallet på nasjonalt nivå i løpet



Figur 1-2 Rådyr er en art som ofte er innblandet i viltpåkjørsler. Foto: W. Dramstad, NIBIO.

Saltsnacks for elg på E6

Melhusmannen Roald Sagdahl kom rundt en sving da han fikk se en elgfamilie stå på kne i veibanen.



Figur 1-3 Fra oppslag i Adressa 8/11-2017. Fotograf Roald Sagdahl.

av et år kan være alarmerende høyt. Et annet eksempel på direkte påvirkning kan være saltsprut fra saltede veier, som kan påvirke både plante- og dyreliv i veiens nærområde.

Blant de mer indirekte effektene er endringer av mikroklima. Mørke flater, som asfalt, magasinerer varme. Dette kan virke tiltrekkende eller positivt på enkelte varmekjære arter. Også vind som skapes av trafikk kan ha effekt på naturmangfoldet nær vei eller bane. Det samme kan lyd, som er vist å påvirke fuglesang i veiens nærområde. Det å se eller høre



Figur 1-4 Lupiner som spres langs veisystemer er et kjent fenomen. Her fra E6 gjennom Østfold. Foto: W. Dramstad, NIBIO.

trafikk og ferdsel kan også få mobile arter til å trekke unna, og på den måten påvirke hvordan de utnytter ressursene i landskapet. I tillegg kommer den rene «barriere-effekten» som vil hindre forflytning på tvers av infrastrukturen, og på den måten få betydning blant annet for genetikken til delpopulasjoner på hver side.

En helt spesiell følge av transportinfrastruktur er videre at den kan bidra til spredning av arter. Mange er kjent med hvordan lupiner har etablert seg i veikanter i en del områder. Det er også dokumentert at biler kan bringe med seg, og bidra til å spre, et stort antall ulike arter av både planter (gjennom plantedeler og frø) og insekter.

Omdisponering av areal til transportinfrastruktur vil generelt heller redusere enn å øke naturmangfoldet, selv om det altså finnes unntak hvor sammenhengen til en viss grad kan synes omvendt. Å bygge transportinfrastruktur (eller generelt å omdisponere naturareal til annen bruk) vil derfor isolert sett fjerne oss fra å nå nasjonale mål, som for eksempel målet om at utviklingen til truede og nær truede arter og naturtyper skal bedres. Det viktige blir derved å begrense areal brukt til infrastruktur samtidig som det brukte arealet gir så høy nytteverdi som mulig.

Med dette som utgangspunkt ønsker vi å koble sammen mål om en arealeffektiv transport med mål for naturmangfold og klima. Vår tolkning er at dette betyr å bruke så lite areal som mulig – for å oppnå mest mulig transport – med minst mulig negativ effekt på naturmangfold og utslipp av klimagasser.

2 Hva er de nasjonale målene?

2.1 Klimamål

Norges klimamål beskrives på regjeringen.no som å «*reducere utslippene med minst 50 prosent og opp mot 55 prosent sammenlignet med 1990-nivå*». Avklaring av fordeling av utslippskutt på kvotepliktig og ikke-kvotepliktig sektor, og hvordan og i hvilken grad for eksempel karbon bundet i skog skal regnes med, avhenger av hvordan EU velger å gå fram.

Det er også et politisk mål om at Norge i 2050 skal være et lavutslippssamfunn, hvor utslippene av klimagasser er redusert med 80-95 prosent (regjeringen.no)

Opptak og utslipp knyttet til arealbruk og arealbruksendringer regnes med i det norske klimagassregnskapet. Alle landarealer i Norge er inkludert; det vil si skog, dyrket mark, beite, utbygd areal, vann og myr og annen utmark. Karbon som lagres i treprodukter regnes også med (Miljødirektoratet 2020, Miljødirektoratet n.d.). Hvilke arealer som berøres av en utbygging blir derved utslagsgivende for klimagassutslipp fra transportinfrastrukturen. Generelt vil en negativ påvirkning basert på endringer i arealbruk i hovedsak enten være knyttet til at karbon som er bundet, for eksempel i myr, slippes ut i atmosfæren eller ved at arealers evne til å binde karbon reduseres, for eksempel ved fjerning av skog.

Når det gjelder infrastrukturen kompliseres imidlertid vurderingene av at utslippene er ulike i de ulike fasene; fra produksjon av materialer som skal brukes, gjennom selve byggeprosessen til den ferdige infrastrukturen er i bruk. Vestlandsforskning oppgir livsløps-utslippsfaktorer («well-to-wheel»-faktorer) hvor konstruksjon, vedlikehold og drift av infrastrukturen utgjør 93 prosent av utslippene av CO₂ pr. vognkilometer for lange personreiser med elektriske tog. Tilsvarende for elektrisk personbil er 90 prosent, og for bensindrevet personbil under to prosent (transport.vestforsk.no). For godstransport utgjør det tilsvarende utslippet pr. tonnkilometer 95 prosent for elektrisk godstog, 29 prosent for dieseltog og åtte prosent for de største lastebilene. Det er også ofte et større areal som blir berørt i byggefasen enn det endelige infrastrukturarealet. Dette viser at i en vurdering av eksisterende infrastruktur og hvor kjøretøybestanden for det meste fortsatt bruker fossil energi, er bruk av infrastrukturen den viktigste kilden til utslipp av klimagasser. I etablering av ny infrastruktur vil dette være annerledes.

2.2 Mål for naturmangfold

Det eksisterer en rekke ulike mål for forvaltning av naturmangfold. Dette bygger blant annet på at Norge, gjennom å ratifisere for eksempel konvensjonen om biologisk mangfold (CBD) og bærekraftsmålene, har etablerte, internasjonale forpliktelser. Samtidig har vi nasjonalt formulerte målsetninger om forvaltning og ivaretagelse av naturmangfoldet.

Oppsummert handler målene om å ta vare på det mangfoldet av gener, arter og økosystemer som finnes, og også sikre forvaltning av et mangfold av landskap og et geologisk mangfold. Videre skal økosystemene sikres en god tilstand, slik at de leverer økosystemtjenester. Ingen arter og naturtyper skal utrykkes, og utviklingen til truede og nær truede arter og naturtyper skal bedres. Det er også et mål å ta vare på et representativt utvalg av norsk natur for kommende generasjoner.

Økosystemtjeneste er definert som goder, tjenester eller produkter som naturen leverer til oss mennesker. Begrepet er utviklet bl.a. som et redskap for å beregne den økonomiske verdien av naturen. Det skilles gjerne mellom forsynende tjenester, regulerende tjenester, grunnleggende livsprosesser og opplevelses- og kunnskapstjenester. Det er beskrevet en lang rekke ulike økosystemtjenester (se f.eks. NOU 2013:10) og alle økosystemer leverer én eller flere. Samtidig er det verdt å være oppmerksom på at det også er beskrevet enkelte negative økosystemtjenester eller «disservices».

Disponering av areal til for eksempel vei- og boligbygging, industri, jordbruk og andre næringsformål er viktig for samfunnet, men har stor innvirkning på naturmangfoldet, og derved også på økosystemene og deres evne til å levere økosystemtjenester. Faktisk er arealendringer en av de fem overordnede påvirkningsfaktorene som globalt sett trekkes fram som de største truslene mot jordas biologiske mangfold, i tillegg til forurensning, klimaendringer, fremmede arter og høsting. For mange truede arter er endringer i arealbruk den viktigste trusselfaktoren, og arealendringer er angitt som den viktigste påvirkningen mot truede arter i Norge. I følge Artsdatabanken er hele 90 prosent av de truede artene og over 80 prosent av de truede naturtypene antatt å være negativt påvirket av arealendringer (Henriksen og Hilmo, 2015).

Dette tilsier at å endre areal fra en mer eller mindre naturlig tilstand til infrastruktur vil føre oss *bort* fra målene for naturmangfold. Infrastrukturareal bidrar for eksempel ikke til å sikre økosystemene en god tilstand. Tvert imot er det sannsynlig at utvikling av infrastruktur kan bidra til at situasjonen for truede arter og naturtyper forverres. Dette tilsier at målet må være å begrense den negative effekten så mye som

mulig, gjennom å begrense arealforbruket og sikre en høyest mulig arealeffektivitet.

2.3 Mål for bærekraft

FNs bærekraftsmål er satt sammen av 17 mål og totalt 167 delmål, og er tilgjengelig på www.fn.no. Enkelte mål er overlappende med mål formulert andre steder, for eksempel mål nummer 15 «Liv på land» som Regjeringen har definert til å være «Verne, tilbakeføre og fremje berekraftig bruk av økosystem, sikre berekraftig skogforvaltning, motverke ørkenspreiing, stanse og reversere landforringing og stanse tap av artsmangfold» (regjeringen.no). På samme måte som de overfor omtalte mål om naturmangfold, er dette eksempel på et mål som er direkte knyttet til arealbruk. Også mål nummer 11; «Bærekraftige byer og lokalsamfunn» er relevant. Om dette målet uttaler Regjeringen at dette blant annet innebærer at byområdene skal få bedre framkommelighet, klimagassutslippene og lokal forurensning skal reduseres, og det skal være mindre støy. Nullvekst i persontransporten med bil og mer effektiv arealbruk fremmes som de viktigste virkemidlene. Måloppnåelsen er koblet til arealbruk, og spesielt til arealeffektivitet, som omtales som et av hovedvirkemidlene. Et relatert virkemiddel er i følge Regjeringen byvekst- og byutviklingsavtaler i de store byområdene, som bidrar til mer effektiv og samlet arealbruk og transport (regjeringen.no).

En rekke av bærekraftsmålene har imidlertid kun en indirekte sammenheng med arealbruk. Typisk for disse er at arealbruk kan være nødvendig for å bygge infrastruktur for mobilitet for personer eller gods, som på sin side bygger opp under næringsliv, sysselsetting, økonomisk vekst, som det igjen er bærekraftsmål for. Forfølger man en slik



Figur 2-1 FNs bærekraftsmål (kilde: regjeringen.no)

argumentasjon vil man i de fleste tilfellene komme fram til at alt avhenger av alt annet, noe som blir for omfattende, og antagelig lite fruktbart for dette prosjektet. Vi vurderer derfor ikke nærmere bærekraftsmål som kun har en svært indirekte sammenheng med arealbruk.

For de mål som er direkte knyttet til arealbruk, for eksempel mål 15 «Liv på land», mål 13 «Stoppe klimaendringene» og mål 2 «Utrydde sult» gjelder mange av de samme vurderingene som vi har omtalt tidligere; en endring av arealbruk til infrastruktur vil ofte ha en negativ betydning i forhold til måloppnåelse. Et eksempel som stadig er aktuelt i Norge er nedbygging av jordbruksareal, der endring av arealbruk står i direkte motforhold til mål 2.

2.4 Det er grunnlag for målkonflikter

En målkonflikt eksisterer dersom oppfyllelse av én målsetning bidrar negativt til oppfyllelse av en annen målsetning. Gitt at areal er en verdifull, men begrenset, ressurs som kan brukes til mange ulike formål, legges det et grunnlag for målkonflikter. Det er imidlertid ikke nødvendigvis selve målene som skaper konflikt, men heller tiltakene vi velger for å nå målene. Ett eksempel på en slik konflikt skapes gjennom bioøkonomiens mål om å øke forbruket av fornybare biologiske ressurser som erstatning for fossile ressurser. Et tiltak for å nå dette målet er økt hugst og uttak av tømmer fra norsk skog. Det arealet som gir høyest produksjon av tømmer av best kvalitet, og derved er spesielt interessant for et slikt økt uttak, er imidlertid også det arealet der man forventer et høyest arts mangfold som vil bli negativt påvirket av hugst (Krøgli m. fl., 2020).

Et annet eksempel der endret arealbruk kan være et tiltak som bidrar til å nå ett mål, men gir negativ effekt i forhold til et annet mål, er skogplanting på areal som kan brukes til jordbruksproduksjon. Skogplanting bidrar positivt til å nå klimamål gjennom økt karbonfangst. Samtidig er det et mål om å øke matproduksjonen for å sikre tilstrekkelig mat til en voksende befolkning (jmf. bærekraftsmål 2 «Utrydde sult»). Også i Norge er det uttalte mål om å øke matproduksjonen (Meld. St. 11 (2016-2017)), og det å plante skog på areal som kan bidra til å produsere mat vil virke negativt i forhold til dette målet.

Tilsvarende gjelder lokale eller regionale mål om utvikling av nærings- eller boligareal med god tilgjengelighet og lave opparbeidingskostnader, og nærhet til knutepunkt for transportinfrastruktur, som ofte kommer i konflikt med målet om å ta vare på jordbruksareal (Eiter og Bayr, 2016).

Det er også andre eksempler på målkonflikter. FNs bærekraftsmål nr. 3, som har ordlyden «God helse og livskvalitet: Sikre god helse og fremme livskvalitet for alle, uansett alder», har som ett av flere delmål «Innen 2020 halvere antall dødsfall og skader i verden forårsaket av trafikkulykker» (delmål 3.6). Trafikksikkerhetshåndboken (tshandbok.no) nevner flere forhold ved veiutforming og veistandard som kan bidra til å nå et mål om færre skadde og drepte i trafikken, og å bruke mer areal «under asfalt» er i mange sammenhenger et aktuelt tiltak, enten dette er til bredere kjørefelt, større avstand mellom kjørebaneer eller planfrie kryss. Også utforming av vei-ers sidearealer (som ikke ligger under asfalt) kan påvirke i hvert fall konsekvensene av ulykker, og dermed gi økt måloppnåelse under delmål 3.6, men kan også ha negative konsekvenser for naturmangfold.

Tiltak for å bedre utformingen av veginfrastruktur vil også bidra til å gjøre transporttilbudet bedre og ha som bieffekt at trafikken øker. Dette kan være i konflikt med klimamålene og nullvekstmålet.

Areal er en verdifull, men begrenset, ressurs som kan brukes til mange ulike formål. Derved etableres det et grunnlag for målkonflikter.

3 Avgrensinger

Den overordnede problemstillingens kompleksitet har gjort det nødvendig å velge ut noen problemstillinger å løse, mens andre problemstillinger må vente til arbeidet videreføres. Viktige avgrensinger som er gjort i dette arbeidet, er:

3.1 Kun landbaserte transportsystem

Utredningen tar kun for seg jernbane- og veitransport.

Sjøtransport og lufttransport skiller seg i stor grad fra jernbane og vei i hvilke markedssegmenter de er rettet mot. De er videre ikke direkte sammenlignbare i forhold til arealbeslag og vurderinger av arealeffektivitet som er fokus i oppdraget. Dette gjelder både for gods- og persontransport. Denne avgrensingen ble gjort tidlig i arbeidet som et tiltak for å tilpasse arbeidet til prosjektets ressurser, i samråd med oppdragsgiver.

Med en del nødvendige justeringer av hvordan ulike parametre defineres og tallfestes bør det være fullt mulig å inkludere flere transportformer i en videreutvikling av metoden.

3.2 Kun infrastruktur i driftsfasen

Utbyggingsfase og driftsfase er distinkt forskjellige, både i type aktivitet og i varighet og antatt betydning for måloppnåelse både når det gjelder mål knyttet til klima og naturmangfold. Begge faser kan likevel være viktig for flere av de nasjonale målene som er i fokus i dette arbeidet:

Denne utredningen avgrenses til driftsfasen for å øke kunnskapen om arealeffektivitet for de landbaserte transportsystemene jernbane og vei.

Vi fokuserer kun på landbaserte transportsystem og kun på infrastrukturen i driftsfasen.

3.3 To arealdefinisjoner

Et stykke transportinfrastruktur kan opprinnelig kan være bygget for å forbinde befolkningskonsentrasjoner, slik tilfellet var med Bergensbanen. Transportinfrastruktur kan også ha som formål å gi enklere tilgang til en naturressurs. Gjøvikbanens forløpere kan være eksempler på dette. I begge tilfelle bidrar muligheten for «enklere» transport til økende konsentrasjon av virksomheter og bosetting. Dette kan være effekter som får betydning både på kort og lang sikt. Typisk vil for eksempel bedrifter søke å etablere seg nær etablert infrastruktur for på den måten å øke sin synlighet og redusere egne transportkostnader.

En effekt av å ta i bruk areal til transportformål er derfor at mer areal på sikt blir tatt i bruk til andre formål, noe som på sin side kan føre til senere utbygging av transportinfrastrukturen med ytterligere arealbruk som en konsekvens. En legitim problemstilling kan derfor være hvilken arealbruk som skal anses som utløst av et transportformål, og som transportaktiviteten dermed kan sies å være «ansvarlig» for. Dette er viktig dynamikk, men holdes utenfor i denne utredningen hvor vi kun ser på areal som er knyttet direkte til transportaktiviteten.

Det er likevel ikke opplagt hvilket areal som bør regnes med som «bruk av areal». Ytterpunktene av de gjenværende, mulige definisjoner (etter at ringvirkningseffekter er valgt bort) synes å være på den ene siden alt som er lagt under asfalt og pukk, og på den andre siden alt areal hvor naturmiljøet er påvirket av eksistensen og bruken av transportinfrastrukturen. Det arealet der overflaten er endret til asfalt, betong eller pukk eller lignende har pr. definisjon intet liv, i hvert fall ikke på overflaten. Det kan til og med sies å være en målsetningen at av hensyn til sikkerhet skal dette arealet ikke være egnet for liv.

Den sistnevnte definisjonen av arealforbruk er mer sammensatt, gjennom at etablering av vei og jernbane påvirker naturmangfold på en rekke ulike vis, og krever derfor en litt lengre forklaring:

Påvirkningen vil være forskjellig fra artsgruppe til artsgruppe, og fra naturtype til naturtype. Også hvor man er i landet, hvilke opprinnelige arealtyper som blir berørt, i hvor stor grad de blir påvirket (direkte eller indirekte), hvordan arealene forvaltes i driftsfasen og hvor intensivt infrastrukturen blir brukt er faktorer som vil ha betydning for hvordan og i hvilken grad naturmangfoldet blir påvirket.

Det er i tillegg en rekke ulike vurderinger som kan legges til grunn i en vurdering av hvor stort areal som påvirkes. I både vei- og jernbanesektoren utføres ulike former for skjøtsel av infrastrukturens sidearealer: For å møte krav om sikt for togtrafikk skal det ikke være vegetasjon over markhøyde i en sone som strekker seg ti meter ut fra

spormidte. For å begrense viltulykker (gjennom å begrense mattilgang og skjulested for dyr) er det et krav at vegetasjon holdes nede i en sone 20 meter ut fra sporet. Dersom det er vilt i området, og satt opp viltgjerde, holdes beitevegetasjon nede ti meter ut fra viltgjerdet, mens vegetasjon som kan gi skjul, kan stå.

Vegetasjonskontroll omfatter også behandling av ballasten, samt behandling av kant eller skråning utenfor ballasten. Det skal vanligvis behandles fire meter på hver side fra spormidte. Vegetasjonskontroll i overbygningen omfatter bruk av plantevernmidler (Civitas, 2020). Det kan også brukes ugrasmidler som supplement til manuell vegetasjonsrydding i sideterrenget.

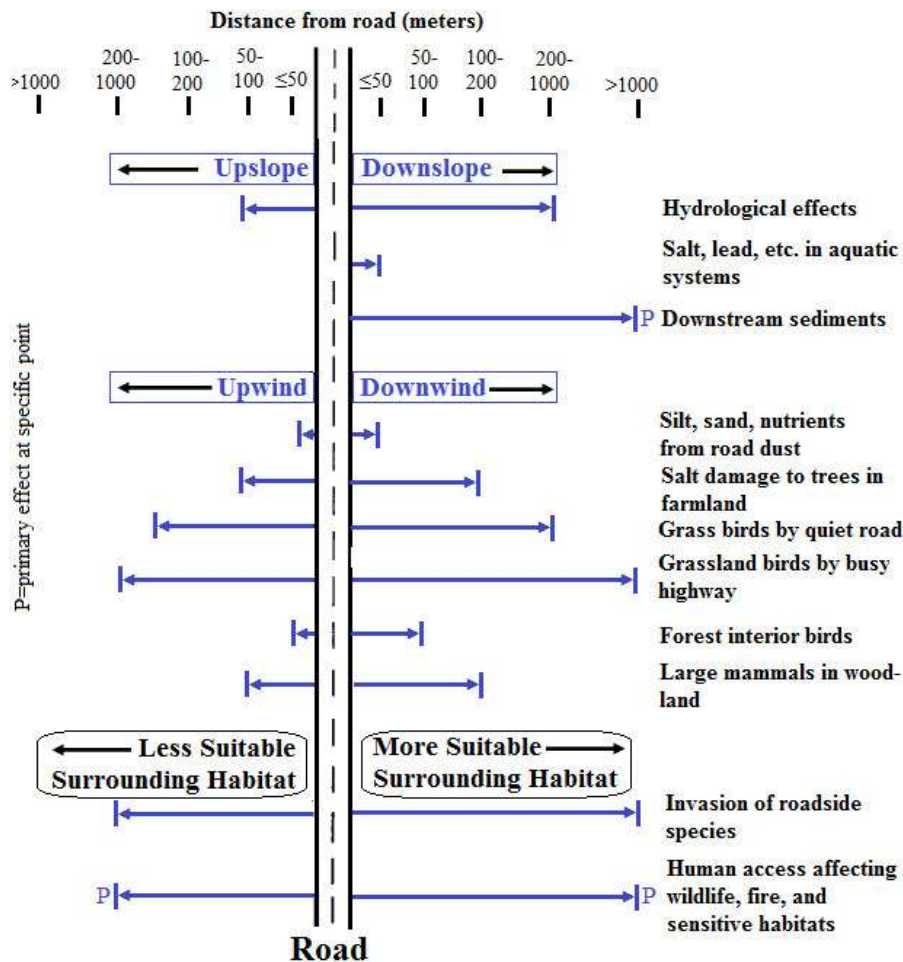
Også for bilvei er det soner som skjøttes ulikt, og stor variasjon avhengig av type vei, hastighet, trafikkbelastning og omgivelser. Dette styrer blant annet krav til fri sikt. Åtte meter ut fra veikanten skal vegetasjonen klippes langs større veier, langs mindre veier er det seks meter. Greiner som er nærmere veikanten enn to meter, opp til en høyde av fem meter, fjernes. Større veier kan ha viltgjerder som er effektive barrierer for mange dyr, og blant annet begrenser spredning og migrasjon.

Påvirkning fra infrastruktur skjer imidlertid ikke bare gjennom fysisk endring på markoverflaten, men også gjennom lyd, lys og vind. I tillegg skjer det en påvirkning under markoverflaten, for eksempel ved endring i grunnvannet eller drenering. Figur 3-1 illustrerer på en god måte de ulike formene for påvirkning og i hvor stor avstand fra selve infrastrukturen påvirkning er påvist.

Avhengig av formålet med en analyse gir det altså mening å velge en definisjon av infrastrukturenbredde som går langt ut over den flaten som det er lagt asfalt på, eller som er bygget ned med pukk.

I en mer detaljert betraktning vil de konkrete areal- og naturtypene som påvirkes av transportinfrastrukturen, og i hvor stor grad, være viktige for måloppnåelsen. Konflikten mellom å bruke areal til transportinfrastruktur, og å bevare areal av hensyn til naturmangfoldet, vil typisk være mindre for vanlige arealtyper med lav forekomst av sjeldne arter og høy grad av menneskelig påvirkning fra før. Granplantefelt er et eksempel.

Vi vil i dette arbeidet anvende to definisjoner av «areal i bruk». For å tallfeste arealeffektivitet vil vi bruke den snevre definisjonen av areal – alt som er lagt under asfalt eller pukk. Når vi kommer til å skulle vurdere sammenhengen mellom transportform og de nasjonale målene vil vi i større grad legge til grunn en definisjon som i hvert fall er i retning av den vide definisjonen over. Grunnen til at det er gjort på denne måten er at vi ikke har funnet noen anvendelig måte å tallfeste og oppsummere de



Figur 3-1 Illustrasjon av ulike former for påvirkning på økologi, i ulike avstander fra vei. Kilde: Kollarou, m.fl., 2013.

mange måtene transportinfrastruktur påvirker naturmiljøet på. Denne vurderingen gjør vi derfor kvalitativt.

Infrastrukturens påvirkning på naturens evne til å lagre karbon, eller utslipp i anleggsfasen av karbon som allerede er bundet i naturen, er i større grad knyttet til det fysisk nedbygde arealet. Anleggsfasen kan være et unntak, da anleggsområdet kan ha en vesentlig større utstrekningen enn den ferdige infrastrukturen. Anleggsfasen er, som anført foran, ikke et tema i denne rapporten.

3.4 Kun strekningsvis analyse

Det er to måter å måle «transport» på som peker seg ut som aktuelle: Det ene er infrastrukturens kapasitet for transport, altså dens maksimale yteevne for fremføring av personer og gods. Det andre målet er realisert transport, altså hvilken framføring av personer og gods som kan

observeres. Det er de transportmuligheter infrastrukturen gir vi ønsker å måle som «transportkapasitet».

I begge tilfeller kan vi velge å analysere enten strekningskapasitet eller nettverkskapasitet. Med strekningskapasitet kan vi mene det maksimale antall kjøretøy pr. tidsenhet som det er mulig å få fram mellom for eksempel to byer, eller to kryss. Med nettverkskapasitet kan vi mene det tilsvarende om et nettverk av byer og tettsteder som alle skal ha tilfredstilt sitt transportbehov, både lokalt og mellom stedene. I denne rapporten er det strekningskapasitet vi ser på.

Vi velger å bruke to definisjoner på areal brukt til transportinfrastruktur, og å beregne transportkapasitet for strekninger, ikke nettverk.

4 Metode for beregning av arealeffektivitet

4.1 Overordnet definisjon og anvendelse

Med utgangspunkt i kapittel 1.2 definerer vi helt konkret arealeffektivitet som forholdet mellom infrastrukturens *kapasitet* og arealbeslag, eller

$$\text{Areal effektivitet} = \frac{\text{Transportkapasitet}}{\text{Infrastrukturareal}}$$

Transportkapasitet er en funksjon av infrastrukturens bredde, da dette definerer rammen for hva som kan transporteres. Infrastrukturareal, i form av arealbeslag, er i tillegg til strekningslengde også avhengig av infrastrukturens bredde.

Vi har regnet arealeffektivitet for henholdsvis transport av gods og personer, og vi har beregnet dette for seks utvalgte eksempelstrekninger. Areal effektivitet er et forhold mellom hvor mye som kan transporteres og arealbeslaget.

Når det gjelder måloppnåelse for naturmangfold, klima og bærekraft har vi utviklet en metodikk for å koble arealbeslag til indikatorer. Vi har testet dette for de samme eksempelstrekningene, ved bruk av GIS-analyser.

Avslutningsvis har vi koblet arealeffektivitet for ulike typer infrastruktur og transport, sammen med grad av påvirkning på mål innen tema bærekraft, naturmangfold og klima. Dette har vi gjort gjennom å analysere arealbeslagets betydning for ulike indikatorer for naturmangfold. Da dagens klimapåvirkning vurderes å være nærmere koblet til bruk enn arealbeslag, er dette kun drøftet kvalitativt.

Metodikken er som nevnt testet på seks eksempelstrekninger, fire for persontransport og to for godstransport. Persontransport-eksemplene skal representere pendling til/fra by, mens godstransport-eksemplene skal representere varetransport mellom byer. Strekningene er valgt ut i samråd med oppdragsgiver. Et mål med eksemplene var å fange opp så mye variasjon som mulig, samtidig som analysene skulle være av et omfang som var praktisk gjennomførbart innenfor prosjektets rammer.

Eksempelstrekningene er:

Persontransport

- Oslo-Tønsberg
- Oslo-Hamar
- Stavanger-Egersund
- Trondheim-Steinkjer

Godstransport

- Oslo-Trondheim
- Oslo-Bergen

Metodikken innebærer at vi først tallfester infrastrukturarealet og transportkapasiteten på hver strekning. Infrastrukturarealet regnes her som areal under asfalt eller pukk, som omtalt foran. Derneft beregnes det hvilke naturtyper som forventes påvirket, og i hvilket omfang, i hvert tilfelle.

For hver eksempelstrekning beregnes det areal ut fra to eller tre ulike infrastrukturbredder, mens transportkapasitet beregnes ut fra ulike forutsetninger for vei og jernbane.

Denne framgangsmåten er valgt for å få fram variasjonen i mulige resultater. En alternativ framgangsmåte med punkttestimat for hver variabel, med derpå følgende følsomhetsanalyse, pekte mot at resultatene er følsomme for forutsetningene som gjøres ved estimering av variablene. Derfor er beregningene gjennomført med framgangsmåten skissert over.

4.2 Tallfesting av transportkapasitet

Persontransport på bane

Persontransportkapasitet på en strekning estimeres som mulig trafikk over en tre timers rushtidsperiode. Da infrastrukturen er tilgjengelig for trafikk i begge retninger, selv om rushtidstrafikken typisk går i én retning, regnes det med transportkapasiteten i begge retninger.

For maks- og middelsalternativene forutsettes for intern konsistens dobbeltspor med identisk materiell og frekvens på alle strekninger. For min-alternativet differensieres det mellom strekningene ved at dagens materiell, med korresponderende antall sitte- og ståplasser, forutsettes brukt.

Maks-alternativ

Infrastrukturen er dobbeltspor. Det forutsettes tog type 75 med 235 sitteplasser og maksimalt 330 ståplasser pr. togsett. Antallet ståplasser forutsetter fire stående personer pr. kvadratmeter og at ingen reservesitteplasser benyttes.

Antall tog i løpet av en tre timers rushtidsperiode settes til 6 trippelsett og 26 dobbeltsett, sum begge retninger (Jernbaneverket (b), 2016).

Middels-alternativ

Infrastrukturen er dobbeltspor. Det forutsettes tog type 75 med 235 sitteplasser og 192 ståplasser pr. sett. Antallet ståplasser forutsetter to stående personer pr. kvadratmeter og at ingen reservesitteplasser benyttes.

Antall tog i løpet av en tre timers rushtidsperiode settes til 24 dobbeltsett, sum begge retninger (Jernbaneverket (b), 2016).

Min-alternativ

Infrastrukturen er enkeltspor. Det forutsettes tog type 74 med 192 sitteplasser og 176 stå- og reservesitteplasser pr. sett.

Antall tog i løpet av en tre timers rushtidsperiode settes lik tilbudet i ruteplan 2019, se tabellen under.

| Beregningsalternativ | Antall spor | Tog-type | Antall sitte- + ståplasser pr. togsett | Togsett i 3-timers rushtidsperiode, sum begge retninger | Personer pr. time, sum begge retninger |
|-------------------------|-------------|----------|--|---|--|
| Maks | 2 | 75 | 235 + 330 | 6 trippel-, 26 dobbeltsett | 13 183 |
| Middels | 2 | 75 | 235 + 192 | 24 dobbeltsett | 6 832 |
| Min Oslo-Tønsberg | 1 | 74 | 192 + 176 | 10 dobbeltsett | 2 453 |
| Min Oslo-Hamar | 1 | 74 | 192 + 176 | 8 dobbeltsett | 1 963 |
| Min Stavanger-Egersund | 1 | 72 | 305 + 105 | 8 dobbeltsett | 2 187 |
| Min Trondheim-Steinkjer | 1 | 92 | 136 + 90 | 6 dobbeltsett | 904 |

Persontransport på vei

Persontransportkapasitet på en strekning estimeres basert på antall kjøretøy, hentet fra Statens vegvesens håndbok H159 Kapasitet på vegstrekninger, og forutsetninger om passasjerbelegg.

Maks-alternativ

Infrastrukturen er firefelts vei.

Antall kjøretøy pr. time hentes fra H159 tabell 1c som oppgir beregnet kapasitet pr. kjørefelt for fler-felts veier under forutsetning av ti prosent tungtransportandel, regulær trafikk og flatt terreng, til 1876. (Begrepet «regulær trafikk» synes ikke å være definert). Alle kjøretøy regnes som personbiler, noe som muligens medfører at personbilkapasiteten her vurderes litt lavt.

Det forutsettes fire personer pr. personbil, noe som bør tilsi i gjennomsnitt nær hundre prosent utnyttelse av bilenes setekapasitet.

Middels-alternativ

Som maks-alternativet, men med 1,15 personer pr. personbil, noe som tilsvarer gjennomsnittlig belegg for arbeidsreiser i Nasjonal reisevaneundersøkelse 2013/14.

Min-alternativ

Infrastrukturen er tofelts vei.

Antall kjøretøy pr. time hentes fra H159 tabell 1b som oppgir beregnet kapasitet for samlet trafikk i begge retninger under forutsetning av ti prosent tungtransportandel, flatt terreng og retningsfordeling 60/40, til 2421. Også her regnes alle kjøretøy som personbiler og tallet kan derfor være noe lavt estimert.

Det forutsettes 1,15 personer pr. personbil.

| Beregnings-alternativ | Antall kjørefelt | Antall kjøretøy pr. time pr. felt | Antall personer pr. kjøretøy | Antall personer pr. time, sum begge retninger |
|-----------------------|------------------|-----------------------------------|------------------------------|---|
| Maks | 4 | 1 876 | 4,00 | 30 016 |
| Middels | 4 | 1 876 | 1,15 | 8 630 |
| Min | 2 | 1 211 | 1,15 | 2 784 |

Godstransport på bane

Godstransportkapasitet på en strekning estimeres som antallet togavganger (slots) gitt at persontog er prioritert. Toglengden varierer, og dermed togenes lastekapasitet. For godstransport mellom byer er containerisert gods typisk. Som mål på lastekapasiteten benyttes en standardisert container som er 20 fot lang, åtte fot bred og åtte fot høy. Dette kalles også en Twenty-foot equivalent unit container (TEU), og er en industristandard som benyttes av alle involverte i logistikk og transport av gods.

Maks-alternativ

Infrastrukturen er enkeltspor.

Toglengde er i Godsstrategi NTP 2022-2033 anbefalt å være 650 meter på Dovrebanen og 620 meter på Bergensbanen. (Jernbanedirektoratet, 2020). I beregningene rer det for enkelthets skyld brukt 650 meter , og omregnet til TEU (Jernbanedirektoratet (b), 2019). Antall avganger pr. virkedøgn er også innspill til NTP (Jernbanedirektoratet (c), 2019).

Anbefalingen i kildedokumentene om ulike toglengder er begrunnet i samfunnsøkonomisk lønnsomhet. Dette peker mot at det nok er et behov i metodeutviklingen å drøfte nærmere om kapasitetsbegrepet er en rent teknisk størrelse, eller også en økonomisk? Kan det egentlig trekkes en klar grense mellom mulig trafikk (teoretisk transportkapasitet) og etterspurt trafikk (utnyttet kapasitet)? Som en foreløpig løsning i dette stadium av metodeutvikling har vi altså valgt en felles toglengde på 650 meter, blant annet for at maks-alternativet ikke skal bli for likt middels-alternativet.

Middels-alternativ

Infrastrukturen er enkeltspor.

Toglengde 600 meter er hentet fra Godsstrategi 2019. (Jernbanedirektoratet (b), 2019).

Min-alternativ

Infrastrukturen er enkeltspor. Som toglengde er satt gjennomsnittlig lengde på 450 meter (Jernbanedirektoratet (b), 2019).

| Beregnings-alternativ | Toglengde, meter | TEU pr. tog | Avganger pr. døgn, sum begge retninger | TEU pr. døgn, sum begge retninger |
|-----------------------|------------------|-------------|--|-----------------------------------|
| Maks | 650 | 74 | 16 | 1 184 |
| Middels | 600 | 68 | 16 | 1 088 |
| Min | 450 | 50 | 16 | 800 |

Godstransport på vei

Data for realisert trafikk og -topper er tilgjengelig for Statens vegvesens tellepunkter landet over. Dette betyr store mengder data, noe som gjør det ressurskrevende å finne fram til absolutte maksimumstall for observert trafikk, om enn mulig. I dette arbeidet har vi brukt tellepunkt Fåvang som et eksempel. Valget av Fåvang er til dels tilfeldig, bortsett fra at det er ett av flere mulige tellepunkt å ta utgangspunkt i på strekningen Oslo-Trondheim. Som input i våre beregninger bør det imidlertid oppfattes som et eksempel, og parameterverdien i framtidige beregninger bør erstattes med noe som har et mer gjennomarbeidet metodisk grunnlag. En delvis begrunnelse for å la data fra ett tellepunkt representere flere strekninger er imidlertid at en tofelts vei med en gitt bredde strengt tatt skal ha samme kapasitet uansett hvor den ligger. Lokale forhold som topografi og trafikkforhold påvirker likevel kapasiteten og bør tas hensyn til i en mer omfattende analyse. I dette arbeidet, hvor vi har fokusert på å utvikle metoden, peker vi derfor på at det kan være behov for et vesentlig mer omfattende datagrunnlag om blant annet infrastrukturens tilstand.

Realisert trafikk reflekterer hva det er behov for «i markedet», inklusiv fordelingen mellom de ulike transportmidlene. Det er slik sett ikke et uttrykk for den egentlige kapasiteten.

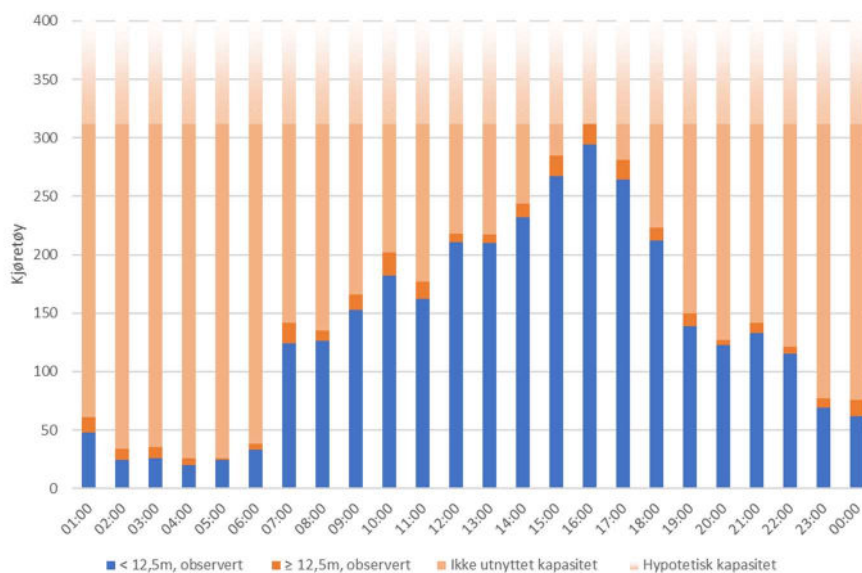
I Fåvang-tallene er det én time som er maks i begge retninger. Andel tunge kjøretøy er fire prosent (henholdsvis tre og seks prosent i hver sin retning). Over hele det døgnet vi har hentet data for er andelen seks prosent.

Det er et mål at forutsetninger som gjøres for vei og bane skal være mest mulig de samme. Utgangspunktet er da at det for jernbanen finnes en ruteplan hvor kapasiteten er fordelt mellom persontog og godstog, og som gir et bestemt antall slots for godstog hvert døgn. Både persontog- og godstog-slots er fylt opp – det er ikke ledig kapasitet i systemet ut over enkelte slots som holdes i reserve og tid som avsettes til vedlikehold av infrastrukturen.

En tilsvarende ruteplan for veitrafikk eksisterer ikke. Her er det fritt å kjøre inn på hovedveiene.

Dagens trafikk kan observeres. Hva som kan være utnyttet kapasitet som kan tas i bruk for godstransport må beregnes. Vi har forsøkt en empirisk innfallsvinkel, til forskjell fra en «teoretisk» som omtales kort under.

Error! Reference source not found. viser data for tellepunkt Fåvang sør, retning Tretten, 20. desember 2019, time for time. Blå søyler er kjøretøy med lengde under 12,5 meter, oransje søyler er kjøretøy med



Figur 4-1 Eksempel på trafikk ved Fåvang, retning Tretten, 20. desember 2019

lengde fra 12,5 meter og oppover. Sistnevnte er blant annet kjøretøy som brukes på langtransport mellom Oslo og Trondheim.

De lysere søylene er «manglende» kjøretøy som hypotetisk kunne vært godskjøretøy. Det er åpenbart at det ligger en kapasitet i disse tomme timene til å framføre mer gods. Selv om en tett strøm av store godskjøretøy kanskje ville utgjøre noe færre kjøretøy enn det figuren viser, er det likevel en betydelig veikapasitet som ikke benyttes.

Midt på natten vil det kunne være flere hundre ekstra godskjøretøy som teoretisk kan passere Fåvang. Kjøretiden mellom Alnabru (Oslo) og Fåvang er ca. 2,5 timer, mellom Heggstadmoen og Fåvang ca. 4 timer. Maksimal utnyttelse av den ledige kapasiteten på veien ved Fåvang forutsetter derfor at det er en tilsvarende ledig kapasitet på veiene ved Alnabru og Heggstadmoen noen timer tidligere. Tilsvarende framkommelighetsutfordringer kan eksistere også andre steder, og kan påvirke trafikken. Den teoretisk mulige trafikken, som det vel og merke er ledig kapasitet til, vil kanskje, på grunn av slike nettverkseffekter, arte seg som bølger forbi et gitt tellepunkt.

Også selv det høyeste antallet kjøretøy forbi et tellepunkt i løpet av en time, over en lang periode (gjerne flere år), kan være et dårlig estimat på veiens egentlige kapasitet. Dette er i figuren illustrert med den øverste delen av søylene som taper seg inn i skylaget.

Poenget her er at det synes som det i en slik empirisk vei til å estimere veiens kapasitet i hovedsak vil være forutsetningene som bestemmer

resultatet, og i mindre grad empirien. Vi konkluderer med at det er behov for mer arbeid for å tallfeste veikapasiteten.

En alternativ metode kan være en mer direkte, teoretisk beregning av veiens kapasitet. En slik metode er beskrevet i Håndbok H159, og ble vurdert som en aktuell metode tidlig i vårt arbeid, men ble valgt bort da det på det tidspunkt syntes som en slik metode var lite egnet for lange og sammensatte strekninger.

Den tilsvarende beregningsutfordringen har vi ikke i samme grad for jernbanen, nettopp fordi denne er sentralstyrt og det er laget en ruteplan for hele systemet. Skal de to transportmidlene likebehandles bør det antagelig gjøres en nettverksanalyse for vei som tilsvarende det som gjøres for jernbanen, for å sikre at den ledige kapasiteten vi forutsetter kan tas i bruk, faktisk eksisterer.

For godstransport på vei er derfor maks-alternativet utelatt.

Middels- og min-alternativet er like med hensyn til totalt antall kjøretøy og andel tunge kjøretøy, men skiller seg fra hverandre ved at det i middels-alternativet er forutsatt at alle tunge kjøretøy er modulvogntog, mens det i min-alternativet er forutsatt kun semitrailere eller ordinære vogntog. Modulvogntog har kapasitet til tre TEU, semitrailere og vogntog har begge kapasitet til to TEU. (Heretter benevnes denne bilstørrelsen som semitrailer).

Middels-alternativ

Infrastruktur er tofelts vei.

Godskjøretøy er forutsatt å være modulvogntog med kapasitet til tre TEU.

Antall kjøretøy er representert ved kjøretøy med lengde 12,5 meter og over, tellepunkt Fåvang, 2012.2019. Dette gir 535 kjøretøy pr. døgn, sum begge retninger.

Min-alternativ

Godskjøretøy er forutsatt å være semitrailere med kapasitet til to TEU.

For øvrig er min-alternativet likt middels-alternativet.

| Beregningsalternativ | Kjøretøy pr. time pr. felt | Andel tunge, % | TEU pr. tungt kjøretøy | Tunge kjøretøy pr. døgn, sum begge retninger | TEU pr. døgn, sum begge retninger |
|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-------------------------------|---|--|
| Maks | | | | | |
| Middels | 176 | 6 | 3 | 535 | 1 605 |
| Min | 176 | 6 | 2 | 535 | 1 070 |

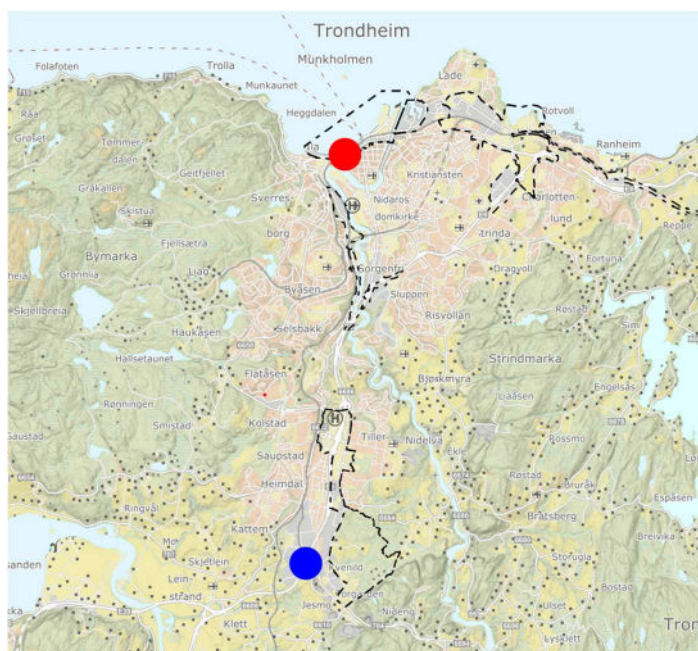
4.3 Tallfesting av infrastrukturareal

Strekningsslengde

Strekningens lengde i hvert enkelt case er fastsatt slik:

For godstransport på jernbane er infrastrukturlengden målt som skinnegangen mellom, men ikke inklusive, godsterminalene i hver ende. For godstransport på vei er infrastrukturlengden målt som hovedveien mellom samlasterterminalene (-område) i hver ende av hovedtransportstrekningen, regnet fra nærmeste kryss på hovedveien. Lokalvei fra godsterminal til overordnet veiinfrastruktur er derfor ikke medregnet. Transportformene er da i en viss forstand likebehandlet, i og med at det kun er overordnet kjørevei som inngår i strekningslengden. Vi unngår på denne måten også problemstillinger knyttet til hvordan et terminalområde bør fordeles og tilordnes henholdsvis bane og vei.

Det er tre byer som er med i godstransport-casene – Oslo, Bergen og Trondheim. For de to førstnevnte gir denne framgangsmåten forholdsvis like endepunkt for vei og bane. I Trondheim ligger derimot jernbaneterminalen i nordenden av sentrum, på Brattøra, mens samlasterterminalene ligger i sydenden, ved Heggstadmoen. I Figur 4-2 er innkjøringen til Brattøra avmerket i rødt og avkjøring til Heggstadmoen avmerket med blått.



Figur 4-2 Endepunkt for godstransportstrekning i Trondheim for henholdsvis jernbane (rødt) og vei (blått).

Avstanden langs vei mellom disse to stedene er om lag 11 km. Denne fremgangsmåten gir veitransporten en korresponderende «arealfordel». Begge terminalområder kan forstås som utgangspunkt for lokal transport, og vi kunne ha latt det ene eller det andre stedet være felles endepunkt for begge transportformer. Utslagsgivende i valget har vært at realiteten er at terminalområdene ligger på forskjellige steder, mye på samme måte som jernbanespor og bilvei ikke alltid går parallelt. Det har derfor fremstått som riktigst å legge denne realiteten til grunn.

For persontransport på jernbane er infrastrukturen målt som skinnegangen mellom stasjonene i hver ende, til enden av og inklusiv perrongene. For persontransport på vei er infrastrukturen målt som raskeste vei fra jernbanestasjonen i hver ende.

Fremgangsmåten for persontransport står i en viss forstand i motsetning til fremgangsmåten valgt for godstransport, siden den førstnevnte inkluderer sporet gjennom stasjonen mens den sistnevnte ikke inkluderer spor inne i terminalen. Årsaken ligger her i at for persontransport er også noe areal til jernbanestasjoner og veikryss *mellom* endepunktene inkludert, og da har det vært naturlig å inkludere det samme i endestasjonene. Disse tilleggsarealene er nærmere omtalt i kapittel 4.4

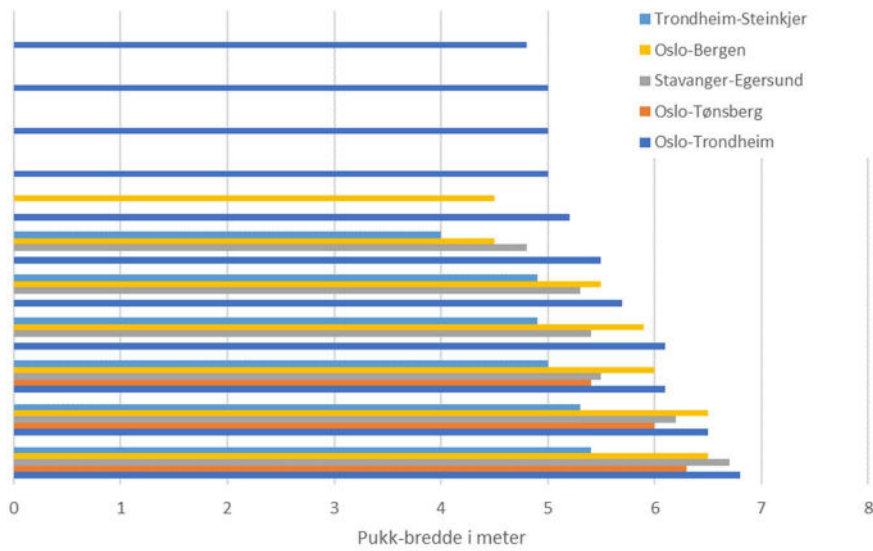
Bredde – jernbane

Bredden på ballasten til en enkeltporet jernbane er i Bane NORs Teknisk regelverk oppitt å være 6,2 meter, og bredden på en dobbeltporet jernbane til 12,3 meter.

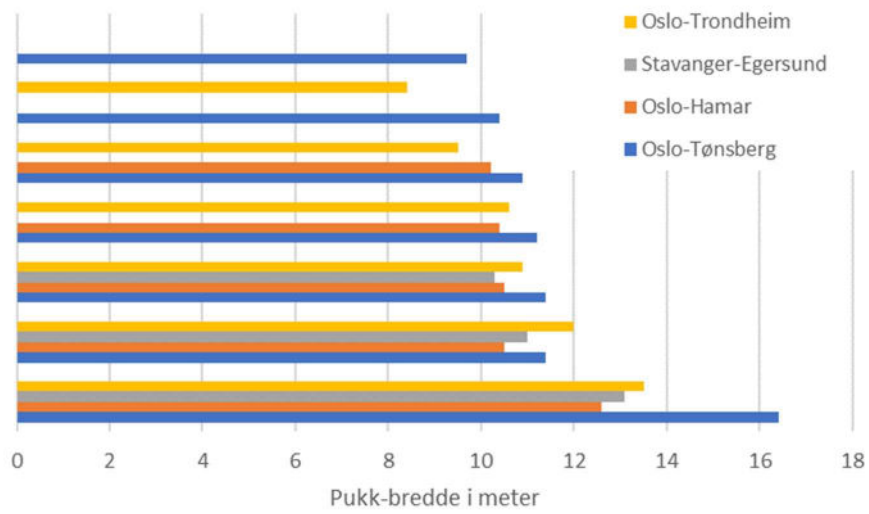
Bredden på ballasten på en enkeltporet jernbane er i Jernbanedirektoratets LCA-modell satt til 7,8 meter. I trasésøk for Jærbanen (dobbelspor) er det brukt 15 meter (Jernbaneverket (a), 2016).

Stikkprøve-målinger på luftfoto av bredden på henholdsvis enkeltporet og dobbeltporet jernbane viser at dette spenner fra fire til 8,8 meter for enkeltporet bane, og fra 8,4 til 16,4 meter for dobbeltporet bane. Disse målingene er gjort på de samme strekningene som blir brukt i de seks eksempelstrekningene. I figurene under er det vist de forskjellige målingene.

Gitt den dokumenterte variasjonen i bredde på bane har vi valgt å benytte henholdsvis 16,4 og 8,4 meter for dobbelspor, og henholdsvis 6,8 og fire meter for enkelspor.



Figur 4-3 Pukk-bredder i meter målt ved stikkprøver på luftfoto på enkeltsporede jernbanestrekninger.

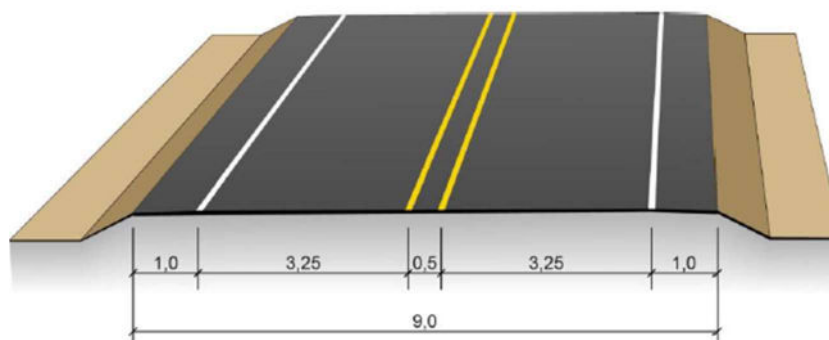


Figur 4-4 Pukk-bredder i meter målt ved stikkprøver på luftfoto på dobbeltsporede jernbanestrekninger.

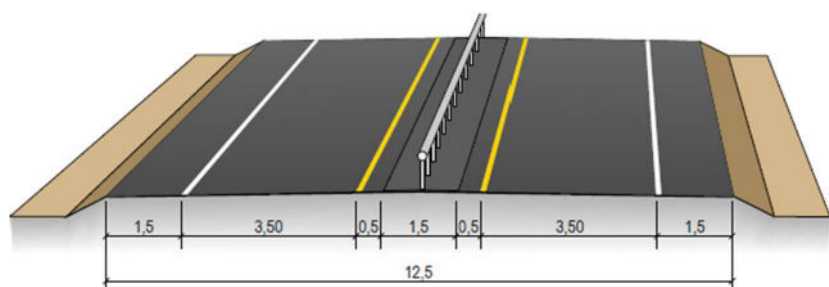
Bredde - vei

Statens vegvesens håndbok N100 angir standard bredder for ulike veiklasser. Bredden på en tofelts vei, klasse H1, oppgis til ni meter. Klasse H5, også med to felt, er derimot 12,5 meter. En firefelts vei i klasse H3 er totalt 23 meter, men med et midtparti som skiller kjøreretningene, og som kan ha ankelthøyt gress, på to meter.

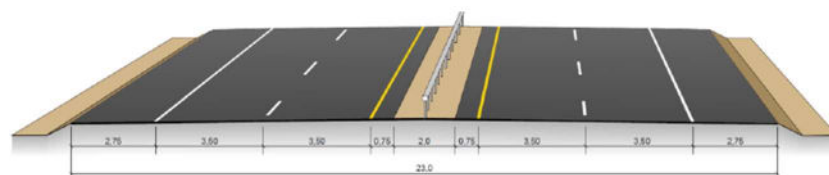
Kl. H1



Kl. H5

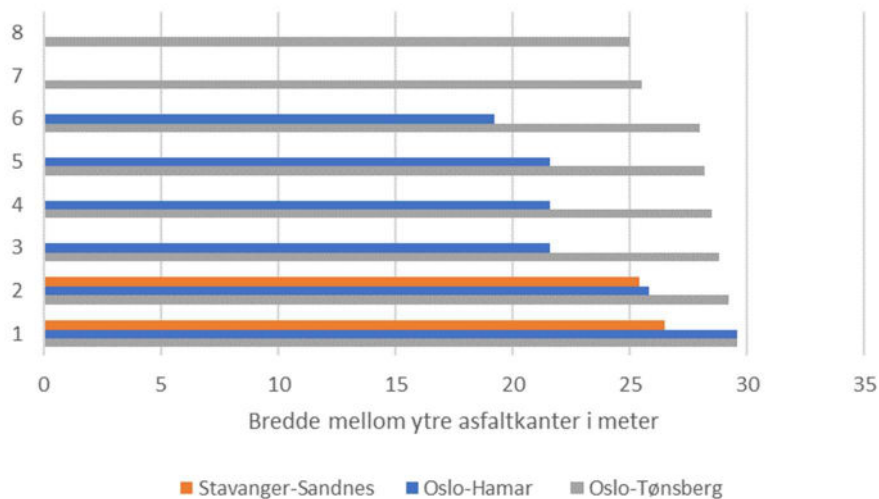


Kl. H3

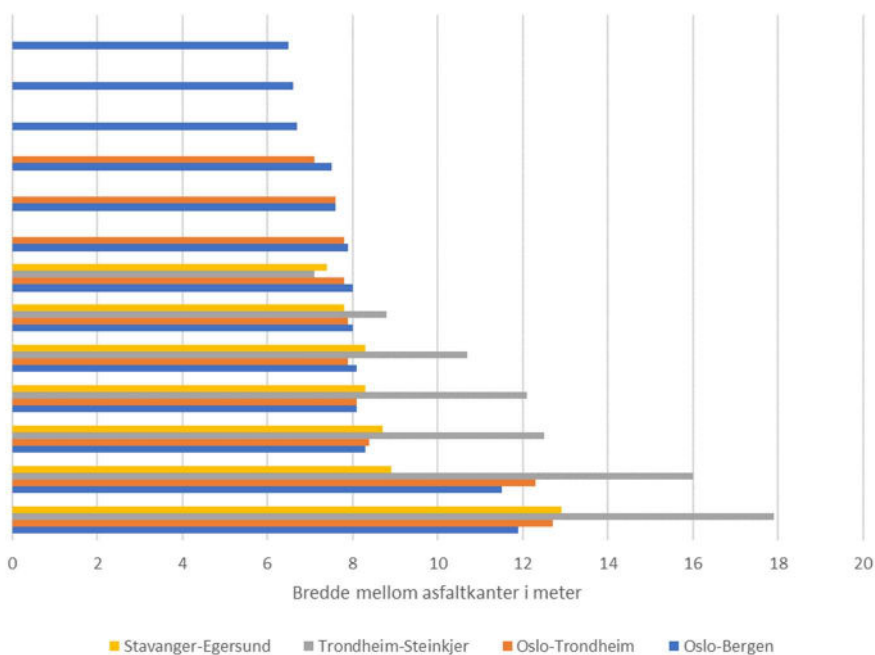


Figur 4-5 Ulike veiklasser og -bredder i følge Statens vegvesens håndbok N100.

Stikkprøve-målinger på luftfoto, gjort på samme måte som for jernbane, viser at tofelts veier kan være fra 6,5 til 12,5 meter brede. I en eller to tilfeller er det et tredje felt over en kort strekning, og i ett slikt tilfelle er det målt total bredde på 17,9 meter. Målinger av firefelts veier viser bredder på fra 19,2 til 29,6 meter, midtfeltet inkludert. Midtfeltet alene er målt til fra en halv til 7,3 meter.



Figur 4-6 Asfaltbredder i meter målt ved stikkprøver på luftfoto på tofelts veistrekninger.



Figur 4-7 Asfaltbredder i meter målt ved stikkprøver på luftfoto på firefelts veistrekninger.

Gitt den dokumenterte variasjonen i bredde på vei har vi valgt å benytte henholdsvis 29,6 og 19,2 meter for firefelts vei, og henholdsvis 12,9 og 6,5 meter for tofelts vei.

4.4 Øvrige arealer

Et kompliserende forhold vedrørende hvilke arealer som skal inkluderes og hvilke som skal utelates er at det er mange tilfeller av areal som både veitransport og jernbanetransport er avhengig av for at systemene skal fungere. Godsterminaler er et eksempel på dette. Jernbanestasjoner er et annet. Parkerings- og hensettingsarealer, verksteder, og så videre er ytterligere eksempler.

Alle slike arealer kan i prinsippet inkluderes i infrastrukturarealet. I en del tilfeller, som for eksempel for parkering og hensetting, er dette mest et spørsmål om ressursbruk til å måle opp de aktuelle arealene. I andre tilfeller kan det være en utfordring å finne måter å fordele areal mellom transporttypene, eller behandle disse arealene på andre hensiktsmessige måter. I de eksemplene som beregnes for denne rapporten har vi valgt å se helt bort fra de fleste slike arealer. Det vil si at godstransport ikke har endeterminaler, parkerings- og hensettingsareal holdes utenfor, m.v.

Jernbanestasjoner er i en litt annen kategori. Stasjonene er det som gjør at det er mulig for personer å bevege seg mellom en overordnet infrastruktur – tog – og infrastruktur på et lavere nivå – buss, bil, sykkel eller til fots. Det kan kanskje argumenteres for at man i en analyse av persontransportkapasitet mellom to endepunkter kan se bort fra mulighetene for av- og påstigning underveis, vi har valgt å ikke gå den veien. Vi har derfor valgt å inkludere areal til perronger og stasjonsbygg i jernbaneinfrastrukturarealet, men ikke tilførselsveier, parkeringsareal for biler m.v. Analogt med dette er areal til veikryss som binder sammen overordnet veiinfrastruktur med veier på et lavere nivå, tatt med der det er persontransport som vurderes. I slike tilfeller har veikryssene samme funksjon for veitransport som jernbanestasjoner har for banetransport.

Det tilsvarende er i liten grad tilfelle for godstransport over lange avstander: Godstog, og særlig ikke de med kombilast, stopper som oftest ikke mellom endeterminale, unntatt eventuelt et stopp for å bytte fører. Tilsvarende kjører i liten grad langtransport på vei av fra hovedveien og over på lokalveinett. I hovedsak mener vi at veikryssene og jernbanestasjonene er der for å betjene andre markeder, og er derfor utelatt fra vår arealdefinisjon.

For å kunne inkludere stasjonsareal og areal til veikryss er det målt opp på luftfoto noen stasjoner og kryss på de aktuelle case-strekningene.

Som stasjonsareal er regnet sporområde på stasjonen eksklusive gjennomgående spor. Dette er målt mellom punktene i hver ende hvor breddeutvidelse av sporet indikerer en overgang til stasjonsområdet. I tillegg er det regnet med areal til perronger og stasjonsbygninger.

En stasjon på enkeltsporet bane (Klepp stasjon) er målt opp til 7,6 dekar. Tre stasjoner på dobbeltsporet bane er målt opp til i gjennomsnitt 9,3 dekar, men med ytterpunkter 0,4 dekar og 24,3 dekar (henholdsvis Sande og Asker stasjon).

Stasjonsareal er lagt til som gjennomsnittlig areal multiplisert med antallet stasjoner (ikke holdeplasser) på hver enkelt strekning i henhold til Network Statement.

Veikryss er målt opp på tilsvarende måte, hvor krysset er regnet å begynne og slutte der breddeutvidelse indikerer en overgang fra «ordinær» veibane. Kanaliserte kryss i plan, som det er mange av på tofelts veier, anslås å representere et tilleggsareal på ca. 0,3 dekar. På tofelts veier finnes det også kryss i to plan. Ett slikt kryss er målt til 5,4 dekar.

På firefelts veier er alle kryss i to plan. Fire slike kryss er målt opp til i gjennomsnitt 11,4 dekar, med ytterpunkter 8,9 (Kopstad, avkjøring til Horten) og 16 dekar (Kløfta, nord for Oslo).

Antallet veikryss på hver enkelt strekning er tallet opp som del av GIS-analysen. Abtallet er multiplisert med gjennomsnittlig kryssareal, differensiert mellom kryss i plan og planfrie kryss.

Kryssingsspor er nødvendig arealbruk for å kunne ha toveis trafikk på en enkeltsporet jernbanestrekning. Dette arealet er inkludert sjablonmessig som en én kilometers lang stekning i 6,8 meters bredde for hver niende kilometer.

Vi har valgt å inkludere areal som er nødvendig for å knytte sammen infrastruktur som benyttes til ulike transportformer i beregningene. Også areal til kryssingsspor er inkludert.

4.5 Naturmangfold og klima

Det er ikke slik at mange av de økosystemene eller artene som de nasjonale målene sikter mot å ta vare på, er eller kan være nøyaktig stedfestet. Delvis er det snakk om *økosystemer* som ikke har noen eksakt avgrensning. Delvis er det snakk om arter som er mer eller mindre mobile og følgelig beveger seg over kortere eller lengre avstander. Databasene forteller ikke om observasjonen fortsatt er “gyldig”, men

viser øyeblikksbilder samlet opp over tid. En ytterligere utfordring følger av at man generelt ikke kjenner “nullverdiene” når det gjelder arts mangfold. Man kan med andre ord ikke skille på om et areal er undersøkt, uten at det er gjort observasjoner, eller om arealet ikke er undersøkt.

En annen utfordring er at innsatsen lagt inn for å stedfeste observasjoner varierer fra sted til sted og fra art til art. For noen arter er det stor mangel på kunnskap, og det er derfor svært begrenset hva vi kjenner til av forekomster. For andre arter kreves det veldig stor innsats for å finne dem. I tillegg er det svært store forskjeller i *hvor* det søkes etter sjeldne arter. I denne sammenheng er det sannsynligvis slik at det i mindre grad er søkt etter sjeldne arter og naturtyper nær jernbane. Derimot kan det være gjennomført undersøkelser langs eksisterende veistrekninger. Det er også større sannsynlighet for at sjeldne arter vil bli oppdaget dersom de finnes nær vei, rett og slett som en følge av ferdsel.

For å analysere effekt på naturmangfold har vi valgt å bruke rødlistede arter (observasjoner og antall arter) samt areal av utvalgte verdifulle naturtyper som indikator. I praksis betyr dette at vi har inkludert observasjoner av alle terrestriske arter (inkl. amfibier og reptiler) med truet status: Kritisk truet (CR), Sterkt truet (EN), Sårbar (VU), Nær truet (NT). Men vi har begrenset antallet observasjoner til kun de som er gjort mellom år 2000 og 2020. Data om observerte rødlistede arter er hentet fra Artsdatabanken, mens data om verdifulle naturtyper er basert på DN-håndbok 13 og hentet fra Naturbase. Dette er kun indikatorer på naturmangfold, og om dette er de mest egnede indikatorene er noe som kan og bør diskuteres. Det gjøres i denne analysen for eksempel ingen vektning av arter eller naturtyper, utover det at vi kun skiller på de rødlistede og alle andre, henholdsvis de verdifulle naturtypene og andre. Vi mener imidlertid at dette er en akseptabel metode, gitt hva som er tilgjengelig av data og kunnskap om arts- og naturmangfoldet i Norge.

Når det gjelder transportinfrastrukturens påvirkning på utslipp og opptak av klimagasser kan denne utvilsomt kobles til arealet som berøres. Vi antar imidlertid at de klimagass-utslippene og endringene i opptak og lagring av klimagasser som fulgte med etableringen av infrastruktur i hovedsak er historie. Slik sett antar vi at utslipp i liten eller ingen grad påvirkes av dagens arealbeslag, selv om varigheten av slike effekter i liten grad er kjent og noe som antagelig kunne undersøkes nærmere. Da vi har konsentrert oss om etablert infrastruktur, og ikke etablering av ny infrastruktur, har vi ikke gått videre med analyser av endringer knyttet til anleggsperioden. Dersom man vil gjøre analyser av potensielle utslipp av klimagasser som følge av etablering av ny infrastruktur, basert på arealer og areal typer som vil bli berørt ved ulike traseer, er det flere mulig kilder

til kunnskap og data om dette, for eksempel NIBIOs klimagasskalkulator (NIBIO) eller analyser gjort av Søgaard m.fl. (2021). Den gjeldende påvirkningen av transportinfrastruktur på utslipp av klimagasser antar vi primært er koblet til utslipp fra selve transporten, altså bruken av infrastrukturen. Det kan tenkes at

4.6 Geografiske analyser

Geografiske analyser, for eksempel ved bruk av GIS, gir en lang rekke muligheter for å analysere stedfestede data. For å få tillitsvekkende svar er man avhengig av gode data å bygge analysene på. Et punkt på et kart kan i denne sammenheng gi inntrykk av en svært høy grad av nøyaktighet. Når punktet for eksempel ble tegnet på et papirkart for 20 år siden, og senere digitalisert, sier det seg selv at denne nøyaktigheten ikke nødvendigvis stemmer helt med virkeligheten. Om man også tar med tiden som er gått siden observasjonen i vurderingen, og punktet for eksempel forteller om en observasjon av en mobil art, eller en art med et forventet livsløp på noen få år, blir det åpenbart at dette er et punkt med høy grad av usikkerhet.

Når man skal analysere hva som ligger i nærheten av noe annet i GIS er det i hovedsak to tilnæringsmåter: I en bufferanalyse trekkes en grense et nøyaktig antall meter fra det man analyserer i forhold til, slik som vei eller banetrasé, og punkter og arealer faller enten innenfor eller utenfor denne buffersonen. Dette gir inntrykk av en nøyaktighet som ikke alltid gjenspeiler virkeligheten. En alternativ metode er å bruke en ruteanalyse. I en ruteanalyse vil avstanden fra infrastrukturen variere avhengig av hvor i ruta traseen treffer, noe som altså er en annerledes tilnærming. Det er imidlertid sannsynlig at bredden på arealet som påvirkes vil variere, avhengig av lokale forhold som terreng, naturtype, vegetasjon m.m. Analysene er derved også mindre følsomme for det eksakte antallet meter man mener skal regnes som «påvirket areal».Hvilken av disse to metodene som er best egnet bør vurderes nærmere generelt, og spesielt opp mot målsetningen med analysene.

Generelt anbefales bufferanalyser hvis målet er å gjennomføre eksakte arealberegninger innenfor et fast avgrenset område, mens rutenettet ofte egner seg bedre når artsdata er involvert eller om man ønsker mer fleksibilitet for ulike statistiske analyser i etterkant. Hvilken metode som velges er derfor avhengig av problemstilling, formål og datagrunnlag.

Som omtalt tidligere er det stor grad av usikkerhet og stor variasjon når det gjelder hvilken bredde som er det «riktige» i en vurdering av påvirkning på naturmangfold. Bruk av rutenett i analyser av påvirkning langs vei eller bane bidrar til å redusere effekt av denne usikkerheten.

Bruk av rutenett vil også dempe effekten av unøyaktighet og stor variasjon i kvalitet på stedfesting i observasjonene, samtidig som det til en viss grad tar høyde for at arter flytter seg over tid. Avhengig av traseenes plassering i rutene vil avstand variere, men dette kan tenkes å ligne den reelle situasjonen der påvirkningen ikke nødvendigvis er lik for for eksempel alle naturtyper. Det forenkler dessuten sammenligninger og analysearbeidet i forhold til alternative metoder (se kapittel 8 for videre diskusjon). På bakgrunn av dette, samt at vi mente rutenett ga større grad av fleksibilitet i forbindelse med analyser knyttet til en videre utvikling av eksisterende eller etablering av ny av infrastruktur, valgte vi å gå videre med rutenettanalyser i vårt arbeid.

Som et forsøkt på å angi en kvantitativ indikator på påvirkning på naturmangfold har vi derfor valgt å bruke forekomst av rødlistede arter og antall observasjoner av slike arter innenfor de ruter av én kvadratkilometer i SSBs rutenett som berøres av henholdsvis vei eller bane. Også disse analysene er gjort med og uten tunnellstrekninger inkludert. Vi har regnet arealbeslag som en funksjon av bredde på henholdsvis vei og bane (se punkt 4.3) og strekningslengde. Vi har beregnet arealbeslag både med og uten tunnellstrekninger.

5 Areal- og naturmangfold – resultater for eksempelstrekninger

I dette kapitlet viser vi en oversikt over resultater fra GIS-beregninger for de enkelte eksempelstrekningene, i form av en tabellarisk oversikt og en kort diskusjon med en mulig tolkning av disse.

For å komme fram til arealbeslaget som skal brukes i beregning av arealeffektivitet må det gjøres tilleggsberegninger av arealbeslag til krysningsspor og veikryss. Dette, samt beregning av arealeffektivitetstall for alle eksempelstrekningene og drøfting av disse, gjøres i kapittel 6.

Vi har beregnet arealbeslag og vi har forsøkt å gi et kvantitativt anslag på påvirkning av naturmangfold. For påvirkning i forhold til klimamål mener vi som tidligere omtalt at det for eksisterende infrastruktur primært er bruk som er kilde til utslipp og derved redusert måloppnåelse. Vi har likevel valgt å presentere tall som viser arealtype, da dette kan gi et grunnlag for å tenke rundt mulig påvirkning, for eksempel vil en strekning med høy andel myrareal sannsynligvis ha (hatt) en større negativ påvirkning.

5.1 P1: Oslo – Tønsberg

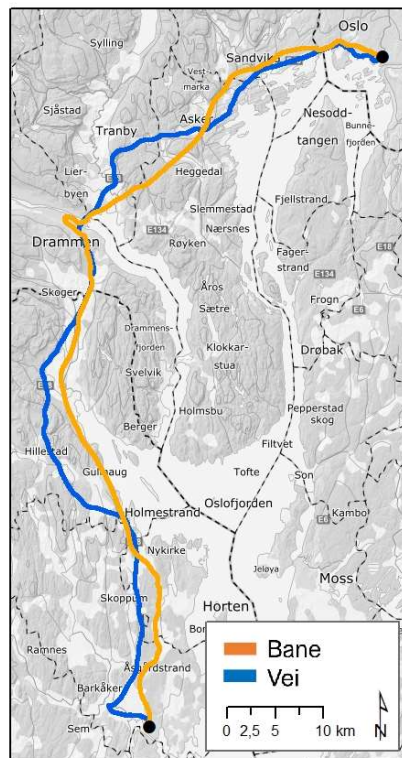
| | | Bane | | | |
|---------------------|-----------------------------|-------------|------------|------------|--------------|
| Alternativ | | maks | med | min | Enhet |
| Infrastrukturbredde | | 16,4 | 8,4 | 4 | M |
| Spor & veibane | Lengde (ekskl. tunnel) | 59 | 59 | 59 | Km |
| | Lengde tunnel | 42 | 42 | 42 | Km |
| | Total lengde (inkl. tunnel) | 100 | 100 | 100 | Km |
| | Arealbeslag (ekskl. tunnel) | 960 | 492 | 234 | Dekar |
| | Areal i tunnel | 688 | 352 | 168 | Dekar |
| | Arealbeslag (inkl. tunnel) | 1 648 | 844 | 402 | Dekar |
| Rutenett* | SSB-ruter totalt | 130 | 130 | 130 | Antall |
| | SSB-ruter (ekskl. tunnel) | 83 | 83 | 83 | Antall |
| | AR5 Jordbruksareal | 26 014 | 26 014 | 26 014 | Dekar |
| | AR5 Skog | 21 507 | 21 507 | 21 507 | Dekar |
| | AR5 Myr | 34 | 34 | 34 | Dekar |
| | Rødlistearter observasjon | 1 614 | 1 614 | 1 614 | Antall |
| | Artsmangfold (ulike arter) | 214 | 214 | 214 | Antall |
| | Viktige naturtyper | 5 479 | 5 479 | 5 479 | Dekar |
| | | Vei | | | |
| Alternativ | | maks | med | min | Enhet |
| Infrastrukturbredde | | 29,6 | 19,2 | 6,5 | M |
| Spor & veibane | Lengde (ekskl. tunnel) | 92 | 92 | 92 | Km |
| | Lengde tunnel | 14 | 14 | 14 | Km |
| | Total lengde (inkl. tunnel) | 106 | 106 | 106 | Km |
| | Arealbeslag (ekskl. tunnel) | 2 729 | 1 770 | 599 | Dekar |
| | Areal i tunnel | 417 | 271 | 92 | Dekar |
| | Arealbeslag (inkl. tunnel) | 3 146 | 2 041 | 691 | Dekar |
| Rutenett* | SSB-ruter totalt | 132 | 131 | 131 | Antall |
| | SSB-ruter (ekskl. tunnel) | 127 | 126 | 126 | Antall |
| | AR5 Jordbruksareal | 35 328 | 35 230 | 35 230 | Dekar |
| | AR5 Skog | 38 823 | 38 111 | 38 111 | Dekar |
| | AR5 Myr | 191 | 191 | 191 | Dekar |
| | Rødlistearter observasjon | 2 670 | 2 663 | 2 663 | Antall |
| | Artsmangfold (ulike arter) | 261 | 260 | 260 | Antall |
| | Viktige naturtyper | 7 072 | 7 072 | 7 072 | Dekar |

*Tallene for arter og areal i rutenettet er angitt uten tunnelavsnitt

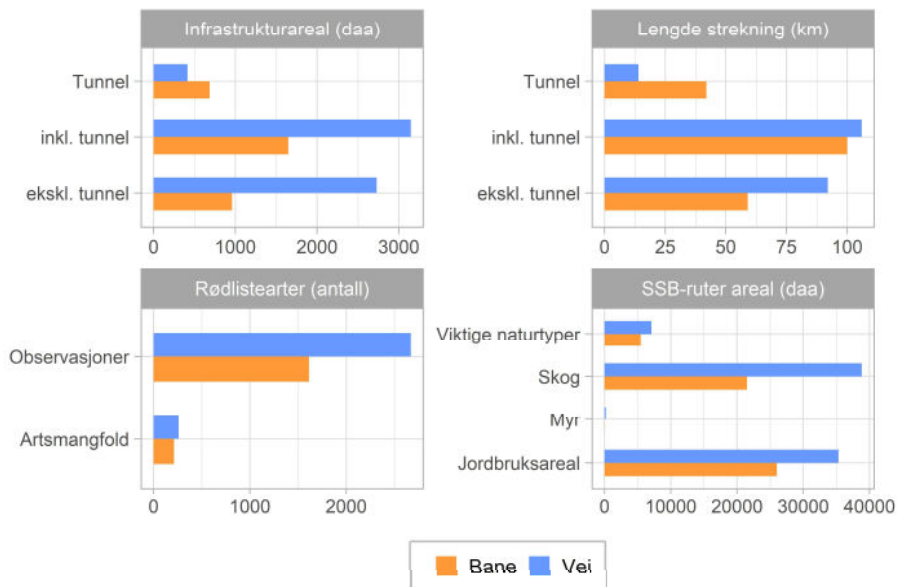
Vurdering

Jernbanestrekningen i dette eksempelet skiller seg ut fra de andre pga. den store andelen av strekningen som går i tunnel. Når vi ikke tar hensyn til tunnel er bane og vei nærmest like lange, mens det er over 40% av jernbanen som ligger i tunnel. Dermed blir også arealbeslaget av jernbanesporet særdeles lavt i forhold til veibanen.

Den store andelen av baneavsnitt i tunnel slår også tydelig ut på antall rødlistearter og berørte arealtyper som ligger betydelig lavere enn for veistrekningen. Forholdet mellom bane og vei er ganske stabilt over maks-, middels- og min-alternativene. I figuren under (og tilsvarende for de etterfølgende eksemplene) er det derfor kun vist verdier for maks-alternativet.



P1: Oslo-Tønsberg (maks-alternativ)



5.2 P2: Oslo – Hamar

| | | Bane | | | |
|---------------------|-----------------------------|-------------|------------|------------|--------------|
| Alternativ | | maks | med | min | Enhet |
| Infrastrukturbredde | | 16,4 | 8,4 | 4 | M |
| Spor & veibane | Lengde (ekskl. tunnel) | 101 | 101 | 101 | Km |
| | Lengde tunnel | 23 | 23 | 23 | Km |
| | Total lengde (inkl. tunnel) | 124 | 124 | 124 | Km |
| | Arealbeslag (ekskl. tunnel) | 1 662 | 851 | 406 | Dekar |
| | Areal i tunnel | 375 | 192 | 92 | Dekar |
| | Arealbeslag (inkl. tunnel) | 2 037 | 1 044 | 497 | Dekar |
| Rutenett* | SSB-ruter totalt | 152 | 151 | 151 | Antall |
| | SSB-ruter (ekskl. tunnel) | 131 | 130 | 130 | Antall |
| | AR5 Jordbruksareal | 38 625 | 37 864 | 37 864 | Dekar |
| | AR5 Skog | 46 950 | 46 819 | 46 819 | Dekar |
| | AR5 Myr | 464 | 451 | 451 | Dekar |
| | Rødlistearter observasjon | 1 245 | 1 226 | 1 226 | Antall |
| | Artsmangfold (ulike arter) | 136 | 136 | 136 | Antall |
| | Viktige naturtyper | 5 007 | 4 755 | 4 755 | Dekar |
| | | | Vei | | |
| Alternativ | | maks | med | min | Enhet |
| Infrastrukturbredde | | 29,6 | 19,2 | 6,5 | M |
| Spor & veibane | Lengde (ekskl. tunnel) | 120 | 120 | 120 | Km |
| | Lengde tunnel | 7 | 7 | 7 | Km |
| | Total lengde (inkl. tunnel) | 127 | 127 | 127 | Km |
| | Arealbeslag (ekskl. tunnel) | 3 549 | 2 302 | 779 | Dekar |
| | Areal i tunnel | 210 | 136 | 46 | Dekar |
| | Arealbeslag (inkl. tunnel) | 3 759 | 2 438 | 826 | Dekar |
| Rutenett* | SSB-ruter totalt | 159 | 159 | 157 | Antall |
| | SSB-ruter (ekskl. tunnel) | 155 | 155 | 153 | Antall |
| | AR5 Jordbruksareal | 36 854 | 36 854 | 36 021 | Dekar |
| | AR5 Skog | 64 163 | 64 163 | 63 162 | Dekar |
| | AR5 Myr | 1 357 | 1 357 | 1 301 | Dekar |
| | Rødlistearter observasjon | 1 549 | 1 549 | 1 547 | Antall |
| | Artsmangfold (ulike arter) | 175 | 175 | 173 | Antall |
| | Viktige naturtyper | 4 880 | 4 880 | 5 292 | Dekar |

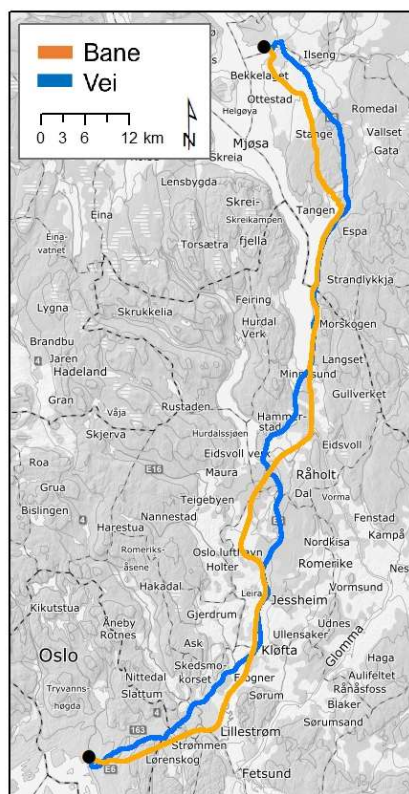
*Tallene for arter og areal i rutenettet er angitt uten tunnelavsnitt

Vurdering

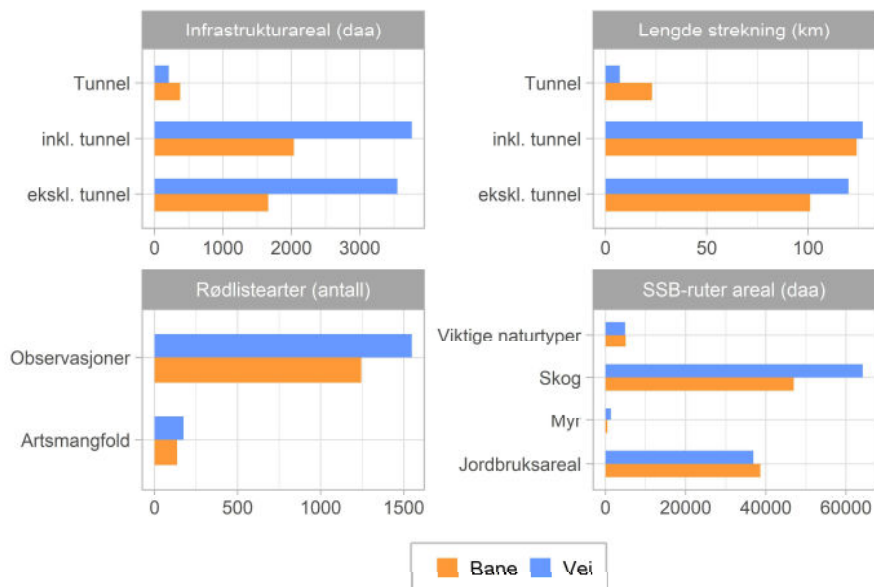
Det er liten forskjell i total strekningslengde, men når tunnelavsnitt tas ut blir jernbanestrekningen noe kortere. Som i de resterende eksemplene, har jernbanesporet et lavere arealbeslag enn vei-banen i alle tre alternativer (maks-, middels- og min-).

Det er registrert flere rødlistearter i SSB-rutene langs veien enn det vi finner i jernbane-rutene. Dette henger sannsynligvis sammen med at jernbanestrekningen har et redusert antall ruter pga. flere strekningsavsnitt i tunnel.

Jordbruksareal og viktige naturtyper berøres i samme omfang av jernbane og vei, mens vei-rutene preges av noe mer skogsareal enn det vi finner langs jernbanen.



P2: Oslo-Bergen (maks-alternativ)



5.3 P3: Stavanger – Egersund

| | | Bane | | | |
|---------------------|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Alternativ | | maks | med | min | Enhet |
| Infrastrukturbredde | | 16,4 | 8,4 | 4 | M |
| Spor & veibane | Lengde (ekskl. tunnel) | 71 | 71 | 71 | Km |
| | Lengde tunnel | 3 | 3 | 3 | Km |
| | Total lengde (inkl. tunnel) | 73 | 73 | 73 | Km |
| | Arealbeslag (ekskl. tunnel) | 1 157 | 593 | 282 | Dekar |
| | Areal i tunnel | 44 | 23 | 11 | Dekar |
| | Arealbeslag (inkl. tunnel) | 1 202 | 615 | 293 | Dekar |
| Rutenett* | SSB-ruter totalt | 93 | 91 | 91 | Antall |
| | SSB-ruter (ekskl. tunnel) | 93 | 91 | 91 | Antall |
| | AR5 Jordbruksareal | 28 937 | 28 567 | 28 567 | Dekar |
| | AR5 Skog | 7 701 | 7 005 | 7 005 | Dekar |
| | AR5 Myr | 1 009 | 988 | 988 | Dekar |
| | Rødlistearter observasjon | 2 656 | 2 524 | 2 524 | Antall |
| | Artsmangfold (ulike arter) | 162 | 162 | 162 | Antall |
| | Viktige naturtyper | 7 009 | 6 968 | 6 968 | Dekar |
| | | Vei | | | |
| Alternativ | | maks | med | min | Enhet |
| Infrastrukturbredde | | 29,6 | 19,2 | 6,5 | M |
| Spor & veibane | Lengde (ekskl. tunnel) | 76 | 76 | 76 | Km |
| | Lengde tunnel | 0 | 0 | 0 | Km |
| | Total lengde (inkl. tunnel) | 76 | 76 | 76 | Km |
| | Arealbeslag (ekskl. tunnel) | 2 252 | 1 461 | 495 | Dekar |
| | Areal i tunnel | 0 | 0 | 0 | Dekar |
| | Arealbeslag (inkl. tunnel) | 2 252 | 1 461 | 495 | Dekar |
| Rutenett* | SSB-ruter totalt | 99 | 97 | 96 | Antall |
| | SSB-ruter (ekskl. tunnel) | 99 | 97 | 96 | Antall |
| | AR5 Jordbruksareal | 29 049 | 28 901 | 28 352 | Dekar |
| | AR5 Skog | 19 898 | 19 725 | 19 525 | Dekar |
| | AR5 Myr | 1 941 | 1 938 | 1 857 | Dekar |
| | Rødlistearter observasjon | 1 562 | 1 535 | 1 535 | Antall |
| | Artsmangfold (ulike arter) | 115 | 115 | 115 | Antall |
| | Viktige naturtyper | 6 957 | 6 957 | 6 954 | Dekar |

*Tallene for arter og areal i rutenettet er angitt uten tunnelavsnitt

Vurdering

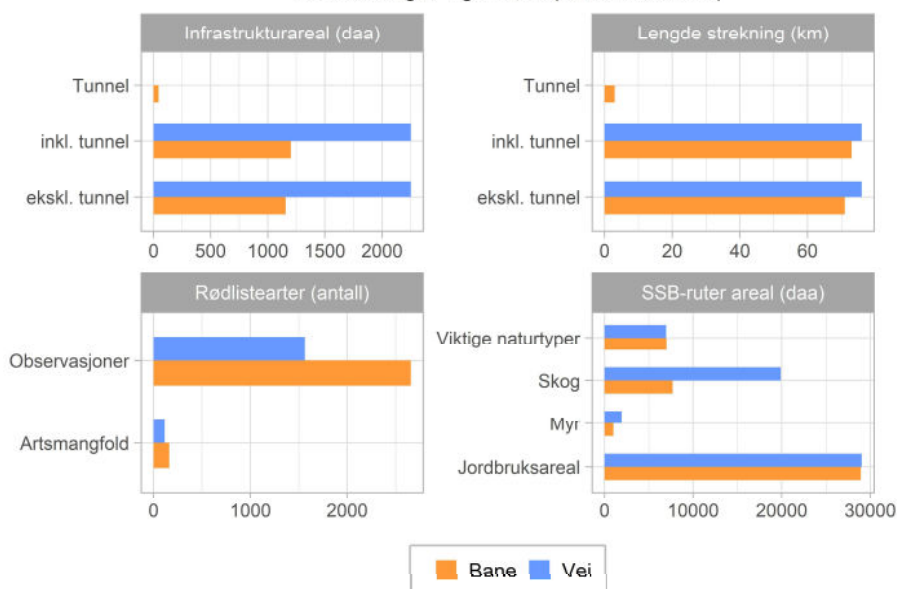
Selv om vei og jernbane har forskjellige strekningsforløp, er lengden på strekningene sammenlignbare. Strekningene går nesten utelukkende på bakkenivå, tunneler har derfor ingen reduserende effekt på lengde og arealbeslag.

Rutene langs jernbanen fanger opp et større antall rødlistearter enn vei-rutene. En sannsynlig grunn er at jernbanen krysser et større verneområde ved kysten (Brusanden og Bjårvatnet) og flere våtmarksområder på Jæren. Disse områdene bidrar vesentlig som følge av et stort antall artsregistreringer.



Jæren-området er kjent for sine store jordbruksarealer. Dette gjenspeiles også i statistikken for de berørte arealtypene. Både jernbane og vei berører like mye jordbruksareal på den relativt korte distansen. Strekningsforløpet av E39 gjennom flatbygdene gjør derimot at vei-rutene preges av langt mer skogsareal enn vi ser for jernbanen som tar veien gjennom Jærens åpne kystlandskap.

P3: Stavanger-Egersund (maks-alternativ)



5.4 P4: Trondheim - Steinkjer

| | | Bane | | | |
|---------------------|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Alternativ | | maks | med | min | Enhet |
| Infrastrukturbredde | | 16,4 | 8,4 | 4 | M |
| Spor & veibane | Lengde (ekskl. tunnel) | 118 | 118 | 118 | Km |
| | Lengde tunnel | 5 | 5 | 5 | Km |
| | Total lengde (inkl. tunnel) | 124 | 124 | 124 | Km |
| | Arealbeslag (ekskl. tunnel) | 1 941 | 994 | 473 | Dekar |
| | Areal i tunnel | 88 | 45 | 21 | Dekar |
| | Arealbeslag (inkl. tunnel) | 2 029 | 1 039 | 495 | Dekar |
| Rutenett* | SSB-ruter totalt | 156 | 155 | 154 | Antall |
| | SSB-ruter (ekskl. tunnel) | 150 | 149 | 148 | Antall |
| | AR5 Jordbruksareal | 53 317 | 52 517 | 51 982 | Dekar |
| | AR5 Skog | 40 973 | 40 920 | 40 481 | Dekar |
| | AR5 Myr | 818 | 797 | 797 | Dekar |
| | Rødlistearter observasjon | 3 643 | 3 636 | 3 636 | Antall |
| | Artsmangfold (ulike arter) | 103 | 103 | 103 | Antall |
| | Viktige naturtyper | 4 825 | 4 811 | 4 811 | Dekar |
| | | | | | |
| | | Vei | | | |
| Alternativ | | maks | med | min | Enhet |
| Infrastrukturbredde | | 29,6 | 19,2 | 6,5 | M |
| Spor & veibane | Lengde (ekskl. tunnel) | 112 | 112 | 112 | Km |
| | Lengde tunnel | 8 | 8 | 8 | Km |
| | Total lengde (inkl. tunnel) | 119 | 119 | 119 | Km |
| | Arealbeslag (ekskl. tunnel) | 3 299 | 2 140 | 725 | Dekar |
| | Areal i tunnel | 225 | 146 | 49 | Dekar |
| | Arealbeslag (inkl. tunnel) | 3 523 | 2 285 | 774 | Dekar |
| Rutenett* | SSB-ruter totalt | 152 | 151 | 150 | Antall |
| | SSB-ruter (ekskl. tunnel) | 148 | 147 | 146 | Antall |
| | AR5 Jordbruksareal | 52 444 | 51 734 | 51 278 | Dekar |
| | AR5 Skog | 47 997 | 47 836 | 47 327 | Dekar |
| | AR5 Myr | 1 237 | 1 236 | 1 236 | Dekar |
| | Rødlistearter observasjon | 2 647 | 2 643 | 2 642 | Antall |
| | Artsmangfold (ulike arter) | 113 | 113 | 113 | Antall |
| | Viktige naturtyper | 4 706 | 4 698 | 4 698 | Dekar |

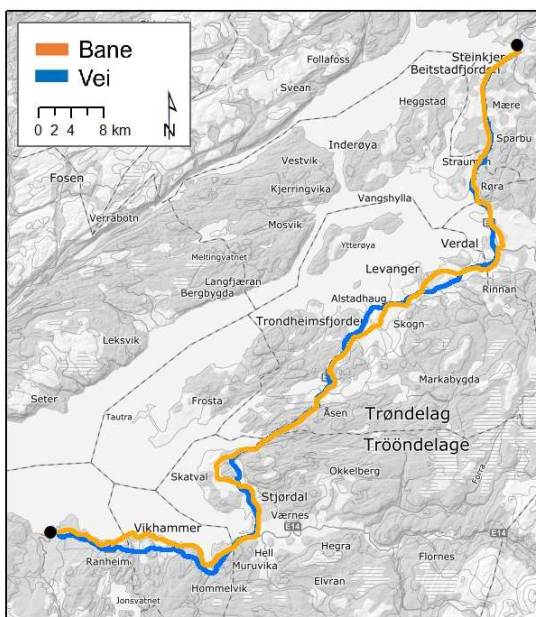
*Tallene for arter og areal i rutenettet er angitt uten tunnelavsnitt

Vurdering

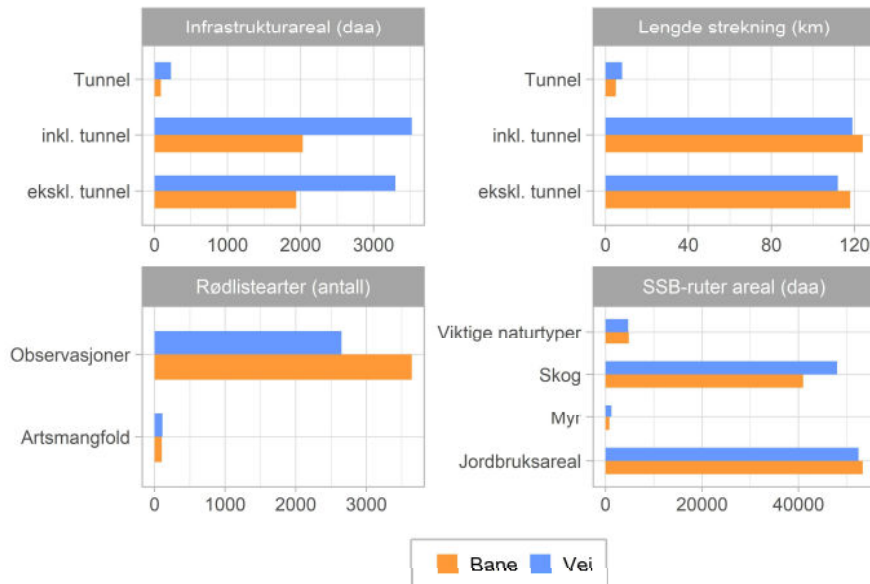
Både jernbane og E6 følger langs store deler av strekningen den samme ruten. Dermed blir også strekningslengden nærmest lik. Arealbeslag av jernbanesporet er likevel mindre enn arealbeslaget av veibanen.

Det er små forskjeller i berørte arealtyper som f.eks. jordbruksareal eller viktige naturtyper. Til tross for det, er det langt

flere observasjoner av rødlistearter langs jernbanestrekningen enn det vi finner langs veien. Det er rimelig å anta at denne forskjellen henger sammen med jernbanens kystnære forløp ved Ranheim og Vikhammer øst for Trondheim sentrum. Disse områdene peker seg tydelig ut med et stort antall artsregistreringer og bidrar til økte observasjonstall.



P4: Trondheim-Steinkjer (maks-alternativ)



5.5 G1: Oslo – Trondheim

| | | Bane | | |
|---------------------|-----------------------------|---------|---------|--------|
| Alternativ | | maks | med/min | Enhet |
| Infrastrukturbredde | | 6,8 | 4 | m |
| Spor & veibane | Lengde (ekskl. tunnel) | 527 | 527 | km |
| | Lengde tunnel | 14 | 14 | km |
| | Total lengde (inkl. tunnel) | 541 | 541 | km |
| | Arealbeslag (ekskl. tunnel) | 3 585 | 2 109 | dekar |
| | Areal i tunnel | 96 | 56 | dekar |
| | Arealbeslag (inkl. tunnel) | 3 681 | 2 165 | dekar |
| Rutenett* | SSB-ruter totalt | 675 | 674 | antall |
| | SSB-ruter (ekskl. tunnel) | 671 | 670 | antall |
| | AR5 Jordbruksareal* | 147 504 | 147 450 | dekar |
| | AR5 Skog* | 303 830 | 302 979 | dekar |
| | AR5 Myr* | 10 591 | 10 587 | dekar |
| | Rødlistearter observasjon | 6 478 | 6 471 | antall |
| | Artsmangfold (ulike arter) | 383 | 383 | antall |
| | Viktige naturtyper | 25 759 | 25 741 | dekar |
| | | Vei | | |
| Alternativ | | maks | med/min | Enhet |
| Infrastrukturbredde | | 12,9 | 6,5 | m |
| Spor & veibane | Lengde (ekskl. tunnel) | 468 | 468 | km |
| | Lengde tunnel | 5 | 5 | km |
| | Total lengde (inkl. tunnel) | 473 | 473 | km |
| | Arealbeslag (ekskl. tunnel) | 6 033 | 3 040 | dekar |
| | Areal i tunnel | 63 | 32 | dekar |
| | Arealbeslag (inkl. tunnel) | 6 096 | 3 072 | dekar |
| Rutenett* | SSB-ruter totalt | 607 | 599 | antall |
| | SSB-ruter (ekskl. tunnel) | 605 | 597 | antall |
| | AR5 Jordbruksareal | 118 406 | 117 185 | dekar |
| | AR5 Skog | 367 123 | 361 698 | dekar |
| | AR5 Myr | 13 938 | 13 398 | dekar |
| | Rødlistearter observasjon | 2 545 | 2 527 | antall |
| | Artsmangfold (ulike arter) | 195 | 193 | antall |
| | Viktige naturtyper | 17 547 | 17 499 | dekar |

*Tallene for arter og areal i rutenettet er angitt uten tunnelavsnitt

Vurdering

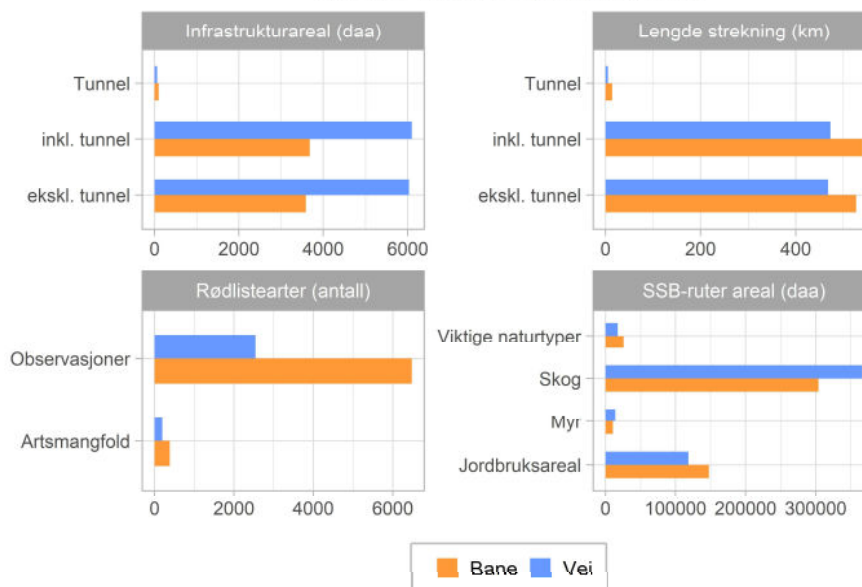
Resultatene viser at jernbanestrekningen via Dovre er noe lengre enn veistrekningen som går via Østerdalen. Samtidig er arealbeslaget av jernbanesporet i alle scenariene mindre enn veiens. Strekningen har kun noen få tunnelavsnitt.

SSB-rutene langs jernbanestrekningen preges av et stort antall observasjoner av rødlistearter. I forhold til berørte arealtyper inneholder bane-rutene noe mer jordbruksareal, myr og verdifulle naturtypene enn vei-rutene. Rutene langs veien berører derimot mer skogsareal.



Som det kommer tydelig frem i grafene til G1 er valg av strekning og lengde av strekning svært viktig når det gjelder påvirkning på naturmangfold. Til tross for at veien beslaglegger et større areal, og muligens også har høyere observasjonsinnsats, er både antallet arter og antallet observasjoner betydelig lavere i de ruter som berøres av vei sammenlignet med bane.

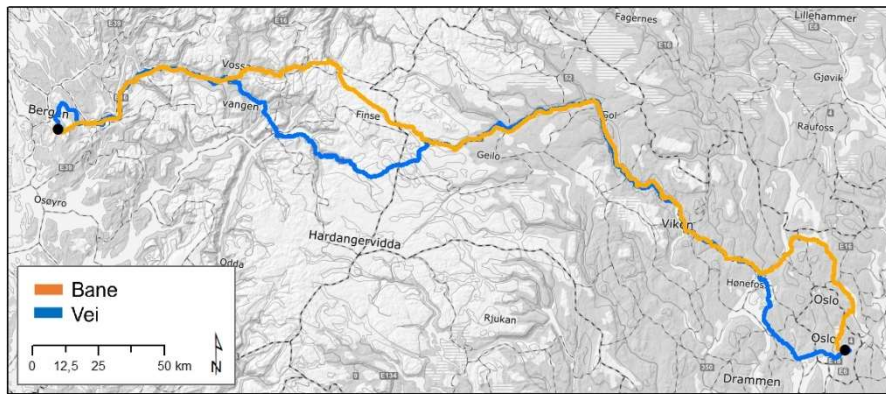
G1: Oslo-Trondheim (maks-alternativ)



5.6 G2: Oslo – Bergen

| | | Bane | | |
|----------------------------|-----------------------------|---------|---------|--------|
| Alternativ | | maks | med/min | Enhet |
| Infrastrukturbredde | | 6,8 | 4 | m |
| Spor & veibane | Lengde (ekskl. tunnel) | 373 | 373 | km |
| | Lengde tunnel | 85 | 85 | km |
| | Total lengde (inkl. tunnel) | 459 | 459 | km |
| | Arealbeslag (ekskl. tunnel) | 2 539 | 1 494 | dekar |
| | Areal i tunnel | 580 | 341 | dekar |
| | Arealbeslag (inkl. tunnel) | 3 120 | 1 835 | dekar |
| | Rutenett* | | | |
| SSB-ruter totalt | | 587 | 587 | antall |
| SSB-ruter (ekskl. tunnel) | | 522 | 522 | antall |
| AR5 Jordbruksareal | | 52 642 | 52 642 | dekar |
| AR5 Skog | | 277 577 | 277 577 | dekar |
| AR5 Myr | | 6 332 | 6 332 | dekar |
| Rødlistearter observasjon | | 2 360 | 2 360 | antall |
| Artsmangfold (ulike arter) | | 243 | 243 | antall |
| Viktige naturtyper | | 19 244 | 19 244 | dekar |
| | | Vei | | |
| Alternativ | | maks | med/min | Enhet |
| Infrastrukturbredde | | 12,9 | 6,5 | m |
| Spor & veibane | Lengde (ekskl. tunnel) | 400 | 400 | km |
| | Lengde tunnel | 71 | 71 | km |
| | Total lengde (inkl. tunnel) | 470 | 470 | km |
| | Arealbeslag (ekskl. tunnel) | 5 156 | 2 598 | dekar |
| | Areal i tunnel | 908 | 458 | dekar |
| | Arealbeslag (inkl. tunnel) | 6 064 | 3 056 | dekar |
| | Rutenett* | | | |
| SSB-ruter totalt | | 589 | 582 | antall |
| SSB-ruter (ekskl. tunnel) | | 539 | 533 | antall |
| AR5 Jordbruksareal | | 59 189 | 58 809 | dekar |
| AR5 Skog | | 252 944 | 250 707 | dekar |
| AR5 Myr | | 5 667 | 5 597 | dekar |
| Rødlistearter observasjon | | 4 122 | 4 115 | antall |
| Artsmangfold (ulike arter) | | 392 | 392 | antall |
| Viktige naturtyper | | 14 891 | 14 784 | dekar |

*Tallene for arter og areal i rutenettet er angitt uten tunnelavsnitt

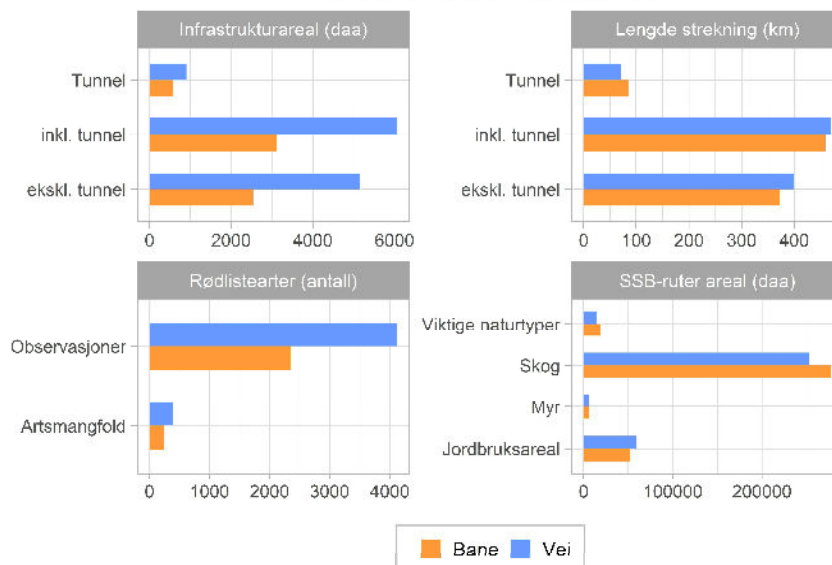


Vurdering

Det er små forskjeller i strekningslengden, men jernbanestrekningen er noe kortere, når tunnelene tas ut. På grunn av sin smalere bredde, er jernbanesporets arealbeslag betydelig lavere enn veiens. Dette gjelder for alle scenariene.

I forhold til rødlistearter er resultatene nærmest motsatt sammenlignet med G1. SSB-rutene langs veistrekningen har et tydelig større antall observasjoner enn det som er registrert langs jernbanen. Den store forskjellen kan skyldes at veistrekningen passerer gjennom områder som er mye mer tilgjengelig - og dermed hyppigere besøkt, f.eks. nordsida av Hallingdalselvene, Rv7 over Hardangervidda eller Eidfjord. Dette kan gi svært ulik innsats i registrering. Det store antallet observasjoner gjenspeiles også i et større artsmangfold i vei-rutene. I forhold til berørte arealtyper, utgjør skogareal størsteparten for begge strekningene (jernbane noe mer enn vei).

G2: Oslo-Bergen (maks-alternativ)



6 Eksempelstrekningene oppsummert

6.1 Arealeffektivitet

Arealeffektivitet er beregnet i Tabell 6-1 og Tabell 6-2 under, som forholdstallet mellom transportkapasitet og areal. For lesbarhetens skyld er det brukt personer pr. time pr. kvadratkilometer og TEU pr. time pr. kvadratkilometer som benevnning. Personer pr. time har utgangspunkt i rushtidstrafikk, TEU pr. time har utgangspunkt i døgntrafikk.

Inkludering av arealer til kryssingsspor og veikryss påvirker hver resultatene med 1-2 prosentpoeng.

Persontransport

| Alternativ | Bane | | | Vei | | |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | maks | med | min | maks | med | min |
| Type infrastruktur | 2-spor | 2-spor | 1-spor | 4-felt | 4-felt | 2-felt |
| Infrastrukturbredde (m) | 16,4 | 8,4 | 4,0 | 29,6 | 19,2 | 6,5 |
| P1: Oslo-Tønsberg | 1 579 | 2 208 | 792 | 304 | 324 | 495 |
| P2: Oslo-Hamar | 949 | 1 372 | 427 | 240 | 258 | 383 |
| P3: Stavanger-Egersund | 1 289 | 1 781 | 669 | 388 | 423 | 587 |
| P4: Trondheim-Steinkjer | 796 | 1 130 | 440 | 268 | 294 | 406 |

Tabell 6-1 Beregnet arealeffektivitet (personer pr. time pr. km²) for bane og vei, maks-, middel- og min-alternativer. Ekskl. areal hvor infrastrukturen går i tunnel.

Persontransport-eksemplene viser et spenn i arealeffektivitet fra noen hundre til godt over to tusen personer pr. time pr. kvadratkilometer. Arealeffektiviteten i jernbanealternativene er gjennomgående høyere enn i veialternativene.

Maks-alternativet kan forstås som den største ytelsen det er realistisk å få ut av henholdsvis dagens nye bane- og veiinfrastruktur og korresponderende materiell, med svært høye passasjerbelegg og med de største infrastrukturbredder som er observert i våre stikkprøver. Tabellen viser at arealeffektiviteten til jernbanen i maks-alternativet er 3-5 ganger den til veien, avhengig av eksempelstrekning. Forklaringen på dette er både at veiens transportkapasitet er lavere enn jernbanens, og at veiarealet er større enn jernbanearealet. I eksempelet Trondheim-

Steinkjer er veilengden kortere enn jernbanelengden, men veiarealet er likevel større enn jernbanearialet.

Middels-alternativene representerer også nyere bane- og veiinfrastruktur og materiell, men med mindre (men observerte) infrastrukturbredder, færre togavganger og mer moderate passasjerbelegg i begge transportformer. Også i middels-alternativet er arealeffektivitet for jernbane betydelig høyere enn for vei, og relativt sett høyere enn i maks-alternativene. At forholdstallene endrer seg i en slik retning i forhold til maks-alternativet, skyldes både at arealbeslaget er redusert mer for jernbane enn for vei, og at forholdet mellom de to transportformenes kapasitet har endret seg i jernbanens favør. Forutsetning om passasjerbelegg på vei, som ble endret fra 4 personer pr. bil i maks-alternativet til 1,15 personer pr. bil i middels-alternativet, spiller en vesentlig rolle her.

Min-alternativene kan i større grad forstås som en beskrivelse av dagens situasjon. Også her kommer jernbanen ut av beregningene med høyere arealeffektivitet enn veien, men intervallet er nå 1,1-1,6. Usikkerhet i datagrunnlaget tatt i betraktning bør nok dette tolkes som omtrent likt, men at det kanskje vipper i jernbanens favør.

Når vi i kapittel 6.2 skal nyansere arealbegrepet ved å trekke inn vurderinger av ulike egenskaper knyttet til blant annet geografi, blir den geografiske plassering av de ulike infrastrukturstrøkningene viktig. Strøkningen hvor jernbane gjennomgående (over flere eller alle alternativ) har høyest arealeffektivitet sett i forhold til vei er Oslo-Tønsberg. Oslo-Hamar, ligger i en slik sammenligning som nummer to, Stavanger-Egersund som nummer tre og Trondheim-Steinkjer som nummer 4. Geografisk beliggenhet antas å ha stor betydning for grad av måloppnåelse når det gjelder naturmangfold, og derved viktigheten av arealeffektivitet.

At infrastrukturareal som ligger i tunnel er holdt utenfor i tallene påvirker resultatene. Inkluderes tunnelareal blir forskjellen mellom jernbane og vei mindre, men jernbanen ligger fortsatt foran i arealeffektivitet. Dette skyldes i noen grad at jernbanetraseene er kortere enn veitraseene. Unntaket er Trondheim-Steinkjer hvor veitraseen er kortest, men også her er jernbane beregnet å ha høyere arealeffektivitet enn vei i alle alternativer.

For persontransport har jernbane høyere arealeffektivitet enn vei for alle strekninger og alternativ. Mer jernbaneareal i tunnel bidrar til dette, men er ikke avgjørende.

Passasjertallene i maks-alternativet er satt slik at både tog og personbiler er (teoretisk) helt fulle, og den teoretiske kapasiteten på bane er da 75 prosent høyere enn på vei. Selv om nøyaktigheten av disse beregningene kan diskuteres sier antagelig dette en del om hvor mye plass som går med i individuell veitransport (dvs. ved bruk av privatbil) til blant annet sikkerhetsavstand mellom kjøretøy.

Forskjellen på maks- og min-alternativet er infrastrukturbredde og persontransportkapasitet. Mens veiinfrastrukturen i maks-alternativet er 80 prosent bredere enn jernbaneinfrastrukturen, er veien kun 63 prosent bredere i min-alternativet. Kapasiteten som er lagt til grunn er at veieninfrastrukturen i maks-alternativet har en kapasitet som utgjør 57 prosent av jernbanens, og i min-alternativet 99 prosent.

Mens det i min-alternativets passasjertall på bane er tatt utgangspunkt i sete- og ståplasskapasiteten, er det for veien tatt utgangspunkt i det «normale» som i all hovedsak er at bilfører reiser alene. Dette gir veien en tilsynelatende ulempe. På den annen side er et lavt passasjerbelegg ved bruk av personbil et faktum som kanskje kan anses å være noe nær en egenskap ved denne transportformen, mens det er nok av historier om overfylte rushtidstog. Sammenligningen er derfor kanskje ikke helt gal.

Godstransport

| Alternativ | Bane | | | Vei | | |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | maks | med | min | maks | med | min |
| Type infrastruktur | 1-spor | 1-spor | 1-spor | 2-felt | 2-felt | 2-felt |
| Infrastrukturbredde (m) | 6,8 | 4,0 | 4,0 | 12,9 | 6,5 | 6,5 |
| G1: Oslo-Trondheim | 12 | 18 | 13 | | 22 | 15 |
| G2: Oslo-Bergen | 17 | 25 | 18 | | 26 | 17 |

Tabell 6-2 Beregnet arealeffektivitet (TEU pr. time pr. km²) for bane og vei, maks-, middel- og min-alternativer. Ekskl. areal hvor infrastrukturen går i tunnel.

Beregnet arealeffektivitet i godstransporteksemplene ligger mellom 12 og 26 TEU pr. time pr. kvadratkilometer. I motsetning til hva vi så i

persontransport-eksemplene, er ligger arealeffektivitets-tallene for jernbane og vei på om lag det samme nivået.

Forskjellen på middels- og min-alternativet på vei er at det i middels-alternativet er forutsatt modulvogntog, med kapasitet til tre TEU, mens det i min-alternativet er forutsatt semitrailer med kapasitet til to TEU. På jernbane er det godstoglengden som skiller alternativene, og dermed også TEU-kapasiteten.

Med det antall *kjøretøy* pr. døgn som forutsettes, og som er ens for begge strekninger, har veitransport mellom 34 og 50 prosent høyere kapasitet enn jernbanen. Med kun semitrailere er det det laveste tallet som gjelder, med kun modulvogntog er det det høyeste tallet. Med en blanding av disse bilstørrelsene ligger veiens høyere kapasitet et sted mellom disse ytterpunktene.

Økes toglangden fra dagens 450 meter til 600 meter vil kapasiteten på jernbane tilsvare den på vei med kun semitrailere. Med kun modulvogntog vil veitransport ha 18 prosent høyere kapasitet enn jernbanen.

Sammenligningen av kun transportkapasitet er, som vi ser, helt avhengig av antallet kjøretøy som kan forutsettes pr. tidsenhet. Det er behov for en grundigere kartlegging og analyse av dette som input til arealeffektivitetsberegninger.

Med de forutsetninger vi har i disse regneeksemplene er det lengde og bredde på infrastrukturen som vil være avgjørende for hvilken transportform som fremstår med høyest arealeffektivitet. For Oslo-Trondheim er det veitraseen som er kortest, med eller uten areal i tunnel. Selv om Heggstadmoen hadde vært forutsatt som endepunkt også for jernbane, ville veitraseen vært kortest. For Oslo-Bergen er jernbanetraseen noe kortere enn veitraseen, med eller uten tunnel (henholdsvis med 12 og 26 kilometer - ca. 2-7 prosent).

I min- og middels-alternativene er det forutsatt at begge strekningene har en infrastrukturenbredde tilsvarende den smaleste som er observert i våre stikkprøver, henholdsvis 4 meter for jernbane og 6,5 meter for vei. Denne ulikheten er grovt sett tilstrekkelig til å oppveie for veitransportens høyere kapasitet, som vist i tabellen Tabell 6-2. Beregningsresultatene er altså også svært følsomme for hvilken infrastrukturenbredde som legges til grunn.

For godstransport er beregnet arealeffektivitet ganske lik for vei og bane, men resultatet er helt avhengig av hvordan transportkapasitet og infrastrukturbredde tallfestes.

Maks-alternativet for jernbanen er beregnet med forutsetning om en noe bredere kjørevei og lengre tog, men for øvrig en gjennomførbar ruteplan. Dette representerer et transportsystem som krever noe utbygging av kryssningsspor, men ellers er likt dagens. Beregnet arealeffektivitet er 12-17 TEU pr. time pr. kvadratkilometer. En tilsvarende arealeffektivitet kan beregnes for de samme veistrekningene hvis vi forutsetter at det transporteres 1800 TEU på bil hvert døgn, sum begge retninger, noe som tilsvarer 900 semitrailere eller vogntog, eller 600 modulvogntog. Hvis vi går tilbake til Figur 4-1 vil et slikt trafikkvolum i meste fall medføre om lag en dobling av godstrafikken forbi Fåvang (fra dagens 535 kjøretøy pr. døgn til 900 kjøretøy pr. døgn). Fordelt over de fire timene mellom kl. 2 og kl. 6, da trafikken er på det laveste, vil en slik trafikkøkning kunne utgjøre fra 90 kjøretøy pr. time (forutsatt semitrailer eller vogntog) til færre enn 20 kjøretøy pr. time (forutsatt modulvogntog). Det kanskje mest slående ved arealeffektiviteten i et slikt eksempel er den store, uutnyttede kapasiteten som veiinfrastrukturen representerer, og som i stor grad er slik fordi «markedet» antar at det ikke er etterspørsel etter transport til de tider det er ledig veikapasitet.

Hvis vi i forlengelsen av drøftingen av den teoretiske veikapasiteten i punkt 4.2 antar at det hver time, døgnet gjennom, kan opprettholdes et trafikkvolum tilsvarende makstimen, så er det i Figur 4-1 ledig kapasitet til flere tusen kjøretøy.

Avslutningsvis i denne drøftingen kan vi stille spørsmålet om denne sammenligningen av jernbane og vei er «rettferdig» – er det tilnærmet like størrelser som er sammenlignet? Delvis er svaret at formålet ikke primært har vært å sammenligne i betydning «å kåre en vinner», men å sammenligne for å utforske hva det er som gir de forskjellige resultatene, en form for benchmarking om man vil. Resultatene kan bidra til å se landbaserte transportsystemer i sammenheng, gjennom beregninger av arealeffektivitet. Dette kan være et hjelpemiddel i prioritering av hvordan samfunnet skal oppnå et ønsket

transportomfang eller mobilitet, med minst mulig negative konsekvenser, for eksempel for naturmangfold.

Delvis er nok også svaret antagelig «ikke helt» - særlig godstransport har vist seg vanskelig å få gjort sammenlignbar. For persontransporten ligner nok alternativene for henholdsvis bane og vei mer på hverandre, og slik sett er sammenlignbare.

6.2 Naturmangfold og klima

Transportinfrastruktur påvirker naturmangfold og klima på en rekke måter, og gjennom dette har transportinfrastruktur også betydning for bærekraft. Vi fokuserer her på naturmangfold og arealbruk, slik vi beskrev foran.

Når det gjelder påvirkning går det et viktig skille mellom eksisterende transportinfrastruktur og utvikling av ny transportinfrastruktur. Eksisterende strukturer har en effekt som i stor grad er knyttet til bruk, og intensiteten i bruk. Typisk vil det være transporten som skaper lyd, vindmønstre, sprut, klimagassutslipp og som forårsaker ulykker. Noen effekter er likevel knyttet til infrastrukturens eksistens uavhengig av bruk, dette er for eksempel avrenning, behandling av kantsoner, endring av mikroklima. Det er også noen effekter som faller i begge kategorier, slik man kan tenke for eksempel om barriereeffekten.

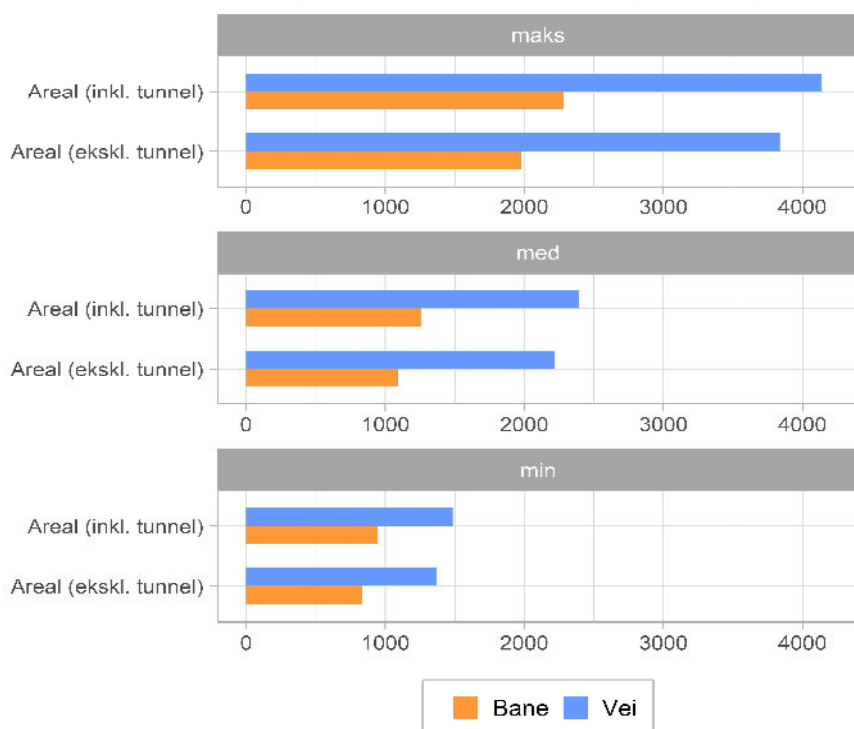


Figur 6-1 I Sverige har man valgt å merke enkelte spesielt artsrike vegkanter.
Foto: W. Dramstad/NIBIO

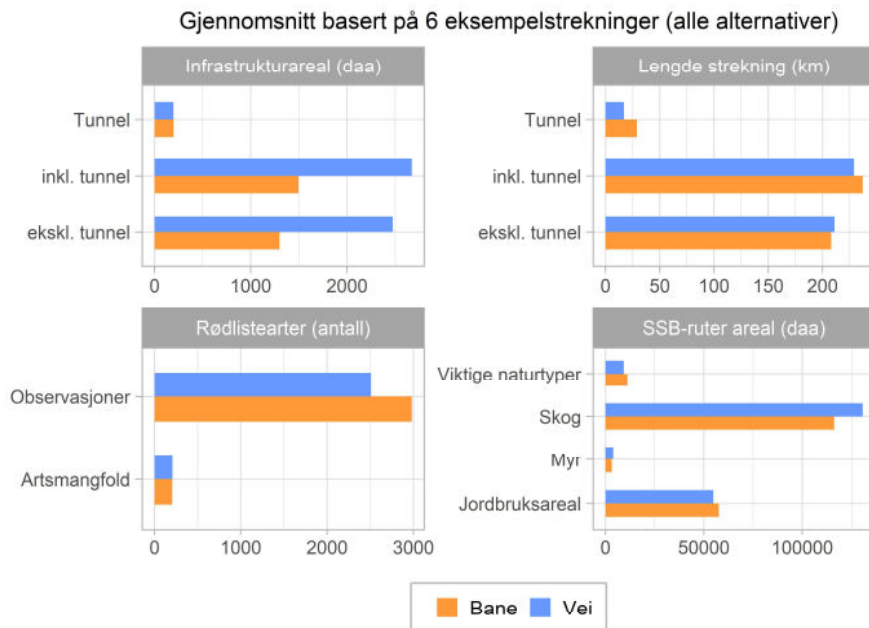
Etablering av ny transportinfrastruktur skaper noen ytterligere og til dels andre påvirkninger på naturmangfold og klima. Endret arealbruk kan gi økte klimagassutslipp og redusert lagring av CO₂, for eksempel. Det betyr også redusert areal av potensielle leveområder for ulike arter. Samtidig er det også slik at for eksempel veikanter ofte kan være artsrike, og også at infrastruktur kan legge til rette for spredning av enkelte arter. Et ytterligere viktig tema i etablering av ny transportinfrastruktur er naturligvis produksjon av det som brukes i byggefasen og transport knyttet til denne. Dette har vi valgt å ikke gå videre med i analysene og diskusjonen.

I det følgende vil vi se på analysene av naturmangfold samlet basert på gjennomsnitt for alle eksempelstrekningene. Vi fokuserer med andre ord på eksisterende transportinfrastruktur. Da påvirkningen på naturmangfold ikke forventes å være ulik for person- og godstransport skiller vi ikke på dette.

Basert på de seks eksempelstrekningene kan vi fastslå at arealbeslaget av jernbanesporet er omtrent halvparten av veibanens for maks- og middelsalternativet. For min-alternativet er arealet av jernbanesporet om lag en tredjedel mindre. Lengdeforskjellen mellom bane og veirute er i de fleste eksemplene minimal. Det er kun de to strekningene for godstransport G1 og G2 der jernbane er tydelig lengre enn vei. Figur 6-2 illustrerer at den



Figur 6-2 Gjennomsnittlig infrastrukturareal for eksempelstrekningene for de ulike alternativene.



Figur 6-3 Gjennomsnittlige tall for eksempelstrekningene.

relative forskjellen mellom vei og bane er ganske konstant for de tre alternativene.

Den største variasjonen ser vi for dataene knyttet til naturmangfold. I gjennomsnitt finner vi flere registreringer av rødlistearter i rutene langs jernbanen, noe som er litt overraskende da vi forventet at en antatt høyere observasjonsintensitet langs vei ville gi motsatt resultat. Men som beskrevet for de enkelte eksempelstrekningene er det strekningsforløpet som er svært utslagsgivende. Når det gjelder antall arter, noe som nok er en bedre indikator på naturmangfold enn antallet observasjoner, ser vi imidlertid en relativt liten forskjell mellom vei og bane. Banen på de analyserte strekningene kommer også i kontakt med noe større areal av viktige naturtyper. For hvilke arealtyper som finnes i nærområdet er det relativt liten forskjell.

Totalt sett ser vi også at jernbanen har flere kilometer i tunnel enn veien. For enkelte eksempelstrekninger fører dette til et tydelig redusert arealbeslag og et lavere antall observasjoner av rødlistearter (f.eks. P1, P2).

Noe som kommer veldig tydelig til uttrykk i disse analysene er betydningen av geografi. I første omgang spiller det en vesentlig rolle hvor i landet man befinner seg, og til dels også om man er i innlandet eller i kystnære områder. Dette har sammenheng med den store naturlige variasjonen som finnes i Norge, langs gradienter som har stor betydning

for naturmangfoldet, slik som klima, høyde over havet, fra kyst til innland og fra sør til nord.

Dernest spiller lokale forhold en viktig rolle. Ofte er det noen få, spesielle områder som øker antall berørte arter betraktelig. Jernbanens løp gjennom noen kystnære områder (Brusanden i P3, Vikhammer i P4) eller

Vi ser stor variasjon langs eksempelstrekningene når det gjelder naturmangfold som potensielt blir påvirket av infrastrukturen. Dette synliggjør betydningen av geografien.

populære turområder (Dovre i G1) vil antagelig gi utslag. Slike områder pleier å ha langt flere artsregistreringer, enten på grunn av en faktisk høyere artsrikdom, eller på grunn av en høyere observasjonsintensitet. Det er med andre ord ikke noen overraskelse at dette kommer til syne i resultatene.

Flere viktige punkter fra de analyserte eksempelstrekningene, er:

- Mindre endringer i infrastrukturenbredde har relativt sett lite å si for effekten på naturmangfold og arealer som ansees å være viktige leveområder for arter, når vi bruker rutenett-metoden. Vi vil likevel understreke at en økende infrastrukturenbredde har andre effekter på naturmangfold enn de vi har analysert, for eksempel en forsterket barriereeffekt.
- I de undersøkte eksemplene berører bane tilsynelatende ofte litt mer areal kartlagt som verdifull naturtype. Dette henger sannsynligvis sammen med at jernbanestrekninger tenderer til å være noe lengre enn veistrekninger.
- Veien tar derimot mer skogareal. En mulig årsak til dette kan være at banen oftere passerer mer direkte gjennom tettstedene (stasjon til stasjon), mens hovedveiene kun tangerer tettstedene. Ved nybygging kan areal med skog som blir berørt, ha betydning for framtidig opptak av klimagasser.
- Særlig antall observasjoner av rødlistearter varierer i stor grad. Dette er dog som forventet, og er blant annet avhengig av hvor mange mennesker som ferdes i et område, der flere mennesker oftest gir flere observasjoner.

7 Arealeffektivitet, arealegenskaper og måloppnåelse

I kapittel 6 har vi funnet at:

- For persontransport er jernbane langt mer arealeffektiv enn vei.
- For godstransport kan det se ut som jernbane og vei har om lag samme arealeffektivitet. Resultatene er imidlertid helt avhengig av forutsetninger om trafikkvolum og infrastrukturbredde.
- Arealforbruket er generelt mye mindre for bane enn for vei.
- Påvirkning på naturmangfold er stedsavhengig og viser til dels stor variasjon.

Målet med denne analysen var å vurdere arealeffektivitet sammenlignet for bane og vei, samt å utvikle metoder for å vurdere grad av måloppnåelse i forhold til mål om ivaretagelse av naturmangfold, klima og bærekraft.

Transportinfrastrukturens kapasitet har vi valgt å beregne som person- eller godstransportkapasitet over en gitt strekning innen en tidsperiode.

Vedrørende transportinfrastrukturens påvirkning på naturmangfold, klima og bærekraft har vi valgt å konsentrere oss om direkte arealbeslag, antall rødlistede arter som i hvertfall har en sannsynlighet for å bli påvirket (basert på avstand), antall observasjoner av disse artene og utvalgte verdifulle naturtyper. Dette er imidlertid kun å se på som indikatorer for naturmangfold. Vi mener likevel det gir et grunnlag som er anvendbart i en slik vurdering, selv om resultatene må tolkes med forsiktighet. Det er også viktig å huske at de er basert kun på analyse av seks utvalgte eksempelstrekninger.

I Tabell 7-1 holder vi de beregnede arealeffektivitetstallene for jernbane og vei opp mot hverandre i kolonnen «arealeffektivitet», som forholdet mellom beregnet arealeffektivitet for henholdsvis jernbane og vei. Det oppgitte intervallet (f. eks. 2-5) er altså beregnet arealeffektivitetstall for jernbane, dividert på det tilsvarende for vei, begge hentet fra Tabell 6-1 og Tabell 6-2. Intervallet indikerer laveste og høyeste forholdstall i min-, middels- og maks-alternativet.

Dette forholdet mellom arealeffektivitetstall sier noe om hvor mye mer transport den ene transportformen får ut av sitt arealbeslag enn den andre

transportformen gjør. Siden vi har skrevet brøken med jernbanens arealeffektivitet i telleren og veiens arealeffektivitet i nevneren, vil et tall større enn én bety at arealeffektiviteten for jernbane er høyere enn den for veien. Jo høyere forholdstallet er, jo mer transport får vi ut av jernbanens arealbeslag sett i forhold til transporten vi får ut av veiens arealbeslag. Hvis forholdstallet er mindre enn én er det veien som kommer best ut av sammenligningen.

I de øvrige kolonnene i Tabell 7-1 er det *motsatte* forholdstallet (vei dividert på jernbane) satt inn for henholdsvis jordbruksareal, skogsareal, myrareal og antallet arter observert (artsmangfold). Tallene er hentet fra de rutene som blir berørt av transportinfrastrukturen, grunnlagstallene er hentet fra tabellene i kapittel 6.2. For eksempel sier dette forholdstallet at på strekningen Oslo-Tønsberg treffer veiinfrastrukturen kartruter som inneholder om lag 35 prosent mer jordbruksareal og 80 prosent mer skog enn jernbanen gjør. Dette vurderes som negativt i forhold til måloppnåelse for veiinfrastrukturen, fordi den i større grad enn jernbanen er i berøring med areal som på ulike måter har større «verdi» - i form av areal som kan produsere mat, areal som kan binde karbon eller areal med større artsmangfold.

Det er en rekke viktige arealegenskaper som ikke fanges opp av den rent kvantitative beregningen av arealeffektivitet. I den beregningen anses alle dekar for å være like, det gjøres ikke forskjell på ulike arealtyper. En slik oversikt signaliserer hvordan arealtyper bør innarbeides i vurderingen av arealeffektivitet. Tankegangen er her at forholdstallene under arealegenskapet kan tjene som en vurderingsmessig justeringsfaktor av arealeffektivitets-forholdstallet. Eksempelvis har alle

| | Areal-effektivitet – jernbane i forhold til vei | Arealegenskaper – vei i forhold til jernbane | | | |
|---------------------|---|--|-------------|-------------|---------------|
| | | Jordbruks-areal | Skog | Myr | Arts-mangfold |
| Oslo-Tønsberg | 2-5 | 1,354-1,358 | 1,772-1,805 | 5,670 | 1,215-1,220 |
| Oslo-Hamar | 1-5 | 0,951-0,973 | 1,349-1,370 | 2,886-3,012 | 1,272-1,282 |
| Stavanger-Egersund | 1-4 | 0,992-1,012 | 2,584-2,816 | 1,923-1,879 | 0,710 |
| Trondheim-Steinkjer | 1-4 | 0,984-0,986 | 1,169-1,171 | 1,513-1,550 | 1,097 |
| Oslo-Trondheim | 1 | 0,795-0,803 | 1,194-1,208 | 1,265-1,316 | 0,504-0,509 |
| Oslo-Bergen | 1 | 1,117-1,124 | 0,903-0,911 | 0,884-0,895 | 1,613 |

Tabell 7-1 Arealeffektivitet og arealegenskaper. Jernbane- og veiinfrastruktur holdt opp mot hverandre.

beregningsalternativer for strekningen Oslo-Tønsberg høyere arealeffektiviteten for jernbane enn for vei. I tillegg er veien i alle alternativer i en større grad av konflikt med arealer som påvirker måloppnåelse enn det jernbanen er. Dette vurderes å forsterke den positive konsekvensen av jernbanens arealeffektivitet på denne strekningen.

Strekningen Oslo-Hamar gir et mer nyansert bilde: Areal effektiviteten er også her i alle alternativer bedre for jernbane enn for vei. Jernbanen berører noe mer jordbruksareal enn vei, noe som trekker vurderingen av arealeffektiviteten litt ned. Jernbanen berører derimot i mindre grad skog, og i enda mindre grad myr. På disse områdene forsterkes vurderingen av arealeffektiviteten. Til sist berører jernbanen også i mindre grad arts mangfoldet.

Som tabellen viser er bildet noe mer sammensatt for de to siste persontransportstrekningene, og også for godstransportstrekningene.

Når vi ikke løper linen helt ut og trekker tydelige konklusjoner med hensyn til om det er jernbane eller vei som vurderes å ha høyest arealeffektivitet når også de ulike arealegenskapene tas hensyn til, skyldes dette flere forhold:

- Det mangler en metode for å vekte sammen de ulike arealegenskapene. Eksempelvis: Når jernbane fremstår som bedre enn vei på strekningen Stavanger-Egersund hva gjelder berøring av myrareal, mens det er omvendt for arts mangfold, hvilken transportform skal da vurderes totalt sett som best?
- Det er uklart hvilken nøyaktighet disse forholdstallene representerer. Vi har foran redegjort for datagrunnlaget for arealegenskaper. Det gjenstår et arbeid med å trekke linjer fra kvaliteten ved dette datagrunnlaget til forholdstallene i Tabell 7-1. Når forholdstallene for arealegenskaper er vist med tre desimaler er dette kun for å få fram noen forskjeller mellom alternativene, og til dels mellom strekningene. Er en forskjell i tredje desimal en reell forskjell, eller er det kun uttrykk for feil i datamaterialet? Gir det i det hele tatt mening å bruke desimaler?
- I tabellen er korte og lange strekninger sammenstilt. Mens en kort strekning kan antas å holde seg innenfor en region med begrenset variasjon når det gjelder naturtyper og landskap, vil lange strekninger gjerne komme i kontakt med mer av den naturlige variasjonen. Dette vil påvirke tallene, og gjør kanskje at vurderingen av lange strekninger må gjøres på en annen måte enn vurderingen av korte.

- Det er samtidig viktig å ta med i vurderingene at de ulike arealtypene i stor grad er gjensidig ekskluderende. Et areal vil være enten jordbruk eller skog for eksempel. Det betyr at om en trasé påvirker store areal av en arealtype, vil den nødvendigvis påvirke mindre av noe annet. Dette ser vi i noen grad eksempler på i tabell 7.1.
- Generelt når det gjelder påvirkning på naturmangfold og utvalgte areal typer (som igjen har betydning for klima) er geografien utslagsgivende. Variasjonen finnes imidlertid på mange ulike romlige skalanivå, og er også påvirket av andre forhold. For eksempel kan variasjonen fra kyst til innland påvirkes av hvor bratt terrenget er. Dette påvirker naturligvis sammenligningen av traseer som følger ulike forløp.

Kan vi likevel trekke konklusjoner med hensyn til hvilken transportform som i størst grad bidrar til oppfyllelse av nasjonale mål? Og eventuelt under hvilke omstendigheter dette gjelder?

Generelt, og med det datagrunnlag vi har benyttet, har jernbane høyere arealeffektivitet enn vei. Dette er imidlertid i hovedsak knyttet til persontransport, forholdet er ikke like entydig når det gjelder godstransport.

Påvirkning på areal typer som har særlig betydning for å binde eller lagre karbon, som skog og myr, er lavest for jernbane i fem av seks eksempler. Unntaket er Bergensbanen. Dette peker mot at med jernbane får samfunnet i de fleste tilfellene mer transport ut av de reduserte karbonopptak og -lagringsmulighetene infrastrukturen medfører.

Påvirkning på areal typer som bidrar til naturmangfold – noe alle indikatorene skog, myr og artsmangfold sier noe om – er noe mer sammensatt. Teller vi opp eksempelstrekninger og indikatorer i Tabell 7-1 Arealeffektivitet og arealegenskaper. Jernbane- og veiinfrastruktur holdt opp mot hverandre. finner vi at 14 av 18 verdier indikerer mindre konflikt, og dermed en større grad av måloppnåelse, for jernbane. Siden det her er noen verdier som trekker opp, og andre verdier som trekker ned, er konklusjonen avhengig av hvordan de ulike indikatorene vektet mot hverandre.

Påvirkning på andre former for bærekraft er mer diffus, og graden av målkonflikter er større. For en rekke bærekraftsmål er også effekten av transportinfrastrukturen indirekte. Kanskje er den «rene» arealeffektiviteten så langt også den beste indikatoren for slik måloppnåelse. I så fall peker jernbanen seg ut som den av de to transportformene som kan bidra til høyest måloppnåelse.

Det er vanskelig å se mønster i at den ene type beregningsalternativ er bedre enn andre. Det synes å variere fra strekning til strekning, noe som i så fall kan peke mot at de lokale forholdene med hensyn til areal typer og artsmangfold må vurderes for hvert enkelt infrastrukturprosjekt..

Metoden som er utviklet er i større grad egnet for å velge mellom hvordan et arealet innenfor en arealtype skal brukes, enn å velge mellom bruk av ulike areal typer. Hvis samfunnet «må» ta i bruk areal til transportinfrastruktur er det antagelig en viktigere problemstilling hvilken arealtype man tar i bruk – om dette er jordbruksareal, skog, myr – enn hvorvidt man bruker arealet til bane eller vei. Vektingen som er nødvendig for å «koble sammen» kolonnene for arealegenskaper i tabell 7.1, med kolonnen for arealeffektivitet, innebærer å løse en politisk målkonflikt, og er derfor også politisk. Den politiske vektingen synes å være en forutsetning for å komme helt i mål med den type analyse som er påbegynt med dette arbeidet.

Det kan også være at den beste måloppnåelse rett og slett kan være å utnytte kapasiteten så godt det lar seg gjøre i den infrastrukturen som finnes. Her indikerer våre analyser at det, når det gjelder godstransport på vei, kan være vesentlig rom for økt kapasitetsutnyttelse. Dette vil også gi best måloppnåelse med tanke på naturmangfold, da det ikke vil medføre tap av leveområder eller negativ påvirkning på økosystemene.

Den kanskje aller viktigste konklusjonen er hvilke muligheter som kan ligge i bruk av metoder slik som de vi har skissert her, ved etablering av ny infrastruktur. Da kan man på et tidlig tidspunkt i prosessen gjøre en teoretisk vurdering av effekt av trasévalg i forhold til arealeffektivitet, transportkapasitet og forventet påvirkning på naturmangfold og klimagassutslipp og lagring.

8 Videre kunnskapsbehov

Det er en rekke utfordringer knyttet til å vurdere effekt av arealbruk opp mot klimamål, samt mål om å ta vare på naturmangfold og økosystemer. Det vi vet er at mange former for arealbruk vil ha en negativ effekt. Vi vet imidlertid lite eller ikke noe om hvor stor eller alvorlig denne effekten er. For artsmangfoldet vil den dessuten i høyeste grad være varierende, fra svært negativ til faktisk positiv. Også det faktiske arealet som blir påvirket og hvor langt fra infrastrukturen påvirkningen har betydning, er i hovedsak ukjent. Likevel bør det være en ambisjon å utvikle indikatorer på omfang og alvorlighet av denne påvirkningen, som grunnlag for et kunnskapsbasert beslutningsgrunnlag. Her ligger det imidlertid et stort behov for å etablere gode indikatorer og et godt grunnlag for de valgte metoder og variabler (f.eks. avstand).

Det er også behov for nærmere undersøkelser om hva som gir et best anslag for grad av påvirkning på naturmangfold i forhold til bruk av rutenett- eller bufferanalyser. Rent praktisk vil en mindre endring av traseen medføre at bufferanalyse gjennomføres på nytt. I en rutenettsanalyse har alle ruter egenskaper, for eksempel antall arter registrert. Derved kan man «bytte om ruter», om man for eksempel ønsker å videreutvikle infrastrukturen. Man kan da enkelt analysere effekten av å flytte påvirkningen, ved å ta ruter inn i eller ut av analysene. Det er imidlertid et spørsmål hvorvidt det er mest aktuelt med rutenett i forbindelse med etablering av ny infrastruktur, ved at nye egenskaper enkelt kan kobles til rutene og hele analysen blir mer fleksibel, mens det er like egnet å bruke bufferanalyser i analyser av eksisterende strukturer. Et annet viktig spørsmål som bør utredes nærmere dersom man velger å gå videre med analyser basert på rutenett, er hva som er den beste rutestørrelsen.

Vi har gjennomført en enkel sammenligning av bufferanalyse og rutenettanalyse for en strekning, som en forenklet følsomhetsanalyse. Denne analysen viste at rutenettet, på grunn av sin rutestørrelse på én kilometer, inkluderer generelt mer areal langs strekningen enn bufferanalysen, men at forholdene mellom jernbane og vei ble nesten det samme. Bufferanalyser har også enkelte fordeler som bør nevnes, for eksempel i forbindelse med arealberegninger og en mer intuitiv fremgangsmåte i metodikken. Valget av metode kan derfor være verdt å teste nærmere i en mer omfattende undersøkelse.

I forbindelse med etablering av ny infrastruktur kan man ved rutenettanalyser for eksempel analysere en valgt trasé i forhold til en

nærmest tilfeldig anlagt linje. Derved vil man, i hvert fall teoretisk sett, kunne vurdere om den valgte traseen er bedre eller dårligere enn den tilfeldige linjen, og på den måten kunne få et mål på bedret måloppnåelse. Dette bør imidlertid også undersøkes nærmere.

Det ville være svært ønskelig å kunne anvende en mer kvantitativ metode for å vurdere påvirkning på naturmangfold opp mot de nasjonale målene. Dette krever imidlertid et videre metodeutviklingsarbeid. Herunder er det også en problemstilling knyttet til hvor den største samfunnsnyttan ligger – om dette er å begrense arealbruk, redusere barrierevirkninger, redusere antall påkjørsler, eller annet.

I dette prosjektet valgte vi å bruke transportkapasitet som mål på transport-delen av arealeffektivitet. Tanken bak dette var delvis at det er *muligheten* for transport som bør inngå i vurderingen. Transportkapasitet har vist seg å være krevende å tallfeste med enkle metoder, og med denne innfallsvinkelen bør det vurderes å forbedre tallgrunnlaget. Det bør også undersøkes alternative framgangsmåter som kan gi større datamengder og /eller som kan gi mulighet for vurdere transportkapasitet i et nettverk.

Det kan også vurderes om en alternativ analyse med faktisk trafikkvolum ville være fruktbar. Kanskje ville det aller beste være å ha med begge variablene, både kapasitet og faktisk volum. Vi vet fra arbeidet med denne rapporten at å legge til grunn trafikkvolum også vil støte på utfordringer, blant annet med tilgang på data.

Det kan være hensiktsmessig å kunne se gods- og persontransport under ett. I den framgangsmåten vi har gjennomført, hvor vi skiller mellom arealeffektivitet som TEU pr. time pr. kvadratkilometer og personer pr. time pr. kvadratkilometer, er dette vanskelig. Det kan være en mulig vei å gå å betrakte begge transporttypene som at det dreier seg om å forflytte et volum, enten dette er fylt med varer eller mennesker, og derfor estimere en omregningsfaktor mellom de to transportenhetene. Dette kan føre fram i de tilfellene det faktisk dreier seg om «volumvarer» (altså også passasjerer). Fremgangsmåten kan være mer krevende hvis godset ikke er volumvarer, men vektvarer. Også her kan det være behov for et utviklingsarbeid.

9 Referanser

Civitas, 2020. Arealeffektivitet i transportsektoren. Mulige definisjoner av areal. Civitas AS, notat 4.12.2020.

Dinbedrift.no n.d. Veileder_naeringslokale.pdf

Eiter, S. og Bayr, U. 2016. Arealressurs- og jordkvalitetskart for å avveie hensynet til jordvern under tettstedsutbygging: en analyse rundt jernbanestasjoner i Oslo og Akershus. Kart og plan 76 (3), s. 207-216.

Henriksen, S. og Hilmo, O. 2015. Påvirkningsfaktorer. Norsk rødliste for arter 2015. Artsdatabanken

<<http://www.artsdatabanken.no/Rodliste/Pavirkningsfaktorer>

Hernandez, R.R., Hoffacker, M.K. og Field, C.B. 2013. Land-Use Efficiency og Big Solar. Environmental Science & Technology, desember 2013.

Jernbanedirektoratet (a). Jernbanedirektoratets godsstrategi, Strategisk utredning til NTP 2022-2033. 23.4.2020.

Jernbanedirektoratet (b), Tilbudskonsepter, rutemodeller og samfunnsøkonomisk analyse, Godsstrategi 2019.

Jernbanedirektoratet (c), T2033 Godstrafikk, Innspill til NTP2022-2033, ramme A og B, dok. 201701763-12, rev. 02.

Jernbaneverket (a), Sørlandsbanen (Egersund)-Stavanger, Dobbeltspor Sandnes-Nærbø, Silingsrapport, IUP-00-A-05407, 2016.

Jernbaneverket (b), Konseptdokument for InterCity-strekningene, Rev 02A, 2016.

Kolbjørnstveit, L. 2019. Hva er effektivitet?

<https://www.civita.no/politisk-ordbok/hva-er-effektivitet>. Besøkt 31.01.2021.

Kollarou, V.K., Lantitsou, A.A. og Kollaros, G. 2013. Impact of roads on ecological conditions. Proceedings of the 4th International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE) and SECOTOX Conference. ISBN: 978-960-6865-68-8, Mykonos island, Greece, June 24-28, 2013

Krøgli, S.O., Debella-Gilo, M. og Dramstad, W.E. 2020. Bioøkonomiens geografi og geografiske målkonflikter. Kart og Plan 2 (113), s. 104-120.

Meld. St. 11 (2016-2017) Endring og utvikling— En fremtidsrettet jordbruksproduksjon.

Miljødirektoratet, 2020 :

<https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/norske-utslipp-av-klimagasser/>

Miljødirektoratet, n.d.: National Inventory Report

<https://miljostatus.miljodirektoratet.no/miljomal/>

NIBIO:

[https://fakta.nibio.no/media/start/documents?view=preview&fuid=Kultur landskap/folder1/Henrik_klimagass_20201123.pdf](https://fakta.nibio.no/media/start/documents?view=preview&fuid=Kultur%20landskap/folder1/Henrik_klimagass_20201123.pdf)

Regjeringen.no (a): NDC Registry,

Regjeringen.no (b):

<https://www.regjeringen.no/no/tema/fns-barekraftsmal/11.-barekraftige-byer-og-samfunn/id2590200/?expand=factbox2596965>

<https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/en-sjettedel-av-fastlands-norge-er-vernet>

Søgaard, G., m. fl., 2021. Framskrivninger for arealbrukssektoren – under FNs klimakonvensjon, Kyotoprotokollen og EUs rammeverk.

<http://hdl.handle.net/11250/2633736>

Trafikksikkerhetshåndboken: tshandbok.no, [Vegutforming og vegutstyr](#)

[https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/miljo+og+omgivelser/Natur mangfold/Artsrike+vegkanter](https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/miljo+og+omgivelser/Natur+mangfold/Artsrike+vegkanter)

Vedlegg: Dokumentasjon GIS-analyser

Dette vedlegget gir en mer detaljert beskrivelse av alle datakilder og metoder som ble brukt for å gjennomføre GIS-analysene som er beskrevet i hoveddelen av rapporten. Ved siden av ruteanalysen presenterer vi i tillegg en bufferanalyse som alternativ metode som kan vurderes når fokuset av undersøkelsen skal ligge på presise arealberegninger.

Datagrunnlaget

Banenettverk

Grunnlaget for jernbanestrekningene er datasettet «Banenettverk» fra Bane NOR SF. Linje-filen «Banelenke» ble brukt for strekningene, mens punkt-filen «stasjonsnode» ble brukt for å velge ut stasjonspunkter.

Veinettverk

Data fra Nasjonal vegdatabank (NVDB) danner grunnlaget for veistrekningene. NVDB ble valgt på grunn av datasettets høye detaljgrad og hyppige oppdatering. Vi har kun inkludert Europavei (E), Riksvei (R), Fylkesvei (F) og Kommunevei (K) i denne analysen. Privatveier er ekskludert.

SSB-rutenett 1x1 km

Beregninger av data knyttet til naturmangfold er gjort basert på SSB sitt rutenett med en rutestørrelse på 1x1 km. Rutenettet gjør at landskapet blir delt inn i standardiserte enheter med konstant størrelse. Dette gir et godt og fleksibelt grunnlag for statistiske analyser av geografiske data (Strand og Bloch, 2009).

Rødlistearter

Observasjoner av rødlistearter er hentet fra Artsdatabanken. Dataene baseres på Norsk rødliste for arter 2015 (Henriksen og Hilmo, 2015). Vi har valgt alle terrestriske arter pluss amfibier og reptiler med følgende status:

- Kritisk truet (CR)
- Sterkt truet (EN)
- Sårbar (VU)
- Nær truet (NT)

- Kun nyere registreringer fra og med året 2000 er tatt med i analysen.

Viktige naturtyper etter DN-Håndbok 13

I 2007 ga Direktoratet for naturforvaltning (nå Miljødirektoratet) ut en beskrivelse av 56 naturtyper som ansees å være viktige for det biologiske mangfoldet. Noen eksempler for verdifulle naturtyper er naturbeitemark, slåttemark, kystlynghei, beiteskog, artsrike veikanter.

Arealtyper fra AR5

Hver rute kobles til arealinformasjon fra Arealressurskart AR5 (Ahlstrøm m.fl., 2019). Analysene for dette prosjektet ble begrenset til noen utvalgte arealtyper som ansees å være spesiell viktige for å nå målene knyttet til naturmangfoldet og klima. De valgte arealtypene er:

- Jordbruksareal (fulldyrka, overflatedyrka og innmarksbeite)
- Skog
- Myr

Geografisk koordinatsystem

Alle data brukes i UTM-projeksjonen ETRS_1989_UTM_Zone_33N.

Tilrettelegging av eksempelstrekingene

Jernbane

Strekingene mellom definert start og endepunkt ble valgt manuelt fra datasettet «banenettverk». Linjefilen er satt sammen av korte linjeavsnitt med en del informasjon som gjelder for hvert avsnitt. Spesielt viktig i vår analyse er variabelen «medium» som indikerer med bokstaver om et strekningsavsnitt ligger på bakkenivå (T), under bakken (U) eller over bakken (L). Denne inndelingen gjør det mulig å ta hensyn til tunnelavsnitt i beregningene. For å forenkle analysen har vi behandlet avsnitt over bakken (broer) som vanlige avsnitt på bakkenivå.

Vei

På samme måte som banenettverket, inneholder også NVDB-nettet informasjon om bakkenivået som brukes for å identifisere tunnelavsnitt. Strekingen mellom start og endepunkt er beregnet automatisk i QGIS ved hjelp av verktøyet «Network Analysis» - «Shortest path (point to point)». Verktøyet gjør det mulig å beregne enten den korteste eller den raskeste ruten mellom to valgte punkt. I denne

analysen har vi beregnet den raskeste ruten basert på fartsgrensene (registrert i NVDB-dataene).

Til tross for en automatisert beregning av strekningene ble det nødvendig med en omfattende manuell bearbeiding. Det viste seg at algoritmene for den raskeste rute ikke alltid valgte den ruten som var planlagt å bruke i analysen. For eksempel blir ikke Rv7 automatisk valgt som den raskeste ruten i nettverksanalysen. I tillegg er det en del feil i datasettet, bl.a. feilregistreringer av variabelen «medium» og at flere avsnitt langs hovedveier er feilaktig registrert som «Skogsbilvei». Som følge av slike feilregistreringer var en del tunnelavsnitt ikke markert. Særlig langs strekningen Oslo-Bergen manglet flere av de lange tunnelene. Feilene i datagrunnlaget krevde derfor en manuell gjennomgang av strekningene for å sikre at alle tunnelavsnitt er registrert korrekte.

Beregninger: Infrastrukturareal og lengde

Infrastrukturareal

Arealbeslag til spor og veibane tilsvarer arealet i bufferen som legges rundt strekningen i henhold til den valgte infrastrukturbredden. Alternativt kan arealbeslaget også beregnes som en funksjon av strekningslengde og infrastrukturbredde, og vil gi tilnærmet samme resultat. Den GIS-baserte beregningen vil av tekniske årsaker gi minimal høyere tall enn den rent matematiske beregningen.

Strekningslengde

Lengde beregnes for hele strekningen mellom definert start og endepunkt. I tillegg har vi beregnet lengden på alle tunnelavsnitt langs strekningene for å rapportere resultater med og uten tunneler.

Beregninger: Naturmangfold (rutenivå)

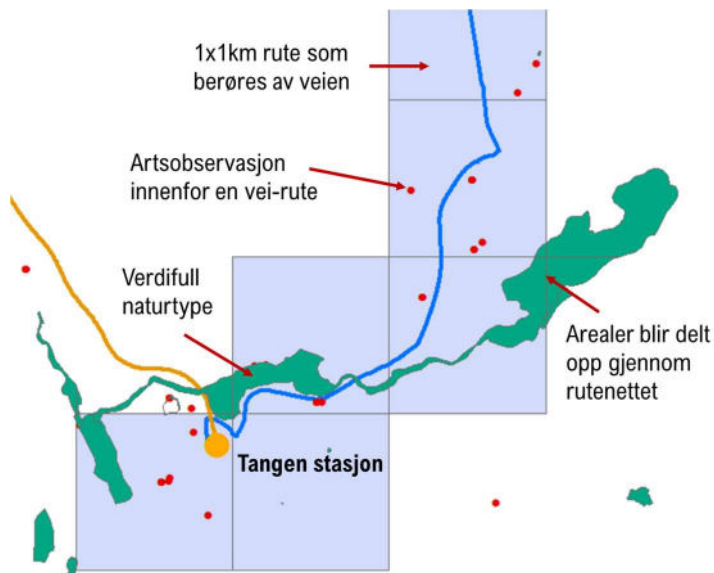
Naturmangfold-dataene er koblet med rutenettet ved bruk av GIS-verktøyet *Intersect*. På denne måten blir arealer som ofte strekker seg over flere ruter delt opp gjennom rutenettet. Deretter er det mulig å oppsummere kun de arealene som ligger innenfor hver rute. Rutene til strekningsavsnitt i tunnel er ekskludert i denne delen av analysen. Det vil si at arealer fra AR5, viktige naturtyper og rødlistearter som ligger i såkalte «tunnelruter» ikke regnes med som påvirket.

Antall artsobservasjoner ble beregnet gjennom oppsummering av alle registreringspunkter som faller innenfor en rute. Antall observasjoner

innebærer at samme art kan registreres flere ganger (f.eks. i en fugleflokk). Antall ulike arter er derimot uavhengig av hvor ofte en og samme art ble observert. Her telles kun hvor mange ulike arter som ble observert i ruten. Dette måltallet kalles ofte for artsrikdom eller artsmangfold.

Følgende variabler er beregnet på rutenivå:

- Antall berørte ruter (med og uten tunnelruter)
- Jordbruksareal
- Myrareal
- Skogareal
- Areal viktige naturtyper
- Antall ulike rødlistearter (artsmangfold)
- Antall observasjoner av rødlistearter



Figur V-1 Registrering av arter og verdifulle naturtyper i rutenettet. Rutene i blått er de rutene som berøres av veistrekningen. Alle observasjoner av rødlistearter, arealtyper fra AR5 og verdifulle naturtyper som faller innenfor disse rutene regnes som påvirket.

ArcGIS modell

For å begrense arbeidsomfanget har vi laget en modell i ArcGIS Model Builder som gjør det mulig å kjøre analysene flere ganger med ulike forutsetninger (infrastrukturbredder).



Figur V-2 Modell i ArcGIS Model Builder som tillater en delvis automatisering av analysen. Figuren viser modellen for å beregne de ulike alternativene for jernbanen. En tilsvarende modell ble laget for veistrekningene.

Modellen er laget slik at den utfører en rekke analysesteg etter hverandre:

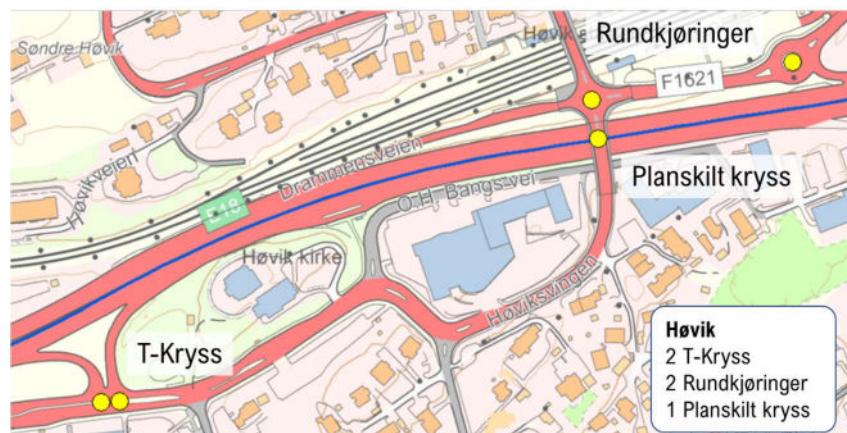
- 1 Strekningsfilen danner grunnlaget for modellen
- 2 En buffer legges rundt strekningen i henhold til det valgte alternativet (infrastrukturbredde). Bufferen beregnes med egenskapene *End Type=FLAT* og *Dissolve Type=LIST* (medium)
- 3 Arealet i bufferen ble beregnet for å få tall på arealbeslaget av spor og veibanen. Infrastrukturarealet ble beregnet både med og uten tunnelavsnitt.
- 4 Lengden på strekningen er beregnet basert på strekningsfilen som er *dissolved* etter variabelen «medium». Også lengden beregnes med og uten tunnelavsnitt.
- 5 Spor eller veibane ble deretter brukt til å selektere alle SSB-rutene som berøres av strekningen.
- 6 Informasjon i de berørte SSB-rutene (rødlistearter, AR5, viktige naturtyper) blir automatisk oppsummert for hele strekningen. Beregningene gjøres både med og uten ruter som ligger i tunnel.

For å beregne resultatene for de ulike alternativene, ble modellen kjørt tre ganger for hver person-eksempel og to ganger for hver god-eksempel (kun min- og maks-alternativ her). Totalt ble analysen dermed gjennomført 32 ganger (16 for jernbane, 16 for vei).

Registrering av veikryss

For estimering av antall veikryss for hver strekning har vi brukt datasettet «*Vegkryss.shp*» hentet fra NVDB. Dataene marker med ett punkt større veikryss og leverer en rekke tilleggsinformasjoner, bl.a. navn og krysstype. Større veikryss-systemer på firefelts veier er vanligvis satt sammen av ulike krysstyper og består dermed av flere punkt-features. En grovselektering av de relevante punktene ble gjort ved bruk av *Select by location* for å finne alle kryss som ligger nærmest strekningen. Deretter har vi brukt *dissolve by "navn"* for å gruppere punktene for de større kryssetene. Mindre kryss ble sjekket manuelt for å sikre at kun viktige kryss mot Fylkesvei, Riksvei og Europavei er inkludert. Kryss mot privatveier er ikke tatt med.

Krysstypene som registreres er: T-kryss, X-kryss, rundkjøringer og planskilte kryss.



Figur V-3 Veikryss ved Høvik langs E18 som illustrerer hvordan større veikryss er satt sammen av flere krysstyper (gule punkter).

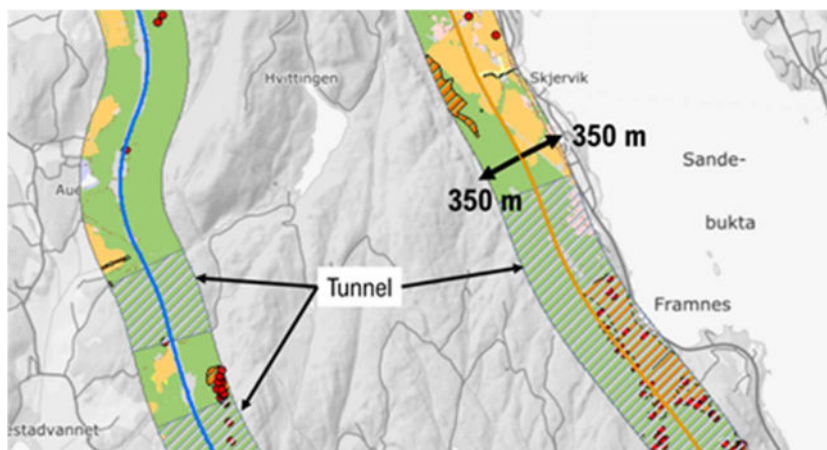
Bufferanalyse som alternativ metode for arealberegning

Den vanligste metoden for arealberegninger i GIS er å legge en buffer langs strekningen, klippe bufferen mot ulike kartlag og deretter oppsummere alle polygonene innenfor bufferen. Som beskrevet i hoveddelen av rapporten, har bruken av et fast rutenett noen fordeler i håndteringen av biologiske data som ofte er preget av

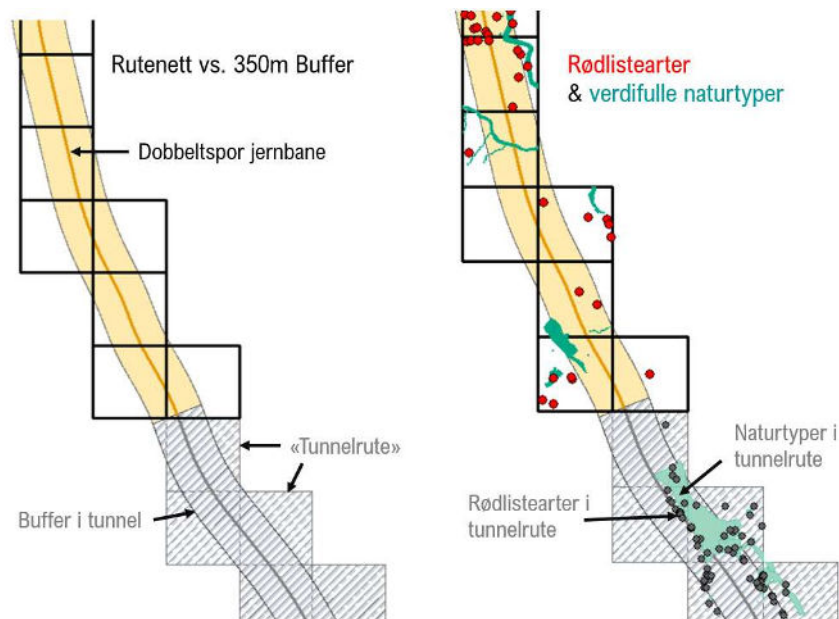
en viss geografisk usikkerhet. For å finne ut hvorvidt resultatene avviker mellom de to metodene har vi gjennomført en enkel test på strekningen P1 Oslo-Tønsberg (maks-alternativet) der vi sammenligner bufferanalysen med ruteanalysen.

Beskrivelsen av buffermetoden

For denne metoden legges en buffer med 350 meter på begge sider av strekningen (totalt 700 m + spor/veibredde). Bufferen blir brukt til å klippe Arealressurskartet AR5, observasjonspunktene for rødlistearter og viktige naturtyper. Arealer og artsobservasjoner i tunnelavsnitt regnes ikke med. Figur nedenfor viser 350m-bufferen langs vei og jernbanestrekningen. Artsobservasjoner er markert med røde punkter, viktige naturtyper er markert med oransje skraver.



Figur V-4 Illustrasjon av 350m-bufferen langs vei og jernbane. Areal og artsobservasjoner som ligger innenfor tunnelavsnitt er ikke tatt med i beregningene (grått skraver).



Figur V-5 Figuren til venstre viser både bufferen og rutene langs en jernbanestrekning. Til høyre er i tillegg rødlistearter (punkt) og verdifulle naturtyper (grønt) markert. Tunneler og dermed alle registreringer og arealer innenfor er ekskludert i begge metodene (markert i grått).

Sammenligning av resultater for buffermetoden og rutemetoden

Resultatene for teststrekningen viser at 1x1 km-rutene inkluderer et større areal enn det bufferen gjør. Likevel gjør testresultatene det tydelig at forholdet mellom bane og vei blir omtrent det samme, selv om rutenettet tar hensyn til et større område langs strekningene. Basert på dette kan vi anta at rutemetoden er like godt egnet til å vurdere og sammenligne ulike infrastrukturløsninger.



Figur V-6 Sammenligning av resultatene basert på rutemetoden og buffermetoden for teststrekningen P1 Oslo-Tønsberg (maks-alternativ).

Litteratur

Ahlstrøm m. fl. 2019. AR5 Klassifikasjonssystem.

<https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2596511>

Strand G.H. og Bloch, V.V.H. 2019. Statistical grids for Norway.

Documentation of national grids for analysis and visualisation of spatial data in Norway

Henriksen, S. og Hilmo, O. 2015. Norsk rødliste for arter 2015.

10.13140/RG.2.1.2130.0083.

Direktoratet for naturforvaltning, 2007. Kartlegging av naturtyper

Verdisetting av biologisk mangfold. DN-håndbok 13, 2. utgave 2006 (oppdatert 2007).

Datakilder

Banenettverk (Bane NOR):

<https://kartkatalog.geonorge.no/metadata/jernbane-banenettverk/c3da3591-cded-4584-a4b1-bc61b7d1f4f2>

Nasjonal vegdatabank (NVDB, Statens

vegvesen): <https://www.vegvesen.no/fag/teknologi/nasjonal+vegdatabank>

SSB-rutenett: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/geodata>

Artsdatabanken: <https://artskart.artsdatabanken.no/app/>

Verdifulle naturtyper DN-håndbok 13 (Miljødirektoratet):

<https://kartkatalog.miljodirektoratet.no/Dataset/Details/10>

Arealressurskart AR5 (NIBIO):

<https://www.nibio.no/tema/jord/arealressurser/arealressurskart-ar5?locationfilter=true>

