

Forbikjøringsspor på IC-parsellen Sørli-Brumunddal

Utredning av konsepter

Gunn Pedersen Ødegaard

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2013

Hovedveileder: Alf Helge Løhren, BAT

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for bygg, anlegg og transport



Oppgavens tittel: Forbikjøringsspor på IC- parsellen Sørli – Brumunddal - Utredning av konsepter	Dato: 10. juni 2013			
	Ant. Sider (inkl. bilag): 129			
	Masteroppgave	<input checked="" type="checkbox"/>	Prosjektoppgave	<input type="checkbox"/>
Navn: Stud. techn. Gunn Pedersen Ødegaard				
Faglærer/veileder: Alf Helge Løhren, Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU				
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Trygve Sørbø Kvarme, Jernbaneverket				
Ekstrakt: Det er ventet en betydelig befolkningsøkning i østlandsområdet frem mot 2040. For å møte trafikkveksten er det behov for store investeringer og utbygninger innen jernbanesektoren. Intercity-utbyggingen vil bidra til å knytte byene på Østlandet tettere sammen, og gjøre dagpendling mellom dem enklere. I forbindelse med Intercity-utbyggingen ønsker Jernbaneverket å få utredet ulike konsepter for plassering av forbikjøringsspor. I denne oppgaven er det på bakgrunn av et grundig litteratursøk, gjort en generell vurdering av tre ulike konsepter, samt utført en "case- studie" av Stange forbikjøringsspor. De ulike konseptene er som følger: <ul style="list-style-type: none">• Forbikjøringsspor på stasjon• Forbikjøringsspor ved stasjon• Forbikjøringsspor vilkårlig plassert langs strekningen Konseptene presentert i oppgaven kan brukes som retningslinjer og verktøy ved valg av plassering for forbikjøringsspor i andre prosjekter				

Stikkord:

1. Jernbane
2. Intercity
3. Forbikjøringsspor
4. Stasjon

FORORD

Masteroppgaven er utarbeidet som en del masterprogrammet ved Institutt for bygg, anlegg og transport ved Norges teknisk - naturvitenskaplige universitet (NTNU) i Trondheim. Arbeidet utgjør 30 studiepoeng og ble utført vårsemesteret 2013.

Gjennom arbeidet med masteroppgaven er det blitt utarbeidet tre konsepter for plasseringen av forbikjøringsspor. Konseptene har videre blitt benyttet i anbefalingen av plasseringen til Stange forbikjøringsspor, som er en del av Intercity-parsellen Sørli – Brumunddal.

Først og fremst vil jeg takke min veileder gjennom NTNU og Jernbaneverket, Alf Helge Løhren, for godt samarbeid, tid og nyttige og interessante diskusjoner. Gjennom flere møter har Løhren bidratt til å belyse ulike temaer ved oppgaven, samt gitt støtte og motivasjon gjennom arbeidet. Jeg vil også rette en stor takk til Utbyggingsavdelingen til Jernbaneverket i Oslo, og spesielt til Trygve Sørbø Kvarme og Eirik E. Botnen Korsnes. I forbindelse med oppgaven ble det tilrettelagt en studieplass både hos Jernbaneverket i Trondheim og hos utbyggingsavdelingen i Oslo. Studieplassen har lagt til rette for god læring og forståelse av jernbanefaget gjennom møter og diskusjoner. Videre vil jeg takke Ove Tovås, fra Jernbaneverkets kapasitetsseksjonen, for tid og hjelp til forståelse av kompleksitetene ved en kapasitetsanalyse, samt Petter Nicolai Andersen og Ingeborg Tullan som har hjulpet til med tegningsarbeidet. Til slutt vil jeg takke medstudenter for gode diskusjoner og råd gjennom arbeidet med oppgaven.

Trondheim 10.06.2013

Gunn Pedersen Ødegaard

SAMMENDRAG

Intercity-utbyggingen er en av landets største jernbane satsinger i nyere tid og i forbindelse med utbyggingen ønsker Jernbaneverket å få utredet ulike konsepter for plassering av forbikjøringsspor. Denne oppgaven har gjennom et grundig litteratursøk laget en generell vurdering av tre ulike konsepter, samt utført en "case-studie" av Stange forbikjøringsspor. De ulike konseptene er som følger:

- Forbikjøringsspor på stasjon
- Forbikjøringsspor ved stasjon
- Forbikjøringsspor vilkårlig plassering langs strekningen

Behovet for utredningen er kommet som en konsekvens av at det i dag ikke eksisterer noen forbikjøringsspor i Norge. Det finnes da heller ingen retningslinje på hvordan de bør bli utformet eller hvilke krav man må ta hensyn til ved planleggingen av dem. Videre ble det klart at Jernbaneverket ønsker å plassere forbikjøringssporene på stasjonene, mens kommunene gjerne vil plassere dem utenfor sentrumskjernen, da disse arealene ofte er av stor verdi for kommunen.

Oppgaven baserer seg i stor grad på bestemmelsene i konseptvalgutredningen for Intercity Oslo - Lillehammer (KVU-IC) som ble ferdigstilt 2012. I KVU-IC ble det bestemt at det skal være blandet trafikk på strekningen Oslo – Lillehammer, og at hastigheten på den aktuelle parsellen Sørli – Brumunddal skal være 250 km/h. Videre var det ønskelig at det skulle være forbikjøringsspor hver 10 km. I forbindelse med Intercity-utbyggingen er det bestemt at maksimal hastighet som tog kan passere plattform i, er 200 km/h (Nordli, 2013). Dette er lagt til grunn ved vurderingen av konseptene.

Det ble utført et litteraturstudium for å undersøke hvordan andre land i samme eller ulik situasjon som i Norge løser utfordringene, samt en gjennomgang av ulike rapporter fra Norge. Hovedfokuset i litteraturstudiet var kapasitetsutfordringer, sikkerhet og tekniske løsninger for forbikjøringssporene.

Basert på litteratursøket og på KVU-ICs bestemmelser ble det laget seks ulike krav for å evaluere konseptene: kapasitet og pålitelighet, reisetid, sikkerhet, arealer, kostnader og teknisk utforming. Disse evalueringskriteriene ble lagt til grunn ved vurdering av de ulike konseptene. Da denne oppgaven baserer seg på KVU-IC, veide evalueringskravene kapasitet, reisetid og sikkerhet tyngst ved evalueringen. Resultatet fra analysen er vist i tabellen under.

Tabellen viser resultatet fra vurderingen av konseptene.

Konsept	Kapasitet	Reisetid	Sikkerhet	Arealer	Kostnader	Teknisk utforming
På stasjon	God. Tog som skal forbikjøres kjører i avvik, mens tog som ikke skal stoppe kan holde max .fart.	Ingen reisetidstillegg for persontog	Akseptabel. Tiltak må iverksettes Tog passerende plattform max. hastighet 100km/t.	Beslaglegger sentrumsarealer , boligarealer og industriarealer. Relativt arealkrevende	Dyrt.	Avhengig av valgt utforming. Må ta hensyn til plattformer.
Ved stasjon	Nedsatt. Redusert hastighet gjennom stasjon og persontog som skal forbikjøres må stoppe to ganger på kort tid.	Reisetidstillegg på 1 min og 45 sekunder.	Akseptabel, dersom tiltak må iverksettes Tog passerende plattform max. hastighet 200km/t.	Bra, relativ lite arealinngrep. Kan ta dyrkamark	Relativt billig.	Avhengig av valgt utforming.
Vilkårlig plassering	Nedsatt. Redusert hastighet gjennom stasjon .	Reisetidstillegg på 1 min og 45 sekunder.	Akseptabel, dersom tiltak må iverksettes Tog passerende plattform max. hastighet 200km/t.	Bra, relativ lite arealinngrep. Kan ta dyrkamark	Relativt billig.	Avhengig av valgt utforming.

Fra tabellen ser man tydelig at det er konseptet *på stasjon* som kommer best ut. Hovedårsaken til dette er at man med de to andre konseptene får et reisetidstillegg på grunn av at man må kjøre med redusert hastigheten gjennom stasjonen. En hastighetsreduksjon gjennom stasjonen blir vurdert som en stor svakhet ved systemet når man skal bygge en ny jernbane for fremtiden. Dersom hastigheten var satt til 200 km/h ville resultatet blitt annerledes ut. Både kapasitet og reisetid ville blitt grønn i tabellen for konseptene *ved stasjon* og *vilkårlig plassering*. Dette viser betydningen av de kravene som er satt ved et prosjekt, og at små justeringer kan påvirke valg av konsept.

Stange forbikjøringsspor ble prosjektert og to konsepter for plassering ble vurdert; *På stasjon* og *ved stasjon*. Fra analysen utpekte konseptet *på stasjonen* som det beste og ble anbefalt. Resultatet fra vurderingen er vist i tabellen under.

Tabellen viser resultatet fra prosjekteringen av Stange forbikjøringsspor

Evalueringskriterier	På Stange stasjon	Ved Stange stasjon
Kapasitet/pålitelighet	Tilfredsstilt	Redusert
Reisetid	Tilfredsstilt	Dårlig, 1 min og 45 sek i reisetidstillegg
Sikkerhet	OK, dersom man iverksetter tiltak	OK, dersom man iverksetter tiltak
Arealinngrep	OK- men må flytte hus.	Bra, små inngrep.
Kostnader	Dyrt	Bra
Teknisk utforming	Bra	Ok

På grunn av det reisetidstillegg man får ved å legge forbikjøringssporet *ved stasjon*, anbefales det å legge forbikjøringssporet på Stange stasjon. Gjennom prosjekteringen har det vist seg at forbikjøringssporene hovedsakelig vil ligge innenfor Jernbaneverkets eiendomsgrenser og tar da i liten grad av kommunens arealer.

Gjennom arbeidet med oppgaven er det konkludert med at det er vanskelig å lage en generell retningslinje for hvor forbikjøringssporene skal plasseres. Alle prosjekter må vurderes individuelt basert på kravene til strekningen som helhet og lokal forhold på stedet. Men, gjennom oppgaven er det belyst viktige elementer som man bør ta hensyn til ved planleggingen av nye forbikjøringsspor.

ABSTRACT

The Intercity railway development is one of the largest railway-investment in newer times, and in connection with the development, the Norwegian Railway Administration (Jernbaneverket) has decided to investigate various concepts for the location of passing tracks. Through a literature study made a general assessment of three different concepts has been carried out in this thesis and a case study of Stange passing track has been conducted. The different concepts are as follows:

- Placing the passing track at the station
- Placing the passing track by the station
- Placing the passing track at random placement along the line

The need for the study arose as a consequence of the lack of passing tracks in Norway today. There are no guidelines on how they should be designed or what requirements must be taken into account when designing them. Furthermore, it was clear that the Norwegian Railway Administration wish to place the passing tracks at the stations, while municipalities would like to place passing tracks outside the downtown core, since these areas often are of great value to the municipality.

The thesis is largely based on the provisions of Concept study for Intercity (KVU-IC) from 2012. In KVU-IC it was decided that there will be mixed traffic on the route Oslo - Lillehammer, and that the speed of the parcel Sørli - Brumunddal will be 250 km / h. Furthermore, it is desirable that there should be passing tracks every 10 km. For the Intercity development it is determined that the maximum speed trains may have when passing platforms is 200 km/h (Nordli, 2013).

A literature study was carried out in order to examine how other countries in the same or different situation as Norway, address these challenges. The main focus in the literature study was capacity, safety and technical solutions for passing tracks.

Based on the literature study and the KVU-ICs report six different evaluation criterions were develop: capacity and reliability, travel time, safety, area, costs and technical design. Based on the requirements, the three concepts were evaluated. Since this thesis is based around the KVU-IC report, the evaluation criterion capacity, travel time and safety are valued the highest. The results from the evaluation are shown in table below.

The table shows the results from the evaluation of the three concepts.

Concept	Capacity	Travel time	Safety	Area used	Costs	Technical design
At station	Good. Trains that are passed are in the passing track. Passing trains in main lines without reduction of speed.	No travel time added	Acceptable . The recommended action taken into account. Max speed through platform 100 km/h	Occupy central areas, residential areas, industrial areas. Relatively big area demand	Expensive.	Depending on design. Must consider platforms
By the station	Reduced. Reduced speed through stations and passenger trains that will be past, must stop twice	Travel time added 1 min 45 sec.	Acceptable . The recommended action taken into account. Max speed passing platform 200 km/h	Good, relatively low area demand. My be placed on agricultural land	Relatively cheap.	Depending on design
Random placement	Reduced. Reduced speed through stations	Travel time added 1 min 45 sec.	Acceptable . The recommended action taken into account. Max speed passing platform 200 km/h	Good, relatively low area demand. My be placed on agricultural land	Relatively cheap.	Depending on design

From the table we can clearly see that the concept *at station* is the best one. The main reason for this is that the travel time is extended for the other two concepts. This is not acceptable, and is considered a major weakness for the rail line. This assessment is based on the speed being 250 km/h, but if the speed had been 200 km/h, the result would be different. Then both the capacity and travel time would turn green for the concepts by the station and random placement. One can clearly see that the initial requirements set for a project will affect the results.

The Stange passing track was planned, and two concepts were assessed; *at the station* and *by the station*. The results from the evaluation are shown in table below.

Results from the evaluation of Stange passing track.

<i>Evaluation criteria</i>	At Stange Station	By Stange station
<i>Capacity/Reliability</i>	Good	Reduced
<i>Travel time</i>	Good – Not affected	Poor, travel time added
<i>Safety</i>	OK, assuming recommended action will be taken into account	OK, assuming recommended action will be taken into account
<i>Occupied area</i>	OK- but need to move house	Good
<i>Costs</i>	Expensive	Good
<i>Technical design</i>	Good	Ok

From the table on can see that the concept *at station* stands out as the best one. The main reason is the additional travel time that the concept “*by the station*” adds, this is not acceptable. It is recommended, therefore to place the passing track at Stange station. Through the planning it has been shown that the passing tracks mainly will lie within the Norwegian Rain Administrations property, and will not take important areas from the municipality.

The thesis has concluded that there can't be made a general guideline solution for the placement of passing tracks. Every project must be evaluated individually bases on the needs and demands for the rail line as a whole and local aspects. But, the thesis has shed light on important elements that should be considered when planning new passing tracks.

INNHALDSFORTEGNELSE

FORORD	I
SAMMENDRAG	III
ABSTRACT	VII
KAPITTEL 1. INNLEDNING	1
1.1. PROBLEMSTILLING	2
1.2. AVGRENSNING	2
1.3. FORMÅL OG HENSIKT.....	2
1.4. FORSKNINGSSPØRSMÅL.....	3
1.5. MÅLGRUPPEN.....	3
1.6. OPPGAVENS DISPOSISJON	3
1.7. FORKORTNINGER OG FORKLARINGER.....	3
KAPITTEL 2. BAKGRUNN	5
2.1. INTERCITY – ET SATNINGSOMRÅDE	6
2.2. RESULTAT FRA KONSEPTVALGUTREDNINGEN	7
2.3. SITUASJONSBEKRIVELSE SØRLIE – BRUMUNDDAL	9
2.3.1. <i>Bosetning og sysselsetning</i>	9
2.3.2. <i>Knutepunkter</i>	10
2.4. OPPSUMMERING	12
KAPITTEL 3. METODE	13
3.1. KVALITATIV VS KVANTIATIV	14
3.1.1. <i>Valg av metode</i>	14
3.2. INNSAMLING AV LITTERATUR.....	14
3.2.1. <i>Valg av database</i>	14
3.2.2. <i>Kvalitetssikring av litteraturen</i>	15
3.2.3. <i>Utfordringer</i>	15
3.3. ERFARINGER, OBSERVASJONER OG SAMTALER.....	15
3.3.1. <i>Befaring</i>	15
3.3.2. <i>Observasjoner og samtaler</i>	15
3.4. TEGNINGSVERKTØY.....	16
3.5. ANALYSE OG VURDERING.....	16
KAPITTEL 4. TEORI FORBIKJØRINGSSPOR	19
4.1. HVA ER ET FORBIKJØRINGSSPOR	20
4.1.1. <i>Kort om kapasitet</i>	20
4.1.2. <i>HVORFOR trenger vi forbikjøringsspor på dobbeltsporet strekninger?</i>	21
4.2. ERFARINGER I NORGE.....	24
4.2.1. <i>Erfaringer fra Ås forbikjøringsspor</i>	24
4.2.2. <i>Tangen stasjon</i>	28
4.2.3. <i>Sikkerhet - passering av plattform</i>	28
4.3. ERFARINGER FRA UTLANDET	32
4.3.1. <i>Sverige</i>	32
4.3.2. <i>Tyskland</i>	37
4.3.3. <i>Frankrike</i>	39
4.4. ETTERTANKE.....	40

KAPITTEL 5. EVALUERINGSKRITERIER	41
5.1. KAPASITETS OG PÅLITELIGHETSVURDERING	42
5.1.1. Kapasitet	42
5.1.2. Pålitelighet	42
5.1.3. Vurdering av kapasitet og pålitelighet	42
5.2. REISETID	43
5.3. SIKKERHET	44
5.4. AREALBRUK	44
5.5. KOSTNADSOVERSLAG	45
5.6. TEKNISK UTFORMING	47
5.6.1. Sporveksler	47
5.6.2. Samtidig innkjør	48
5.6.3. Plattformutforming	49
5.7. OPPSUMMERING	50
KAPITTEL 6. KONSEPTER	51
6.1. PLASSERING PÅ STASJONEN	52
6.1.1. Utforming	52
6.1.2. Kapasitet	54
6.1.3. Reisetid	54
6.1.4. Sikkerhet	55
6.1.5. Arealinngrep	55
6.1.6. Kostnader	56
6.1.7. Teknisk utforming	56
6.1.8. Oppsummering	57
6.2. PLASSERING VED STASJONEN	58
6.2.1. Utforming	58
6.2.2. Kapasitet	59
6.2.3. Reisetid	60
6.2.4. Sikkerhet	60
6.2.5. Arealinngrep	61
6.2.6. Kostnader	61
6.2.7. Teknisk utforming	61
6.2.8. Oppsummering	62
6.3. PLASSERING VILKÅRLIG LANGS SPORET	63
6.3.1. Utforming	63
6.3.2. Kapasitet	63
6.3.3. Sikkerhet	63
6.3.4. Arealinngrep	63
6.3.5. Kostnader	64
6.3.6. Teknisk utforming	64
6.3.7. Oppsummering	64
6.4. KONKLUSJONER	65
KAPITTEL 7. STANGE	67
7.1. ERFARING FRA BEFARING	68
7.2. PÅ STASJONEN	70
7.2.1. Kapasitet	70
7.2.2. Reisetid	71
7.2.3. Sikkerhet	71
7.2.4. Arealbruk	71
7.2.5. Kostnader	73
7.2.6. Teknisk utforming	73
7.3. VED STASJONEN	76
7.3.1. Kapasitet	76

7.3.2.	<i>Reisetid</i>	76
7.3.3.	<i>Sikkerhet</i>	77
7.3.4.	<i>Arealbruk</i>	78
7.3.5.	<i>Kostnader</i>	78
7.3.6.	<i>Teknisk utforming</i>	79
7.4.	OPPSUMMERING	80
7.5.	ANBEFALING.....	81
KAPITTEL 8. SAMLET VURDERING		83
8.1.	HOVEDFUNN.....	84
8.2.	VIDERE ARBEID.....	85
VEDLEGG 1: OPPGAVETEKST		91
VEDLEGG 2: REISETIDTILLEGG.....		95
VEDLEGG 3: LENGDE BEREGNINGER.....		99
VEDLEGG 4: BEFARING OG MØTE HAMAR RÅDHUS.....		101
VEDLEGG 5: HASTIGHETSBEREGNING KURVEVEKSLER.....		105

FIGURLISTE

FIGUR 1: OVERSIKT OVER INTERCITY STREKNINGEN OSLO – LILLEHAMMER (JERNBANEVERKET, 2012B)	6
FIGUR 2: VALGT KONSEPT, DB 4B (JERNBANEVERKET, 2012C)	8
FIGUR 3: ANTALL ARBEIDSPASSER I ULIK AVSTAND FRA STASJONENE (JERNBANEVERKET, 2012C)	9
FIGUR 4: PENDLING MELLOM REGIONENE I MjøSA – OMRÅDET (JERNBANEVERKET, 2012C)	10
FIGUR 5: ANTALL BOSATTE I ULIK AVSTAND FRA STASJONENE (JERNBANEVERKET, 2012C)	11
FIGUR 6: PRINSIPPSKISSE FORBIKJØRINGSSPOR	20
FIGUR 7: VEI - TID DIAGRAM, KUN HURTIGTOG (KTH ET AL., 2009)	21
FIGUR 8: VEI-TID-DIAGRAM FOR ETT GODSTOG OG ETT HURTIGTOG, UTEN FORBIKJØRINGSMULIGHETER (KTH ET AL., 2009)	21
FIGUR 9: VEI-TID-DIAGRAM FOR ETT GODSTOG OG ETT PERSONTOG MED FORBIKJØRINGSMULIGHET (KTH ET AL., 2009)	22
FIGUR 10: ANDEL UBRUKBAR KAPASITET PÅ EN 70 KM LANG STREKNING MED BLANDET TRAFIKK (JERNBANEVERKET, 2012D)	22
FIGUR 11: STASJON HVOR ALLE TOG STOPPER (JERNBANEVERKET, 2012D)	23
FIGUR 12: STASJON MED BÅDE STOPPENDE OG PASSERENDE TOG (JERNBANEVERKET, 2012D)	24
FIGUR 13: RAMS-VURDERING AV BREMSELENGDE (JERNBANEVERKET, 2012H)	25
FIGUR 14: ALTERNATIV 1 ÅS FORBIKJØRINGSSPOR (JERNBANEVERKET, 2012H)	26
FIGUR 15: ALTERNATIV 3 ÅS FORBIKJØRINGSSPOR (JERNBANEVERKET, 2012H)	27
FIGUR 16: ALTERNATIV 7 ÅS FORBIKJØRINGSSPOR (JERNBANEVERKET, 2012H)	27
FIGUR 17: SKJEMATISK FREMSTILLING AV SIKKERHETSSONE PÅ PLATTFORM (TEKNISK REGELVERK)	30
FIGUR 18: OVERSIKT TOGTYPEN VÄSTRA STAMBANAN (TRAFIKVERKET, 2010)	32
FIGUR 19: NORMALPROFIL (TRAFIKVERKET, 2010)	33
FIGUR 20: SKISSE - ET FORBIKJØRINGSSPOR (TRAFIKVERKET, 2010)	33
FIGUR 21: TO FORBIKJØRINGSSPOR (TRAFIKVERKET, 2010)	33
FIGUR 22: OVERSIKT OVER TjØRNAP FORBIKJØRINGSSPOR (TRAFIKVERKET, 2011A)	34
FIGUR 23: DØGN-SEPARERING AV PERSON OG GODSTRANSPORT I TYSKLAND	37
FIGUR 24: STASJONSUTFORMING MED SIKKERHETSGJERDER (DB PROSJEKTBAU, 2006)	38
FIGUR 25: STASJONSUTFORMING TGV LINJEN, SIDEPLATTFORM (DEVAUX, 2002)	39
FIGUR 26: STASJONSUTFORMING TGV LINJEN, MELLOMPLATTFORM (DEVAUX, 2002)	39
FIGUR 27: AKSELERASJON OG RETARDASJONSDIAGRAM FOR TOG MED HASTIGHET PÅ 250 KM/T	43
FIGUR 28: OPPBYGNING AV KOSTNADSESTIMATET (JERNBANEVERKET, 2013B)	46
FIGUR 29: SKJEMATISK FREMSTILLING AV EFFEKTIV LENGDE (HOLOM, 2012)	48
FIGUR 30: PLASSERING AV SIGNAL	48
FIGUR 31: SAMTIDIG INNKJØR TK KAPITTEL 550.6 PUNKT 6.2.2	49
FIGUR 32: PLATTFORMBREDDE TK 530 PUNKT 14	49
FIGUR 33: MINSTE TVERRSNITT TK KAPITTEL 520.5 PUNKT 2.1	50
FIGUR 34: UTFORMING ALTERNATIV 1A	52
FIGUR 35: UTFORMING ALTERNATIV 1A-2	52
FIGUR 36: UTFORMING ALTERNATIV 1B	53
FIGUR 37: UTFORMING ALTERNATIV 1C	53
FIGUR 38: UTFORMING ALTERNATIV 1D	53
FIGUR 39: UTFORMING ALTERNATIV 2A-C	58
FIGUR 40: UTFORMING ALTERNATIV 2D-E	59
FIGUR 41: STANGE STASJON, SER MOT HAMAR	68
FIGUR 42: VEG LANGS DAGENS TRASÉ, SER MOT OSLO	68
FIGUR 43: KOMMUNEDELPLANKART OVER STANGE (NORKART AS, 2012)	69
FIGUR 44: SKJEMATISK SPORPLAN STANGE. KONSEPT PÅ STASJON	70
FIGUR 45: AVSTANDER MELLOM TETTSTEDER PÅ PARSELLEN SØRLI-BRUMUNDDAL	70
FIGUR 46: TILLATT HASTIGHET I PLATTFORMSPOR. TK 530.14	71
FIGUR 47: NORMALPROFIL STANGE STASJON	72
FIGUR 48: ILLUSTRASJON AV HUS SOM MÅ FJERNES	73
FIGUR 49: SKJEMATISK FREMSTILLING AV SPORSLØYFER	74
FIGUR 50: SKJEMATISK FREMSTILLING AV KONSEPT VED STASJON	76
FIGUR 51: AVSTANDER MELLOM FORBIKJØRINGSMULIGHETER, VED STASJON	76
FIGUR 52: REISETIDSTILLEGG	77
FIGUR 53: NORMALPROFIL VED STASJON	78
FIGUR 54: REDUKSJON FRA 250 KM/H TIL 200 KM/H	95

FIGUR 55: REDUKSJON FRA 250 KM/H TIL 160 KM/H.....	96
FIGUR 56: REDUKSJON FRA 250 KM/T TIL 210 KM/T	97

TABELLISTE

TABELL 1: KONSEPTENE VED KVU-IC UTREDNINGEN	8
TABELL 2: BEFOLKNINGSSTATISTIKK FOR STANGE, HAMAR OG BRUMUNDDAL	9
TABELL 3: AVSTAND FRA KNOTEPUNKT OG BETYDNING	11
TABELL 4: OVERSIKT OVER EVALUERINGSKRAVENE	17
TABELL 5: EVALUERINGSKRAV MED BESKRIVELSE	18
TABELL 6: HASTIGHET I SAMSVAR MED SIKKERHETSTILTAK VED PLATTFORMER.....	38
TABELL 7: VIKTIGHETSGRAD AV AREALTYPE	45
TABELL 8: PLANFASE OG KRAV TIL NØYAKTIGHET (JERNBANEVERKET, 2013B).....	46
TABELL 9: KARAKTERISTIKKER ETTER ULIK VEKSELSTØRRELSE	47
TABELL 10: TOTAL LENGDE MED SAMTIDIG INNKJØR	49
TABELL 11: OPPSUMMERING AV KOSTNADER FOR KONSEPT PÅ STASJON	56
TABELL 12: OPPSUMMERINGSTABELL KONSEPT PÅ STASJON.....	57
TABELL 13: OPPSUMMERING KOSTNADER KONSEPT VED STASJON	61
TABELL 14: OPPSUMMERINGSTABELL FOR KONSEPT VED STASJON	62
TABELL 15: OPPSUMMERING KOSTNADER KONSEPT VILKÅRLIG PLASSERING	64
TABELL 16: OPPSUMMERINGSTABELL FOR KONSEPT VILKÅRLIG PLASSERING	64
TABELL 17: OPPSUMMERING AV DE ULIKE KONSEPTENE MED HENSYNT TIL EVALUERINGSKRAVENE	65
TABELL 18: SAMMENLIGNING KOSTNADER MELLOM KONSEPTENE	65
TABELL 19: OVERSIKT OVER KONSEPTENE MÅLT MOT EVALUERINGSKRITERIENE, MEN HASTIGHET 200 KM/H..	66
TABELL 20: SPORVEKSEL KARAKTERISTIKK FOR STANGE STASJON.....	74
TABELL 21: SPORVEKSEL KARAKTERISTIKKER FOR FORBIKJØRINGSSPORET VED STANGE	79
TABELL 22: SAMMENLIGNING KONSEPTENE PÅ OG VED STANGE STASJON	80
TABELL 23: OPPSUMMERING AV SJEKKPUNKTER	84
TABELL 24: OPPSUMMERING AV RESULTATENE	95

Kapittel 1. INNLEDNING

Det er ventet en betydelig befolkningsøkning i østlandsområdet frem mot 2040. For å møte trafikkveksten er det behov for store investeringer og utbygninger innen jernbanesektoren. Intercity-utbyggingen vil bidra knytte byene på Østlandet tettere sammen, og gjøre dagpendling mellom dem enklere (Jernbaneverket, 2012b).

I konseptvalgutredningen for IC-parsellen Sørli – Brumunddal er det anbefalt dobbeltspor på hele strekningen (dagens bane legges ned) og dimensjonerende hastighet er satt til 250 km/t (Jernbaneverket, 2012c). Plasseringen av forbikjøringsporene på strekningen er ikke fastsatt, men det anbefales i KVVU-IC at forbikjøringsporene legges på stasjonene.

Dette strider mot hva kommunen ønsker. De ønsker heller at forbikjøringsporene plasseres utenfor dagens sentrumsjerne. På bakgrunn av interessekonflikten mellom Jernbaneverket og de involverte kommunene langs strekningen oppsto behovet for en utredning av ulike konsepter rundt plasseringen av forbikjøringsspor.

I dette kapittelet vil problemstillingen for oppgaven bli definert, samt oppgavens formål, målgruppe og disposisjon vil bli gitt.

1.1. PROBLEMSTILLING

Jernbaneverket ønsker å få vurdert og utarbeidet forslag til konsepter for plassering av forbikjøringsspor på IC-strekningene på Østlandet generelt og på parsellen Sørliie – Brumunddal spesielt. På bakgrunn av ønskene og behovene fra Jernbaneverket er følgende punkter kartlagt:

- Et litteraturstudium. Da det ikke eksisterer noen forbikjøringsspor i Norges i dag, er det etterspurt at oppgaven belyser ulike utfordringer, som igjen kan underbygge anbefalingen ved konseptene.
- Utvikling av forskjellige konsepter for plassering av forbikjøringsspor. Kandidaten skal se på tre forskjellige konsepter for plassering:
 1. På stasjonen
 2. Like utenfor stasjonen
 3. Vilkårlig på strekningen
- Med bakgrunn i forslagene skal konsekvensene av de ulike konseptene vurderes og kunne ut i anbefaling med hensyn til:
 1. Kapasitet for strekningen
 2. Reisetid
 3. Sikkerhet
 4. Arealbruk
 5. Kostnad
 6. Teknisk utforming av forbikjøringssporet
- Det skal lages en rapport med vurdering og analyse av konseptene for forbikjøringssporene. Videre skal forbikjøringssporene ved Stange prosjekteres. Alternativene skal tegnes ut i et hensiktsmessig detaljnivå, og legges ved i eget tegningshefte.

1.2. AVGRENSNING

For å begrense oppgaven vil det først bli gitt en vurdering av konseptene på generelt grunnlag, deretter vil det bli gjort en detaljert vurdering av plasseringen av Stange forbikjøringsspor.

De faste rammebetingelser til oppgaven er:

- Dimensjonerende hastighet: 250 km/t
- Maksimal lengde godstog: 750 meter.

1.3. FORMÅL OG HENSIKT

Formålet med oppgaven er å belyse de ulike konseptene og utfordringene knyttet til dem. Videre skal oppgaven kunne brukes som en generell retningslinje ved dette og andre prosjekter. Litteraturstudiet skal belyse ulike utfordringer ved konseptene, slik at anbefalingen som blir gitt er dannet på et solid grunnlag.

1.4. FORSKNINGSSPØRSMÅL

Basert på problemstillingen og formålet med oppgaven er følgende forskningsspørsmål utformet:

- Utarbeide og vurdere konsepter for forbikjøringsspor
 - Er det mulig å lage en generell anbefaling av konseptene?
 - Er det best å plassere forbikjøringssporene på stasjonen slik Jernbaneverket foreslår?
- Utføre en “case-studie” av plasseringen av Stange forbikjøringsspor ved å bruke de generelle konseptene som er utarbeidet tidligere i oppgaven
- Prosjekttere Stange forbikjøringsspor.

1.5. MÅLGRUPPEN

Målgruppen for oppgaven er primært ansatte i utbyggingsavdelingen i Jernbaneverket, da det er de som tar avgjørelsene i tidligfasen hvor forbikjøringssporet skal plasseres.

1.6. OPPGAVENS DISPOSISJON

Kapittel 1 gir innsikt i oppgavens problemstilling, avgrensning og formål. Det blir gitt en kort innføring til behovet til oppgaven, som blir ytterligere underbygget i **kapittel 2**, som omhandler bakgrunnen for IC-utbygningen.

Utførelsen av arbeidet blir forklart i **kapittel 3**, hvor valg av metode blir begrunnet. Videre beskrives fremgangsmåten for evalueringen av konseptene og i **kapittel 4**, blir resultatet litteraturstudiet presentert, delt inn i litteratur fra Norge og litteratur fra utlandet.

I **kapittel 5** blir de seks evalueringskriteriene beskrevet og her blir grunnlaget for vurderingen av konseptene presentert. Videre blir de tre konseptene fremstilt i **kapittel 6**, og en sammenligning og diskusjon basert på evalueringskriteriene fra kapittel 5 blir presentert.

Resultatet fra prosjekteringen av Stange forbikjøringsspor blir presentert og diskutert i **kapittel 7**. Først vil to konsepter bli vurdert, deretter vil det gjennom en analyse basert på evalueringskriteriene komme en anbefaling til plassering.

Kapittel 8 blir det gitt en samlet vurdering fra oppgaven og en anbefaling til videre arbeid vil bli gitt.

1.7. FORKORTNINGER OG FORKLARINGER

IC:	Intercity. Intercity-området er definert som området langs banestrekningene Oslo – Halden, Oslo – Skien og Oslo – Lillehammer
KVU-IC:	Konseptvalgutredningen for Intercity strekningene. I denne oppgaven refereres det til strekningen Oslo – Lillehammer.

- Minste tverrsnitt: Til hver side av sporet, over sporet og også mellom skinnene skal et visst rom være fritt for hindringer slik at man har den forutsatte klaring for framføring av tog. Tverrsnittet av dette rom benevnes minste tverrsnitt.
- Sikkerhetssone: *På plattform:* Avstand mellom plattformkant og oppholdssone. Område hvor man ikke bør oppholde seg. *I sporet:* Definert avstand etter slutt punkt for togvei, som skal være fri for materiell.
- Sporavstanden (Sp): Vinkelrett avstand mellom senterlinjene til jernbanespor.
- Spormidt: Senterlinjen til jernbanespor.
- Sporsløyfe: Sporavsnitt i dobbeltspor med to sporveksler som gjør det mulig å skifte spor.
- Teknisk regelverk: TK. Referanser til teknisk regelverk vil bli gitt med bokstavene TK, kapittel og punkt.

Kapittel 2. BAKGRUNN

I motsetning til hva som gjelder vegnettet, har det i de siste 30 årene vært liten utbygging og forbedring av jernbanenettet i Norge (Olsson and Veiseth, 2011). Men gjennom Nasjonal transportplan (NTP) og Intercity-satsingen, har politikeren vist at det er ønske om å satse på jernbaneutbygging i Norge. Intercity-utbyggingen skal utbedre de størst belastede strekningene i Østlandsområdet vesentlig, slik at jernbanen i stor grad kan ta seg av den forventede trafikkveksten i åren fremover (Jernbaneverket, 2012b).

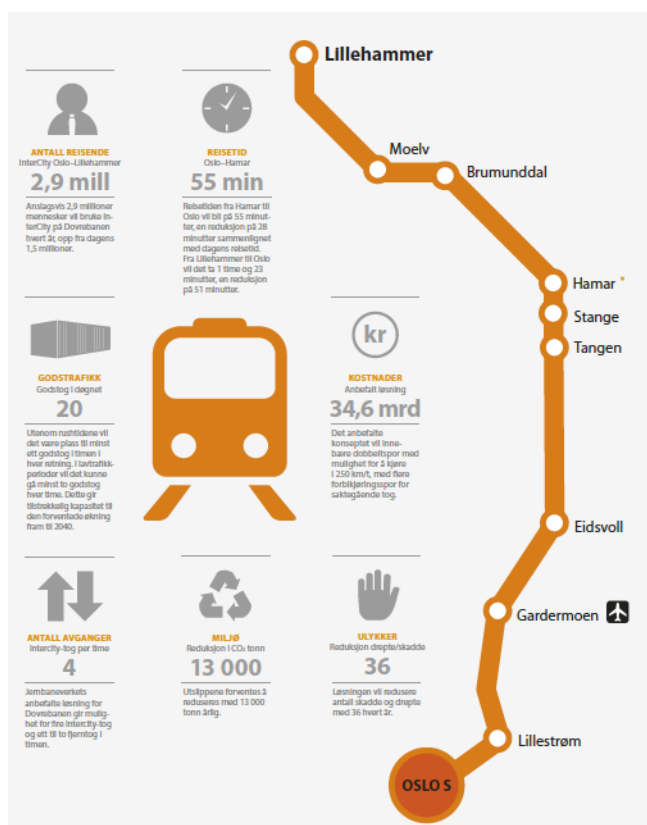
2.1. INTERCITY – ET SATNINGSOMRÅDE

I Nasjonal Transportplan (NTP) 2014-2023 anbefales det en effektiv og helhetlig utbygging av Intercity-strekningen for å oppnå optimal drift av jernbanen. IC-utbyggingen vil være en viktig bidragsyter til å bedre kapasiteten i området, da det er forventet en befolkningsøkning i Oslo og Akershus på 450 000 mot 2040 (Jernbaneverket, 2012b). Videre er det en forventet befolkningsvekst i Mjøsa-området på 10-20 % de nærmeste 30 år. Denne trafikkveksten kan ikke veinettet ta alene, og en utbygging av kollektivtrafikken er helt nødvendig.

En utbygging av Intercity-området med dobbeltspor vil knytte byene og tettstedene på Østlandet tettere sammen. I NTP (2013) blir IC-utbyggingen pekt på som et bidrag til regionforstørring, samt å bidra til et større og mer robust bo- og arbeidsmarked for områdene rundt og i Oslo. Gjennom en reduksjon i reisetid, økt kapasitet og hyppigere avganger vil IC-utbyggingen bidra til at dagpendlingen blir enklere.

Reisetiden Oslo - Hamar vil kunne reduseres med om lag 30 minutter, og den forventede reisetiden vil bli 55 minutter. Reisetiden til Lillehammer vil bli redusert med hele 50 minutter, og totalt reisetid vil bli en time og 23 minutter (Jernbaneverket, 2012b). En oversikt over strekningen er vist i figur 1.

En utbygging av IC-området vil også bidra til å øke kapasiteten til godstransporten markant. Det anbefalte alternativet i Konseptvalgutredningen for Intercity (KVU-IC) vil gi mulighet for 20 godstog pr døgn, hver vei. Dette kommer i tillegg til en økning i persontrafikken. Dette vil være mer enn en tredobling av dagens godstogkapasitet og er tilstrekkelig kapasitet til å møte den forventede økningen frem mot 2040 (Jernbaneverket, 2012b).



Figur 1: Oversikt over Intercity strekningen Oslo - Lillehammer (Jernbaneverket, 2012b)

Anbefalingene fra Nasjonal Transportplan understreker at det er et politisk ønske om en utbygging av IC-området. NTP representerer regjeringens transportpolitikk, og er en tydelig indikasjon på at det nå er politisk vilje til å satse på jernbanen.

2.2. RESULTAT FRA KONSEPTVALGUTREDNINGEN

Vinteren 2012 ble Jernbaneverkets konseptvalgutredning for IC - strekningen Oslo – Lillehammer fullført. I dette avsnittet vil hovedtrekkene og anbefalingene fra rapporten bli gjengitt. En konseptvalgutredning (KVU) er regjeringens metode for å analysere statlige investeringsprosjekter i en tidlig fase av prosjektet (Jernbaneverket, 2012c).

Hensikten med KVU-IC er blant annet å belyse transportrelaterte behov, identifisere konsepter og anbefale et konsept til IC-korridoren Oslo – Lillehammer som kan benyttes til videre planlegging. Videre definerer KVU samfunns mål og hvilke effektmål som skal oppnås for den aktuelle brukeren av strekningen (Jernbaneverket, 2012c). Samfunns målet, som gjelder for hele IC-området er som følger:

IC-korridoren skal ha et miljøvennlig transportsystem av høy kvalitet som knytter bo- og arbeidsområdene sammen.

Med et *miljøvennlig system* menes et transportsystem som er arealeffektivt, har lavest mulig forurensende utslipp, og minst mulig inngrep i naturen. I forhold til *høy kvalitet* er det et ønske om et robust og pålitelig system, samt et effektivt og trafikksikkert system. Det siste punktet "*knytte bo- og arbeidsområder sammen*" er det lagt til grunn en avlastning av Oslo ved økt tilgjengelighet mellom bysentra og tettsteder og å bidra til å styrke bo- og arbeidsplassregionens attraktivitet.

Det prosjektutløsende behov for IC-korridoren Oslo - Lillehammer er:

Økt kapasitet for person- og godstransport på jernbanen IC-området for å sikre tilstrekkelig punktlighet, frekvens og reisetid.

Kapasiteten måles ut fra at det skal være en tilstrekkelig kapasitet til å dekke fremtidig etterspørsel etter personreiser og godstransport. Det er satt et krav til at 95 % av alle tog kommer frem i tide, med en reisetid på underkant av 1 time til Hamar og 1,5 timer til Lillehammer.

Til slutt er det, med bakgrunn i både samfunns målet og det prosjekt-utløsende behovet, formulert et absolutt krav for konseptene. Forslag som ikke tilfredsstillt absoluttkravet er forkastet.

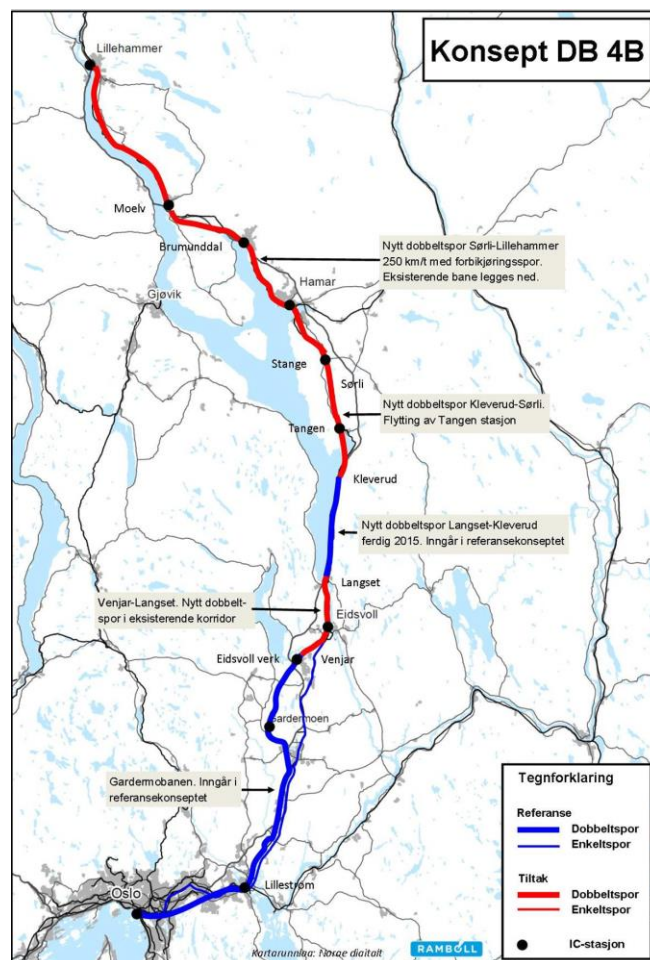
Økt kapasitet og pålitelighet for persontransport på banestrekningen Oslo - Lillehammer

I KVU-IC ble det utledet 5 konseptmuligheter for strekningen; et null alternativ og fire ulike alternativer for ny dobbeltsporstrasse, se tabell 1. DB 3A (0-alternativet) var det billigste alternativet, men oppfylte kun delvis måloppnåelsen og ble forkastet. KVU-IC anbefalte DB 4B med hensyn til syv ulike evalueringskriterier; kapasitet, pålitelighet, reisetid, miljøvennlig transportsystem, by- og tettstedsutvikling, trafikksikkert transportsystem og regional utvikling og styrking av næringslivets konkurransevne.

Tabell 1: Konseptene ved KVV-IC utredningen

Alternativer	Forklaring
DB 3A	Utvikling av ny infrastruktur på bane med begrenset omfang
DB 4A	Nytt dobbeltspor 200 km/t med forbi kjøringsspor. Dagens bane legges ned
DB 4B	Nytt dobbeltspor 250 km/t med forbi kjøringsspor. Dagens bane legges ned
DB 4C	Nytt dobbeltspor 200 km/t hvor dagens bane beholdes for gods nord for Sørli
DB 4D	Nytt dobbeltspor 250 km/t hvor dagens bane beholdes for gods nord for Sørli

Forskjellen i hastighet mellom 200 km/t og 250 km/t ga ikke store utslag for IC-tilbudet i seg selv, men dersom det kommer et eventuelt høyhastighetskonsept via Rondane, gir en hastighet på 250 km/t bedre fleksibilitet. Ved en nedleggelse av dagens bane vil man kunne fremføre av minst 20 godstog pr døgn i hver retning, noen som er tilstrekkelig i henhold til den gjeldende godstogstrategien til Jernbaneverket (2007). Å beholde dagens bane vil gi økt drift- og vedlikeholdskostnader da en må opprettholde dobbelt sett med infrastruktur. Videre medfører det også noe høyere barriereeffekt, og en frigivelse av strandsonen uteblir (Jernbaneverket, 2012c), noe som oppfattes svært negativt for kommunene langs strekningen. Traséen til det anbefalte konseptet er vist i figur 2.



Figur 2: Valgt konsept, DB 4B (Jernbaneverket, 2012c)

2.3. SITUASJONSBEKRIVELSE SØRLIE – BRUMUNDDAL

Oppgaven begrenser seg til strekningen Sørli – Brumunddal. Det vil i det følgende bli gitt en oppsummering av nøkkeltallene og hovedtrekkene for strekningen. Det fokuseres på bo- og sysselsetning og knutepunkter.

2.3.1. Bosetning og sysselsetning

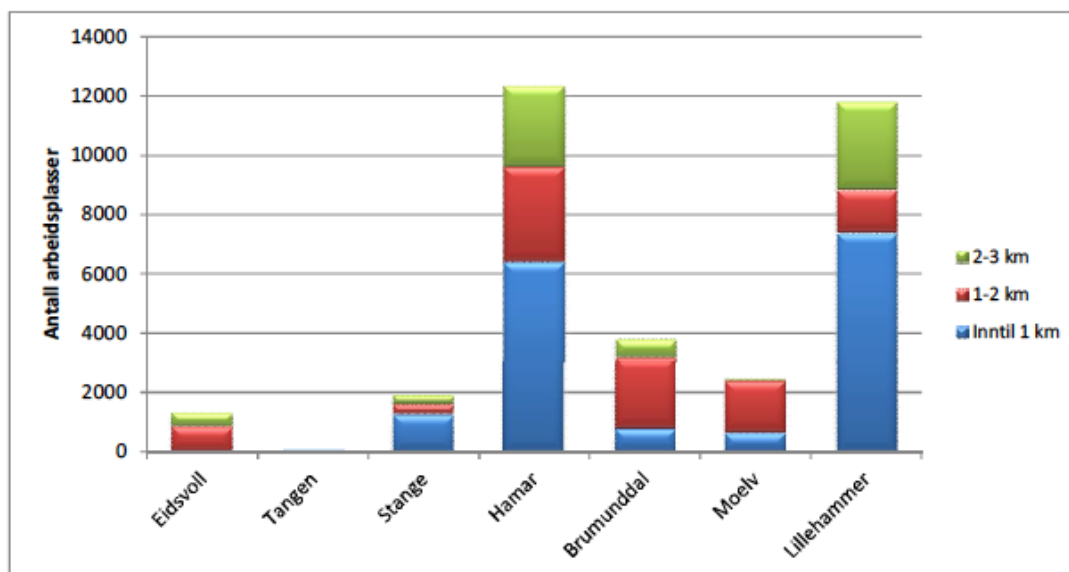
Strekningen omfatter tre stasjoner; Stange, Hamar og Brumunddal. I tabell 2 under er det vist en oppsummering av bosatte i det aktuelle tettstedet og den aktuelle kommunen, tallene er hentet fra SSB (2012a, 2012b). Fra tabellen ser vi at Hamar er størst, etterfulgt av Brumunddal og Stange.

Tabell 2: Befolkningsstatistikk for Stange, Hamar og Brumunddal

Befolkningsstatistikk for Stange, Hamar og Brumunddal		
Sted	Innbyggertall	Kommune, pr 1 jan 2012
Stange	2 562	19 190
Hamar	30 921	29 045
Brumunddal	9 282	33 191

Sysselsetting og pendling

Hovedtyngden av arbeidsplassene i regionen ligger langs IC-strekningen. Ikke overraskende har Hamar flest arbeidsplasser innenfor 1 km etterfulgt av Stange og Brumunddal, som man ser av figur 3 (Jernbaneverket, 2012c). Betydningen av dette vil bli ytterligere beskrevet i avsnitt 2.3.2.



Figur 3: Antall arbeidsplasser i ulike avstander fra stasjonene (Jernbaneverket, 2012c)

Lillehammer og Hamar er de to byene langs strekningen med flest sysselsatte, med henholdsvis 7400 og 6400 innenfor 1 km fra stasjonen. Dette medfører videre at det er fra og til disse byene det er størst pendlingsaktivitet på den aktuelle parsellen, se figur 4 (Jernbaneverket, 2012c). Man vil trolig kunne forvente en økning i dagpendlere når IC-utbygningen er fullført.

Fra den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2009 utført av TØI (2011), ble det observert at 61 % av alle arbeidsreiser ble utført med bil og kun 15 % med kollektivtransport. Av de som benyttet seg av kollektivtransport var det bosatte i Oslo som hadde den største andelen (tilnærmet 40 %). For Oslos omegnskommuner var det 22 % som benyttet seg av kollektivtransport og i mindre byer 6 %.

2.3.2. Knutepunkter

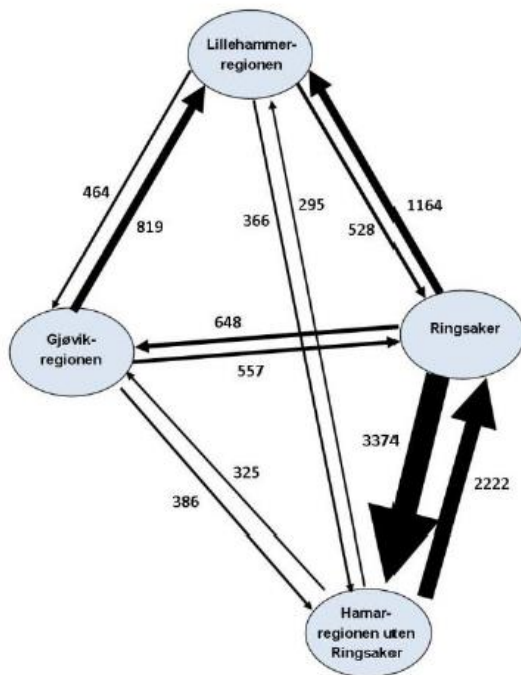
Utviklingen av knutepunkt blir nevnt som betydningsfullt og viktig i KVU-IC. Det er spesielt viktig i Hamar der de har en nasjonalforventing om at byen ikke skal utvide seg mer enn hva den allerede har, noe som medfører at de arealene som er tilgjengelige blir enda viktigere (Hedemark fylkeskommune, 2009).

I rapporten "Utforming av knutepunkter" (Vista, 2002), defineres et knutepunkt som følgende:

"Et knutepunkt for kollektivtransport er en stasjon hvor to eller flere linjer eller forskjellige kollektive transportmidler møtes. En stasjon er et stoppested for ett kollektivt transportmiddel med trafikanter fra en eller flere typer individuell transport (gange, sykkel, bil). Trafikkarealene består av det som tilhører knutepunktens egentlige funksjon, nemlig transport til og fra og mellom holdeplasser for de ulike transportmidlene."

Videre blir det fastslått at arealene i tilknytning til kollektivpunktet skal utformes etter fotgjengerens premisser og på den måten gjøre kollektivtransporten til det beste reisealternativet.

Et knutepunkt skal romme andre funksjoner enn kun de trafikale. Boliger, arbeidsplasser, handle og service må også være på plass, og avstanden mellom den ønskes å være kortest mulig. Videre defineres det tre ulike avstander som beskriver situasjonen knyttet til knutepunktet, gjengitt i tabell 3 (Vista, 2002).



Figur 4: Pendling mellom regionene i Mjøsa-området (Jernbaneverket, 2012c)

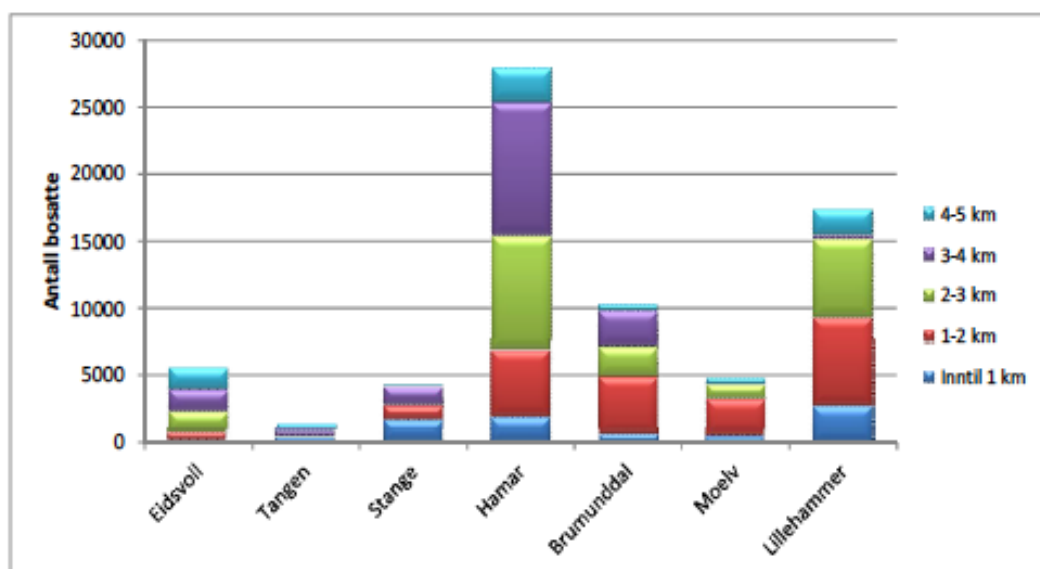
Tabell 3: Avstand fra knutepunkt og betydning

Avstand	Betydning
200 m	<i>Sentrale området.</i> Prioritering av handel, næring, trafikkarealer og boliger med høy utnyttelse
500 m	<i>Akseptabel gangavstand.</i> Innenfor denne avstanden bør det være bebyggelse med høy utnyttelse
1000 m	<i>Maksimal gangavstand.</i> Innenfor denne kan de planlegges lavere utnyttelse.

I forbindelse med Konseptvalgutredningen for Intercity ble det laget en tilleggsrapport av vurdering av stasjons- og knutepunktutvikling av Rambøll (2012). Alle stasjonene på IC-korridoren Oslo – Lillehammer er vurdert ut fra syv kriterier. Kriteriene som legges til grunn er:

- Planer og utviklingstrekk
- Knutepunktutvikling
- Tetthet og funksjonsblanding
- Bystruktur og vernehensyn
- Bil og parkering
- Gående og syklende
- Særlige innsatsområder

I vurderingen er det sett på både sysselsatte og bosatte innenfor en radius på 1 km til 5 km fra stasjonen. Fra figur 5 kan vi se at Hamar og Stange har flest bosatte inntil 1 km fra stasjonen, mens Brumunddal og Hamar har størst andel 1-2 km fra stasjonen.



Figur 5: Antall bosatte i ulike avstand fra stasjonene (Jernbaneverket, 2012c)

Fra foregående avsnitt ble 1 km definert som den maksimale gangavstanden til et knutepunkt, dersom man ønsker høy utnyttelse. Fra figur 5 og figur 3 i delkapittel 2.3.1, kan en se at det Hamar som har det største potensialet i forhold til knutepunktutvikling, deretter Stange. En oppsummering av Rambølls resultater på de aktuelle stasjonene Stange, Hamar og Brumunddal vil gjengis her.

Stange stasjon

I KVV-IC blir det vedtatt at Stange stasjon skal ligge der den ligger i dag, men en økning på antall spor fra to til fire vil føre til noe økt arealbehov på østsiden av stasjonsområdet.

Det er bosatt 2000 personer innenfor 1 km fra stasjonen i dag og det er 1200 arbeidsplasser innenfor det samme området. Fremtidsbildet for Stange er 2000-2500 bosatte innenfor 1 km til stasjonen.

Hamar stasjon

Det foreligger for øyeblikket fem alternativer for plassering av Hamar stasjon. Alternativ H1 er dagens stasjonsplassering og fra rapporten ansees denne plasseringen som overlegen i forhold til de andre fire alternativene. Fra rapporten heter det:

”Alternativ H1 med dagens stasjonsplassering, anses som det mest optimale med hensyn til passasjergrunnlaget, byutvikling, knutepunktsfunksjoner og tilgjengelighet til stasjonen.”

Det er i dag om lag 2000 bosatte og 6400 arbeidsplasser innenfor 1 km fra dagens stasjon. Potensialet for videre vekst er stort og det antas at antall bosatte innenfor 1 km vil øke 2200 innbyggere.

Brumunddal stasjon

I likhet med Stange stasjon vil stasjonsplasseringen til Brumunddal forbli den samme, men en utretting av traseen vil kunne føre til noen justeringer.

I dag er det om lag 500 bosatte og 900 arbeidsplasser innenfor 1 km til stasjonen. Fremtidsbildet i 2025 vil gi mulighet for 2200 bosatte innenfor 1 km fra stasjonen, noe som er en mer enn en firedobling.

2.4. OPPSUMMERING

Behovet for Intercity-utbygningen blir belyst både i KVV-IC og NTP. Det er forventet at antall reisende til Hamar vil dobles til ca. 1,5 millioner som en følge av Intercity utbygningen (Jernbaneverket, 2012b). En doblingen i antall reisende gir et stort potensial for regions-forstørring og reduksjonen i reisetid bidrar ytterligere til at dagpendling mellom tettsteder og byer vil bli enklere. På den aktuelle strekningen er det Hamar som har flest boliger og industri i nærheten av stasjonen (der den ligger i dag), etterfulgt av Stange og Brumunddal.

En utbygging av IC vil også bidra til en tredobling i godstransportkapasiteten. På IC-parsellen Oslo-Lillehammer er det tenkt at godstog, fjerntog og IC-tog skal benytte seg av samme bane. Dette medfører kapasitetsmessige og trafikkmessige utfordringer. På grunn av den blandede trafikken har det oppstått et behov for forbikjøringsspor og i denne oppgaven vil problemstillingene og eventuelle løsninger i tilknytning til forbikjøringssporene bli belyst. Metoden for arbeidet blir forklart i neste kapittel.

Kapittel 3. METODE

Denne oppgaven er delt inn i to deler; først et litteraturstudium og deretter en analyse og vurdering av ulike konsepter. Fremgangs- og arbeidsmåten for de to delene er forskjellige og vil i dette kapitlet bli gjennomgått.

Hensikten med et metodekapittel er å gi leseren en forståelse og evne til å vurdere de konklusjonene som blir presentert i oppgaven (Olsson, 2011). Videre skal metodekapitlet forklare hva som er gjort i studien og hvordan den er utført og eventuelle styrker og svakheter.

3.1. KVALITATIV VS KVANTIATIV

De to hovedgruppene innenfor metodelæren kalles kvantitative og kvalitative metoder (Dalland, 2012). De to metodene skiller seg fra hverandre både i måten man samler inn data og hvordan man i etterkant behandler og bearbeider dem.

Kvantitativ metode kjennetegnes ved at man ønsker å gjenspeile situasjonen så nøyaktig som mulig (Dalland, 2012). Metoden har som fordel at den gir data i målbare enheter og ved bruk av kvantitativ metode får man frem det representative. De dataene som samles inn, knyttes til atskilte fenomener og fremstillingen tar sikte på å formidle forklaringer. Et eksempel på en kvantitativ metode er en tallfestet spørreundersøkelse.

Kvalitativ metode kjennetegnes ved at den er fleksibel. Metoden gir innsikt i kunnskaper, ofte i form av samtaler og intervjuer og observasjoner som ikke er mulig å tallfeste (Dalland, 2012). Ved innsamling av mange opplysninger om få undersøkelsesenheter, ønsker man får frem det spesielle og særegne ved situasjonen. Hovedfokuset i en kvalitativ metode er ofte å oppnå en helhetsforståelse for oppgaven og metoden kan brukes til å forstå meningen med resultatene fra en kvantitativ metode (Olsson, 2011). Eksempler på kvalitative metoder er intervju og observasjoner.

3.1.1. Valg av metode

På grunn av oppgavens art er det valgt å benytte seg både av kvantitativ og kvalitativ metode. I første del av oppgaven er det benyttet en kvalitativ metode, i form av et grundig litteratursøk. I tillegg har man benyttet seg av erfaringene internt i Jernbaneverket, gjennom befaring og møter. Dette vil bli ytterligere diskutert i avsnitt 3.2.3.

I den andre delen av oppgaven har man benyttet seg av en kvantitativ metode for å evaluere de ulike konseptene. Konseptene vil bli vurdert ut fra ulike evalueringskrav som om mulig er tallfestet for å kunne måles opp mot hverandre. Fremgangsmåten vil bli beskrevet i delkapittel 3.5.

3.2. INNSAMLING AV LITTERATUR

Innsamling av litteratur har vært en nødvendig del av oppgaven av flere grunner. Som tidligere beskrevet eksisterer det ingen forbikjøringsspor i Norge i dag, og et grundig litteratursøk har vært nødvendig for å tilegne seg tilstrekkelig kunnskap innen fagfeltet og for å kunne utføre den andre delen av oppgaven. Videre vil et litteratursøket bidra til å presisere problemstillingen og de ulike utfordringene som foreligger (Dalland, 2012).

3.2.1. Valg av database

Gjennom søkningsprosessen har en benyttet ulike databaser for å sikre tilstrekkelig bredde i litteratursøket. BIBSYS Ask, som er statlig forvaltningsorgan underlagt Kunnskapsdepartementet og administrativt underlagt NTNU, er benyttet samt Jernbaneverkets egen database og bibliotek. Videre er også databaser som Google Scholar, Scopus, Trafikverkets database i Sverige med flere benyttet.

3.2.2. Kvalitetssikring av litteraturen

Gjennom hele litteraturstudiet er det utført en validering av litteraturen. Det gjort en betraktning av kilden i forhold til kvalitet og troverdighet– hvem som er forfatter/utgiver, om kilden har direkte eller indirekte relevans til oppgaven og eventuelt hvordan kilden har samlet inn sin litteratur. Utgivelsestidspunkt for litteraturen har vært av betydning, da en ikke ønsker å benytte seg av foreldet informasjon, spesielt når det gjelder tallverdier.

3.2.3. utfordringer

Mengden litteratur har vært en utfordring gjennom litteratursøket. Det er funnet mye skriftlig informasjon og mange av rapportene har vært relativt lange. For å gjøre et utvalg av litteratur-kildene har en valgt å se på relevans, gyldighet og holdbarhet til problemstillingen som diskutert i foregående avsnitt (3.2.2). Det er også gjort et initialt søk etter nøkkelord i teksten knyttet til oppgavens problemstilling.

Språk har også vært en utfordring. Store deler av litteraturen er fra utlandet og ofte på landets eget morsmål. Kandidaten behersker engelsk svært godt, men litteratur på tysk og fransk kunne i liten grad benyttes. Skandinavisk språk fungerte greit, men det var en utfordring å bruke riktige ord og uttrykk på de ulike språkene under litteratursøket.

3.3. ERFARINGER, OBSERVASJONER OG SAMTALER

Opgaven bygger i stor grad på erfaringer fra Jernbaneverkets egne ansatte og kunnskaper de har opparbeidet seg gjennom sin tid i arbeidslivet. I tillegg er meninger, observasjoner og erfaringer til de aktuelle, involverte kommunene vektlagt. Det har også vært viktig å få et visuelt inntrykk av det aktuelle området. Med dette som utgangspunkt er det derfor gjennomført en befarings til Hamarregionen med et etterfølgende møte i Hamar Rådhus, hvor representanter fra alle de involverte kommunene deltok.

3.3.1. Befaring

En befarings gir et grunnleggende bilde av situasjonen i større grad enn tekst og tegninger, og kandidaten ønsket å få best mulig oversikt og inntrykk av området.

Hensikten med befaringsen var:

- Få et visuelt bilde av området.
- Få en forståelse av arealene tilgjengelige på de ulike stasjonsområdene.
- Oversikt over hvilke utfordringer som er knyttet til tilgjengelig arealene.
- Tilrettelegge en arena for god diskusjon.

3.3.2. Observasjoner og Samtaler

I forbindelse med befaringsen ble det foretatt et møte med alle de aktuelle kommunene; Stange, Hamar og Brumunddal, for å få et mer reflektert bilde av situasjonen. Et møte kan være svært nyttig da dette er en fin arena for gode diskusjoner og innspill.

Gjennom arbeidet med masteroppgaven har det vært jevnlig møter med veiledere, både i Oslo og Trondheim. Møtene har vært nyttige for å diskutere problemer i forbindelse med oppgaven, og har bidratt til jevn progresjon.

Til slutt har det gjennom arbeidsplassen hos Jernbaneverket blitt formidlet mye kunnskap og erfaringer i hverdagslige samtaler. Det har vært svært nyttig å sitte sammen med erfarne og kunnskapsrike ansatte i Jernbaneverket. Det har gitt kandidaten et bredere perspektiv på oppgaven og jernbanefaget generelt.

3.4. TEGNINGSVERKTØY

Tegneprogrammet NovaPoint 18.20 er benyttet ved prosjekteringen av Stange forbikjøringsspor. Programmet har ulike funksjoner som gjør det enkelt og effektivt å tegne de ulike komponentene, samt at det gir god oversikt over området.

Programmet inneholder funksjoner som kan benyttes for å konstruere både horisontal og vertikal geometri og NovaPoint Jernbane tilbyr eget verktøy, for blant annet å konstruere sporveksler og sporsløyfer. Videre er det enkelt å se de ulike utfordringene ved konseptene og ta hensyn til geografiske og topografiske.

Dataene benyttet til programmet er hentet i form av SOSI-filer som er distribuert av Jernbaneverket selv. Kandidaten har fått tillatelse til å benytte disse filene.

3.5. ANALYSE OG VURDERING

En har valgt å ta utgangspunkt i krav og mål fra Jernbaneverkets KVV-IC for vurderingen av den aktuelle strekningen. I vurderingen av de ulike konseptene vil det bli benyttet seg av en kvalitativ metode. Det vil si at alle evalueringskravene vil bli tallfestet, der det er mulig. Det blir her gitt en kort innføring i de ulike evalueringskriteriene. Disse vil bli beskrevet i detalj i kapittel 5.

Som tidligere beskrevet er det i KVV-IC utført en behovsanalyse, og gjennom denne er prosjektutløsende behov, samfunns mål, effektmål og andre viktige behov definert. Ut fra dette er et absolutt krav, viktige krav og krav som er avledet av viktige behov, definert. Det absolutte behovet for strekningen er:

Økt kapasitet og pålitelighet for persontransport på banestrekningen Oslo - Lillehammer

Det betyr at forslag som ikke fører til økt kapasitet og pålitelighet forkastes. Videre er kapasitet, pålitelighet og reisetid definert som viktige krav, dette er krav som ikke kan brukes som utslingskriterier, men som sammenligningskriterier. Sikkerhet, arealbruk og kulturlandskap, kostnader og teknisk utforming kommer som en konsekvens av de viktige kravene og alternativene vil bli vurdert av disse i forhold til hverandre. I tabell 4 viser en oversikt over de ulike kravene.

Tabell 4: Oversikt over evalueringskravene

Krav avledet av mål		Krav avledet av viktige behov			
Absolutt krav <i>Økt kapasitet og pålitelighet for persontransport på banestrekningen Oslo - Lillehammer</i>					
Viktige krav					
1. Kapasitet og pålitelighet	2. Reisetid				

Ved vurdering og valg av konsept vil de viktige kravene naturlig nok veie tyngst og deretter kravene avledet av viktige behov. Det er lagt størst vekt på reisetid, som igjen vil påvirke kapasitet og pålitelighet, deretter sikkerhet, kostnader og teknisk utforming.

For å begrense omfanget av oppgaven, vil det kun bli gjort vurderinger rundt plasseringen av forbikjøringsporet i tilknytning til Stange stasjon. Det vil si at en antar at forbikjøringssporene på Hamar og Brumunddal ligger på stasjonen.

Tabell 5, på neste side viser en oppsummering mål og kravkriteriene og hvordan de vil bli evaluert. Basert på dette vil deg bli gitt en vurdering av konseptene.

Tabell 5: Evalueringskrav med beskrivelse

Mål-krav		Evalueringskriterier
1	<i>Kapasitet og pålitelighet</i> <ul style="list-style-type: none"> • Opprettholde den satte kapasiteten til alternativet til KVU 	<ul style="list-style-type: none"> • Vurdering av hvordan kapasiteten vil påvirkes som en følge av plasseringen til forbikjøringsporet
2	<i>Reisetid</i> <ul style="list-style-type: none"> • 55 min til Hamar 	<ul style="list-style-type: none"> • Estimert reisetidstillegg.
Konsekvenser av mål-krav		
3	<i>Sikkerhet</i> <ul style="list-style-type: none"> • Opprettholde sikkerheten til jernbanen 	<ul style="list-style-type: none"> • Økning/reduksjon i farer
4	<i>Areal – og kulturlandskap</i> <ul style="list-style-type: none"> • Begrense arealinngrep • Barriere effekt 	<ul style="list-style-type: none"> • Inngrep i, målt i m²: <ul style="list-style-type: none"> - Matjord - Viktige skogsområder - Rekreasjonsarealer - Verneverdige områder - Kulturmiljø • Hinder
5	<i>Kostnader</i> <ul style="list-style-type: none"> • Kostnadene skal ikke bli uforholdsmessig høye 	<ul style="list-style-type: none"> • Erfaringstall fra Jernbaneverket
6	<i>Teknisk utforming</i> <ul style="list-style-type: none"> • #veksler • Størrelse på veksler • Vedlikehold 	<ul style="list-style-type: none"> • Fremtidig vedlikehold i forhold til: <ul style="list-style-type: none"> - Antall veksler - Størrelsen på vekslene

Kapittel 4. TEORI FORBIKJØRINGSSPOR

Det er i dag kun 6 % av jernbanenettet i Norge som består av dobbeltsporetbane og frem til nå eksisterer det ingen forbikjøringsspor i Norge. I forbindelse med Intercity-utbygningen er det nødvendig med forbikjøringsspor langs strekningene for å oppnå tilstrekkelig kapasitet, da det er bestemt at det skal være blandet trafikk på banen (Jernbaneverket, 2012e).

I dette kapitlet vil det først bli gitt en kort generell informasjon om forbikjøringsspor. Deretter vil det bli gitt et sammendrag av erfaringer gjort både i Norge og i utlandet. Hovedvekten av kunnskapen til oppgaven er hentet fra utlandet, da det som nevnt ikke eksisterer noen forbikjøringsspor i Norge i dag.

4.1. HVA ER ET FORBIKJØRINGSSPOR

Et forbikjøringsspor kan defineres slik:

Et forbikjøringsspor er et sidespor på en dobbeltsporet bane, hvor hurtiggående tog kan passere saktegående tog.

Forbikjøringssporet skal bidra til å utligne hastighetsforskjellene mellom ulikt togmateriell, slik at man oppnår tilstrekkelig kapasitet på strekningene. Eksempel på utformingen til et forbikjøringsspor er vist i figur 6.



Figur 6: Prinsippskisse forbikjøringsspor

Utformingen til forbikjøringssporene vil variere, men i overensstemmelse med Jernbaneverkets godstransportstrategi (2007), er det i denne oppgaven krav til at det skal være mulig å hensette tog med en lengde på 750 meter. Dette medfører at forbikjøringssporene blir relativt lange, litt i overkant av 1000 meter fra stokkskinneskjøt til stokksinneskjøt.

Hastigheten i selve forbikjøringssporet og hvilke sporveksler som må benyttes, har også betydning for hvor langt forbikjøringssporet blir. Den tekniske utformingen blir ytterligere diskutert i kapittel 5.6 og ulike forslag til utforming vil bli diskutert i kapittel 6.1 og 6.2.

4.1.1. Kort om kapasitet

Ved planlegging av en ny bane eller oppgradering av en eksisterende snakkes det ofte om krav til kapasitet. Vi skal kort diskutere hva som menes med kapasitet når det er snakk om jernbane.

Kapasiteten defineres ofte ulikt for person- og godstransport og i KVU-IC defineres kapasiteten som:

Kapasitet kan presenteres på flere måter:

- #tog/tidsenhet
- #passasjerer/tidsenhet
- #vogner/tidsenhet
- #tonn/tidsenhet

Persontog

Antall persontog som tillates i hver retning i dimensjonerende time

Godstog

Antall godstog som tillates i hver retning pr. døgn

I denne oppgaven vil kapasitet defineres på samme måte som i KVU-IC, ettersom oppgaven i stor grad baserer seg på bestemmelsene i rapporten. Kapasitetsberegninger blir ytterligere diskutert i kapittel 5 om evalueringskriterier.

4.1.2. HVORFOR trenger vi forbikjøringspor på dobbeltsporet strekninger?

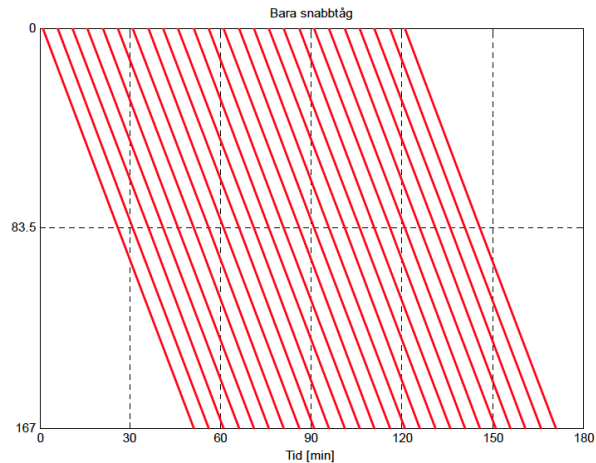
På baner med homogen trafikk er det ikke et direkte behov for forbikjøringsspor på dobbeltsporede baner. Her går all trafikken like fort og på en dobbeltsporet bane kan trafikken kjøre etter hverandre i hver retning. Et vei-tid diagram for en slik bane er vist i figur 7. Fra figuren kan vi se at en slik bane vil ha høy kapasitet.

Dersom det skal være blandet trafikk (godstog, lokaltog og hurtigtog) på banen, kan dette være svært kapasitets nedsettende. En løsning kan da være et forbikjøringsspor. I KVV-IC ønsker Jernbaneverket å legge slike spor på stasjoner ettersom, det der er et naturlig stoppe- sted for lokaltog og andre tog, uansett (Jernbaneverket, 2012c).

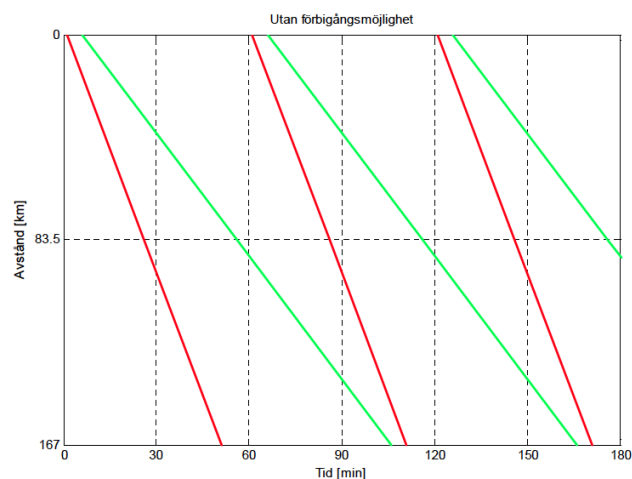
Figur 8 viser vei-tid-diagrammet for en dobbeltsporet bane med blandet trafikk uten forbikjøringsmuligheter.

Figurene er hentet fra en kapasitetsanalyse av det svenske jernbanenettet som KTH (2009) har utført. Den røde linjen representerer det hurtiggåendetog, med en hastighet på 200 km/h, som kjører strekningen på 50 minutter. Den grønne linjen er et godstog med en hastighet på 100 km/h som kjører strekningen på 100 minutter. Figuren viser kun kapasiteten i en retning, men er trafikken symmetrisk vil like mange tog kunne kjøre i motsatt retning.

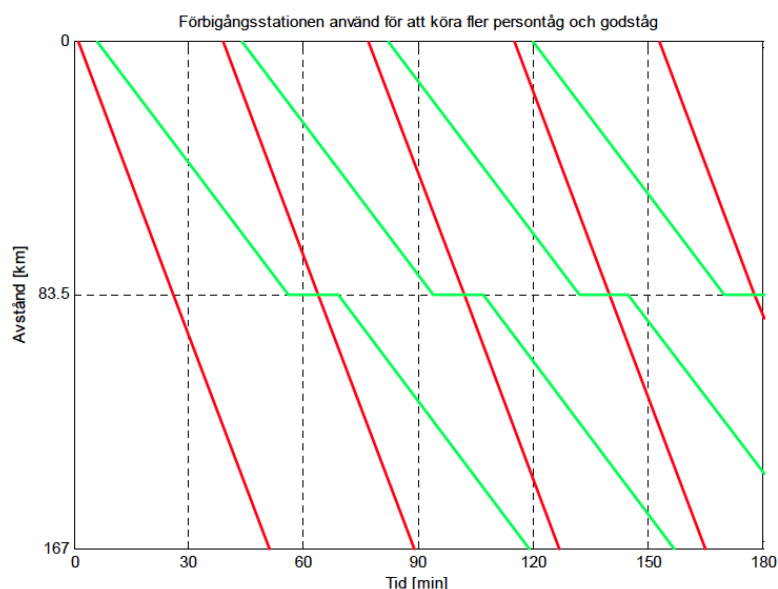
Vi kan se av figuren at det kan kjøres ett persontog og ett godstog per time. Dersom det legges inn en stasjon halvveis med mulighet for forbikjøring eller et forbikjøringsspor får vi situasjonen i figur 9. Vi ser at kapasiteten er betydelig forbedret. I figur 8 var kapasiteten 1 tog/h, mens den nå er 1,58 tog/h. Årsaken til at kapasiteten ikke dobles (2 tog/h) er at det er tatt hensyn til at godstogene skal retardere og akselerere i forbindelse med stopp (KTH et al., 2009).



Figur 7: Vei - tid diagram, kun hurtigtog (KTH et al., 2009)



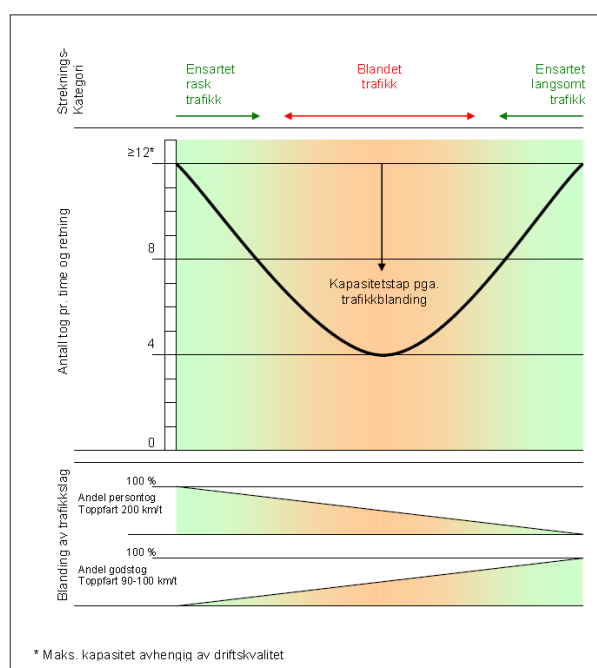
Figur 8: Vei-tid-diagram for ett godstog og ett hurtigtog, uten forbikjøringsmuligheter (KTH et al., 2009)



Figur 9: Vei-tid-diagram for ett godstog og ett persontog med forbikjøringsmulighet (KTH et al., 2009)

Sammenligningen viser at det kan være stor gevinst ved å legge inn forbikjøringsspor. Hyppigheten på forbikjøringssporene vil være avhengig av trafikkmengden og hastighetsprofilen til strekningen. Fra figur 7 (forrige side), ser vi også at det er lønnsomt, kapasitetsmessig, å separere trafikken. Her er kapasiteten med kun hurtiggående tog 12 tog/h, som er 12 ganger større enn eksempelet uten forbikjøringsspor, figur 8.

I forbindelse med KVV-IC-utredningen er det utført en kapasitetsvurdering av de ulike alternativene (Jernbaneverket, 2012d). I rapporten påpekes det at dersom man har blandet trafikk, men forskjellig fremføringshastighet, vil man ha en viss ubrukbar kapasitet. Den ubrukbare kapasiteten øker jo lengre avstand det er mellom forbikjøringsmulighetene og jo større hastighetsforskjellen er. Figur 10 viser konsekvensen for strekningskapasiteten for en strekning uten rutemessig forbikjøring av langsomme tog, det vil si at det ikke er lagt inn forbikjøring av saktegående tog.



Figur 10: Andel ubrukbar kapasitet på en 70 km lang strekning med blandet trafikk (Jernbaneverket, 2012d)

I kapasitetsvurderingen trekkes det frem tre mulige måter å løse de kapasitetsmessige utfordringene på:

1. *Raske tog må underordne seg den langsomme trafikken.* Det vil si at de raske togene ikke kan utnytte hastigheten sin fullt ut og må øke kjøretiden sin, slik at de ikke tar igjen de langsomme togene.
2. *Langsomme tog må underordne seg den raske persontrafikken.* Dette er mulig å få til på to måter. Enten må de saktegående togene bli forbikjørt, eller så reserveres strekningen for hurtige tog i rush-perioder.
3. *Trafikken føres via separate strekninger* og de separeres på best mulig måte etter hastighet og type.

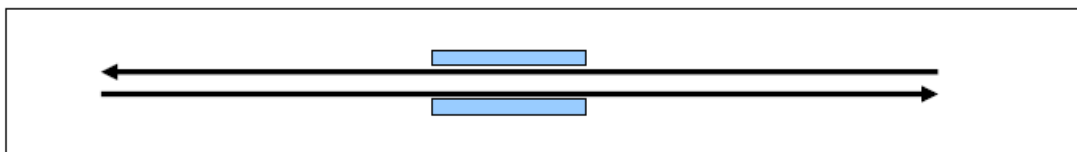
I denne oppgaven har vi valgt å se på alternativ 2, hvor langsom trafikk underordner seg den hurtige ved at den blir forbikjørt. Jernbaneverket har selv gjort en vurdering av ulike stasjonsutforminger i dokumentet *Felles kapasitetsmessige forhold for de banevise dokumentene*, fra 2012. De har sett på fem ulike stasjonsutforminger:

1. Stasjon hvor alle tog stopper
2. Stasjon med både stoppende og passerende tog
3. Avgrensningsstasjon
4. Avgreining til godsterminal
5. Stasjon med gjennomgående og vendetog

Oppgaven begrenser seg til prosjekteringen av Stange stasjon, det er derfor kun utforming 1 og 2 som er hensiktsmessig å gjennomgå her.

Stasjon hvor alle tog stopper

I tilfeller der det ikke er behov for gjennomgående togspor uten plattform kan man benytte seg av utformingen vist i figur 11. Hastigheten i stasjonsområdet kan reduseres uten at dette påvirker kjøretiden, da alle tog vil kjøre gjennom med samme fart (Jernbaneverket, 2012d).

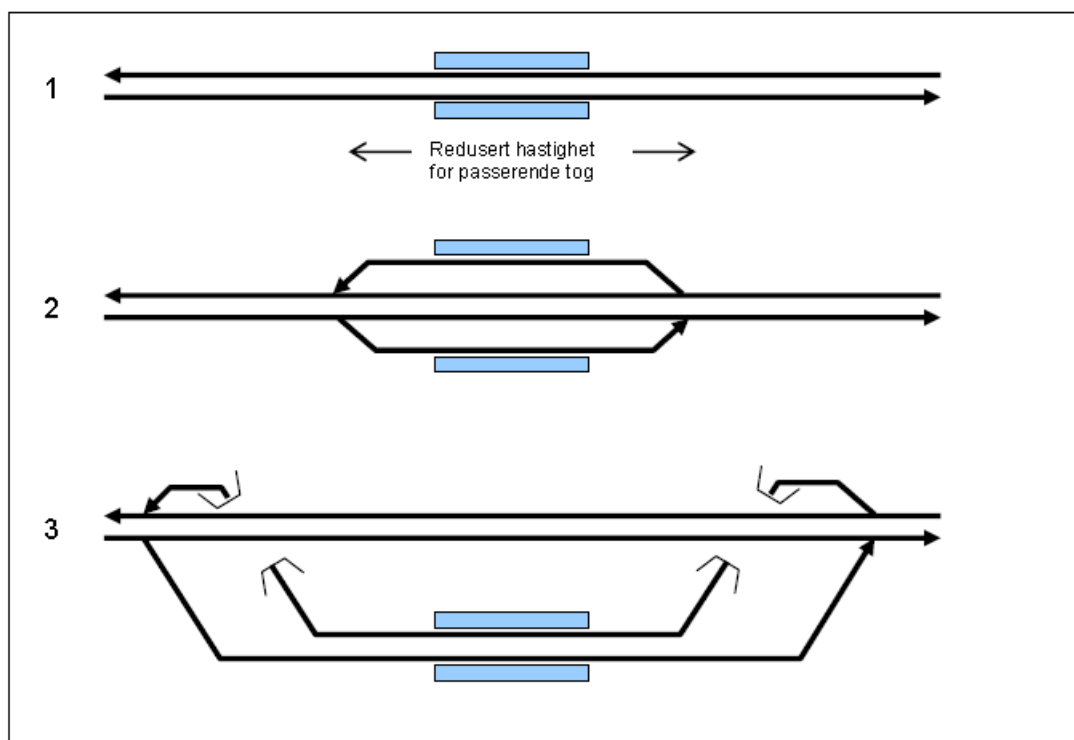


Figur 11: Stasjon hvor alle tog stopper (Jernbaneverket, 2012d)

Stasjon med både stoppende og passerende tog

Figur 12 viser en situasjon hvor noen tog stopper ved plattform og noen tog passerer gjennom stasjonen uten stopp. I et slikt tilfelle vil noen tog passere stasjonen i linjehastighet, og noen tog stanse. Det finnes da tre ulike prinsipper for den funksjonelle stasjonsutformingen (Jernbaneverket, 2012d):

1. Toppfarten for passerende tog reduseres til et sikkerhetsmessig forsvarlig nivå.
2. Det bygges gjennomgående togspor uten plattformer slik at tog kan passere stasjonen med toppfart.
3. Det bygges en omkjøring av stasjonen slik at passerende tog går rundt byen.



Figur 12: Stasjon med både stoppende og passerende tog (Jernbaneverket, 2012d)

Valg av utforming må sees i sammenheng med hele strekningen og vil være avhengig av ulike faktorer som hastighetsprofil, kapasitetsnivå og lokale forhold (topografiske og geografiske forhold). Forslag til ulike utforminger diskuteres ytterligere i kapittel 6.

4.2. ERFARINGER I NORGE

Det ble utredet forslag til forbikjøringsspor på Ås i forbindelse med at Ski stasjon skulle bygges om i 2012 og det er planlagt et forbikjøringsspor på Tangen stasjon. Det er dessuten gjort en vurdering av sikkerheten i forhold til hastighet ved passering av plattform ved Lillestrøm stasjon og Eidsvoll Verk holdeplass. I dette avsnittet vil erfaringer fra disse utredningene bli gjengitt.

4.2.1. Erfaringer fra Ås forbikjøringsspor

I forbindelse med utbygningen av Follobanen ble det utført en vurdering av muligheten for et forbikjøringsspor ved Ås. Forbikjøringssporet skulle i utgangspunktet benyttes under ombyggingen av Ski stasjon og bidra til å kompensere for den forventede trafikkveksten. Trafikkvekst på strekningen ble forbundet med flaskehalsar og forsinkelser, og hensikt til forbikjøringssporene var i utgangspunktet å utjevne forskjellene i hastighet mellom de ulike togtypene (Jernbaneverket, 2012h). Det ble tilslutt besluttet at forbikjøringssporet ved Ås ikke skulle bygges, men vurderinger og tanker rundt prosjektet er likevel interessante.

Det ble utarbeidet 15 forskjellige alternativer til utformingen av forbikjøringssporene, med varierende lengde og plassering. Her er noen av de generelle forutsetningene for alle alternativene (Jernbaneverket, 2012i):

- *Forbikjøringssporets lengde.* Lengden av de ulike alternativene varierte fra 850 meter til 2350 meter i lengde. Det ble utført en RAMS vurdering og denne anbefalte en lengde på 1800 meter, ved den valgte hastigheten på 130 km/h.
- *Maksimalhastighet i hovedspor* oppgraderes til 160 km/h.
- *Maksimalhastighet i sporveksler* 80 km/h med mulighet til utbygging til 100 km/h.
- *Minimumsavstand* mellom hovedspor og forbikjøringsspor 10 meter (lokaleforhold medførte den store avstanden).
- Forbikjøringssporet bør lages med 250 meter sikkerhetsavstand i godstogenes innkjøringsbane, slik at sikkerhetsavstanden ikke går utover hovedsporene.
- Forbikjøringssporet blir lagt så nære Ski stasjon som mulig, slik at dette kan være med å erstatte eventuelle forbikjøringsspor som blir fjernet på Ski stasjon.
- Det er ønske om to forbikjøringsspor, men dersom dette ikke er nødvendig, er ett nok.
- Bygges som overbygningsklasse «d».

Det ble utført en RAMS vurderingen med utgangspunkt i en situasjon der godstog hadde en lengde på 750 meter og en hastighet på 130 km/h. RAMS-vurderingen viste at minimum bremselengde burde være 1800 meter, dersom en ønsker at hastighet på 130 km/h inn i forbikjøringssporet, se figur 13. Dersom man det er tilstrekkelig med en hastighet på 100 km/h, kan man nøye seg med en lengde på 1000 meter.

	Hastighet i avvik			
	130	110	100	80
Formel fra kapittel 3.1.1 (norsk ATC, P-bremse)	1748	1278	1114	765
Formel fra kapittel 3.1.1 (norsk ATC, G-bremse)	1784	1309	1141	787
Formel fra kapittel 3.1.2 (planovergang)	1472	1045	901	594
Formel fra kapittel 3.1.3 (dansk ATC)	2139	1516	1288	836
Formel fra kapittel 3.1.4 (Mindenerformel R/P-bremse) + 10 %	1813	1184	983	596
Formel fra kapittel 3.1.4 (Mindenerformel G-bremse) + 10 %	2799	1961	1639	1029

Figur 13: RAMS-vurdering av bremselengde (Jernbaneverket, 2012h)

Utforming

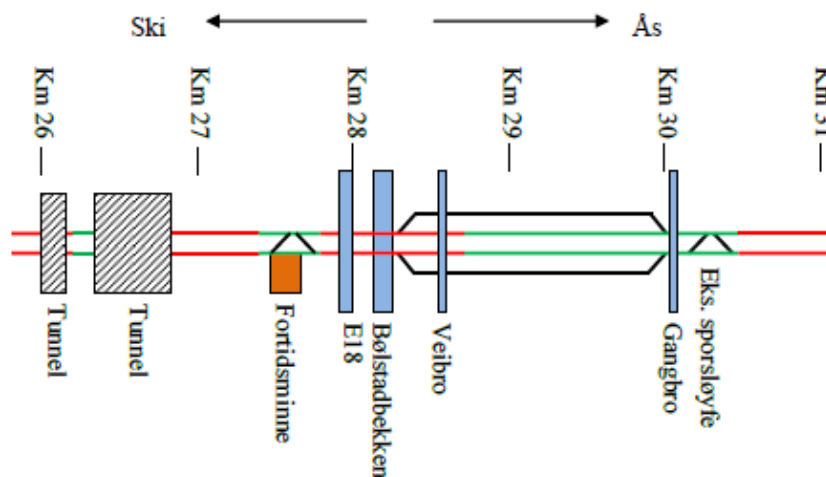
Det ble laget 15 forskjellige alternativer til utforming av sporet. Her vil tre av forslagene blir gjengitt og kommentert

Alternativ 1

Alternativ 1 er "klassisk" utformet. Her kjører tog som skal bli passert ut i forbikjøringsporet (svart spor), mens passerende tog kjører i hovedsporet, se figur 14. I alternativet er det også valgt å ha en sporsløyfe på begge sider av forbikjøringsporene for å tillate kryssing i motsatt kjøreretning i avviks-situasjoner.

Rød strek = spor i kurve
Grønn strek = rett spor
Svart strek = nytt spor
Blå markeringer = Eksisterende konstruksjoner

4.1.1 Alternativ 1



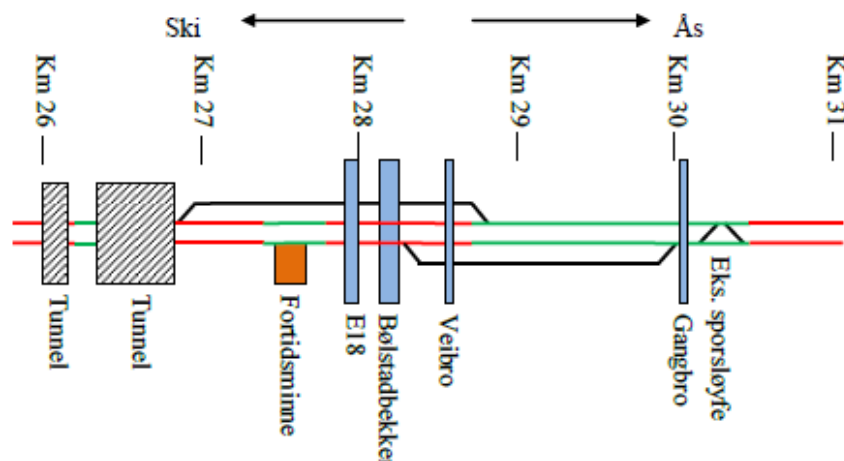
Figur 14: Alternativ 1 Ås forbikjøringsspor (Jernbaneverket, 2012h)

Lengden til forbikjøringsporet er ca. 1300 meter mellom farepunktene. Hastigheten i forbikjøringsporet er 80 km/h, men ved å legge inn større veksler (1:18 eller 1:26) kan en oppgradere til 100 km/h eventuelt 130 km/h. En økning i hastighet vil også medføre at lengden til forbikjøringsporet øker.

Alternativ 3

I alternativ 3 er forbikjøringsporene forskjøvet i forhold til hverandre, se figur 15. En fordel med denne løsningen er at den vil kreve mindre plass i bredderetningen enn alternativ 1 og 3, men til gjengjeld blir total lengden av spor-arrangementet betydelig lengre. Begge sporene vil være 1300 meter og ha en maksimalhastighet på 80 km/h.

4.1.3 Alternativ 3

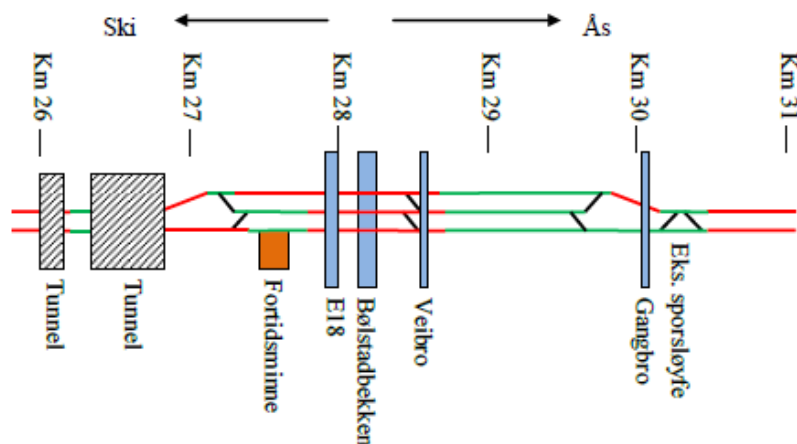


Figur 15: Alternativ 3 Ås forbiøringsspor (Jernbaneverket, 2012h)

Alternativ 7

Alternativ 7 har en interessant løsning, se figur 16. Her ligger forbiøringssporene etter hverandre og mellom hovedsporene og kan benyttes av begge baner. Dersom det bare er ett tog i sporet, kan det andre benyttes som et akselerasjonsspor. Denne løsningen er mindre plasskrevende i bredderetningen enn de to andre, men til gjengjeld er bredden mellom hovedsporene økt. Begge forbiøringssporene har en lengde på ca. 1300 meter, og total sporelengde av forbiøringssporene blir 2600 meter. Hastigheten i forbiøringssporene kan være opptil 80 km/h.

4.1.7 Alternativ 7



Figur 16: Alternativ 7 Ås forbiøringsspor (Jernbaneverket, 2012h)

4.2.2. Tangen stasjon

I forbindelse med IC-utbygningen er det bestemt at det må være et forbikjøringsspor på Tangen stasjon (Jernbaneverket, 2012a). Hovedårsakene er kapasitetsmessighensyn, da det er vanskelig å få plass til et forbikjøringsspor lenger sør på strekningen. Dette kan medføre at det kan oppstå flaskehalser på strekningen Eidsvoll – Tangen (Jernbaneverket, 2012g).

Tangen stasjon skal ligge på en kunstig fylling og det er relativ stor stigning gjennom stasjonen, 4,9 ‰ (Jernbaneverket, 2012a). Etter stasjonen vil stigningen øke til 12,5 ‰. Anbefalte vekselstørrelse er 1:18,4R=1200, som gir en hastighet inn og ut av sporet på 100 km/h. Det påpekes i rapporten at det må gjennomføres en grundig vurdering rundt størrelsene av vekslene på grunn av den høye hastigheten og de bratte stigningsforholdene.

I henhold til hovedplanen skal det etableres sideplattformer mot sidesporene, mens de gjennomgående hovedsporene går i midten (sporavstand 4,6 meter). Sporavstanden til forbikjøringssporene er satt til 4,7 meter. Videre har de lagt inn en sikkerhetsavstand på 250 meter og en effektiv kryssingslengde på 750 meter.

I utformingen av plattformer er det lagt til grunn 250 meter lang plattform, men det er lagt til rette for at plattformen kan forlenges til 350 meter etter behov. Videre er det lagt til grunn en plattformhøyde på 760 mm og avstand fra spormidte til plattformkant på 1680 mm.

4.2.3. Sikkerhet - passering av plattform

I dag er det få stasjoner hvor tog passerer plattformer med hastigheter over 160 km/h. I forbindelse med IC-utbygningen har Jernbaneverket laget en arbeidsgruppe som skal se på stasjonsutforminger. Gruppen skal blant annet vurdere hvilken hastighet en kan tillate persontog å passere plattform i. Arbeidsgruppen har kommet frem til at maksimal hastighet for tog som passerer plattform bør være 200 km/h (Nordli, 2013). Forklaringen til at hastigheten ikke ble satt høyere, er at tidsbesparelsen ikke var stor nok til å forvare de økte investeringskostnadene som ville kommet som en følge av økt hastighet.

Risikoforhold ved passering av tog inn mot plattform

Det Norske Veritas utførte i rapporten, *Plassering av plattform i høyhastighet*, en risikovurdering av Lillestrøm stasjon og Eidsvoll Verk holdeplass men hensyn til hastighetsøkninger gjennom stasjonene i 2002. Utgangspunktet for rapporten var at flytoget passerer plattformen på Lillestrøm stasjon med en hastighet på 160 km/h og at tog vil passere gjennom Eidsvoll Verk holdeplass med en hastighet på 160 km/h med mulighet for oppgradering til 210 km/h. Rapporten kartla følgende risikoforhold:

- Fare for at personer, som uautorisert oppholder seg i sporet, treffes av passerende tog.
- Fare for at personer på plattform ved feiltakelse kommer inn i frittromsprofilen for tog og treffes av tog i bevegelse.
- Fare for at personer, som oppholder seg på stasjonen, skal treffes av gjenstander på toget.
- Ved passering av plattformer i høy hastighet settes det opp vindkrefter som i ekstreme tilfeller kan skyve personer på plattformen over ende eller sette løse gjenstander i bevegelse.
- Reisende treffes av objekter som kastes opp fra sporet når toget passerer.

I tillegg til disse punktene ble det påpekt at reisende som oppholder seg på plattformen kan oppleve ubehag ved at tog passerer plattformen med høy hastighet. Dette ble referert til som opplevd risiko. Fenomenet er spesielt til stede dersom personer ikke er oppmerksomme på toget når det passerer.

Trafikken på henholdsvis Lillestrøm Stasjon og Eidsvoll Verk holdeplass er svært forskjellig, og risikoen og løsningene var også forskjellig mellom stasjonene. Det ble utført en risikoanalyse av hver stasjon, i henhold til Jernbaneverkets Sikkerhetshåndbok, og det ble registrert 34 fareidentifikasjoner for Lillestrøm stasjon og 27 for Eidsvoll Verk holdeplass.

Dersom tog passerte plattform med hastighet 160 km/t ville 17 av de 34 fareidentifikasjonene gi større risiko for Lillestrøm stasjon. For å ivareta samme sikkerhetsnivå (eller redusere risikoen) som før hastigheten gjennom stasjonen ble økt til 160 km/h, kom rapporten med følgende forslag til tiltak:

- Redusere muligheten for bevisst risikofylt adferd, eller som gjør det mulig å oppdage slik adferd (for eksempel ble det foreslått å sette opp gjerder).
- Unngå at trengsel på plattform, som kan medføre at personer kommer inn i faresonen ytters på plattformkant ved tog passering.
- Sikre at folk får rett informasjon til rett tid, for å øke oppmerksomheten og redusere stress og forvirring
 - Informasjon om tog passeringer
 - Informasjon om endringer i toggangen
- Gi mulighet for rask kommunikasjon med togleder dersom en potensiell faresituasjon skal oppstå.
- Gjøre det mulig å registrere at det er folk i sporet eller på plattformkanteten (dette kan gjøres ved bruk av kameraovervåkning).

Rapporten konkluderte med at dersom de fleste av tiltakene ble gjennomført, ville ikke en passering av tog med hastighet på 160 km/h øke risikoen i forhold til en situasjon hvor alle tog stoppet. Dersom ingen tiltak ble gjennomført, ville påkjørselrisikoen økt med 50 % og individuell påkjørsel økt med 100 %.

For Eidsvoll Verk holdeplass ga økt hastighet gjennom holdeplassen en økning i risiko for kun 6 av de 27 fareidentifikasjonene. Tiltak som burde iverksettes var:

- Sikre at folk får rett informasjon til rett tid, for å øke oppmerksomheten og redusere stress og forvirring.
 - Informasjon om tog passeringer
 - Informasjon om endringer i toggangen
- Gi mulighet for rask kommunikasjon med togleder dersom en potensiell faresituasjon skal oppstå.

Rapporten konkluderte her med at dersom de foreslåtte tiltakene ble implementert, ville det ikke være større risiko forbundet med Eidsvoll Verk holdeplass enn passeringer av andre holdeplasser i samme situasjon. En økning fra 160 km/h til 210 km/h ble heller ikke ansett for å gi større risiko. Det ble også påpekt at ved å utføre tiltak for å redusere "reell" risiko ville man også redusere den opplevde risikoen, spesielt gjennom tiltak med informativ karakter, som for eksempel skilter og høytalerbeskjeder.

Det bør påpekes at Lillestrøm stasjon har betydelig mer trafikk enn Eidsvoll Verk, og at konsekvensen av å øke hastigheten fra 160 km/h til 210 km/h for passerende tog kan være større der. Det er synd at rapporten ikke har vurdert konsekvensen av å la tog passere plattform med hastighet opp mot 210 km/h på Lillestrømstasjon, da dette ville være svært interessant. Senere i kapittelet blir det gitt en oversikt over hva noen av sikkerhetstiltakene er i andre land, hvor man passerer stasjoner med betydelig høyere hastigheter enn 160 km/h.

I rapporten ble også plattformbredde vurdert som et element i det å redusere risikoen. I dagens regelverk er det ikke egne krav for plattformer i tilknytning til tog som skal ha hastigheter over 200 km/h. Det ble derfor sett på forholdene i andre land i Europa, hvor det har eksistert høyhastighetsbaner over lengre tid. Sikkerhetssonen for de ulike landene med en hastighet over 150 km/h er som følger:

- Tyskland – 3 m fra spormidtd
- England – 1,5 m fra spormidtd
- Frankrike – 2,5 m fra spormidtd
- Sverige – 1,5 m sikkerhetssone
- Norge – 1,5 m faresone (sikkerhetssone) + 1,5 m oppholdssone



Figur 17: Skjematisk fremstilling av sikkerhetssone på plattform (Teknisk regelverk)

Figur 17 er hentet fra Teknisk regelverk kapittel 530, punkt 14, og viser hva som betegnes som sikkerhetssonen. Det grå feltet nærmest sporet kalles sikkerhetssonen, og bredden av denne er avhengig av hastigheten til passerende tog. Oppholdssonen er det hvite området på figuren.

I Tyskland, England og Frankrike ivaretas sikkerheten gjennom maltelinjer på plattformene som angir sikkerhetssonen, samt skilter som advarer mot passerende tog (Det Norske Veritas, 2002). Det benyttes også til en viss grad informasjon over høyttaler anlegg eller elektroniske oppslagstavler. I rapporten blir det slått fast at passering av høyhastighet tog ikke ansees for å være et stort sikkerhetsmessig problem i disse landene, selv om ulykker har forekommet.

Jernbaneverket har mye å lære av andre land i forbindelse med IC-utbygningen og i kommende kapittel vil et resultat av litteratursøket for utenlandske baner bli oppsummert.

4.3. ERFARINGER FRA UTLANDET

Da det ikke eksisterer noen forbikjøringsspor i Norge i dag, har det blitt gjennomført et litteraturstudium av utenlandske baner med like og ulike problemsstillinger i forhold til situasjonen her i Norge. Det er fokusert på dobbeltsporede baner, med blandet trafikk og hastigheter opp mot 200 - 250 km/h for de hurtiggående togene. De landene som er vurdert er Sverige, Tyskland og Frankrike.

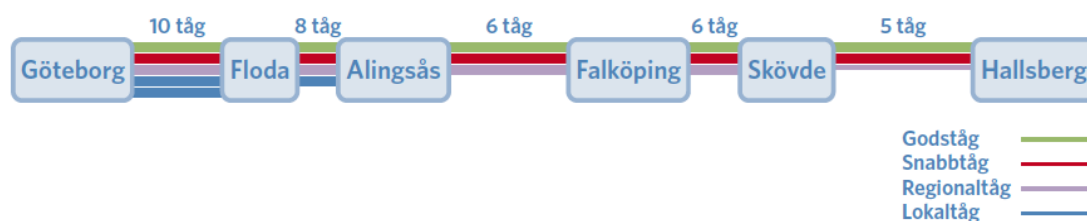
4.3.1. Sverige

Sverige er det landet som har en situasjonen som ligner mest på den vi har i Norge. Her finnes det strekninger med blandet trafikk hvor det er laget forbikjøringsspor for å utligne hastighetsforskjellene. Jernbanenettet i Sverige er større enn i Norge og den nye banen mellom Järna og Linköping vil bli bygget kun for persontransport (Trafikverket, 2013).

Det vil bli sett på to ulike prosjekter i denne oppgaven, et på Västra stambanan og et fra Södra stambanan. I tillegg vil resultatene fra to rapporter utført av Väg- och Trafik-Insituett (VTI) i Sverige, om plattformssikkerhet gjennomgått.

Forstudie Västra stambanan

Västra stambanan er en av Sveriges viktigste banestrekninger (Trafikverket, 2010). Banen betjener både godstog, lokaltog (med mange stopp) og hurtiggående tog, noe som kan sammenlignes med hva IC-banene skal betjene. Figur 18 viser en oversikt over antall tog og sammensetning på Västra stambanan. Blant annet på grunn av den blandede trafikken, oppsto det et behov for forbikjøringsspor langs den dobbeltsporete strekningen. I 2010 utførte Trafikverket en forstudie av forbikjøringsspor for godstog på den aktuelle strekningen.

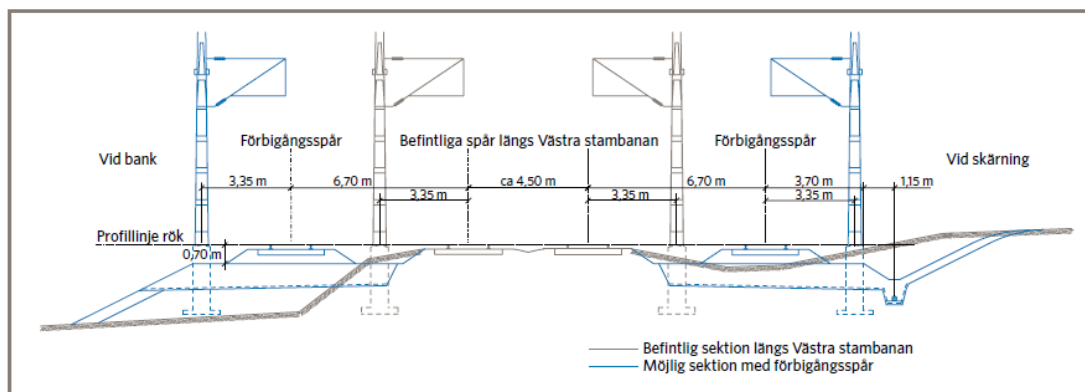


Figur 18: Oversikt togtyper Västra stambanan (Trafikverket, 2010)

Tekniske krav til forbikjøringssporet

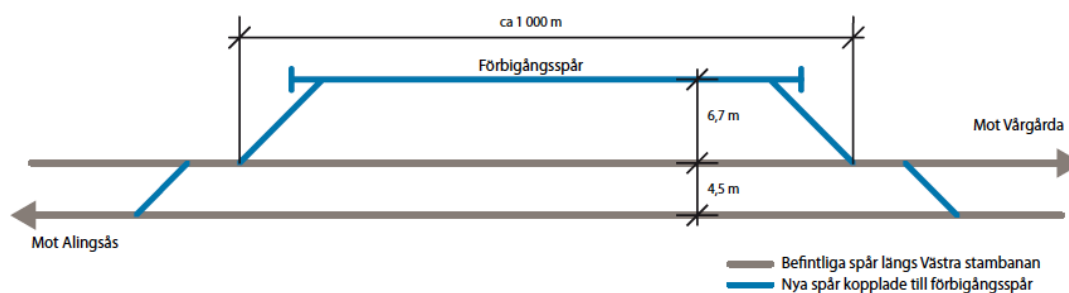
I likhet med hva vi setter som krav i Norge, skal forbikjøringssporet kunne hensette et godstog på 750 meter. Det vil si at forbikjøringssporet må være om lag 1000 meter totalt, se figur XX og XY.

Avstanden mellom senterlinjen hovedspor og senterlinjen forbikjøringsspor er satt til 6,7 meter, mens det er 4,5 meter mellom senter hovedspor til senter hovedspor. Som vi ser av figur 19, skyldes totalbredden på 6,7 meter at det må være tilstrekkelig plass til KL-anlegget. Kravet til frittromsprofilen er noe større i Sverige, 3,35 meter, mot 2,2 meter som tillates i Norge.



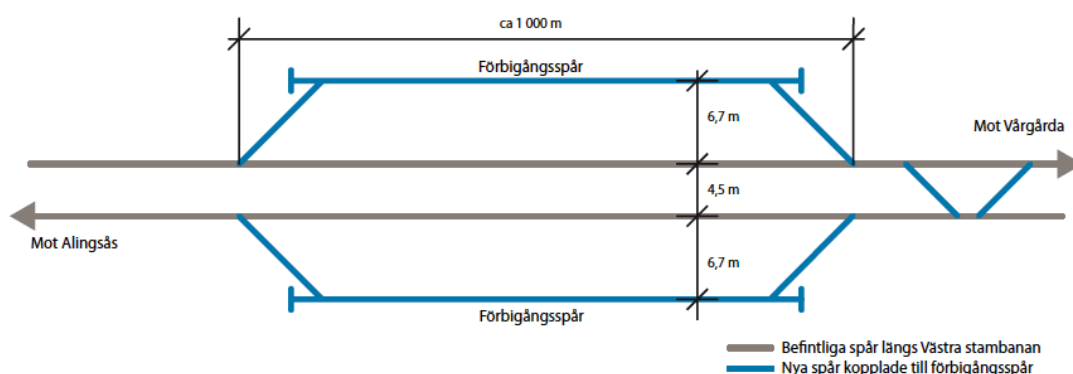
Figur 19: Normalprofil (Trafikverket, 2010)

Ut- og innkjøring av forbikjøringssporet skal utformes slik at det kan klare en hastighet på minst 80 km/h og 100 km/h i tilhørende overgangsforbindelser. Figur 20 og 21 viser eksempler på hvordan forbikjøringssporene skal utformes, henholdsvis med ett og to spor.



Figur 20: Skisse - Et forbikjøringsspor (Trafikverket, 2010)

Ulempen med løsningen i figur 20 kontra den i figur 21 er at tog i retning mot Alingsås må krysse over i motsatt spor, slik at man får motstrøms-trafikk, noe som ikke er ønskelig ut fra kapasitetshensyn.



Figur 21: To forbikjøringsspor (Trafikverket, 2010)

Utfordringer

En av utfordringene som det pekes på i rapporten er at dersom godstog får problemer med å akselerere ved utfarten av forbikjøringssporet, finnes det en risiko for at andre tog hindres eller må redusere farten. Dette vil igjen påvirke kapasiteten og kunne forårsake forsinkelser (Trafikverket, 2010).

Södra samband – Tjörnarp stasjon

Tjörnarp stasjon ligger på strekningen Södra stambanen, som er dobbeltsporet og hardt belastet (Trafikverket, 2011b). På strekningen kjører det blandet trafikk med forskjellige hastigheter, de raskeste opp til 200 km/h.

Som en følge av at Tjörnarp stasjon skal oppgraderes vil sideplattformen for sørgående tog bli plassert der forbikjøringsporet ligger i dag. Løsningen blir en forlengelse eller en eventuell flytting av eksisterende nordgående forbikjøringsspor, mens sørgående forbikjøringsspor flyttes til sletten nord for Tjörnarp stasjon. Alternativet som pekte seg ut i forstudien er vist i figur 22. Prosjektet har byggestart høsten 2013 og klar til bruk i desember 2014 (Trafikverket, 2012).

Forbikjøringsporet på stasjonen er beregnet for persontransport, mens forbikjøringsporet på sletten er beregnet for godstransport.

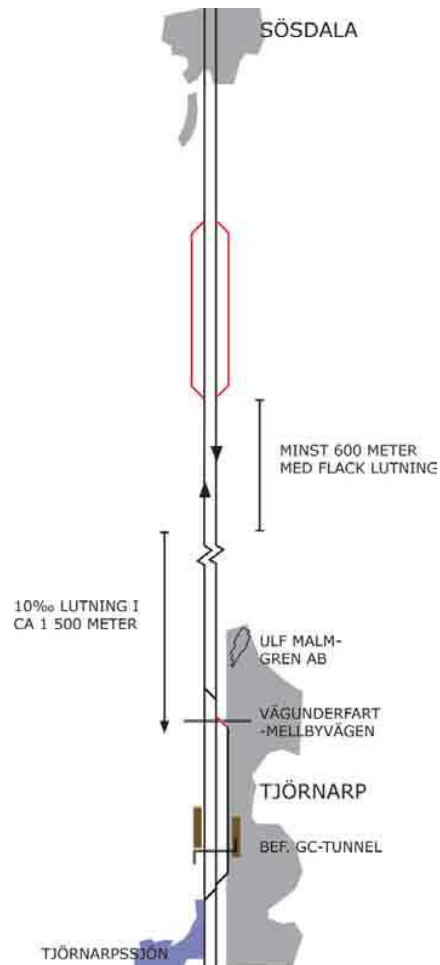
Teknisk utforming

Forbikjøringsporet på sletten skal kunne håndtere et godstog med lengde 750 m, og det er ut fra analysene beregnet at forbikjøringsporet da må ha en lengde på om lag 950 m. Videre planlegges det veksler hvor man kan ha en hastighet på 80 km/h inn og ut av forbikjøringsporet. Den planlagte lengde mellom sporene er 6 meter midt-hovedspor til midt-hovedspor (Trafikverket, 2011b).

Det blir også bemerket at sporvekslene ikke må ha samme størrelse. Vekselen ut av forbikjøringsporet kan dra nytte av å være større (ha større hastighet) da lokomotivet vil ha lavere fart enn siste vogn. Dette vil bli benyttet på forbikjøringsporet som ligger på Tjörnarp stasjonen, men ikke på forbikjøringsporet på sletten. Her vil tog komme inn til forbikjøringsporet med relativ høy hastighet i begge ender og det er derfor behov for større veksler.

Forskjellig bruk

Som tidligere nevnt skal forbikjøringsporet på stasjonen benyttes i hovedsak til persontransport, mens forbikjøringsporet på sletten skal benyttes til godstransport. En av fordelene med at man bygger forbikjøringssporene til forskjellig bruk, er at godstog ikke vil stå inne på stasjon når det blir forbikjørt. Ved at forbikjøringssporene skal benyttes til forskjellig bruk, vil også kunne gi kapasitetsmessige fordeler. Da person- og godstransport ikke skal benytte samme forbikjøringsspor kan man få en mer effektiv drift av banen. Videre kan forbikjøringsporet på stasjonen være mindre, da dette kun skal benyttes til persontransport. En ulempe er at kostnadene blir større.



Figur 22: Oversikt over Tjörnarp forbikjøringsspor (Trafikverket, 2011a)

Sikkerhetsmessige hensyn

Jernbanen i Sverige omfattes av nullvisjonen, det vil si at ingen skal bli alvorlig skadd eller død i forbindelse med jernbanen. Risikoen tilknyttet forbikjøringsporet ansees for å være liten for dette prosjektet (Trafikverket, 2011a). Ulykker i forhold til avsporing og kollisjoner ansees for å være liten da banen er utrustet med ATC-system. Avsporing ansees som størst i forbindelse med kurver og sporveksler og i dette tilfellet ligger forbikjøringsporet på en rett strekning og sporvekslene utgjør kun en marginal økning i risikoen. Det er heller ingen planoverganger tilknyttet forbikjøringsporet.

Plattformsikkerhet

Allerede i 1987 utførte Väg- och Trafik-Insituett (VTI) i Sverige en utredning av plattformsikkerhet i forbindelse med at tog skulle passere plattformer med en hastighet på 200 km/h. I rapporten ble det utført en studie av plattformer i Tyskland, England og Frankrike, da disse landene hadde stasjoner hvor tog passerte plattformer med ventende passasjerer med en hastighet på 200 km/h, allerede den gangen. Her blir noen av erfaringene gjengitt og i senere kapitler vil situasjonen i de ulike landene bli belyst ytterligere.

I utgangspunktet var man bekymret for at de økte vindkreftene som en følge av hastigheten ville utgjøre en stor sikkerhetsrisiko. Men, gjennom studien ble det fastslått at vindkreftene ikke utgjør risiko for personer av særlig betydning. Godstog med åpen last som kjører rett over 100 km/h, utgjør en like stor eller større fare. Det blir også poengtert at vindkreftene kan utgjøre en fare for barnevogner og bagasje (spesielt på hjul), som oppholder seg for nær plattformkanten. I British Railway er det vanlig at man varsler passasjerene om denne faren gjennom egne skilter.

Fra utredningen ble følgende tiltak foreslått for plattformer hvor tog skulle passeres med høyhastighet:

- Gul markering 1,5 meter inn fra plattformkanten. Innen for dette området bør det være en zig-zag linje som har samme farge som markeringslinjen.
- Det bør settes opp skilter som advarer mot passerende tog og oppfordrer passasjerer til ikke å oppholde seg i det markerte området, og å være oppmerksom på bagasje og barnevogner i forbindelse med tog inn og utkjøring.
- Sikkerhetsvurdering gjennomføres av alle stasjoner hvor tog passerer uten stopp med hastigheter 70 km/h og over.
- På bemannede stasjoner bør reisende varsles over et høyttaleranlegg.
- Sideplattformer bør være minst 3,5 meter bred og mellomplattformer 7 meter bred.

Den økte risikoen med hurtigtog kontra konvensjonelle tog ble forklart ved at man i større grad blir overrasket av et hurtigtog. Man har rett og slett mindre reaksjonstid. Det ble også antatt at toget lager mindre støy, og at man på grunn av hastigheten har kortere tid å reagere og at det er vanskelig å bedømme på avstand hvor fort toget kommer. Dette er overens med det Norske Veritas kalte opplevd risiko i sin rapport som er diskutert tidligere i kapitlet.

Rapporten *Plattformsäkerhet*, er relativt gammel slik at noen av tiltakene kan være foreldet. Men, problemstillingen er likevel relevant og mange av løsningene er lik de man benytter seg av i dag.

I 1993 ble igjen gjort en vurdering av sikkerheten ved plattformer av VTI, i rapporten, *Plattformssäkerhet: Svenska erfarenheter av säkerhetsproblem i samband med passerande tåg*. Denne gangen ble ansatte ved fire ulike stasjoner intervjuet for å se hva de opplevde som risikomomenter og hvordan passasjerer ble oppfattet. Bare den ene stasjonen hadde tog som passerte i 200 km/h og det er kun resultatene fra denne stasjonen som oppfattes relevante for oppgaven og som dermed vil bli gjengitt her. Stasjonsutformingen ble ikke forklart i teksten, da fokuset var på tog som passerte plattform.

Fra intervjuene ble det påpekt at det var vanskelig å bedømme avstanden til passerende tog på stasjonen på grunn av hastigheten, noe som også ble påpekt som et mulig problem i VTI rapporten fra 1987. Videre ble det klart at passasjerene ikke var flinke til å respektere den gule sikkerhetsmarkeringen på plattformen og at bagasje ble satt igjen på det markerte området. Som vi vet fra tidligere avsnitt, er det akkurat bagasje og lignede som kan bli forflyttet på grunn av vindkreftene hurtigtogene bringer med seg.

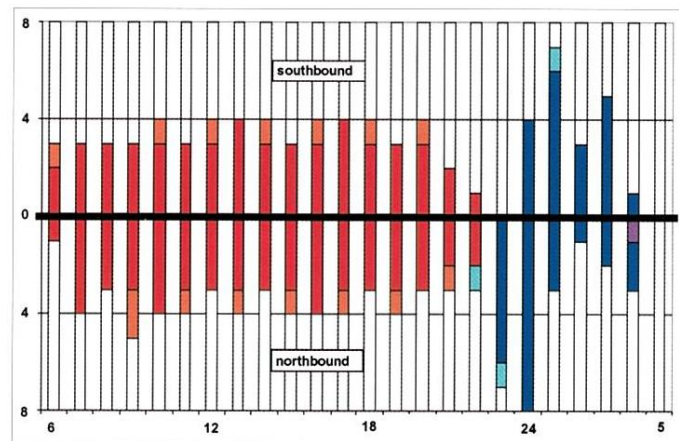
Vindkrefter viste seg ikke å være en større kilde til klager fra de reisende, selv om det var hendelser hvor bagasje og lignede ble dratt ut i sporet på grunn av sug fra hurtigtogene. Passering av godstog ble derimot beskrevet og oppfattet som et større risikomoment, men det påpekes i rapporten at hendelsene som ble beskrevet lå langt tilbake i tiden.

Rapporten peker også på et særskilt problem, nemlig vinterforhold. Rapporten hadde dessverre ikke mange erfaringer å bygge på, da vintrene før undersøkelsen hadde vært relativt snøfattige. Holke på plattformer og planoverganger var det som ble hyppigst nevnt som et problem, i tillegg til at markeringslinjene ofte ble svært glatte på vinterstid. Denne problemstillingen er svært aktuell også her til lands og må bli tatt hensyn til ved en eventuell prosjektering.

I likhet med den første VTI-rapporten er også denne relativt gammel (1993) og noen av problemstillingene kan være foreldet. Men, oppfattelsen at passerende tog ansees for å være noe av det samme.

4.3.2. Tyskland

På dagens Neubaustrecken (NBS), som er en del av Deutsche Bundesbahn (DB), opereres det i dag med blandet trafikk. Det ble utført en døgn-seperasjon av person- og godstog på 1980-tallet da det ble klart at det ikke var mulig å drive jernbanen optimalt med blandet trafikk. Som i dag, ble persontog driftet på dagtid, mens godstog driftet på nattetid. Figur 23 viser en oversikt over



Figur 23: Døgn-separering av person og godstransport i Tyskland

separasjonen av togene på strekningen Göttingen-Kassel, hvor persontogene opererer fra om lag 06:00 til 22:00 (røde stolper) og godstog fra 23:00 til 04:00 (blå stolper).

Sikkerhet i forhold til passering av andre tog i dobbeltsporede tunneler er også en av grunnene til separasjonen. Nå benytter de fleste av godstogene den gamle høykapasitetsbanen som ligger parallelt til NSB-banen, som sikrer ytterligere separasjon (Jänsch, 2008).

Togene som kjører på DB har følgende karakteristikk:

- ICE- hurtigtog, 250-300 km/h
- IC lokomotiv trekkende tog, 200 km/h
- Godstog, 120 km/h
- PIC tog (hurtiggående godstog), 160 km/h

Av listen ser vi at det er stor variasjon i hastigheten til de ulike togtypene og variasjonen vil være om lag lik for trafikken til IC-området. I journalen *High Speed Rail Transport in Germany* (Jänsch, 2008) indikeres det at en ytterligere separasjon av saktegående og hurtiggående tog er nødvendig for å få optimalisere driften på Deutsche Bundesbahn. Linjene for de ulike togtypene vil gå noen lunde parallelt og følge hovedvekten av trafikken for henholdsvis passasjer og gods.

Sikkerhet ved plattformer Hamburg- Berlin

I forbindelse med at togstrekningen mellom Hamburg og Berlin ble oppgradert i 2004, ble det gjort en vurdering av sikkerheten på plattformer (DB ProsjektBau, 2006). Det var et ønske om at tog kunne passere plattform med hastigheter opp mot 230 km/h. Med økende hastigheter forbi plattform, ble det stilt høyere krav til sikkerheten. Tabell 6 viser en oversikt over hastigheter i samsvar med krav.

Tabell 6: Hastighet i samsvar med sikkerhetstiltak ved plattformer

Hastighet	160 km/h	160 km/h – 200 km/h	>200 km/h
Tiltak	<ul style="list-style-type: none"> Avgrensning av faresonen 2,5 m fra spormidt 	<ul style="list-style-type: none"> Avgrensning av faresonen 3 m fra spormidt Kunngjøringer via høyttaleranlegg Ingen planoverganger 	<ul style="list-style-type: none"> Avgrensning av faresonen 3,7 meter fra spormidt Sykliske, uspesifiserte advarsler om stopp

Da sikkerheten var i fokus, ble det satt krav til utforming både med hensyn til visuelle, taktile og akustiske komponenter. Figur 24 viser hvordan stasjonsutformingen langs linje burde lages. Det er laget en tydelig avsperring mot sikkerhetssonen i form av gjerder som skiller sikkerhetssonen og oppholdssonen. Gjerdene er 4,8 meter lange og har en åpning på 1,2 meter. I tillegg er det satt opp skilter langs gjerdene for å advare passasjerene om farene på motsatt side. Begge tiltakene er visuelle og gir passasjerer instinktivt en grunn til å oppholde seg på riktig side av gjerdet.



Figur 24: Stasjonsutforming med sikkerhetsgjerder (DB ProsjektBau, 2006)

Det er også gjort tiltak i selve sikkerhetssonen (mellom gjerde og skinne). Det er lagt inn et taktilfelt på 1,2 meter x 0,9 meter, spesielt med tanke på svaksynte. I tillegg er det lagt inn lyse linjer for å markere området, samt at plattformkanten er profilert og markert med lyse kanter for å gi et visuelt inntrykk, slik at man enkelt ser plattformkantens ende.

Det ble også installert høyttaleranlegg på hele stasjonsområdet for å varsle om innkommende tog, samt at det vil være en syklisk advarsel om å stå for nære plattformkanten, om lag hvert 15 minutt. I løsningskonseptet for plattformutformingen, ble det i tillegg satt krav til at utvalgte plattformer skulle videoovervåkes i minst ett år for å se om tiltakene ble etterfulgt av passasjerene.

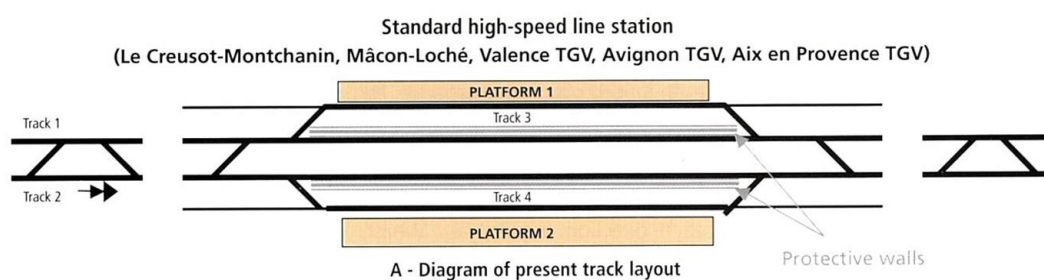
I presentasjonen fra 2006 ble det konkludert med at sikkerhetstiltakene var en suksess, ingen hendelser var registret. Dette viser at god sikkerhetshåndtering kan gi betydelige utslag.

4.3.3. Frankrike

Frankrike er et av de landene som var først ute med høyhastighetsbaner og hadde allerede i 1967 baner med hastighet på 200 km/h (Bernheim, 2002). Det er derfor naturlig å lære av erfaringene Frankrike har gjort gjennom nesten 5-tiår.

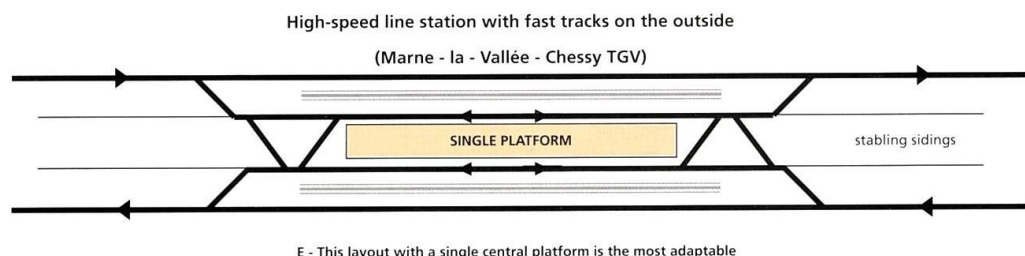
Utforming stasjon

Figur 25 viser en typisk utforming av en stasjon på TGV linjen. Det er fire gjennomgåendespor, hvor spor 3 og 4 tilknyttet plattformer, og spor 1 og 2 er gjennomgående. De gjennomgående sporene kan ha en hastighet på 300 km/h, mens sporene tilknyttet plattformene har nedsatt hastighet til 160 km/h for tog som ikke skal stoppe, dette av sikkerhetsmessige hensyn (Devaux, 2002). Det er i tillegg satt opp gjerder mellom sporene med hastighet på 300 km/h, og plattformene for å gi ekstra sikkerhet og for å redusere lyden.



Figur 25: Stasjonsutforming TGV linjen, sideplattform (Devaux, 2002)

En annen mulig stasjonsutforming er vist i figur 26. Denne utformingen er til nå kun brukt på en stasjon. Figuren viser et alternativ hvor gjennomkjørings-sporene ligger utenfor stasjonen. Tog som stopper kjører da inn til plattformen i avvik, man unngår da ulemper som at passasjerer må bytte plattform og tog som eventuelt må bytte spor som i figuren over.



Figur 26: Stasjonsutforming TGV linjen, mellomplattform (Devaux, 2002)

Sikkerhetsmessige hensyn

På grunn av den høye hastigheten er det gjort flere sikkerhetstiltak for å gjøre TVG banen sikkert. I motsetning til i Norge, har man ikke blandet trafikk på TGV linjene, som er reservert til persontransport (Fremaux and Noé, 2002). Det vil i tillegg til sikkerheten, bidra til økt kapasitet, som diskutert i avsnitt 4.1.2.

For å unngå kollisjon med mennesker, dyr og andre kjøretøy er det satt opp 2 meter høye gjerde langs linjen og det er ikke tillatt med krysning i planet. Siden banen er dobbeltsporet kan man kjøre med full hastighet i hver retning, men det er også lagt til rette for at man kan krysse over i motsatt spor med redusert hastighet. Dette er for å sikre robusthet til linjen ved eventuelle ulykker (Fremaux and Noé, 2002). Devaux (2002) peker på at i den verden vi lever i dag er det en økende sikkerhetsproblematikk knyttet til togstasjoner. Store åpne områder blir vanskeligere å kontrollere og man kan ikke kontrollere folk på samme måte som på en flyplass.

4.4. ETTERTANKE

Det er verdt å legge merke til at man i Tyskland ønsker å oppgradere tog-nettet ved og blant annet å separere godstog og persontog og Frankrike separerer trafikken av kapasitets- og sikkerhetsmessige hensyn. Her i Norge bygger vi et nytt system som legger til grunn at det skal være blandet trafikk. Er dette en indikasjon på at vi bygger et system som ikke vil kunne drives optimalt eller vil vi ved blant annet å bygge forbikjøringsspor utligne hastighetsforskjellene?

I KVV-IC ble det bestemt at eksisterende bane skal legges ned ved byggingen av dobbeltspor og ny trasé. Dersom den eksisterende banen ble opprettholdt kunne denne blitt benyttet til godstransport og man kunne dermed fått en mer homogen trafikk på dobbeltsporene.

Det bør også poengteres at både Tyskland og Frankrike har mye større jernbanenett enn hva vi har her i Norge, og har derfor "mer" bane å ta av, slik at de lettere kan separere trafikken. Selv om man i Tyskland i stor grad bygger seg ut av blandet trafikk, har man separert trafikken i forhold til døgnet, en løsning som man kan adoptere for norske forhold for eventuelt å få bedre flyt i trafikken.

Kapittel 5. EVALUERINGSKRITERIER

I dette kapitlet vil fremgangsmåten for hvordan de ulike konseptene vil bli vurdert bli beskrevet mer i detalj. Konseptene vil bli vurdert ut fra seks ulike krav:

1. Kapasitet og pålitelighet
2. Reisetid
3. Arealbruk
4. Sikkerhet
5. Kostnader
6. Teknisk utforming

5.1. KAPASITETS OG PÅLITELIGHETSVURDERING

I oppgaven er det kun utført en vurdering om kapasiteten vil bedres eller reduseres som en følge av forbikjøringssporet. Det er ikke utført en fullstendig kapasitetsanalyse, da dette ikke ble ansett som hensiktsmessig etter råd fra Jernbaneverket.

5.1.1. Kapasitet

Det skilles mellom teoretisk og praktisk kapasitet. Teoretisk kapasitet er kapasiteten hvor man antar at alle tog har identisk fremføringshastighet og det ikke er noe slakk i ruteplanen. Praktisk kapasitet er kapasiteten som praktisk kan utnyttes, det vil si at man legger til en tidsbuffer. Denne tidsbufferen kalles togfølgetiden og tar hensyn til sikkerhetsmessige aspekter, ulikheter i fremføringen av togene, oppholdstid på stasjoner med mer. Jernbaneverket følger prinsippet om 80 % utnyttelse av teoretisk kapasitet i rush perioder og 60 % kapasitetsutnyttelse i det øvrige trafikkdøgnet (Olsson and Veiseth, 2011).

Kravet til kapasiteten gitt fra KVV-IC (2012c):

"Konseptet gir mulighet for 4 persontog i timen, og fremføring av 20 godstog per døgn i tillegg til 1-2 fjerntog i timen. Dette vil etter trafikkberegningene og Jernbaneverkets godsstrategi være mer enn dekkende etter etterspørselen"

5.1.2. Pålitelighet

Et godt system har ikke bare høy kapasitet, det kreves også at systemet har høy pålitelighet. Punktlighet har blitt trukket frem som en av de viktigste kvalitetsfaktorene til jernbanedrift, både for jernbanen i seg selv og spesielt for brukerne av jernbanen (Olsson and Veiseth, 2011). Det stilles derfor høye krav til pålitelighet i KVV og kravet er som følger:

"Tiltakene vil gjøre det mulig å nå kravet om 95 % punktlighet for både person- og godstransport."

I følge kravet skal 95 % av alle person- og godstog komme frem i rett tid. I KVV er "rett tid" tre minutter i forhold til rutetabellen. Dette kravet er noe strengere en hva som gjelder for dagens IC-trafikk, som er at 90 % av alle tog skal komme innenfor 3 minutter av rutetabellen (Jernbaneverket, 2012c).

Siden det i dag ikke eksisterer noen forbikjøringsspor i Norge, finnes det heller ingen praktisk erfaring med hvor lang buffertid som bør legges inn ved en forbikjøring på dobbeltspor ved en hastighet på 200 km/h. Buffertiden blir derfor en usikkerhet i med vurdering av påliteligheten til systemet (Jernbaneverket, 2012g).

5.1.3. Vurdering av kapasitet og pålitelighet

Kapasitet og pålitelighet vil ikke måles dirkete i denne oppgaven. Men, gjennom å vurdere om forbikjøringssporet vil øke eller redusere reisetiden til IC-togene vil det bli gjort en vurdering om kravene til kapasiteten og påliteligheten blir tilfredsstillt. Plasseringen av forbikjøringssporet må på ingen måte bidra til å redusere verken kapasiteten eller påliteligheten til systemet som en helhet. Dersom disse kravene ikke blir tilfredsstilte, vil konseptene forkastes.

Forbikjøringsporet skal i tillegg til å gjøre det mulig å passere godstog, også bidra til å gi systemet høy redundans. Det vil si at dersom det er forsinkelser, skal det være mulig å kjøre inn den tapte tiden. Dette kan medføre at noen persontog må ut i forbikjøringsporet i en avvikssituasjon.

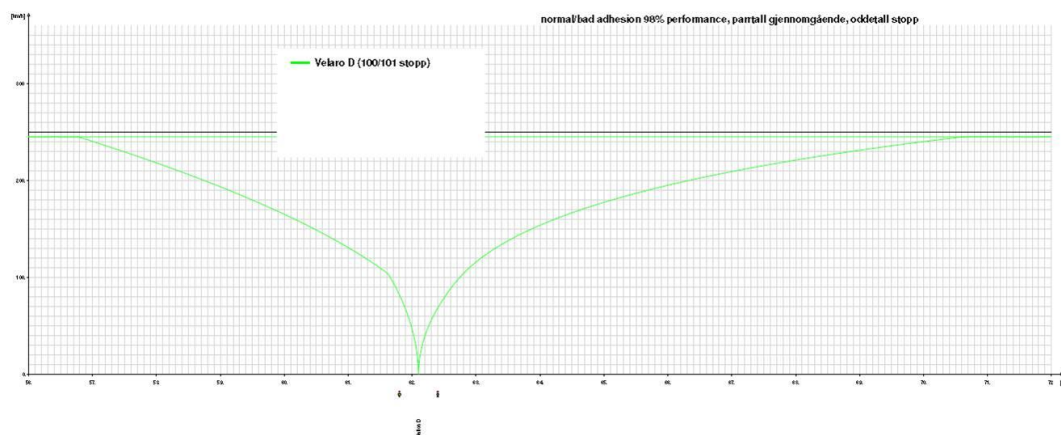
5.2. REISETID

I KVVU-IC er det satt krav til reisetid fra Oslo til Hamar på 55 minutter og Oslo – Lillehammer på en time og 23 minutter. Kravet skal fortsatt opprettholdes, og forbikjøringsporets plassering skal ikke øke reisetiden mellom de aktuelle områdene.

Ved vurdering av reisetiden vil det blir gjort en analyse av om forbikjøringsporet vil forlenge, eventuelt redusere, reisetiden til persontogene. Det vil kun bli gitt kommentarer til godstogenes reisetid, da det ikke er satt krav til deres reisetid i KVVU-IC.

Som tidligere beskrevet i delkapittel 5.1, vil det ikke bli utført en kapasitets- og pålitelighets analyse, da dette ikke ansett som rimelig i forhold til oppgavens omfang. Det vil derimot bli gjort beregninger på hvor stort et eventuelt reisetidstillegg vil bli som en konsekvens av forbikjøringsporet. Ut fra disse beregningene, vil man i større grad kunne gi et grunnlag for å vurdere kapasitet og påliteligheten til systemet.

Reisetidstillegget er beregnet for IC-tog, med en hastighet på 250 km/h, og den er beregnet ut fra retardasjons- og akselerasjonsdiagrammet i figur 27 (figuren er også lagt ved i vedlegg 2).



Figur 27: Akselerasjon og retardasjonsdiagram for tog med hastighet på 250 km/t

For å beregne reisetidstillegget er formlene under benyttet.

$$v = v_0 + at \quad (1)$$

$$2as = v^2 + v_0^2 \quad (2)$$

Ved å sette formel 1 inn i formel 2, får man følgende uttrykk for reisetidstillegget:

$$t = \frac{2s}{v+v_0} \quad (3)$$

Det er i oppgaven gjort den antakelse at tog som kjører gjennom en stasjon uten stopp, hvor plattform ligger inntil hovedspor, vil måtte redusere hastigheten 50 meter før og etter plattformen. Det vil si at toget vil kjøre med redusert hastighet i totalt 350 meter. Årsaken til at det er valgt en distanse på 50 meter er at dette vil ta hensyn til menneskelige forskjeller ved togførerene.

5.3. SIKKERHET

Jernbaneverket har en egen sikkerhetspolitikk som legges til grunn ved planlegging, organisering og gjennomføring av alle aktiviteter i Jernbaneverket (Jernbaneverket, 2012f). Sikkerhetspolitikken til Jernbaneverket er som følger:

“Jernbaneverket arbeider systematisk for kontinuerlig forbedring av sikkerheten for å unngå skader på mennesker, miljø og materielle verdier.”

I forhold til vurdering av sikkerhet tar man utgangspunkt i topphendelser som er definert i Jernbaneverkets sikkerhetshåndbok (2012f);

- Avsporing
- Sammenstøt tog – tog
- Sammenstøt tog – objekt
- Brann
- Passasjerer skadet på plattform
- Personer skadet ved PLO
- Personer skadet i og ved spor

Sikkerheten skal bli ivaretatt gjennom alle Jernbaneverkets aktiviteter. Fra Sikkerhetshåndboka har vi at utbygging skal ivaretas gjennom teknisk regelverk og RAMS- prosessen. Det samme gjelder for drift og vedlikehold, men her inngår også BaneData, som er Jernbaneverkets eget vedlikeholdssystem for infrastrukturen.

Jernbaneverket har definert ulike risikokriterier og har bestemt at grensen for akseptabel samfunnsrisiko er 11 drepte per år for jernbanenettet i Norge. Denne fordelingen er ujevn i forhold til individuell risiko. Det vil si at en som arbeider langs sporet, har en større forventet risiko enn en allmen person, da han i større grad er eksponert for risiko.

Ved vurdering av sikkerheten er det sett på hvilke tiltak som må iverksettes ved de ulike konseptene. På grunn av hastigheten er det tatt spesielt hensyn til vurdering av sikkerhet i denne oppgaven. Dette betyr at forbikjøringsporene på ingen måte må bidra til å senke dagens sikkerhetsnivå, men heller bidra til å forbedre det.

5.4. AREALBRUK

Det er med utgangspunkt i KVV-IC allerede gjort en vurdering av arealinngrepene. Gjennom vedtaket om at Intercity skal bygges, har en allerede akseptert at det vil være arealinngrep som en følge av at den nye jernbanen bygges. Men, i en vurdering av plassering av forbikjøringsporene, vil arealene som blir beslaglagt kunne være av stor relevans.

Beslaglagt areal er i denne oppgaven beregnet ut fra bredden og lengden til sporarrangementet. Under er det vist en oversikt over hvilke typer arealer man kan berøre og hvilken betydning de har. Det kan være vrient å gjøre en vurdering av type areal, da betydningen som regel er svært subjektiv. Men, etter kommunikasjon med representant fra Stange kommune (Storbæk, 2013) og egne vurderinger, er arealene karakterisert med viktighetsgrad (se tabell 7), hvor 1 er veldig viktige arealer og 6 lite viktige arealer.

Tabell 7: Viktighetsgrad av arealtype

Type areal	Betydning	Viktighetsgrad
By-sentrale områder	Arealene og disponeringen av dem er viktig for kommunen	1
Næringsarealer	Arealene og disponeringen av dem er viktig for kommunen	2
Boligbebyggelse	Arealene og disponeringen av dem er viktig for kommunen	3
Dyrkamark	Viktig for matproduksjon	4
Skog	Betydningsfullt for eventuell skogdrift	5
Jernbaneverkets egne arealer	“Fri” bruk. Arealene kan benyttes slik jernbaneverket ønsker det selv.	6

Ved sammenligning av alternativene vil det bli oppgitt et grovt overslag over hvor mye areal som blir beslaglagt og det vil bli gjengitt i konkrete, sammenlignbare tall. Arealene må vektes ut fra hvert enkelt prosjekt.

Barriere-effekt

I forhold til barriere effekten jernbanen medfører, er det sett på om den avskjærer noen områder fra andre. Det er jo en naturlig konsekvens av jernbanen, men avskjæringen er vurdert opp mot hvilke områder som blir avstengt.

5.5. KOSTNADSOVERSLAG

Ved alle prosjekt skal det utføres en kostnadsestimering. I Jernbaneverkets egen estimeringshåndbok er kostnadsestimering definert som *det å fastslå kostnaden eller verdien av et gitt prosjekt ut fra tilgjengelig informasjon* (Jernbaneverket, 2013b).

Ved starten av prosjektet må detaljnivået for beregningene avgjøres. I denne oppgaven er prosjektet på et utredningsnivå og hensikten med estimatet er å angi kostnadene for de ulike konseptene på overordnet nivå (Jernbaneverket, 2013c). Estimaten skal danne et grunnlag for konseptvalg og bidra til arbeidet med NTP, det vil se i et 10 års perspektiv.

Fra tabell 8 hentet fra estimeringshåndboka, ser man at ved en utredningsfase er det et krav til nøyaktighet på +/- 40 %.

Tabell 8: Planfase og krav til nøyaktighet (Jernbaneverket, 2013b)

Klasse 0 Utredning	Klasse 1 Hovedplan	Klasse 2 Detaljplan/byggeplan
Nøkkeltall og mengder på overordnet nivå.	Nøkkeltall på overordnet nivå. Prosjekteringsunderlaget er mer bearbeidet og mengdene mer detaljert beskrevet	Enhetspriser og mengder.
Analog og parametrisk estimeringsmetodikk	Analog og parametrisk estimeringsmetodikk	Nedenfra og opp og ressursbasert estimeringsmetodikk
Krav til +/- 40 % nøyaktighet	Krav til +/- 20 % nøyaktighet	Krav til +/- 10 % nøyaktighet

Det er viktig at denne usikkerheten blir tydelig presentert for leser og beslutningstaker. Tall som blir presenterte oppfattes ofte som faste, selv om det ligger inne en usikkerhet på 40 %. På den måten kan beslutninger bli tatt på feilgrunnlag.

Prosjektet beveger seg snart inn i klasse 1, hovedplan, men på grunn av tidsbegrensningen vil man i denne oppgaven ikke foreta beregninger utover det som er forventet ved en klasse 0 beregning.

Kostnadsestimatet bygges opp i henhold til strukturene nedenfor.

	Produksjonskostnader
+	Prosjektering
+	Byggherrekostnader
=	Grunnkalkyle (inkl. uspesifisert)
	Forventet tillegg (del av usikkerhetsavsetningen)
+/-	
=	Styringsramme (P50)
	Usikkerhetsavsetning
+/-	
=	Kostnadsramme (P85)

Figur 28: Oppbygning av kostnadsestimatet (Jernbaneverket, 2013b)

I denne oppgaven vil kostnadene som benyttes ligge innenfor grunnkalkylen. Grunnkalkylen er deterministisk og beregnes ut fra gjeldene spesifikasjoner (Jernbaneverket, 2013b). I grunnkalkylene har man tatt høyde for kostnader som man fra erfaring vet vil komme, men som man på grunn av manglende detaljeringsgrad ikke har mulighet til å fastslå. Fra figur 28 over ser vi at grunnkalkylen omfatter produksjonskostnader, selve prosjekteringen og byggherrekostnadene.

For å bestemme de forventede kostnadene, er det benyttet erfaringstall utarbeidet av Jernbaneverket. Alle kostnader vil bli oppgitt i 2012 kroner og vil bli gitt i form av rund-sum.

5.6. TEKNISK UTFORMING

I dette kapittelet vil den tekniske utformingen til forbikjøringsporet bli beregnet og diskutert. Utformingen av forbikjøringssporene skal utformes etter teknisk regelverk og spesielle formål skal kommenteres. Den tekniske utformingen vil bli målt etter

- Antall veksler som er benyttet
- Størrelse på veksleene som er benyttet
- Fremtidig vedlikehold.

Antall veksler og størrelsen på dem vil også bli reflektert i kostnadsvurderingen.

5.6.1. Sporveksler

Avhengig av utformingen og plasseringen til forbikjøringsporet, vil det stilles forskjellige krav til hastigheten i avviker sporet. Disse kravene er avgjørende for valg av sporveksel. Dersom forbikjøringsporet ligger på stasjonen er det muligens ikke nødvendig med en høyere hastighet i avvikersporet enn 80 km/h, men dersom det ligger ved eller hvor som helst på linjen, kan det være ønske om at man kan kjøre over 100 km/h. Årsaken til at man ønsker høy hastighet i veksleene, er blant annet at man ønsker å få godstog inn og ut av hovedsporet på raskest mulig måte.

For å beregne hastigheten til veksleene er formel 4 fra teknisk regelverk benyttet, kapittel 530.5, punkt 4.1:

$$V = 0,291 \times \sqrt{R(h + I_{max})} \quad (4)$$

R er radiusen til vekselen (kurven), h er overhøyden og I_{max} er grenseverdi for manglende overhøyde.

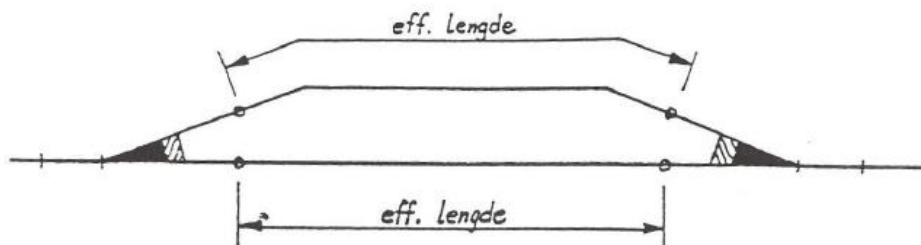
I henhold til teknisk regelverk kapittel 530.5, punkt 3.2.7.2 bør sporveksler i hovedspor ligge i rette avsnitt og derfor er $h = 0$ satt i beregningene. I_{max} er satt til 100 mm i alle utregninger, vedlegg XX viser utregningene. Tabell 9 viser hastigheten til ulike veksler.

Tabell 9: Karakteristikk etter ulik vekslestørrelse

Veksel	Hastighet [km/h]	Retardasjonsavstand [m]	Total lengde [m]
1:14R760	80	558*	942
1:18,4R1200	100	816	1059
1:26,1R2500	145	1571	1749

Dersom man ønsker å øke hastigheten i avviker sporet, vil en konsekvens være at lengden til sporet vil øke. Hovedkravet til sporet må være slik at det kan henses et godstog på 750 meter. I utgangspunktet er det kun godstog som skal bli forbikjørt, mens person tog som stopper kjører i avvik på stasjonene. Godstog i Norge har i dag en toppfart på 100 km/h og det er da ikke hensiktsmessig med veksler større enn 1:18,4R1200. I denne oppgaven settes det som en forutsetning at hastigheten i forbikjøringsporet ikke skal være større enn 100 km/h.

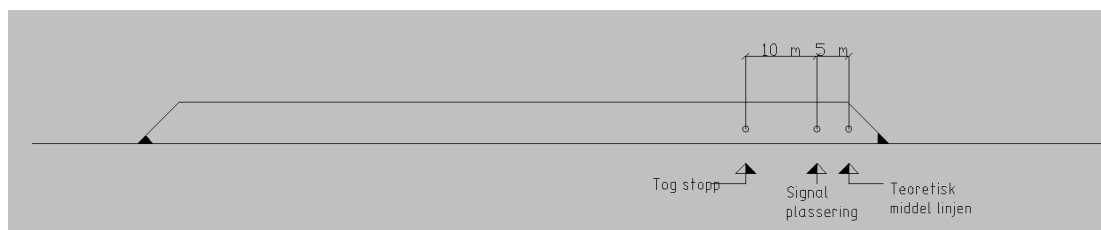
Valg av sporveksler har en innvirkning på lengden til forbikjøringsporet. For beregning av total lengden er det først beregnet linjemiddel og deretter tatt hensyn til retardasjonen til toget. Figur 29 viser en illustrasjon av det man regner som effektiv lengde og sporets middel- som er det punktet hvor effektiv lengde starter og slutter.



Figur 29: Skjematisk fremstilling av effektiv lengde (Holom, 2012)

Sporets middel beregnes ut fra TK kapittel 530.7, punkt 5 tabell 3 og retardasjonslengden beregnes ut fra måleavstandstabeller som er basert på godstog. Beregningene vist i vedlegg 3. På grunn av den relativt høye hastigheten godstogene som skal inn i avvikersporet kan ha, er det forventet at retardasjonslengden kommer til å bli dimensjonerende for lengden av forbikjøringsporet.

Retardasjonsavstanden er avstanden som toget trenger for å bremse ned fra en gitt hastighet til full stopp. Toget skal stoppe 10 meter foran signalet som står 5 meter foran teoretisk middel for linjen. Dette er vist skjematisk i figur 30. For konseptene generelt er det antatt at det er en helning på 1-5 ‰, som gir en retardasjonsavstand fra 558 til 1571 meter. Dette er store variasjoner og vil gjøre store utslag på den totale lengden.



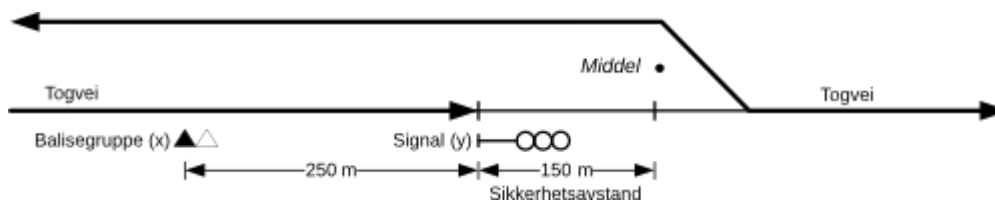
Figur 30: Plassering av signal

Som vi kan lese av tabell 9 blir retardasjonsavstanden dimensjonerende for de to største veksle, mens for den minste vekselen blir kravet om hensetningslengden dimensjonerende. Videre ser en at dersom hastigheten øker med 45 km/h må lengden av forbikjøringsporet nesten dobles, noe som både er arealkrevende og dyrt, mens en økning fra 80-100 km/h "kun" gir en økning på om lag 110 meter.

5.6.2. Samtidig innkjør

Dersom ønsker at toget skal kunne kjøre inn samtidig i to retninger (som vist i figur XX) må det legges til en ekstra sikkerhetsavstand for å unngå at kollisjon mellom togene. Ved bruk av ATC-systemet kan man redusere lengden av

sikkerhetssonen fra 250 meter til 150 meter i henhold til TK kapittel 550.6 punkt 6.2.2. Det finnes ulike utforminger, men utformingen i figur 31 er lagt til grunn.



Figur 31: Samtidig innkjør TK kapittel 550.6 punkt 6.2.2

Samtidig innkjør gjør at man kan kjøre mer effektivt i en avviks-situasjon. I normal drift representerer dette ikke et problem, ettersom hver kjøre-retning har sitt eget spor. Dersom man ønsker samtidig innkjør, blir lengden av forbikjøringsporet ved i 100 km/h om lag 1340 meter langt. De nye lengdene er vist i tabell 10.

Tabell 10: Total lengde med samtidig innkjør

Veksel	Hastighet [km/h]	Retardasjonsavstand [m]	Sikkerhetsavstand [m]	Total lengde [m]
1:14R760	80	558*	150	1227
1:18,4R1200	100	816	150	1344
1:26,1R2500	145	1571	150	2197

5.6.3. Plattformutforming

Dersom forbikjøringsporene plasseres på stasjonen settets det ulike krav til utformingen av plattformen. Reglene i teknisk regelverk vil bli gjengitt under.

Plattformlengde

I henhold til teknisk regelverk styres plattformlengden av hvilken trafikk man har og hvor man er i landet. Figur 32 fra TK kapittel 530.14, punkt 2.2 gir en oversikt over plattformlengdene. I denne oppgaven skal vi holde oss til normalkrav og nærtrafikk østlandsområdet, det vil si en plattformlengde på 250 meter og 350 der det er fjerntrafikk.

Tabell 4: Plattformlengde

Plattformtype	Plattformlengde [m]	
	Normale krav	Minstekrav
Nærtrafikk utenom østlandsområdet	175	100 ¹
Nærtrafikk i østlandsområdet	250	220
Fjerntrafikk	350 ²	220 ³
Baner spesielt bygget for høyhastighetstog	400	

Figur 32: Plattformbredde TK 530 punkt 14

Minste bredde

Ved beregning av bredden til storarrangementet er det flere hensyn å ta:

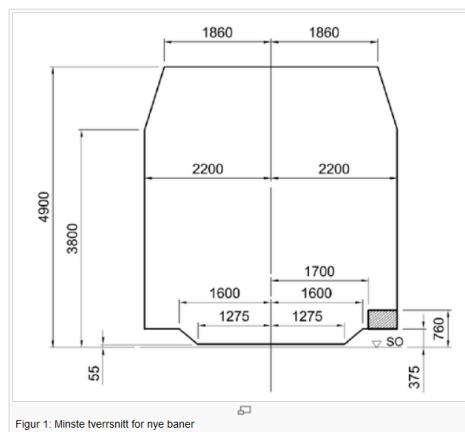
- Avstand senter hovedspor til senter forbikjøringsspor
- Avstand til KL-anlegg
- Bredder plattformer

Minste sporavstand

Fra tabell 13 TR kapittel 530.5, punkt 5.1 er kravet til minste sporavstand 4,40 meter for kurver med radius større enn 5000 meter. Videre er kravet 4,70 meter på stasjon, dersom tog skal hensettes (TK 530.5-5.2)

Minste tverrsnitt-avstand til KL-anlegget

Fra TK kapittel 520.5, punkt 2.1 er kravet til minste tverrsnitt for nye baner 2200 millimeter fra senter spor ut til nærmeste hinder. Se figur 33.



Figur 1: Minste tverrsnitt for nye baner

Figur 33: Minste tverrsnitt TK kapittel 520.5 punkt 2.1

Plattformer

Det er forskjellig krav til plattformbredde avhengig av om plattformen er en sideplattform eller en mellomplattform. I henhold til TK kapittel 530.14, punkt 2.5 er minimumbredde sideplattformen 2,5 meter og minimumbredde mellomplattform 3,3 meter. I tillegg til dette kommer sikkerhetssone og oppholdssone.

Sikkerhetssonen er avhengig av hastigheten og for IC-parsellen vil noen tog kjøre gjennom stasjonen med en hastighet på 250 km/h.

Oppholdssonen beregnes ut fra tre krav:

- Gangplass for reisende, 1,8 meter
- Tillegg for trafikk med servicebil eller lignede, 1 meter
- Øvrig plass for reisende, $n/200$

5.7. OPPSUMMERING

I kapittelet har de ulike evalueringskriteriene blitt gjennomgått og disse vil bli benyttet ved vurderingen av konseptene i neste kapittel. De vil også bli benyttet ved vurderingen og anbefalingen av Stange forbikjøringsspor.

Kapittel 6. KONSEPTER

Det er i oppgaven sett på tre forskjellige konsepter for plassering av forbikjøringsspor:

1. Plassering på stasjon
2. Plassering ved stasjonen
3. Plassering vilkårlig på strekningen

Behovet for utredning av konseptene oppsto som følge av en interessekonflikt mellom Jernbaneverket og noen kommuner. I utgangspunktet ønsker Jernbaneverket å plassere forbikjøringssporene på stasjonene, mens kommunene ser det som mer gunstig å plassere de ved stasjonen eller vilkårlig langs strekningen. Årsaken til dette er at jernbanetomter ofte ligger i sentrale by- og tettstedsområder, og er derfor verdifulle områder for kommunen.

De faste rammebetingelsene for alle konseptene er:

-
- *Hastigheten i hovedsporet er 250 km/h.*
 - *Godstog skal kunne hensettes med en effektiv lengde på 750 meter.*
-

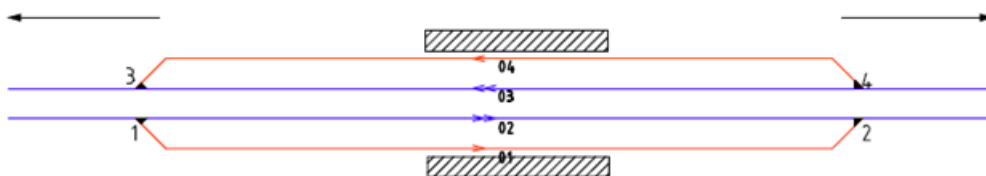
6.1. PLASSERING PÅ STASJONEN

Dersom forbikjøringsporene plasseres på en stasjon, blir det satt noen begrensninger og føringer. Disse vil bli gjennomgått i dette delkapittelet. Det blir først gitt en vurdering av mulige utforminger og deretter vil plasseringen bli vurdert etter evalueringskriteriene beskrevet i kapittel 5.

6.1.1. Utforming

I alternativ 1A, figur 34, går de gjennomgående (blå sporene) i midten, mens de røde forbikjøringsporene går ut til hver sin side. I tegningen er det ikke lagt inn noen sporforbindelser mellom spor 2 og 3, men dette kan legges inn etter behov. Behovet for sporforbindelser vil variere fra strekning til strekning, og her vil behovet til totallsystemet veie mest. Alternativ 1A vil kreve at man oppretter adkomst til hver av plattformene for passasjerene, da kun den ene vil ligge ved stasjonsbygget.

Alternativ 1A



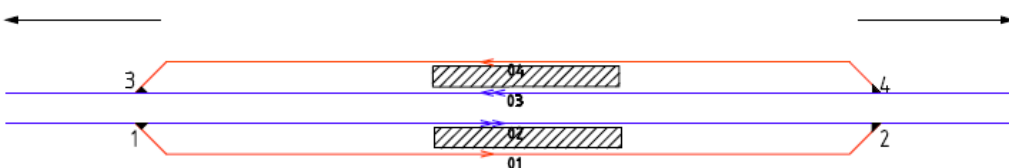
Figur 34: Utforming alternativ 1A

En ulempe med løsningen er at godstog som skal passeres må stå i plattformsporet. Avhengig av tiden godstoget skal stå ved plattform, vil dette kunne føre til trafikkmessige utfordringer, samt at det kan gi en negativ opplevelse for ventende passasjerer på plattformen (se kapittel 4.2.1). Dette gjelder for alle utformingsalternativene hvor godstog vil stå i plattformsporet vil gjelde alle.

I en avvikssituasjon hvor et godstog er inne ved stasjon og et passasjertog skal stoppe, kan godstoget stå i hovedsporet. Dersom det er sporforbindelser, kan også passasjertoget kjøre inn til plattformen for togtrafikk i motsatt retning.

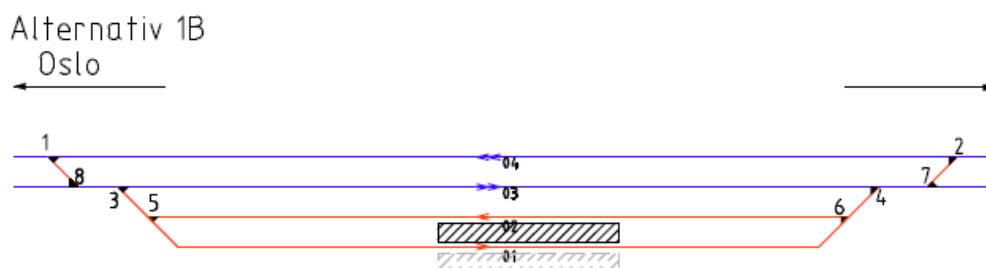
En annen løsning, alternativ 1A-2, kan være å ha plattformene mellom forbikjøringsporene og hovedsporene, se figur 35. En slik løsning vil sette betydelig større krav til sikkerheten på plattformen og man kan ikke kjøre gjennom stasjonen med full hastighet, som diskutert i kapittel 5.3. Konsekvensene av redusert hastighet gjennom stasjonen vil bli diskutert i kommende delkapitler.

Alternativ 1A-2



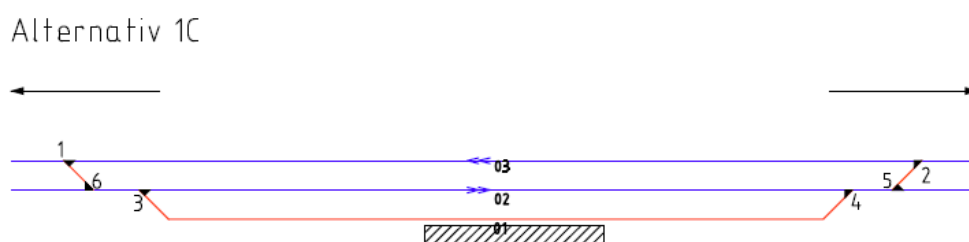
Figur 35: Utforming alternativ 1A-2

I alternativ 1B, som vist i figur 35, kjører tog som skal i avvik inn til samme plattform, mens gjennomgående tog kjører forbi uten å være innom stasjonen. Denne løsningen har en mellomplattform, som vil være bredere enn en sideplattform (fra kapittel 5.6.3). Her kan det legges inn en plattform ved spor 1, dersom det er hensiktsmessig. Dette er vist i figuren som en stiplet plattform.



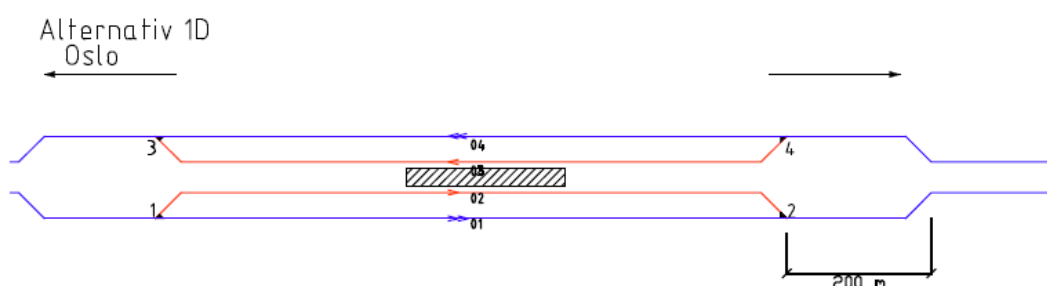
Figur 36: Utforming Alternativ 1B

En ulempe med denne løsningen er at tog som kommer i spor 4 må krysse over spor 3 for å komme seg til plattformen. Dette skaper motstrøms-trafikk, som er uheldig for kapasiteten, da tog som skal i avvik beslaglegger hovedsporet for en viss tidsperiode. Det samme gjelder for alternativ 1C, se figur 37. Her er det kun ett forbikjøringsspor som kan bli for lite i forhold til kapasiteten, men dette må vurderes etter kravet til kapasitet for totallsystemet og lokale forhold. I begge tilfeller kan det lages planfrie løsninger, men dette er en stor investeringskostnad og må sees i sammenheng med det aktuelle prosjektet.



Figur 37: Utforming alternativ 1C

I det siste alternativet, 1D, er plattform plassert i midten, mens de gjennomgående sporene ligger på utsiden, se figur 38. I likhet med løsning 1B har man her en mellomplattform, og bredde vil bli noe større sammenlignet med en sideplattform. I tillegg krever løsningen at man legger til rette for at passasjerene kommer seg til plattformen, enten via en undergang eller bruer.



Figur 38: Utforming alternativ 1D

Det vil også være en utfordring i forhold til det sporgeometriske og hastighetsprofilen. Som en følge av at hovedsporene går på utsiden, vil sporavstanden mellom hovedsporene være 21,1 meter, som er betydelig større en normal sporavstand på 4,4 meter. Med hastighet på 250 km/h og kurveradius på 3000 meter, vil det kreve en lengde på om lag 200 meter før sporene har kommet tilbake til normal sporavstand. Dette vil kreve et tillegg i arealinngrep på om lag 3000 m² på hver side av forbikjøringsporet.

Som vi ser har alle utformingene fordeler og ulemper og det er tydelig at forbikjøringsporet må ta hensyn til lokaleforhold og må tilpasses til den enkelte stasjon.

6.1.2. Kapasitet

Den største fordel med å plassere forbikjøringsporene på stasjonene er at det er et naturlig stoppested for lokaltog og andre tog som skal stoppe. En forbikjøring av dem kan da foregå samtidig som de allikevel skal stoppe. På den måten reduserer man antall stopp for de saktegående togene og reduserer deres reisetid.

Tog som ikke skal stoppe kan kjøre med full hastighet gjennom stasjonen. Dette vil være avhengig av hvilken utforming man velger, men dersom plattformene ikke ligger inntil hovedsporet, behøver ikke hastigheten reduseres. Maksimal passeringshastighet forbi plattform vil være 200 km/h (Nordli, 2013). Det er i utgangspunktet (i denne oppgaven), bestemt at maksimal hastighet i forbikjøringsporet skal være 100 km/h, da godstog som skal kjøre på strekningen ikke skal kjøre raskere enn dette.

6.1.3. Reisetid

I utgangspunktet får ikke persontog noe reisetids-tillegg, utover det som er beregnet de skal ha ved stopp på stasjon, som en følge av forbikjøringsporene. Det vil eventuelt være godstog som vil få et kjøretids-tillegg.

Dersom godstog må stoppe ofte for å bli passert, vil kjøretiden økes betraktelig, men dersom det er for stor avstand mellom forbikjøringsmulighetene slik at godstogene ikke kommer frem til neste forbikjøringsspor i tide, må de vente enda lengre på første stopp. Man leter derfor etter den "gylne middelvei", og det er i KVV-IC bestemt at det skal være 10 km mellom hvert forbikjøringsspor (Jernbaneverket, 2012c). Dette betyr ikke at godstogene skal stoppe hver 10 km, men at man har steder hvor det er mulig å passere godstog.

Utformingen vil også påvirke hvordan trafikken håndteres i avviks-situasjoner. Dersom et godstog skal forbikjøres samtidig som et tog skal stoppe på stasjonen, kan godstoget stå i hovedsporet, mens persontoget kjører inn i avvikersporet. Dette kan være tilfellet ved en eventuell forsinkelse av godstogene, slik at de ikke får klarsignal i sin tiltenkte "slot".

6.1.4. Sikkerhet

I kapittel 5.3 om sikkerhet, ble passasjerer som skades på plattform nevnt som en av topphendelsene i Jernbaneverket sikkerhetshåndbok. I forbindelse med at forbikjøringsporet plasseres på stasjonen vil det da være noen ekstra sikkerhetstiltak og hensyn som må settes til verks.

Sikkerhetstiltakene vil være avhengig av utformingen til stasjonen og forbikjøringsporene. Dersom det er alternativ 1A som velges, ligger plattformene på utsiden av spor-arrangementet og hastigheten i hovedsporet ansees ikke for å utgjøre en større risiko. Ved sporveksler vil det alltid være en viss avsporingfare, men dersom tog kjører inn i vekselen med den tillatte hastigheten, er avsporingssfare minimal.

I hovedsak vil alle tog som kjører inn i forbikjøringsporet stoppe, men i en avvikssituasjon kan tog passere plattformen med en hastighet på 100 km/t. Dette er en relativ lav hastighet og Jernbaneverket har allerede god erfaring med passeringer i slike hastigheter. Men, alle tog-passeringer bør annonseres med varsling over høyttaleranlegg og eventuelt skilter, samt varsling på monitorer.

Anbefalte sikkerhetstiltak kan være:

- Bredere sikkerhetssoner
- Skilting og merking av sikkerhetssone
- Varsling at tog kommer over høyttaleranlegg
- Fysisk avsperring mot toget, som åpnes ved av- og på-lastning

I dagens regelverk er det regler i forhold til plattformlengde og bredde for å oppfylle ulike sikkerhetskrav. Disse kravene må selvfølgelig opprettholdes.

6.1.5. Arealinngrep

Fra kapittelet 5.6 om teknisk utforming, vet vi at bredden på stasjonene med forbikjøringsspor vil bli om lag 30 meter, inkludert plattformer. Dette medfører store arealinngrep, opp mot 30 000 m², som kan være av stor betydning for tettstedet/byen. Avhengig av lokaliseringen til den aktuelle stasjonen kan det være enkelt eller vanskelig å ha tilstrekkelig arealer tilgjengelig for å bygge forbikjøringsspor. Mange av landets jernbanestasjoner ligger plassert i sentrale strøk og en ombygging av stasjonene vil kunne kreve at man må bygge seg utenfor Jernbaneverkets egne tomtegrenser. Dette kan bli kostbart fordi man må kjøpe arealer. I tillegg kan arealer være fredet og det kan være politiske ønsker om å bruke arealene til andre formål.

En annen utfordring med å plassere forbikjøringsporet på stasjonen, er at det eksisterer en sporplan som man må ta hensyn til. Det er også ofte begrenset mengde arealer tilgjengelig. Dette kan medføre at man kan være mindre fleksibel til utformingen av forbikjøringsporet. Samtidig kan det være at man i forbindelse med dobbeltspor-utbygningen uansett må endre sporplanen, og at man dermed ikke er bundet til den eksisterende sporplan likevel.

6.1.6. Kostnader

Kostnadene for skinner, sviller og veksler vil være det samme for alle konseptene. Avhengig av plassen tilgjengelig må man muligens kjøpe tomter, siden bredden med forbikjøringsspor vil øke betraktelig. Videre vil man i forbindelse med utbyggingen av forbikjøringssporene ha behov for en ny plattform. Det må tilrettelegges for atkomst til plattformene og de må universelt utformes.

En ombygging av en eksisterende stasjon fra to til fire spor, vil koste i størrelsesorden 720 millioner kroner (2012-kroner), med en usikkerhet på +/- 40 % (Jernbaneverket, 2013a). 720 millioner kan høres voldsomt ut, men i denne prisen inngår en total ombygging av hele stasjonen, samt prosjektering og byggherrekostnader (se tabell 8 kapittel 5.5). Kostnadene er basert på tall fra Oslo-området og vil justere seg avhengig av lokalisering, samt av utforming, sikkerhet og arealene tilgjengelig på det aktuelle stedet. Kostnadene vil også variere med hensyn til topografi og hvor i landet man befinner seg og det er naturlig at man må ha en kostnadsvurdering for hvert enkelt prosjekt.

Dersom man kan bygge en helt ny stasjon, med 4 spor i dagen, i et område med liten eller ingen bebyggelse koster dette 494 millioner kroner (Jernbaneverket, 2013c). Dette er betydelig billigere enn en ombygging, men vil kun benyttes hvor man skal anlegge en helt ny stasjon, eller flytte plasseringen av eksisterende stasjon. Usikkerheten i kostnaden er stor, +/- 40 %, og i likhet med *ombygging av eksisterende stasjon*, vil lokaleforhold være med å justere prisen opp eller ned.

Den største kostnaden får man dersom man skal bygge en stasjon med 4 spor i bystrøk og/eller vanskelige byggeforhold. Kostnadene for et slikt prosjekt er anslått til 1, 24 milliarder kroner (usikkerhet +/- 40 %), men som tidligere nevnt er kostnaden avhengig av hvor man befinner seg i landet (Jernbaneverket, 2013c). Tabell 11 viser en oppsummering av de ulike stasjons-situasjonene og hva kostnaden vil bli.

Tabell 11: Oppsummering av kostnader for konsept på stasjon

Stasjon, liten eller ingen bebyggelse	Ombygging av stasjon fra to til fire spor	Stasjon med 4 spor i bystrøk, vanskelig byggeforhold
493 712 500 kr	719 669 765 kr	1 238 250 000 kr

6.1.7. Teknisk utforming

Avhengig av valgt utforming vil antallet veksler variere, samt lengden til forbikjøringssporet. En økning i antall sporveksler vil bidra til å øke fremtidig vedlikehold. En økning av både antall og størrelse vil også gi en økning i kostnadene.

Forbikjøringssporets lengde blir styrt av det overordnede kravet om en effektiv lengde på minimum 750 meter, med hensyn til hensetting av godstog. Videre vil hastigheten inn i avvik, samt sikkerhetssoner, ha en innvirkning på lengden, som diskutert i kapittel 5.6.

På grunn av at forbikjøringsporet plasseres i forbindelse med en stasjon, må man ta hensyn til plattformer. Både når det gjelder den generelle utformingen, som diskutert i kapittel 5.6 og når det gjelder vedlikehold. Plattformene må ryddes for snø og eventuelle taktile soner opprettholdes.

6.1.8. Oppsummering

I vurderingen av om forbikjøringsporet skal ligge på stasjonen eller ikke, må hvert tilfelle vurderes individuelt. Lokale forhold og krav til kapasitet og drift kan variere mye fra sak til sak. I tabell 12 er det laget en oversikt over hva som er fordelene og ulempene ved å plassere forbikjøringsporet på stasjonen.

Tabell 12: Oppsummeringstabell konsept på stasjon

Fordeler	Ulemper
Naturlig stoppested for lokaltog og andre tog som uansett skal stoppe	Tar verdifulle arealer fra kommunen
Trenger ikke eget signal og sikringssystem	Er ofte begrensede arealer tilgjengelig
Begrenser inngrep i naturen utover det som allerede er tatt	Relativt dyrt
Erfaringer fra tidligere (kryssingsspor)	Avh. av utformingen kan kjøretiden til tog som skal passere uten stopp bli forlenget
Atkomstveg, driftsveg og lignende er allerede delvis til stede	Kan være bundet til eksisterende sporplan

Det kan settes opp en generell sjekkliste for hva som bør være tilstede ved valg av plassering. Man bør benytte/ha et forbikjøringsspor på stasjonen når:

- Stasjonene er plassert nære hverandre.
- Dersom de fleste eller alle tog skal stoppe på stasjonene.
- Høy hastighet på strekningen.
- Det er mye tilgjengelig areal på og rundt stasjonen.

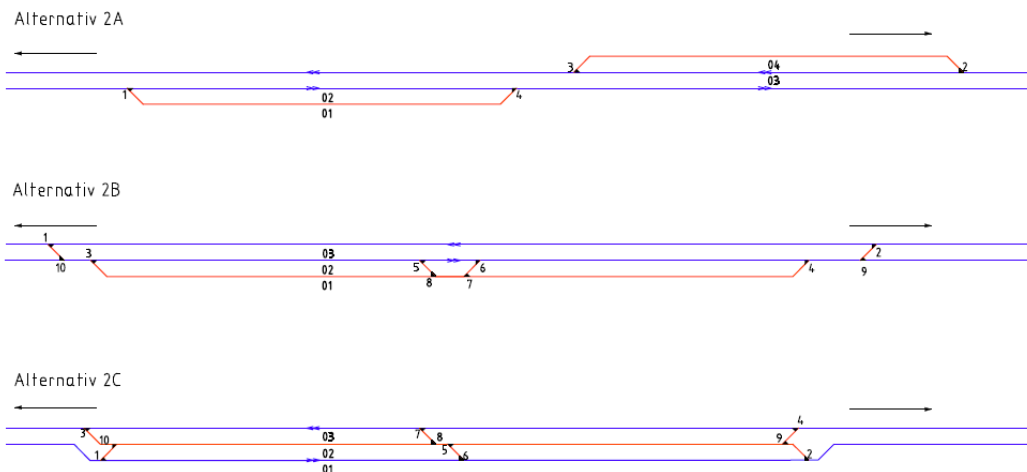
6.2. PLASSERING VED STASJONEN

Etter forespørsel fra kommunene er det vurdert et konsept hvor forbikjøringsporet blir plassert *ved stasjonen* og ikke *på stasjonen*. Ved stasjonen innebærer at forbikjøringssporene blir plassert ved utkanten av sentrumskjernen, slik at de ikke kommer i konflikt med hovedvekten av bolig og industriarealer i det aktuelle området.

6.2.1. Utforming

Dersom man plasserer forbikjøringsporet ved stasjonen vil man ha noe større frihet i utformingen. I motsetning til et forbikjøringsspor som ligger på en stasjon, vil man ikke være knyttet til en sporplan, behov for plattformer eller sentrumsområdene rundt. Men, topografi og lokaleforhold vil påvirke utformingen til sporet.

I alternativ 2A er forbikjøringssporene forskjøvet i forhold til hverandre, se figur 39. På den måten blir totalbredden mindre, og avhengig av topografien og andre lokale forhold på stedet, kan dette være gunstig. Det er ikke lagt inn sporforbindelser mellom spor 2 og 3, men dersom dette er ønskelig lar det seg enkelt gjøre.



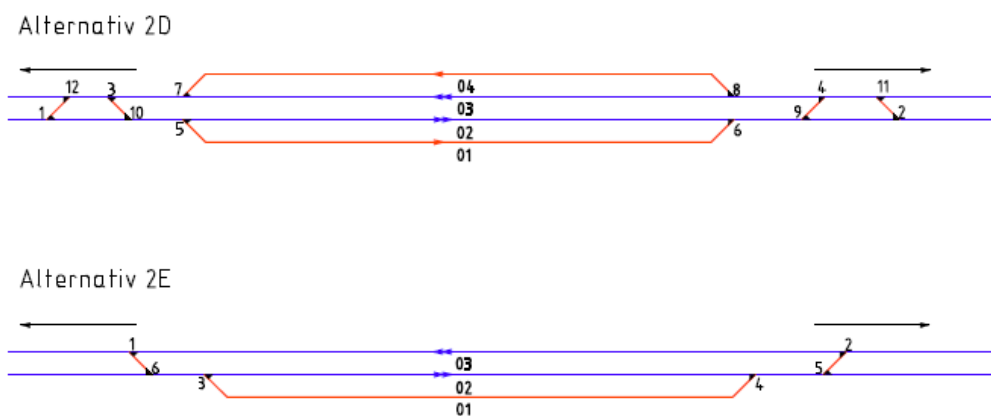
Figur 39: Utforming alternativ 2A-C

I alternativ 2B er begge forbikjøringssporene plassert på den ene siden. Ved at forbikjøringssporene ligger etter hverandre, kan man benytte det ene som akselerasjonsspor, dersom det ikke er beslaglagt av et annet tog. På den måten kan man få godstog raskere ut og inn av hovedsporet og på den måten utnytte kapasiteten bedre. Men, i likhet med alternativ 1B og 1C fra forrige konsept, vil man her skape motstrøms-trafikk når tog som skal i avvik må krysse over i motgående spor, for å komme seg inn i forbikjøringsporet. Som tidligere beskrevet er dette ikke ønskelig på grunn av kapasitetsmessige hensyn. På grunn av løsningens utforming vil det måtte legges inn en sikkerhetssone mellom veksler 7 og 8 som bidrar til en ytterligere forlengelse av sporenlengde.

I det siste alternativet er forbikjøringssporene plassert mellom hovedsporene. Her unngår man motstrøms-trafikk, samtidig som man har muligheten til å hensette to godstog samtidig, se figur 39. I likhet med alternativ 2B kan man også her benytte det ene forbikjøringsporet som et akselerasjonsspor, som er gunstig med tanke på å få godstog effektivt ut og inn av forbikjøringsporet. Ulempen

med løsningen er at man i likhet med alternativ 1D, vil få økt sporbredde mellom hovedsporene i en lengre periode, avhengig av hastighetsprofilen til linjen. Dersom det er 250 km/h vil det ta 38 meter før man får normal bredde igjen.

Alternativ 2D er utformet på samme måte som 1A, med unntak av plattformene, se figur 40. Her er det i tillegg lagt inn sporsløyfer, som man kan velge å ha eller ikke, som allerede beskrevet tidligere i kapittelet. Fordelen med sporsløyfene er at man skaper full fleksibilitet til systemet. Alternativ 2E, figur 40, er lik alternativ 1C og kapasitetskompliseringen ble beskrevet i kapittel 6.1.1. Både alternativ 2D og E har mindre total lengde enn de andre utformingene og vil gi et mer kompakt system.



Figur 40: Utforming alternativ 2D-E

6.2.2. Kapasitet

Dersom forbikjøringssporet plasseres ved stasjonen, vil det ikke lengre være forbikjøringsmuligheter på stasjonen. Det betyr at tog som skal stoppe på stasjonen, vil okkupere hovedsporet og kan bidra til å redusere kapasiteten og påliteligheten til systemet.

En annen konsekvens av dette vil være at tog som passerer gjennom stasjonen uten stopp, må kjøre med redusert fart. Det er anbefalt (Nordli, 2013) at tog må redusere hastigheten til 200 km/h ved passering av plattform. Fra vedlegg 2 er tidstapet til et IC-tog som må redusere hastigheten fra 250 km/h til 200 km/h beregnet til 1 minutt og 45 sekunder. Dette vil bli kommentert ytterligere i neste delkapittel.

En annen utfordring med konseptet er at dersom et persontog skal forbikjøres, må det først stoppe på stasjonen for å slippe av og på passasjerer, og deretter må det kjøre til forbikjøringssporet for å bli forbikjørt, eller motsatt. Dette vil forlenge reisetiden til persontog betraktelig. I tillegg kan det virke underlig for passasjerene at de nettopp stoppet og må stoppe igjen, noe som vil gi et dårlig totalinntrykk at strekningen.

6.2.3. Reisetid

Som beskrevet over vil reisetiden til et persontog øke med om lag 1 minutt og 45 sekunder for hver stasjon med kun to spor (forbikjøringsporet ligger *ved stasjonen*), dersom et tog må redusere hastigheten fra 250 km/h til 200 km/h. Dette ansees som et betydelig reisetidstillegg og blir karakterisert som en svakhet ved systemet. Til sammenligning vil reisetidstillegget for et tog som må redusere hastigheten til 210 km/t forbi plattform bli 1 min og 27 sekunder, og i overkant av 3 minutter dersom toget må redusere hastigheten til 160 km/t.

For godstog vil hvert stopp øke reisetiden og det er ikke ønskelig at togene skal stoppe hver 10 km, men at de har flere muligheter hvor de kan stoppe. Det vil si at man kan kjøre flere godstog innenfor en "slot" og et kan kjøre til eksempelvis Tangen, et til Stange osv. På en slik måte kan man utnytte ruteplanen bedre, men det er også viktig at ruteplanen er "romslig" nok, slik at den kan fange opp eventuelle forsinkelser.

6.2.4. Sikkerhet

Det vil være noen færre sikkerhetstiltak for forbikjøringsporet som ikke plasseres på stasjonen. Hovedsakelig skyldes at man ikke ser for seg at det skal være noen plattform tilknyttet forbikjøringsporet. På den måten behøver man ikke ta hensyn til at folk naturlig oppholder seg tett opptil sporet. Men, som en konsekvens vil man på stasjonen måtte kreve større sikkerhetstiltak, da tog skal passere plattform med hastigheter opp mot 200 km/t.

Som nevnt i foregående kapittel vil det alltid være en viss avsporingfare i tilknytting til sporveksler. Men, i likhet med konseptet *på stasjon*, ansees avsporingfaren å være relativt liten.

Anbefalte sikkerhetstiltak ved forbikjøringsporet:

- Fysisk avsperring mot omkringliggende områder.

På stasjonen vil nå plattformene ligge inntil hovedsporet og det kreves da ekstra sikkerhetstiltak med tanke på passasjerer som oppholder seg på plattformen. Fra teori-kapittelet (kapittel 4) vet vi at reisende kan oppleve et ubehag ved at tog passerer i høy hastighet. Det er derfor viktig at det informeres når tog passerer og at plattformer og stasjonsområdet utformes i henhold til teknisk regelverk som beskrevet i kapittel 5.

Fysiske hinder bør også vurderes, men her vil blant annet antall passasjerer som oppholder seg på plattformen ha vesentlig innvirkning. Stor trengsel på plattformen vil føre til større behov for avsperring mot sikkerhetssonen og sporet.

Anbefalte sikkerhetstiltak på stasjonen:

- Bredere sikkerhetssoner
- Skilting og merking av sikkerhetssone
- Varsling at tog kommer over høyttaleranlegg og på monitorer
- Fysisk avsperring mot toget

6.2.5. Arealinngrep

Siden det ikke er tenkt å ha plattformer i forbindelse med forbikjøringssporene ved stasjonene vil bredden til systemet bli betydelig mindre. Avhengig av utformingen, men generelt vil bredden bli 17,5 meter og da vil hele systemet dekke 17 500 m², som er om lag 40 % mindre enn inngrepet ved forbikjøringsspor i forbindelse med stasjonen.

Videre er man ikke låst i den øvrige sporplanen og har derfor mulighet til å være mer fleksibel til både utforming og plassering og på den måten kan man tilpasse seg lokal forhold.

6.2.6. Kostnader

Kostnadene ved forbikjøringssporene vil variere avhengig av hvor i landet man befinner seg, geografiske og topografiske forhold og utforming. Som et anslag koster ett forbikjøringsspor om lag 144 millioner kroner (+/- 40 %), i henhold til Jernbaneverkets (2013a) erfaringstall. Dersom man behøver to forbikjøringsspor, blir prisen det dobbelte, 288 millioner kroner (Jernbaneverket, 2013c).

Dersom forbikjøringssporet skal legges i et område med tett bebyggelse, bystrøk eller med vanskelige byggeforhold blir kostnadene for ett forbikjøringsspor om lag det dobbelte, 239 millioner kroner (+/- 40 % usikkerhet). Prisen for to forbikjøringsspor blir da om lag 478 millioner kroner (Jernbaneverket, 2013c).

Tabell 13: Oppsummering kostnader konsept ved stasjon

Forbikjøringsspor, liten eller ingen bebyggelse	Forbikjøringsspor i bystrøk, vanskelig byggeforhold
143 795 750 kr	239 490 250 kr

6.2.7. Teknisk utforming

Kostnader og fremtidig vedlikehold vil være avhengig av størrelsen og antall veksler man velger. Disse vil igjen være avhengig av hvilken utforming man legger til grunn.

Forbikjøringssporets lengde blir styrt av overordnede kravet om en effektiv lengde på minimum 750 meter, med hensyn til hensetting av godstog. Videre vil hastigheten inn i avvik, samt sikkerhetssoner ha en innvirkning på lengden, som diskutert i kapittel 5.6.

6.2.8. Oppsummering

Ved å plassere forbikjøringsporet ved stasjonen er det flere fordeler og ulemper. En oversikt er vist i tabell 14.

Tabell 14: Oppsummeringstabell for konsept ved stasjon

Fordeler	Ulemper
Beslaglegger mindre arealer i tettbebygde strøk.	Reisetidstillegg på 1 minutt og 45 sekunder som følge av redusert hastighet gjennom stasjonen.
Relativt billig.	Behov for eget signal og sikringssystem.
Ikke bundet av sporplan.	Atkomstveg, driftsveg og lignende må tilrettelegges.

Plassering av forbikjøringsporet ved stasjonen passer best når:

- Det er lite tilgjengelige arealer på stasjonsområdet.
- Lav hastighet (i dette tilfellet, 200 km/t eller lavere), slik at hastighetsdifferansen ikke blir så stor.
- Ønske om at godstog ikke skal stå ved plattform.
- Lav budsjetttramme.

6.3. PLASSERING VILKÅRLIG LANGS SPORET

Dersom man velger å plassere forbikjøringsporet *vilkårlig langs sporet* er man mer fleksibel i forhold til eksisterende infrastruktur enn ved de to andre konseptene.

6.3.1. Utforming

Utformingen vil her være lik den for konseptet *plassering ved stasjonen*. Heller ikke her er det tenkt at man skal ha plattformer i forbindelse med forbikjøringssporene. For beskrivelse av utformingene, se delkapittel 6.2.1.

6.3.2. Kapasitet

Dersom man kan plassere forbikjøringsporet hvor som helst på linjen kan man i større grad optimalisere plasseringen i forhold til kapasitetsbehovene til strekningen.

Men, i likhet med konseptet *ved stasjon*, vil dette forbikjøringsporet erstatte det som skulle vært på stasjonen. Tog må redusere hastigheten gjennom stasjonen og tog som stopper på stasjonen vil okkupere linjen. Det kan da hende at det man vinner i kapasitet ved å optimalisere plasseringen, går tapt ved at man ikke har forbikjøringsspor på stasjonen. Tidstapet blir også her 1 minutt og 45 sekunder.

For persontog som skal bli forbikjørt, er det mer hensiktsmessig at forbikjøringsporet er plassert et stykke fra stasjonen. Persontoget kan ha mulighet til å komme opp i maksimalhastighet og få tilbakelagt en viss strekning før det må redusere hastigheten igjen. Men, som nevnt tidligere, vil alle togstopp inne bære tilleggstid.

En mulig løsning kan være å gjøre som i Sverige, hvor man plasserte forbikjøringsspor for persontog på stasjonen, mens forbikjøringsspor for godstog ble plassert utenfor stasjonsområdet (Trafikverket, 2011a). En slik løsning vil kunne bidra til en mer fleksibel ruteplan og bør vurderes dersom man planlegger nye forbikjøringsspor. Men, løsningen bidrar selvfølgelig til ytterlige kostnader og vedlikehold.

6.3.3. Sikkerhet

Sikkerhetstiltakene vil være de samme som for konseptet *ved stasjonen*. Her vil kun de anbefalte sikkerhetstiltakene bli gjengitt.

Anbefalte sikkerhetstiltak ved forbikjøringsporet:

- Fysisk avsperring mot omkringliggende områder

Anbefalte sikkerhetstiltak på stasjonen:

- Bredere sikkerhetssoner
- Skilting og merking av sikkerhetszone
- Varsling at tog kommer over høyttaleranlegg
- Fysisk avsperring mot toget

6.3.4. Arealinngrep

Arealinngrepene vil bli i samme størrelsesorden som konseptet *ved stasjon*, det vil si rundt 17 500 m². Lokale forhold, samt topografi og geografi på det aktuelle området. Videre vil man heller ikke her være bundet til eksisterende sporplan.

6.3.5. Kostnader

I likhet med konseptet *ved stasjon*, vil kostnadene ved å legge forbikjøringssporet vilkårlig være i størrelsesorden 288 millioner kroner (2012-kroner), dersom man skal ha to spor (Jernbaneverket, 2013a). Dette er relativt billig sammenlignet med å bygge om en stasjon, som er om lag 2,5 ganger så dyrt.

Forbikjøringssporet som legges i et område med tett bebyggelse, bystrøk eller med vanskelige byggeforhold vil få en kostnad på om lag 239 millioner kroner (+/- 40 % usikkerhet) for ett forbikjøringsspor, som er om lag det dobbelte (Jernbaneverket, 2013c). Prisen for to forbikjøringsspor blir da om lag 478 millioner kroner.

Tabell 15: Oppsummering kostnader konsept vilkårlig plassering

Forbikjøringsspor, liten eller ingen bebyggelse	Forbikjøringsspor i bystrøk, vanskelige byggeforhold
143 795 750 kr	239 490 250 kr

6.3.6. Teknisk utforming

Den tekniske utformingen vil vær bortimot identisk med det forrige konseptet, avhengig av valgt utforming. Størrelse og antall veksler vil ha en innvirkning på fremtidig vedlikehold og kostnadene.

Forbikjøringssporets lengde blir styrt av overordnede kravet om en effektiv lengde på minimum 750 meter, med hensyn til hensetting av godstog. Videre vil hastigheten inn i avvik, samt sikkerhetssoner ha en innvirkning på lengden, som diskutert i kapittel 5.6.

6.3.7. Oppsummering

Ved å plassere forbikjøringssporet vilkårlig plassering er det flere fordeler og ulemper, oversikten er i tabell 16.

Tabell 16: Oppsummeringstabell for konsept vilkårlig plassering

Fordeler	Ulemper
Beslaglegger mindre arealer i tettbebygde strøk.	Reisetidstillegg, Redusert hastighet gjennom stasjonen
Har mulighet til å optimalisere plasseringen, m.h.p. kapasiteten.	Atkomstveg, driftsveg og lignende må tilrettelegges
Relativt billig.	Behov for eget signal og sikringssystem
Ikke bundet av sporplan.	

Plassering av forbikjøringssporet vilkårlig på strekningen passer best når:

- Det er lite tilgjengelige arealer på stasjonsområdet.
- Lav hastighet (i dette tilfellet, 200 km/t eller lavere), slik at hastighetsdifferansen reduseres.
- Ønske om at godstog ikke skal stå ved plattform.
- Lav budsjettamme.

6.4. KONKLUSJONER

Alle de tre konseptene har fordeler og ulemper og ved en vurdering av konseptvalg må man se på hele strekningen som en helhet. Avhengig av prosjektet vil evalueringskriteriene vektlegges ulikt, og anbefalt konsept vil variere avhengig av prosjekt. I tabell 17 under er det viste en oversikt over de ulike konseptene. Det er tydelig at konseptet *på stasjon* kommer best ut, dersom man vektlegger kapasitet, reisetid og sikkerhet høyest.

Tabell 17: Oppsummering av de ulike konseptene med hensyn til evalueringskravene

Konsept	Kapasitet	Reisetid	Sikkerhet	Arealer	Kostnader	Teknisk utforming
På stasjon	God. Tog som skal forbi kjøres kjører i avvik, mens tog som ikke skal stoppe kan holde max .fart.	Ingen reisetidstillegg for persontog	Akseptabel. Tiltak må iverksettes Tog passerende plattform max. hastighet 100km/t.	Beslaglegger sentrumsarealer, boligarealer og industriarealer. Relativt arealkrevende	Dyrt.	Avhengig av valgt utforming. Må ta hensyn til plattformer.
Ved stasjon	Nedsatt. Redusert hastighet gjennom stasjon og persontog som skal forbi kjøres må stoppe to ganger på kort tid.	Reisetidstillegg på 1 min og 45 sekunder.	Akseptabel, dersom tiltak må iverksettes Tog passerende plattform max. hastighet 200km/t.	Bra, relativt lite arealinngrep. Kan ta dyrkamark	Relativt billig.	Avhengig av valgt utforming.
Vilkårlig plassering	Nedsatt. Redusert hastighet gjennom stasjon .	Reisetidstillegg på 1 min og 45 sekunder.	Akseptabel, dersom tiltak må iverksettes Tog passerende plattform max. hastighet 200km/t.	Bra, relativt lite arealinngrep. Kan ta dyrkamark	Relativt billig.	Avhengig av valgt utforming.

Det er reisetidstillegget som er utslagsgivende for konseptene *ved stasjon* og *vilkårlig plassering*. Dersom man bygger en bane som skal ha et hastighetsprofil på 250 km/h, vil det som beskrevet tidligere, bli ansett som en stor svakhet ved systemet, dersom man må kjøre gjennom stasjonen med redusert hastighet. En løsning kunne vært å tillate IC-togene å kjøre med 250 km/h gjennom stasjonene. Men, det vil gi en økt investeringskostnaden som ikke kan forsvares med tidsbesparelsen (Nordli, 2013). Dermed vil konseptene *ved stasjon* og *vilkårlig plassering* bli forkastet med hensyn til evalueringskriteriene kapasitet og reisetid i denne oppgaven.

Dersom areal og kostnader vektlegges høyest, vil derimot konseptet *på stasjon* komme dårligst ut. Fra kapitlet har vi sett at det kan være store variasjoner både for beslaglagt areal og kostnaden, avhengig av lokale forhold. Topografi, geografiske forhold og beliggenhet innvirker i stor grad på kostnadene og en oversikt over kostnaden er vist i tabell 18. Alle tall er oppgitt med en usikkerhet på +/- 40 %.

Tabell 18: Sammenligning kostnader mellom konseptene

På stasjon		
Stasjon, liten eller ingen bebyggelse	Ombygging av stasjon fra to til fire spor	Stasjon med 4 spor i bystrøk, vanskelige byggeforhold
493 712 500 kr	719 669 765 kr	1 238 250 000 kr
Ved stasjon og vilkårlig plassering		
Forbikjøringsspor, liten eller ingen bebyggelse	Ikke relevant	Forbikjøringsspor i bystrøk, vanskelige byggeforhold
143 795 750 kr	N/A	239 490 250 kr

Konseptene er til nå beskrevet ut fra en situasjon hvor man har et hastighetsprofil på 250 km/h. Dersom en tenker seg en situasjon hvor hastighetsprofilen er 200 km/h, ville konklusjonene sett noe annerledes ut, som vist i tabell 19.

Tabell 19: Oversikt over konseptene målt mot evalueringskriteriene, men hastighet 200 km/h

Konsept	Kapasitet	Reisetid	Sikkerhet	Arealer	Kostnader	Teknisk utforming
På stasjon	God. Tog som skal forbi kjøres kjører i avvik, mens tog som ikke skal stoppe kan holde max. hastighet.	Ingen reisetidstillegg for persontog	Akseptabel. Tiltak må iverksettes. Tog passerende plattform max. hastighet 100km/t.	Beslaglegger sentrumsarealer, boligarealer og industriarealer. Relativt arealkrevende	Dyrt. Tiltaket er 720 millioner kr	Avhengig av valgt utforming. Må ta hensyn til plattformer.
Ved stasjon	Akseptabel. I avvikssituasjon må persontog som skal forbi kjøres må stoppe to ganger på kort tid.	Ingen reisetidstillegg for persontog	Akseptabel, dersom tiltak må iverksettes. Tog passerende plattform max. Hastighet 200km/t.	Bra, relativt lite arealinngrep. Kan ta dyrkamark	Billig. Tiltaket er 288 millioner kr	Avhengig av valgt utforming.
Vilkårlig plassering	Akseptabel. I avvikssituasjon må persontog som skal forbi kjøres må stoppe to ganger.	Ingen reisetidstillegg for persontog	Akseptabel, dersom tiltak må iverksettes. Tog passerende plattform max. Hastighet 200km/t.	Bra, relativt lite arealinngrep. Kan ta dyrkamark	Billig. Tiltaket er 288 millioner kr	Avhengig av valgt utforming.

Den største forskjellen er det for konseptene *ved stasjon* og *vilkårlig plassering*. Dersom hastigheten for strekningen blir satt til 200 km/h, vil persontogene ikke lenger få et reisetidstillegg, som en følge av redusert hastighet forbi plattform. Dermed blir reisetiden tilfredsstillende for alle konseptene. I KVV-IC ble det fastslått at det for Intercity-tilbudet ville være av liten betydning dersom hastigheten ble redusert til 200 km/h (Jernbaneverket, 2012c). Det er ikke en del av oppgaven å vurdere hastigheten til parsellen, da denne er fastsatt av KVV-IC, men det er interessant å se at justeringen vil ha liten betydning for tilbudet, men kan ha stor innvirkning på hvilket konsept som burde velges.

Det er tydelig at forutsetningen som settes for en strekning, vil ha stor innvirkning på hvilket konsept man burde velge. Hvilke kriterier som vektlegges mest vil også ha stor innvirkning på valgt konsept, og disse må tydelig fremheves i arbeidet med et gitt prosjekt. I neste kapittel vil plasseringen av Stange forbi kjøringsspor bli vurdert, og i den vurderingen vil kapasitet, reisetid, sikkerhet og arealbruk vektlegges mest.

Kapittel 7. STANGE

I samarbeid med Jernbaneverket er det bestemt at det er forbikjøringsporet i forbindelse med Stange stasjon som skal prosjekteres. To ulike plasseringer er analysert, en på *selve stasjonen* og en *ved stasjonen*. Konseptet *vilkårligplassering*, ville ha sammenfalt omtrent der hvor forslag til *ved stasjonen* ble plassert.

Konseptene tar utgangspunkt i en hovedlinje utarbeidet av Jernbaneverket og forbikjøringssporene er utformet med basis i hovedlinjens geometri. Det bestemt at det skal benyttes 1:14R760 veksler, noe som medfører at forbikjøringssporene får en lengde på om lag 1230 meter, med en hastighet på 80 km/h. Ytterligere detaljer vil bli beskrevet ved detaljbeskrivningen av de ulike konseptene.

I kapittelet blir først opplevelser og inntrykk fra befaringen gjengitt, deretter vil de ulike konseptene bli belyst og vurdert.

Alle tegninger er vedlagt i eget tegningshefte.

7.1. ERFARING FRA BEFARING

Det ble utført en befaringsreise til Stange stasjon, samt holdt et møte i Hamar rådhus med de aktuelle kommunene den 6. Mars 2013. I vedlegg 4 ligger møtereferat og befaringsnotat fra de andre besøkte stasjonene, Hamar og Brumunddal.

Stange ligger omtrent 12 km sør for Hamar, har en relativt liten og kompakt sentrumskerne og er omringet av verdifulle jordbruksarealer. Hovedtankene fra befaringsreisen er:

- Det er relativt lite bebyggelse langs sporet, og det ser ut som det er plass til forbikjøringsspor på stasjon.
- En av de største utfordringene er Felleskjøpsiloen som ligger på høyre side, retning hamar (se figur 41).
- Det ligger en mindre veg parallelt med sporet på høyre side (retning Oslo), denne må muligens justeres noe (figur 42).
- På venstre side av sporet, retning Oslo ligger idrettshall og noe industriarealer.
- I forbindelse med stasjonen er det en undergang for gående og syklende.

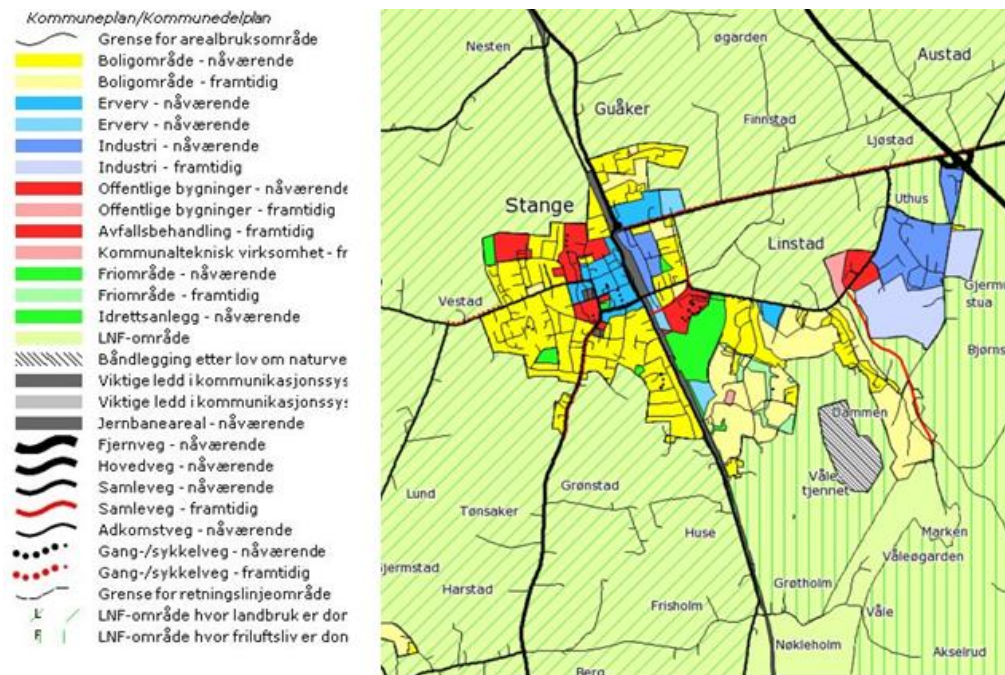


Figur 41: Stange stasjon, ser mot Hamar



Figur 42: Veg langs dagens trasé, ser mot Oslo

Som det fremgår av kommuneplankartet over Stange (Norkart AS, 2012), figur 43, består Stange sentrum i hovedsak av industriarealer (blå farge). Hovedvekten av boliarealene ligger på østsiden av sporet (gult), i tillegg til at det er et boligfelt nordvest for sentrum. Sør for stasjonen er det hovedsakelig dyrkamark og det er her et eventuelt forbikjøringsspor vil plasseres, dersom det ikke plasseres på stasjonen. Det vil her være nødvendig med en avveining mellom arealtypene, men kapasiteten vil være bestemmende.



Figur 43: Kommunedelplankart over Stange (Norkart AS, 2012)

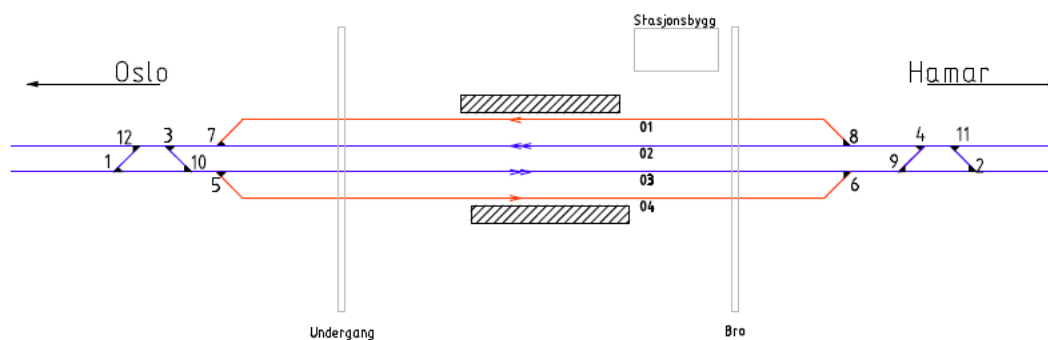
Da det i denne oppgaven er Stange stasjon er valgt ut til å bli prosjektert, og det er viktig å ta hensyn til både hva Jernbaneverket og Stange kommune legger vekt på. Fra møtet med Stange kommune den 6. Mars, ble det klart at kommunen ønsket:

- Plasseringen av stasjonen der den er i dag.
- Mente det var begrenset plass til å ha dobbeltspor og forbikjøringsspor, og lurte derfor på om det er mulig å plassere forbikjøringssporet sør for Stange, eventuelt på Sørli i forbindelse med den planlagte driftsbasen.
- I Stange og Brumunddal er man i større grad avhengig av bil, det vil si at det må tilrettelegges for parkeringsplasser. Dette vil igjen bli enda mer plasskrevende.

I følgende kapitler vil de to ulike konseptene bli belyst og det vil til slutt bli gitt en anbefaling.

7.2. PÅ STASJONEN

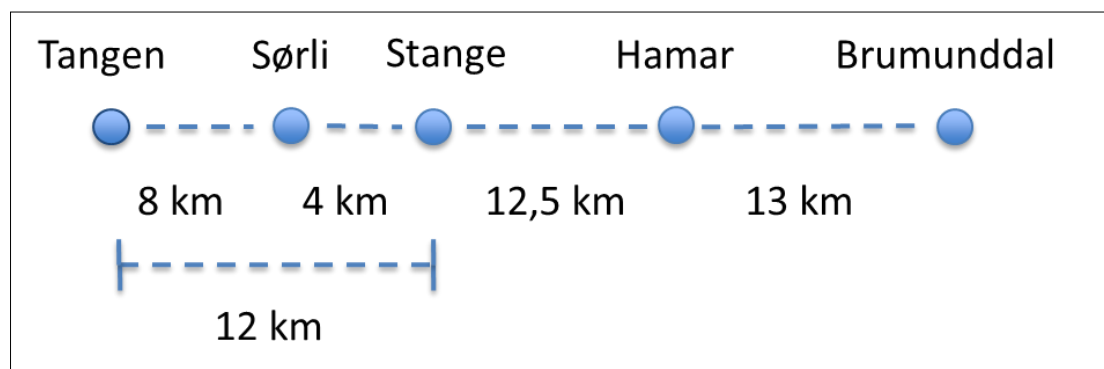
I kapittel 6 ble det sett på en rekke utforminger av forbikjøringsporene. På Stange stasjon er det i dag et plattformspor og et gjennomgående spor, og etter en vurdering ble utforming 1A, som vist i figur 44, vurdert som den mest hensiktsmessige utformingen på Stange stasjon. I figuren er også stasjonsbygget, undergangen og broen som går over veien markert. Det er laget en geografisk sporplan som ligger i vedlagt i tegningsheftet (C001-002). Ytterligere teknisk utforming vil bli diskutert i delkapittel 7.2.6.



Figur 44: Skjematiske sporplan Stange. Konsept på stasjon

7.2.1. Kapasitet

Dersom forbikjøringssporet plasseres på Stange stasjon, er det om lag 12,5 km mellom forbikjøringssporet på Tangen og 12 km til forbikjøringssporet på Hamar, se figur 45. Forbikjøringssporet vil altså ligge omtrent midt mellom de to andre stasjonene, som også skal ha forbikjøringsmuligheter. Dette er over målsettingen til Jernbaneverket, som er 10 km mellom hvert forbikjøringsspor, men likevel relativt nær målsettingen. At det er 12 km mellom Tangen og Stange og ikke 10 km, utgjøre en reisetid for godstog på 72 sekunder, som ansees for å være ubetydelig.



Figur 45: Avstander mellom tettsteder på parsellen Sørli-Brumunddal

Kapasitetsmessig vil avstanden ikke gi de store utslagene. I kapasitetsvurderingen til KVV-IC (Jernbaneverket, 2012g) er det lagt til grunn at det skal kunne gå ett godstog pr time i grunnruten. I utgangspunktet skal godstoget bli passert på Tangen og deretter ikke bli passert før på Hamar. Med et forbikjøringsspor hver 10 km, kan en legge til rette for at godstogene kan kjøre i puljer, innen for sin "slot". Dette kan bidra til en mer effektiv drift av godstogene.

7.2.2. Reisetid

Reisetiden til totalsystemet for persontog påvirkes ikke av at det plasseres et forbikjøringsspor på Stange stasjon. Tog som ikke skal stoppe på stasjonen kjører gjennom, mens tog hvor det er lagt inn stopp har mulighet til dette uten å påvirke øvrig trafikk.

Det vil si, reisetid IC-tog vil være 55 minutter som er kravet nevnt i kapittel 5.2.

7.2.3. Sikkerhet

Tog som kjører i avvik skal i all hovedsak stoppe og kan ikke kjøre raskere enn 80 km/h forbi plattform. Sikkerhetstiltakene på stasjonen vil følge punktene satt opp i kapittel 6.1.4:

- Skilting og merking av sikkerhetssone
- Varsling at tog kommer over høyttaleranlegg
- Plattformutforming etter reglene i Teknisk regelverk

Plattformenes bredde styres av type plattform, sikkerhetssonene og oppholdssonene. For Stange stasjon er det valgt å benytte seg av to sideplattformer og i henhold til teknisk regelverk er minste bredde for sideplattformer 2,5 meter (TK kapittel 530.14, punkt 2.5).

Det er hastigheten i plattformsporet som bestemmer bredden til sikkerhetssonen. I henhold til regelverket skal sikkerhetssonens bredde være 1 meter dersom man kan kjøre i 80 km/h, se figur 46.

Tillatt hastighet [km/h]	Si [m]
$V \leq 50$	0,5
$50 < V \leq 140$	1,0
$140 < V \leq 200$	1,5

Som beskrevet i kapittel 5.6 er oppholdssonens bredde blant annet avhengig av antall passasjerer som forventes på stasjonen. Det er estimert 23 antall ventende passasjerer på Stange i maksimal time (Myckland, 2013). Tallet er et beregnet ut fra den forventede års-døgntrafikken på 200 000 passasjerer. Dermed blir oppholdssonen 1,8 meter bred når man legger til gangplassen i henhold til TK kapittel 530.14 punkt 2.5.2. Total plattformbredde blir da 5,3 meter per plattform. Dagens plattform er 4 meter bred, noe som betyr at denne må utvides for å tilfredsstille kravet.

Figur 46: Tillatt hastighet i plattformspor. TK 530.14

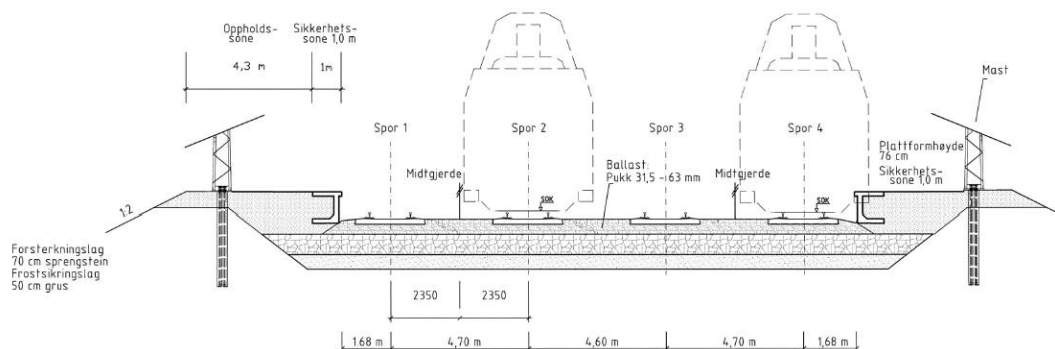
7.2.4. Arealbruk

I henhold til teknisk regelverk er minste sporavstand 4,40 meter på rett linje, for nye baner. På strekningen Kleverud- Sørli (parsellen sør for Sørli – Brumunddal) er det planlagt en sporbredde mellom hovedsporene på 4,6 meter (Jernbaneverket, 2012a). Dette begrunnes med "lettere vedlikehold", men med dagens moderne pakkemaskiner burde det ikke være et problem (disse benytter GPS og er svært nøyaktige). Det vil også bli mer kostbart med en sporbredde på 4,6 meter mot 4,4 meter og i denne oppgaven er det derfor lagt til grunn at sporbredde mellom hovedsporene er 4,4 meter.

Videre ble det i hovedplanen for Kleverud – Sørli bestemt at avstanden mellom hovedspor og forbikjøringsspor skal være 4,7 meter. Dette begrunnes med

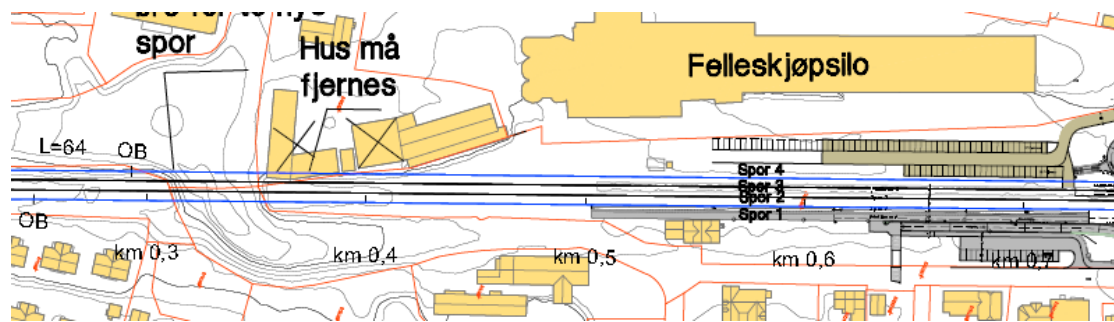
kravet i teknisk regelverk, kapittel 530.5 punkt 5.2, som sier at normal sporavstand der rullende materiell skal hensettes og driftsoppgaver i forbindelse med det rullende materiell skal utføres skal være 4,7 meter. På Stange stasjon skal ikke tog hensettes (kan skje i avvikssituasjoner), og det vil heller ikke være aktuelt at personer skal oppholde seg mellom sporene dersom tog skal kjøre i hovedspor med en hastighet på 250 km/t. Det vil derfor ikke være behov for større sporavstand enn 4,4 meter. Men det bør vurderes om det skal settes opp gjerder mellom hovedspor og forbikjøringsspor. Som vi vet fra kapittel 4.2.3, benytter man seg i Frankrike seg av gjerder mellom hovedspor og plattformspor med hensyn til både sikkerhet og støy. Fra Synergi, som er Jernbaneverkets egen innmeldingsportal for hendelser i jernbanenettet, er det meldt inn 16 hendelser om ulovlig ferdsel i sporet de siste 10 årene på Stange stasjon. Skadene vil være like fatale dersom en person blir truffet av toget i forbikjøringssporet, men personen som oppholder seg ulovlig har noe lenger reaksjonstid ettersom toget vil komme i en hastighet på 80 km/h mot 250 km/h i hovedsporet. Med bakgrunn i dette og erfaringene fra Frankrike anbefales det å sette opp gjerder mellom hovedspor og forbikjøringsspor.

Avstanden mellom hovedspor og forbikjøringsspor settes til 4,7 meter, slik som på strekningen Kleverud – Sørli. Dette medfører at bredden på sporene totalt sett blir 17,2 meter. Med plattformer blir total bredde $17,2 \text{ m} + (2 \times 5,3 \text{ m}) = 27,8 \text{ m}$. Med samtidig innkjøring blir sporets lengde 1227 meter fra stokksinne til stokkskinne (se kapittel 5.6.2). Totalt beslaglagt areal blir da om lag $23\,800 \text{ m}^2$. Avstanden mellom dagens plattform og parkeringsplassen på motsatt side er 16,7 meter, det vil si at plattformene må justeres eller flyttes. Eventuelt kan hovedlinjen justeres (flyttes mot parkeringsplassen), men man vil da komme i konflikt med Felleskjøpsiloen. Figur 47 viser forslag til hvordan normalprofilen på Stange stasjon vil kunne se ut.



Figur 47: Normalprofil Stange stasjon

Jernbanen går allerede i dag i bru over Storgata (både kryssingssporet og hovedsporet), og det må lages en ny bru for de to ekstra sporene som kommer som en følge av utbygningen. I tillegg må det fjernes et hus på høyreside, retning Hamar, se fra figur 48. Dersom hovedlinjen justeres, kan det gå utover en rekke bolighus på venstre side av sporet, og derfor anbefales det å flytte/fjerne det aktuelle huset. På grunn av forbikjøringssporenes bredde vil plattformen i tilknytning spor 1 måtte flyttes eller justeres, de samme gjelder for parkeringsplassen ved spor 4. Det er ellers ingen problemer med forbikjøringssporet.



Figur 48: Illustrasjon av hus som må fjernes

Nesten hele forbikjøringssporet vil ligge innenfor Jernbaneverkets egne grenser og i henhold til tabell 7 i kapittel 5.4, har dette arealet *liten* viktighetsgrad. Forbikjøringssporene vil beslaglegge om lag 2000 m² dyrkamark, som er lite i forhold til totalen. Dyrkamark har i henhold til tabellen viktighetsgrad 4, hvor 1 er viktig, mens 6 er lite viktig. Med unntak av huset som må fjernes, beslaglegger forbikjøringssporene lite by- eller industri-arealer. Med bakgrunn i dette ansees arealinngrepet for å være lite.

Jernbanen deler allerede i dag Stange sentrum i to, og selv om forbikjøringssporet gjør at bredden blir større, ansees ikke barriere-effekten å øke nevneverdig. Undergangen som i dag ligger sør for stasjonen vil bli opprettholdt, slik at man på en trygg måte kan krysse jernbanen.

7.2.5. Kostnader

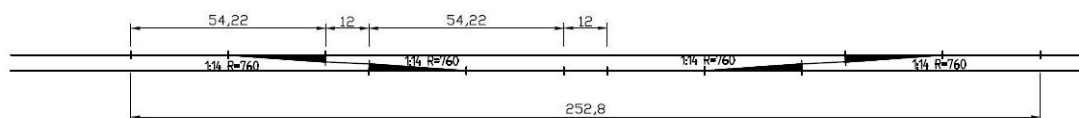
Stange stasjon skal ligge der den ligger i dag og kommer til å bli bygd om fra en stasjon med to spor til en stasjon med 4 spor, hvor to av sporene er plattformspor. I beregningen av kostnaden ligger det inne dobbeltspor med lengde 1750 meter, inkludert sporveksler, signal på stasjonen, samt plattformer på 250-400 meter. Dette stemmer omtrent overens med hvordan Stange stasjon kommer til å bli utformet. I tillegg er det lagt inn entreprenør-kostnader, byggherre-kostnader og kostnader til planlegging og prosjektering. Basert på erfaringsdataene finner en da at en ombygning av stasjonen vil koste omlag 720 millioner kroner (Jernbaneverket, 2013a). Tallene som blir presentert her vil ha en usikkerhet på +/- 40 %.

Da tallene fra Jernbaneverket er basert på en utbygning i Oslo-området, så er det trolig at summen på 720 millioner kroner ligger i øvre sjiktet av hva man kan forvente seg. På den annen side er det her tegnet inn sporforbindelser, som vil øke kostnadene noe, men dette vil være en liten del, sammenlignet med de totalkostnadene. En sporveksel koster om lag 5 millioner kroner. Kostnadene for å lage ei bru til de to nye sporene vil komme i tillegg, men denne kostnaden antas å gå inn under de 720 millioner kronene som anslått.

7.2.6. Teknisk utforming

Det valgte utformingen innebærer 12 sporveksler dersom man ønsker sporforbindelser, og 4 sporveksler dersom man ikke behøver sporforbindelser mellom hovedsporene. Det har kommet indikasjoner fra Jernbaneverket om at man ønsker å ha sporforbindelser for å sikre tilstrekkelig redundans i systemet, og det er derfor prosjektert med 12 sporveksler. Det bør imidlertid påpekes at dersom det ikke er behov for sporforbindelser, kan man legge til rette for at

man på et senere tidspunkt kan inkludere dette, dersom behovet skulle oppstår. Åtte ekstra sporveksler vil gi økt vedlikehold i fremtiden, og det er derfor viktig at man vurderer om det er behov for dem eller ikke. Totallengden på sporsløyfene vil være 252,8 meter og vist i figur 49.



Figur 49: Skjematisk fremstilling av sporsløyfer

Det er valgt å benytte seg av 1:14R760 veksler, som gir maksimal hastighet i forbikjøringssporet på 80 km/h. Årsaken til at man ikke benytter seg av en veksler som tillater 100 km/h, er at godstoget behøver 816 meter for å bremse (dette er med en stigning 1-5 ‰). For at godstoget skal klare å stoppe ved sikkerhetssonen, må det da begynne å bremse 200 meter etter at det har kommet inn i forbikjøringssporet. Det ble da ikke ansett som hensiktsmessig å ha en så stor veksler.

På grunn av hovedlinjens geometri vil det være behov for å benytte seg av kurveveksler i nordenden av forbikjøringssporene. Her ligger hovedsporet i en kurve med radius på 4000 meter. I utgangspunktet ønsker man ikke å benytte seg av kurveveksler, da disse krever mer vedlikehold. En annen konsekvens av at man benytter seg av kurveveksler er at man får redusert hastighet gjennom vekselen, som en følge av falsk overhøyde.

Sporveksler er et stivt element og må følge hovedsporets kurvatur. Dette medfører at sporvekselen får samme overhøyde som hovedsporet. Hovedsporet ligger i en kurve med radius på 4000 meter og har en hastighet på 250 km/h. Fra TK kapittel 530 vedlegg 1, har vi at normalkravet for overhøyden blir 90 mm og minimumskravet er 65 mm. I denne oppgaven er det valgt å benytte seg av minimumskravet.

Fra beregninger, se vedlegg 5, ble hastigheten i veksler 5 beregnet til 50 km/h og hastigheten i veksler 7 beregnet til 55 km/h. Tog som skal inn i avvik (sporveksler 5) skal hovedsakelig stoppe, noe som medfører at toget skal redusere hastigheten uansett. Derfor ansees det ikke å gi benevningsverdig reduksjon i kapasiteten at hastigheten i veksler 5 reduseres. Redusert hastighet i veksler 7, medfører at hele toget må passere gjennom vekselen før det kan begynne å akselerere. Dette er ugunstig med hensyn til kapasiteten, men blir heller ikke vurdert som et betydelig bidrag. Tabell 20 viser en oversikt over karakteristikken til sporvekslene i forbindelse med forbikjøringssporet.

Tabell 20: Sporveksler karakteristikk for Stange stasjon

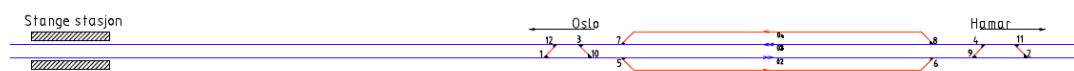
Sporveksler	Veksletype	Stigning	Radius i avvik [m]	Hastighet [km/h]	Overhøyde [mm]
5	Kurveveksler	1:14	638/760	50	65
6	Enkelrettet	1:14	760	80	-
7	Kurveveksler	1:14	896/760	55	65
8	Enkelrettet	1:14	760	80	-

Forbikjøringssporenes lengde blir i henhold til tabell 10 (i kapittel 5.6.2) 1227,5 meter fra stokkskinneskjøt til stokkskinneskjøt og vil ha en effektiv sporlengde på 1050 meter, inkludert sikkerhetssonene. Dette er tilstrekkelig med hensyn til hensetting av godstog med lengde på 750 meter. I tegningsheftet er både den skjematiske sporplanen (Y-001) og den geografiske sporplanen (C-001-002) vist.

Plattformens lengde vil være 250 meter da det ikke skal stoppe fjerntrafikk på stasjonen. Plattformen bredde ble beskrevet i delkapittel 7.2.3 om sikkerhet og vil ikke bli ytterligere beskrevet her.

7.3. VED STASJONEN

Det er valgt å lage et alternativ hvor forbikjøringssporene legges sør for Stange stasjon. Forbikjøringssporene vil da bli karakterisert som en egen forbikjøringsstasjon og vil trenge et eget signal og sikringsanlegg. Ved plassering ble det vurdert hvor det var best å ha sporet i forhold til geografiske og topografiske forhold på stedet og at sporet ikke kommer i konflikt med bebyggelsen. Den geografiske sporplanen for konseptet er vedlagt i tegningsheftet.

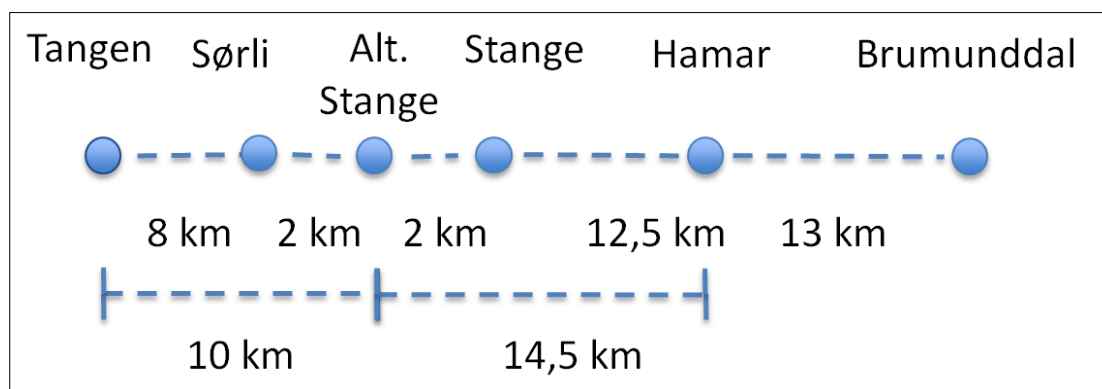


Figur 50: Skjematisk fremstilling av konsept ved stasjon

En forutsetning for konseptet er at det ikke vil være forbikjøringsspor på selve Stange stasjon, som vist i figur 50. Dette vil medføre at tog må kjøre med redusert hastighet gjennom stasjonen. Som vi vet fra kapitlet om konseptene, er maksimal hastighet forbi plattform satt til 200 km/h.

7.3.1. Kapasitet

Dersom forbikjøringssporet legges sør for Stange, er avstanden mellom Stange og Tangen på om lag 10 km, som er i henhold til Jernbaneverkets målsetning, se figur 51. Men, dersom forbikjøringssporet legges sør for Stange sentrum blir avstanden til Hamar stasjon 14,5 km. Dette er nesten 1,5 ganger så langt som Jernbaneverket ønsker at det skal være.



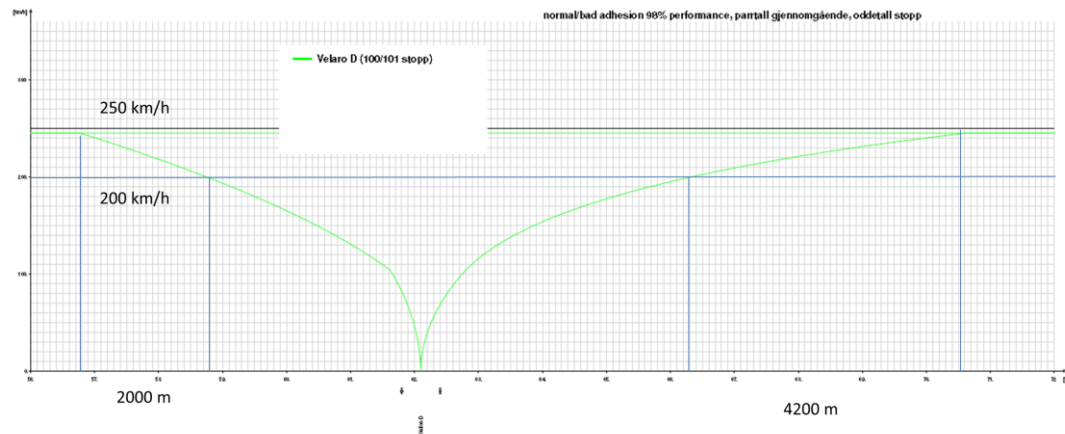
Figur 51: Avstander mellom forbikjøringsmuligheter, ved stasjon

Ved at tog som passerer plattformen må redusere hastigheten til 200 km/h, vil man redusere kapasiteten til systemet. Reisetidstillegget som oppstår vil bli beskrevet i delkapitlet under.

7.3.2. Reisetid

Det er i hovedsak godstog som vil bli forbikjørt og det er kun i avvikssituasjoner at persontog blir forbikjørt. Dersom man plasserer forbikjøringssporet 2 km fra stasjonen, representerer dette en forlengelse av reisetid på 72 sekunder lengre, eventuelt kortere, for et godstog med hastighet på 100 km/h. Dette tids-tillegget/tapet kan regnes som ubetydelig.

Men, persontogene får et betydelig reisetidstillegg ved at de må bremse ned til 200 km/h for å passere plattform og akselerere etter plattformen for å komme opp i toppfart. Fra figur 52 og formlene i kapittel 5.2 er reisetidstillegget beregnet til 1 minutter og 45 sekunder (se vedlegg 2). Dette medfører at total reisetid til Hamar blir om lag 57 minutter.



Figur 52: Reisetidstillegg

Et reisetidstillegg på 1 minutt og 45 sekunder kan virke lite, men reisetidstillegget skjer over den korte strekningen kun 13 km, som er kort i forhold til totallsystemets lengde. Dersom det også er flere stasjoner som velger dette konseptet vil reisetiden øke betraktelig.

7.3.3. Sikkerhet

Det er ikke plattformer i tilknytning til det nye forbikjøringsporet i dette konseptet, noe som reduserer risikoen for at personer skal komme til skade, ettersom det ikke er naturlig for personer å oppholde seg langs forbikjøringsporet.

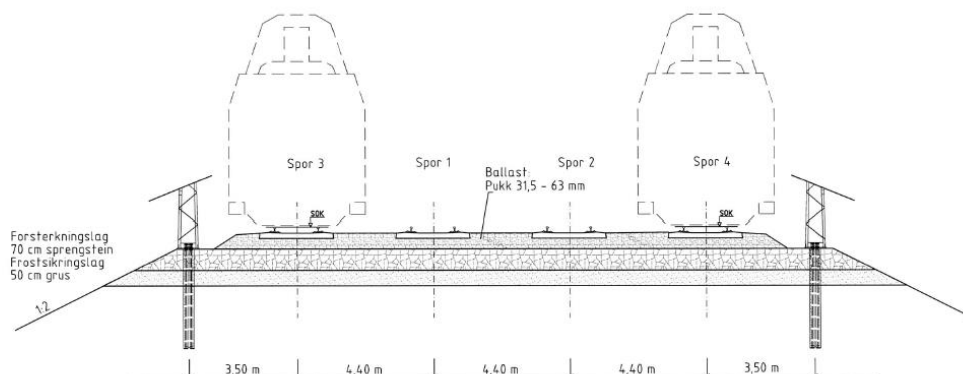
Men, når det ikke er forbikjøringsspor på stasjonen, vil tog passere plattformen med betydelig høyere hastighet enn i det andre konseptet, hvor maksimal hastighet i utgangspunktet var 80 km/h. Det anbefales derfor at det settes opp gjerder og at sikkerhetssonen markeres tydelig. Videre vil også sikkerhetssonen øke med 0,5 meter dersom tog skal passere med en hastighet på 200 km/h, se figur 46. Fra kapittel 6.3.3 om konseptene vet vi at anbefalte sikkerhetstiltak kan være:

- Breder sikkerhetssoner
- Skilting og merking av sikkerhetszone
- Varsling at tog kommer over høyttaleranlegg
- Fysisk avsperring mot toget

Sporveksler representerer alltid en viss avsporingsfare, men denne vil ikke være større eller mindre for dette konseptet, sammenlignet med det andre.

7.3.4. Arealbruk

Forbikjøringsporet er nå plassert i dyrkamark, og ligger i relativt flatt terreng. Siden man ikke trenger å ha plattformer, blir bredden til totallsystemet redusert til 19,4 meter (inklusive KL-master), se figur 53. Figuren viser hvordan normalprofilen til forbikjøringsporet vil kunne lages i henhold til regelen i teknisk regelverk. Som beskrevet i delkapittel 7.2.4, ble det bestemt at avstanden mellom hovedspor skulle settes til 4,4 meter. Siden forbikjøringsporet her ikke er tilknyttet plattform, er det bestemt at tilstrekkelig avstand mellom hovedspor (spor 1 og 2) og forbikjøringsspor (spor 3 og 4) er 4,4 meter.



Figur 53: Normalprofil ved Stasjon

Forbikjøringsporet vil beslaglegge om lag 23 800 m², dersom man tilrettelegger for samtidig innkjør. Dersom man ikke behøver samtidig innkjør, blir totalt beslaglagt areal 18 400 m².

Mesteparten av forbikjøringssporene vil ligge på Jernbaneverkets egen tomt, men deler av sporet blir lagt på viktige jordbruksarealer, om lag 4600 m². Som tidligere nevnt, oppfattet en det slik at kommunen ville prioritere industri- og boligarealer i sentrum av Stange frem for dyrka mark (Storbæk, 2013). Videre anses arealinngrepet etter tabell 10 kapittel 5.4 som lite.

7.3.5. Kostnader

Grunnlaget for kostnadene til dette konseptet baserer seg på at forbikjøringsporet ligger i et område som er ubebygget eller har liten bebyggelse. Ut fra dette grunnlaget blir prisen for ett forbikjøringsspor 144 millioner kroner og for begge blir kostnaden 288 millioner kroner (Jernbaneverket, 2013a).

I likhet med konseptet på stasjon, er disse prisene beregnet ut fra kostnadene i Oslo området og det er forventet at prisen er noe i det øvre prissjiktet. I forbindelse med forbikjøringsporet er det ingen hus som må fjernes, men deler av forbikjøringsporet ligger som nevnt på dyrkamark, som må kjøpes ut av tomteeieren. Dette er hovedsakelig en konsekvens av at man bygger ut dobbeltspor, og ikke en konsekvens av forbikjøringsporet alene.

7.3.6. Teknisk utforming

Ved valg av sporveksler vurderes det som hensiktsmessig å benytte 1:14R760 veksler, som tillater en hastighet på 80 km/h. Som vi vet fra evalueringskapittelet, er det da godstogets lengde som blir dimensjonerende. I likhet med konseptet *på stasjon* blir den effektive lengden 1050 meter, med sikkerhetssonene. Dette er tilstrekkelig med hensyn til hensetting av godstog med lengde på 750 meter.

På grunn av hovedlinjens geometriske utforming er det kun benyttet seg av kurveveksler. Hovedlinjen har en radius på 4000 meter i nordenden av forbikjøringsporet og 7000 meter i sørenden av forbikjøringsporet. Dette medfører at overhøyden blir henholdsvis 65 mm og 40 mm, etter reglene i TK kapittel 530 vedlegg 1. Oversikt over karakteristikkene til sporvekslene er vist i tabell 21. Utregningene er vist i vedlegg 5.

Tabell 21: Sporveksel karakteristikker for forbikjøringsporet ved Stange

Sporveksel	Vekseltipe	Stigning	Radius i avvik [m]	Hastighet [km/h]	Overhøyde [mm]
5	Kurveveksel	1:14	638/760	50	65
6	Kurveveksel	1:14	685/760	55	40
7	Kurveveksel	1:14	938/760	50	65
8	Kurveveksel	1:14	852/760	60	40

Som vi ser i tabell 21 får vi en betydelig hastighetsreduksjon på grunn av kurvevekslene. Hovedlinjen som er benyttet er foreløpig bare på skissestadiet, og ved eventuelle justering av geometrien kan linjen rettes ut på det aktuelle området, slik at man ikke behøver å bruke kurve veksler. Denne avgjørelsen vil bli tatt i senere planfaser, men dersom forbikjøringsporet plasseres ved Stange stasjon, anbefales det å vurdere dette nærmere. Videre kan man også vurdere å sette inn større kurveveksler for å øke hastigheten dersom man ikke kan endre geometrien til hovedlinjen.

Som for forbikjøringsporet på stasjonen vil sporsløyfene ha en utstrekning på 252,8 meter. Som tidligere beskrevet behøver ikke disse å bli bygget i første omgang, men kan settes inn på senere tidspunkt. Sporsløyfene er ikke vist i den geografiske sporplanen.

7.4. OPPSUMMERING

Det er fordeler og ulemper med begge konseptene og tabell 22 viser en oppsummering av konseptene med hensyn til evalueringskriteriene.

Tabell 22: Sammenligning konseptene *på* og *ved* Stange stasjon

Evalueringskriterier	På Stange stasjon	Ved Stange stasjon
Kapasitet/pålitelighet	Tilfredsstilt	Redusert
Reisetid	Tilfredsstilt	Dårlig, 1 min og 45 sek i reisetidstillegg
Sikkerhet	OK, dersom man iverksetter tiltak	OK, dersom man iverksetter tiltak
Arealinngrep	OK- men må flytte hus. Ca. 23 800 m ²	Bra, små inngrep. Ca. 18 400 m ²
Kostnader	Dyrt, 720 millioner	Bra, 288 millioner
Teknisk utforming	Bra, 2 kurveveksler, 12 veksler totalt.	Ok, 4 kurve veksler, 12 veksler totalt

Fra tabellen kommer konseptet *på stasjon* best ut. Hovedårsaken til dette er at evalueringskravene kapasitet og reisetid, er vektlagt tyngst. Ved å plassere forbikjøringsporet *ved stasjonen* oppstår det et uakseptabelt reisetidstillegg. Dersom man skal bygge en bane for fremtiden ansees det som en stor svakhet at IC-tog må kjører med redusert hastighet gjennom Stange stasjon. Særlig gjelder dette med tanke på den forventede trafikkveksten på strekningen, og at man i fremtiden skal ha mulighet for en eventuell utbygning til høyhastighetsbane.

Konseptene kommer lik ut i forhold til sikkerhetskriteriet. Begge vil få tilfredsstillende sikkerhet dersom tiltakene diskutert iverksettes. På grunn av det relativt lave antallet passasjerer på Stange, kan det være tilstrekkelig med høyttaler-varsling og skilter som advarer mot at passerer tog plattformen i høy hastighet. Men, dersom forbikjøringsporet plasseres *ved stasjonen* anbefales det likevel å sette opp gjerder mellom sikkerhetssonen og oppholdssonen, slik det var gjort i Tyskland (som beskrevet i kapittel 4.2.2). Ved senere planfaser må det utføres en detaljert sikkerhetsanalyse av stasjonen.

Konseptet *ved stasjon* har betydelig mindre arealinngrep enn det *på stasjonen*. Hovedårsaken til dette er at man ved stasjon ikke behøver å ta hensyn til plattformbredden, da det ikke skal være plattformer tilknyttet forbikjøringsporet. Hvordan man oppfatter betydningen av ulike arealer, kan være svært subjektivt (se evalueringskapittelet). Ut fra samtaler med kommunen fikk kandidaten inntrykk av at kommunen fortrakk at sporet ble plassert på dyrka mark mot sentrumsarealer (Storbæk, 2013). Størrelsen av tilgjengelige arealer og typer areal vil også ha en innvirkning på kostnadene.

Dersom forbikjøringsporet plasseres *på stasjonen*, blir det betydelig dyrere enn om man plasserer det *ved stasjonen*. Kostnaden blir nesten 2,5 ganger så dyr. Det bør påpekes at kostnadsberegningen kun er estimerer og har en usikkerhet på +/- 40 %. Den tekniske utformingen vil også ha innvirkning på kostnadene. I rund-summen var et fast antall sporveksler lagt inn og størrelsen på veksle ble

ikke kommentert. Videre vil en endring i hovedlinjens geometri kunne påvirke kostnadene noe. Som beskrevet tidligere er kostnadene oppgitt i denne oppgaven er kun estimater, og ved detaljplanleggingen kan prisene ha endret seg. Men det er grunnlag for å anta at konseptet *på stasjon* vil være dyrere likevel.

Den tekniske utformingen til konseptene er også relativt lik. I begge tilfeller er hovedsporene lagt i midten mens forbikjøringssporene ligger ut til sidene. Hastigheten i forbikjøringssporene vil variere på grunn av at det er benyttet kurveveksler. Konseptet *ved stasjonen* har kun kurveveksler, og vil da kreve mer vedlikehold enn konseptet *på stasjonen*. Men, som tidligere beskrevet vil en justering i hovedlinjens geometri kunne bidra til å rette ut avsnittet hvor forbikjøringssporet er lagt og man vil dermed kunne bruke vanlige sporveksler.

7.5. ANBEFALING

Ved anbefalingen av plasseringen til forbikjøringssporene, må man vurdere hele strekningen og ikke forbikjøringssporet isolert. Med de foregående vurderingene lagt til grunn, anbefales det å legge forbikjøringssporet *på stasjonen*. Hovedårsaken til dette er kapasitet og reisetidsvurderingen. Fra tabell 4 i metodekapittelet og i henhold til KVV-IC skal kapasitet og reisetid vektlegges tyngst, og et reisetidstillegg på 1 minutt og 45 sekunder ansees som uakseptabelt, og konseptet *på stasjonen* må forkastes.

Selv om forbikjøringssporet *på stasjonen* vil bli om lag 2,5 ganger så kostbart som det *ved stasjonen*, og har betydelig større arealinngrep, er det kapasiteten og reisetiden som er bestemmende. Hadde man sett på forbikjøringssporet isolert, ville utslaget kunne ha blitt annerledes, da arealinngrep og kostnader hadde blitt vektlagt høyere. Det bør også påpekes at dersom hastigheten til strekningen var 200 km/h ville konseptet *ved stasjonen* kommet best ut.

Siden forbikjøringssporene i konseptet *på stasjonen* hovedsakelig ligger innenfor Jernbaneverkets egne grenser vil ikke kommunen miste viktige arealer til bolig og industri-utvikling. Kommunens ønsker ansees derfor som tilfredsstillende.

Kapittel 8. SAMLET VURDERING

I dette avsnitt vil en oppsummering av de viktigste funnene i oppgaven gitt, samt en anbefaling for videre arbeid. I oppgaven har hvert kapittel blitt oppsummert, så her vil kun det viktigste bli bemerket.

8.1. HOVEDFUNN

Gjennom arbeidet med oppgaven er det utarbeidet tre ulike konsepter som kan brukes som en generell retningslinje ved prosjektering av forbikjøringsspor. Oppgavens har sitt utgangspunkt i Intercity-utbygningen, men konseptene er generelle og kan benyttes ved andre type prosjekt. Tabell 23 viser en oppsummering av sjekkpunktene fra kapittel 6.

Tabell 23: Oppsummering av sjekkpunkter

Forbikjøringssporet bør plasseres:		
På stasjon	Ved stasjon	Vilkårlig plassering
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Stasjonene er plassert nære hverandre. <input type="checkbox"/> Dersom de fleste eller alle tog skal stoppe på stasjonene. <input type="checkbox"/> Høy hastighet på strekningen. <input type="checkbox"/> Det er mye tilgjengelig areal på og rundt stasjonen. 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Det er lite tilgjengelige arealer på stasjonsområdet. <input type="checkbox"/> Lav hastighet (i dette tilfellet, 200 km/t eller lavere). <input type="checkbox"/> Ønske om at godstog ikke skal stå ved plattform. <input type="checkbox"/> Lav budsjettramme. 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Det er lite tilgjengelige arealer på stasjonsområdet. <input type="checkbox"/> Lav hastighet (i dette tilfellet, 200 km/t eller lavere). <input type="checkbox"/> Ønske om at godstog ikke skal stå ved plattform. <input type="checkbox"/> Lav budsjettramme.

Opgaven har vist at det er vanskelig å lage en generell retningslinje for plasseringen av forbikjøringsspor. Men, oppgaven belyser derimot ulike elementer som bør vi vurdert ved prosjekteringen av forbikjøringsspor. Hvilke evalueringskrav som vil være avgjørende er avhengig av det aktuelle prosjektet. I arbeidet med oppgaven ble det lagt størst vekt på kapasitet, reisetid og sikkerhet.

Gjennom arbeidet med oppgaven har man forsøkt å svare på om det er best å plassere forbikjøringssporet på stasjonen slik Jernbaneverket i utgangspunktet ønsket i KVU-IC. Det har vist seg at man ikke kan gi et entydig svar på spørsmålet. Fra kapittel 6 så vi at hvilke forutsetninger og betingelsene som blir satt for et prosjekt kan gi store utslag for anbefalingen. Denne oppgaven er utarbeidet med forutsetningen om en hastighet på 250 km/h, og det ble da klart at konseptet *på stasjonen* kom best ut. Hadde hastigheten for strekningen vært 200 km/h derimot, hadde anbefalingen blitt annerledes. Da viste deg seg at konseptene *ved stasjon* og *vilkårlig plassering* var de bedre alternativene.

Basert på evalueringskravene og retningslinjene ble det anbefalt å legge Stange forbikjøringsspor *på stasjonen*. Det ble også bemerket at dersom hastigheten på strekningen var satt til 200 km/h ville konseptet *ved stasjonen* bli anbefalt.

8.2. VIDERE ARBEID

For videre utvikling av konseptene anbefales at det lages en generell veileder for hvordan konseptene skal vurderes og hvilke evalueringskrav som skal legges til grunn. Enten som en egen rapport eller som et tillegg i regelverket. Videre bør evalueringskriteriene selv vurderes ytterligere og det bør lages rammer for hvordan de skal vektlegges. Et rammeverk for utforming og tilknyttede sikkerhetstiltak bør også lages.

Stange forbikjøringsspor må detaljplanlegges og data om grunnforhold og lignende må samles inn. Forbikjøringssporene er avhengig av hvor hovedlinjen blir plassert og når plasseringen av denne er bestemt kan man gå videre med planleggingen av forbikjøringssporene. Dersom hovedsporets geometri ikke kan rettes ut, slik at man må benytte seg av kurveveksler anbefales det at det i senere planfaser gjennomføres en grundig vurdering av sporveksel størrelse.

LITTERATURLISTE

- BERNHEIM, A. 2002. The hard-fought battles of French High-Speed Rail to establish itself. *Revue Général des Chermans de Fer, 20 yeras og TGV Services, Special Issue in English*, 10.
- DALLAND, O. 2012. *Metode og oppgaveskrivning*, Gyldendal Norske Forlag AS.
- DB PROSJEKTBAU 2006. Passasjerneskyttelse, Ruten Hamburg-Berlin. Tiltak for passering av plattformer med hstighet < 230 km/t.
- DET NORSKE VERITAS 2002. Passering av plattform i høyhastighet. Risikovurdering og endringsanalyse for Lillestrøm stasjon og Eidsvoll Verk holdeplass. 01 ed.
- DEVAUX, G. 2002. Mediterranean high-speed line operation. *Revue Général des Chermans de Fer, 20 years of TGV Service, Special Issue in English*, 16.
- FREMAUX, F. & NOÉ, A. 2002. SNCF's TGV Safety System. *Revue Général des Chermans de Fer, 20 years of TGV Service*, 9.
- HEDEMARK FYLKESKOMMUNE 2009. Fylkesdelplan for samordnet miljø-, areal- og transportutvikling (SMAT) i 6 by og tettsteder og 2 næringsområder i Hamarregionen 2009-2030.
- HOLOM, F. 2012. Forelesningspresentasjon Sporveksler.
- JERNBANEVERKET 2007. Godstransport på bane. Jernbaneverkets strategi. www.jernbaneverket.no.
- JERNBANEVERKET 2012a. Hovedplan for Dovrebanen Eidsvoll - Hamar, Parsell Kleverud-(Sørli). Jernbaneverket Utbygging.
- JERNBANEVERKET 2012b. InterCity - Gjør Østlandet til ett arbeidsmarked. In: JERNBANEVERKET (ed.). www.jernbaneverket.no.
- JERNBANEVERKET 2012c. Konseptvalgutredning for IC-strekningen Oslo - Lillehammer. Jernbaneverket.
- JERNBANEVERKET 2012d. KVV InterCity, Felles kapasitetsmessige forhold for de banevise dokumentene.
- JERNBANEVERKET 2012e. Mer på skinner. In: JERNBANEVERKET (ed.). www.jernbaneverket.no; Jernbaneverket.
- JERNBANEVERKET 2012f. Sikkerhetshåndboken- sikkerhetsstyring i Jernbaneverket.
- JERNBANEVERKET 2012g. Tilbudskonsepter, kjøretider, kapasitetsvurderinger for KVV InterCity. Jernbaneverket: Jernbaneverket.
- JERNBANEVERKET 2012h. Ås forbikjøringsspor. In: SOMMER, T. V. (ed.).
- JERNBANEVERKET 2012i. Ås forbikjøringsspor Fagnotat Overbygning. Jernbaneverket: Plan og Utvikling.
- JERNBANEVERKET 2013a. Estimerte kostnader for Jernbaneutbygging (konfidensielle).
- JERNBANEVERKET 2013b. *Håndbok for estimering av kostnader for investeringstiltak*, Jernbaneverket, Jernbaneverket.
- JERNBANEVERKET 2013c. Presentasjon av kostnadsestimering. In: VENBAKKEN, A. (ed.). Jernbaneverket.
- JERNBANEVERKET 2013d. Teknisk regelverk. <https://trv.jbv.no/wiki/Hovedside>: Jernbaneverket.
- JÄNSCH, D.-I. E. 2008. High Speed Rail Transport in Germany. *RTR Special, The German High Speed Rail System*, 110.

- KTH, K. T. H., NELLDAL, B.-L., LINDFELDT, A. & LINDFELDT, O. 2009. Kapacitetsanalys av järnvägsnätet i Sverige.
- MYCKLAND, H. 2013. *RE: Passasjerer på Stange stasjon*.
- NORDLI, E. 14.05.12 2013. *RE: Stasjonsutforming*.
- NORKART AS 2012. GISLINE. GISLINEwebinnsyn 2.1.11 ed.
http://82.147.38.118/GISLINEWebInnsyn_hedmarken/Map.aspx?srs=EPSG:32632&x=6743744,2&y=614063,54&scale=37400&mapTheme=kplan
- OLSSON, N. 2011. *Praktisk rapportskrivning*, Trondheim, Tapir Akademiske Forlag.
- OLSSON, N. & VEISETH, M. 2011. *Jernbanetraffikk*, Trondheim, Tapir Akademiske Forlag.
- RAMBØLL 2012. KVV IC Dovrebanen Vurdering av stasjons- og knutepunktsutvikling. Rambøll.
- SENTRALBYRÅ, S. 2012a. *Areal og befolkning i tettsteder, etter tettsted, tid og statistikkvariabel, Brumunddal* [Online]. Statistisk sentralbyrå. Available: http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default_FR.asp?PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selectvarval/define.asp&Tabellid=04859 [Accessed 06.02 2013].
- SENTRALBYRÅ, S. 2012b. *Areal og befolkning i tettsteder, etter tettsted, tid og statistikkvariabel, Hamar* [Online]. Statistisk Sentralbyrå. Available: http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default_FR.asp?PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selectvarval/define.asp&Tabellid=04859 [Accessed 06.02 2012].
- STORBÆK, I. 21.05.2013 2013. *RE: Forbikjøringsspor i Stange*.
- TRAFIKVERKET 2010. Förstudie, Västra stambanan Göteborg - Skövde, Punktinsatser för effektivare tågtrafik, Förbigångsspår i Torp/Algustgården. www.trafikverket.se: Trafikverket.
- TRAFIKVERKET 2011a. Förstudie Tjörnarp-Sösådala - Pågatåsstation i Tjörnarp & förbigångsspår i Tjörnarp-Sösådala. www.trafikverket.se: Trafikverket.
- TRAFIKVERKET 2011b. Förstudie Tjörnarp-Sösådala -Pågatåsstation i Tjörnarp & förbigångsspår Tjörnarp-Sösådala. *In: ULVESTAD, S. (ed.)*. www.trafikverket.se.
- TRAFIKVERKET 2012. Planbeskrivning till järnvägsplan, Förbigångsspår mellan Tjörnarp och Sösådala. www.trafikverket.se: Trafikverket.
- TRAFIKVERKET. 2013. *Frågor och svar om Ostlänken* [Online]. <http://www.trafikverket.se/Privat/Projekt/Stockholm/Ostlanken/Fragment-och-svar-om-Ostlanken/>: Trafikverket. [Accessed 27.05.2013 2013].
- TRANSPORTFORSKNINGSINSTITUTET, V.-O. 1993. Plattformssäkerhet: Svenska erfarenheter av säkerhetsproblem i samband med passerande tåg. *In: LINDBERG, E. (ed.) VTI notat*. Väg- och Transportforskningsinstitutet.
- TRANSPORTØKONOMISK INSITUTT 2011. Den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2009 - nøkkelrapport. *In: VÅGANE, L., BRECHAN, I. & HJORTHOL, R. (eds.)*.
- VISTA, U. 2002. Utforming av kollektivknutepunkter.
- VÅG- OCH TRAFIK-INSTITUTET 1987. Plattformssäkerhet. *In: FREDÉN, S. (ed.)*. Väg- och Trafik-Institutet: Trafikan- og fordonsavdelingen.

VEDLEGG

VEDLEGG 1: OPPGAVETEKST

MASTEROPPGAVE (TBA4940 VEG, masteroppgave)

VÅREN 2013

for

Stud techn. Gunn Pedersen Ødegaard

Forbikjøringsspor på IC-strekninger -

Utredning av konsepter

BAKGRUNN

Det er ventet en betydelig befolkningsøkning i østlandsområdet frem mot 2040. For å møte trafikkveksten er det behov for store investeringer og utbygninger innen jernbanesektoren. Utbyggingen av Intercity-trafikken vil knytte byene på Østlandet tettere sammen og gjøre dagpendling mellom dem enklere.

I konseptvalgutredningen for IC-strekningen Oslo – Lillehammer er det anbefalt dobbeltspor på hele strekningen og en dimensjonerende hastighet på 250 km/t med forbikjøringsspor på stasjonene. I dagens anbefaling vil også dagens bane legges ned.

På strekningen Sørli – Brumunddal er ikke dobbeltspor-traséen ennå avklart. Plasseringen av forbikjøringssporene på strekningen er ikke fastsatt, og det anbefales i KVVU'en at forbikjøringssporene legges på stasjonene. Dette strider mot hva kommunene ønsker. De ser seg bedre tjent med at forbikjøringssporene plasseres utenfor dagens stasjon. Hele strekningen Sørli – Brumunddal er i dag enkeltsporet bane med kryssingsspor.

Det finnes ingen lignede forbikjøringsspor i Norge hittil, og derfor er det lite eller ingen informasjon og litteratur om utforming og utfordring med forbikjøringsspor på IC-strekninger konstruert for 250 km/h. Dagens bane skal håndtere blandet trafikk (både gods-, regional- og lokaltog), og forbikjøringsspor vil derfor være nødvendig for at den ønskede kapasiteten skal tilfredsstilles på de nye banestrekningene. Forbikjøringssporet skal tilfredsstillere kravet til passering av godstog med lengde på inntil 750 meter.

OPPGAVE

Beskrivelse av oppgaven

Jernbaneverket ønsker å få vurdert og utarbeidet forslag til konsepter for plassering av forbikjøringsspor på IC-strekningene på Østlandet generelt og på parsellen Sørli – Brumunddal spesielt. På bakgrunn av prosjektbestillingen fra jernbaneverket ønskes følgende punkter kartlagt:

- Et litteraturstudium av løsninger med forbikjøringsspor hvor det er benyttet en hastighet over 200 km/t.
- Utvikling av forskjellige konsepter for plassering av forbikjøringsspor:
 4. På stasjonen
 5. Like utenfor stasjonen
 6. Hvor som helst på strekningen
- Med bakgrunn i forslagene skal konsekvensene av de ulike konseptene vurderes og munne ut i en anbefaling med hensyn til
 7. Kapasitet og pålitelighet
 8. Reisetid
 9. Arealbruk
 10. Sikkerhet
 11. Kostnad
 12. Teknisk utforming av forbikjøringssporet
- Det skal lages en rapport med vurdering av konseptene for forbikjøringssporene og anbefalinger av plassering og utforming. Videre skal forbikjøringsspor ved Stange vurderes og prosjekteres. Alternativene skal tegnes ut i et hensiktsmessig detaljnivå.

Krav og rammebetingelser til prosjektleveranse

Dimensjonerende hastighet: 250 km/t

Maksimal lengde på godstog: 750 meter

Målsetting og hensikt

Formålet med oppgaven er å belyse de ulike konseptene og at oppgaven kan brukes som en veileder på utbygging av IC-strekningen Sørli - Brumunddal og andre prosjekter med lignede utfordringer. Gjennom litteraturstudiet er det ønskelig å bygge opp et teoretisk grunnlag for å kunne beskrive positive og negative sider ved de ulike konseptene, slik at anbefalingen som blir gitt er dannet på et solid grunnlag.

Deloppgaver og forskningsspørsmål

Basert på problemstillingen og hensikten med oppgaven er følgende deloppgaver og forskningsspørsmål utformet:

- Utarbeide og vurdere konsepter for forbikjøringsspor
 - Er det mulig å lage en generell retningslinje for konseptene?
 - Er det best å plassere forbikjøringssporene på stasjonen slik Jernbaneverket foreslår?
- Utføre en “case-studie” av plasseringen av Stange forbikjøringsspor ved å bruke de generelle konseptstudiene som er utarbeidet tidligere i oppgaven.
- Prosjektere Stange forbikjøringsspor.

GENERELT

Oppgaveteksten er ment som en ramme for kandidatens arbeid. Justeringer vil kunne skje underveis, når en ser hvordan arbeidet går. Eventuelle justeringer må skje i samråd med faglærer ved instituttet.

Ved bedømmelsen legges det vekt på grundighet i bearbeidingen og selvstendigheten i vurderinger og konklusjoner, samt at framstillingen er velredigert, klar, entydig og ryddig uten å være unødig voluminøs.

Besvarelsen skal inneholde

- standard rapportforside (automatisk fra DAIM, <http://daim.idi.ntnu.no/>)
- tittelside med ekstrakt og stikkord (mal finnes på siden <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>)
- sammendrag på norsk og engelsk (studenter som skriver sin masteroppgave på et ikke-skandinavisk språk og som ikke behersker et skandinavisk språk, trenger ikke å skrive sammendrag av masteroppgaven på norsk)
- hovedteksten
- oppgaveteksten (denne teksten signert av faglærer) legges ved som Vedlegg 1.

Besvarelsen kan evt. utformes som en vitenskapelig artikkel for internasjonal publisering. Besvarelsen inneholder da de samme punktene som beskrevet over, men der hovedteksten omfatter en vitenskapelig artikkel og en prosessrapport.

Instituttets råd og retningslinjer for rapportskriving ved prosjektarbeid og masteroppgave befinner seg på <http://www.ntnu.no/bat/studier/oppgaver>.

Hva skal innleveres?

Rutiner knyttet til innlevering av masteroppgaven er nærmere beskrevet på <http://daim.idi.ntnu.no/>.

Trykking av masteroppgaven bestilles via DAIM direkte til Skipnes Trykkeri som leverer den trykte oppgaven til instituttkontoret 2-4 dager senere. Instituttet betaler for 3 eksemplarer, hvorav instituttet beholder 2 eksemplarer. Ekstra eksemplarer må bekostes av kandidaten/ ekstern samarbeidspartner.

Ved innlevering av oppgaven skal kandidaten levere en CD med besvarelsen i digital form i pdf- og word-versjon med underliggende materiale (for eksempel datainnsamling) i digital form (f. eks. excel). Videre skal kandidaten levere innleveringsskjemaet (fra DAIM) hvor både Ark-Bibl i SBI og Fellestjenester (Byggsikring) i SB II har signert på skjemaet. Innleveringsskjema med de aktuelle signaturene underskrives av instituttkontoret før skjemaet leveres Fakultetskontoret.

Dokumentasjon som med instituttets støtte er samlet inn under arbeidet med oppgaven skal leveres inn sammen med besvarelsen.

Besvarelsen er etter gjeldende reglement NTNUs eiendom. Eventuell benyttelse av materialet kan bare skje etter godkjenning fra NTNU (og ekstern samarbeidspartner der dette er aktuelt). Instituttet har rett til å bruke resultatene av arbeidet til undervisnings- og forskningsformål som om det var utført av en ansatt. Ved bruk ut over dette, som utgivelse og annen økonomisk utnyttelse, må det inngås særskilt avtale mellom NTNU og kandidaten.

Avtaler om ekstern veiledning, gjennomføring utenfor NTNU, økonomisk støtte m.v.

Det er inngått avtale med Jernbaneverket som stiller med ekstern veileder/kontaktperson og vil dekke eventuelle reiseutgifter i forbindelse med oppgaven. Etter innlevert oppgave får studenten utbetalt et stipend på kr. 15 000,-.

Helse, miljø og sikkerhet (HMS):

NTNU legger stor vekt på sikkerheten til den enkelte arbeidstaker og student. Den enkeltes sikkerhet skal komme i første rekke og ingen skal ta unødige sjanser for å få gjennomført arbeidet. Studenten skal derfor ved uttak av masteroppgaven få utdelt brosjyren "Helse, miljø og sikkerhet ved feltarbeid m.m. ved NTNU".

Dersom studenten i arbeidet med masteroppgaven skal delta i feltarbeid, tokt, befarings, feltkurs eller ekskursjoner, skal studenten sette seg inn i "Retningslinje ved feltarbeid m.m.". Dersom studenten i arbeidet med oppgaven skal delta i laboratorie- eller verkstedarbeid skal studenten sette seg inn i og følge reglene i "Laboratorie- og verkstedhåndbok". Disse dokumentene finnes på fakultetets HMS-sider på nettet, se <http://www.ntnu.no/ivt/adm/hms/>. Alle studenter som skal gjennomføre laboratoriearbeid i forbindelse med prosjekt- og masteroppgave skal gjennomføre et web-basert TRAINOR HMS-kurs. Påmelding på kurset skjer til sonja.hammer@ntnu.no

Studenter har ikke full forsikringsdekning gjennom sitt forhold til NTNU. Dersom en student ønsker samme forsikringsdekning som tilsatte ved universitetet, anbefales det at han/hun tegner reiseforsikring og personskadeforsikring. Mer om forsikringsordninger for studenter finnes under samme lenke som ovenfor.

Oppstart og innleveringsfrist:

Arbeidet med oppgaven startet 14. januar 2013. Besvarelsen skal leveres i henhold til beskrivelsen foran innen 10. juni 2013.

Faglærer ved instituttet: Førsteamanuensis II Alf Helge Løhren

Veileder(eller kontaktperson) hos ekstern samarbeidspartner: Trygve Sørbø
Kvarme

Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU
Dato: 10.06.2013

Underskrift

Faglærer

VEDLEGG 2: REISETIDTILLEGG

For å beregne reisetidstillegget er formlene under benyttet.

$$v = v_0 + at \quad (1)$$

$$2as = v^2 + v_0^2 \quad (2)$$

Ved å sette formel 1 inn i formel 2, får man følgende uttrykk for reisetidstillegget:

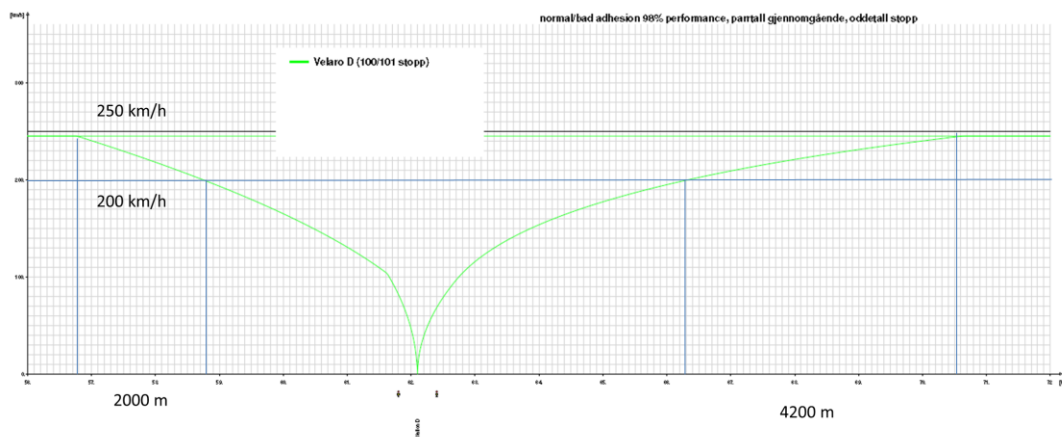
$$t = \frac{2s}{v+v_0} \quad (3)$$

Tabell 1 viser oversikten over reisetidene. Utregningen vises under.

Tabell 24: Oppsummering av resultatene

Hastighet	Redusert hastighet	Total	Min	Sek
250	160	180,15	3,00	15,00
250	200	107,10	1,00	47,10
250	210	84,26	1,00	24,26

REDUKSJON FRA 250 KM/H TIL 200 KM/H



Figur 54: Reduksjon fra 250 km/h til 200 km/h

Figur 1 ble benyttet ved beregningen av reisetidstillegget dersom man reduserte hastigheten fra 250 km/h til 200 km/h.

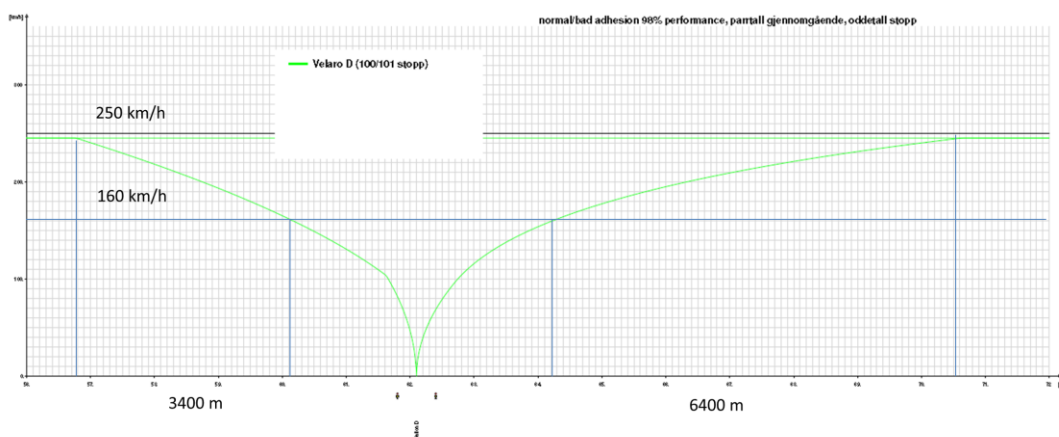
$$t_{retardasjon} = \frac{2s}{v + v_0} = \frac{2 \times 2000m}{\frac{250 + 200}{3,6} m/s} = 32 s$$

$$t_{akselerasjon} = \frac{2s}{v + v_0} = \frac{2 \times 4200m}{\frac{250 + 200}{3,6} m/s} = 67,2 s$$

$$t_{plattform} = \frac{s}{v} = \frac{350 m}{\frac{200}{3,6} m/s} = 6,3 s$$

$$\begin{aligned} t_{total} &= t_{retardasjon} + t_{akselerasjon} + t_{plattform} \\ &= 32 s + 67,2 s + 6,3 s = 105,5 s = 1 \text{ min} + 45 \text{ sekund} \end{aligned}$$

REDUKSJON FRA 250 KM/H TIL 160 KM/H



Figur 55: Reduksjon fra 250 km/h til 160 km/h

Figur 2 ble benyttet ved beregningen av reisetidstillegget dersom man reduserte hastigheten fra 250 km/h til 160 km/h.

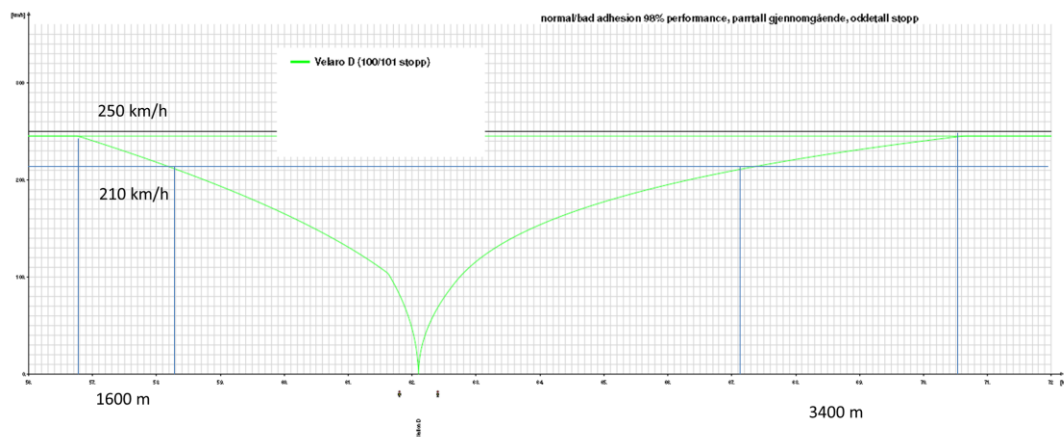
$$t_{retardasjon} = \frac{2s}{v + v_0} = \frac{2 \times 3400m}{\frac{250 + 160}{3,6} m/s} = 57,7 s$$

$$t_{akselerasjon} = \frac{2s}{v + v_0} = \frac{2 \times 6410m}{\frac{250 + 160}{3,6} m/s} = 112,6 s$$

$$t_{plattform} = \frac{s}{v} = \frac{350 m}{\frac{160}{3,6} m/s} = 7,9 s$$

$$\begin{aligned} t_{total} &= t_{retardasjon} + t_{akselerasjon} + t_{plattform} \\ &= 57,7 s + 112,6 s + 7,9 s = 180,1 s = 3 \text{ min} \end{aligned}$$

REDUKSJON FRA 250 KM/H TIL 210 KM/H



Figur 56: Reduksjon fra 250 km/t til 210 km/t

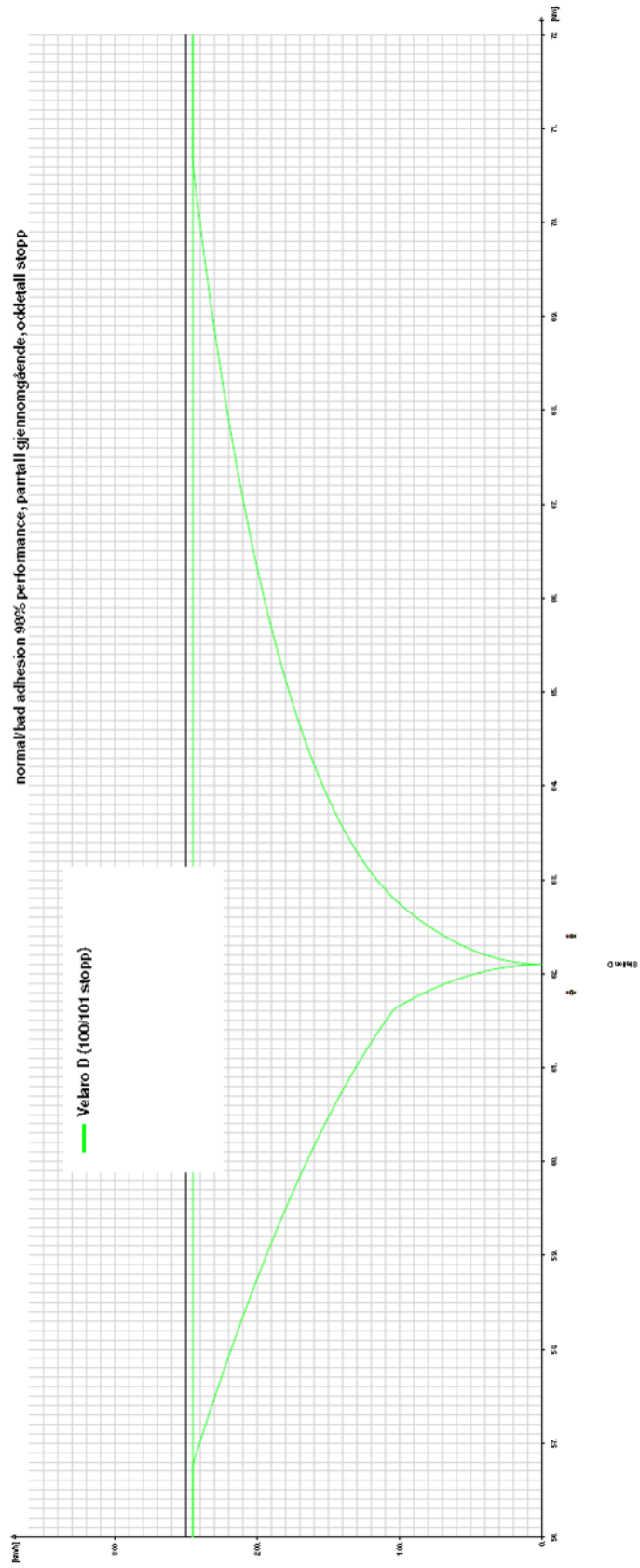
Figur 3 ble benyttet ved beregningen av reisetidstillegget dersom man reduserte hastigheten fra 250 km/h til 200 km/h.

$$t_{retardasjon} = \frac{2s}{v + v_0} = \frac{2 \times 1600m}{\frac{250 + 210}{3,6} m/s} = 25,0 s$$

$$t_{akselerasjon} = \frac{2s}{v + v_0} = \frac{2 \times 3400m}{\frac{250 + 210}{3,6} m/s} = 53,2 s$$

$$t_{plattform} = \frac{s}{v} = \frac{350 m}{\frac{210}{3,6} m/s} = 6,0 s$$

$$\begin{aligned} t_{total} &= t_{retardasjon} + t_{akselerasjon} + t_{plattform} \\ &= 25 s + 55,6 s + 6,0 s = 84,3 s = 1 \text{ min} + 24 \text{ sekund} \end{aligned}$$



VEDLEGG 3: LENGDE BEREGNINGER

Beregninger hastighet og lengder

Veksler	Radius	h	l _{max}	V _{max}
1:14R760	760	0	100	80,22
1:18,4R1200	1200	0	100	100,81
1:26,1R2500	2500	0	100	145,50

Veksler	Radius	Stigning	A	Avstand spor	l _{mid}	Tot=A+l _{mid}	L _{tog}	Signal lengde	Retardasjonslengde	Total lengde	L _{sikker}	Samtidig innkjør
1:14R760	760	14	27,108	4,40	61,6	88,71	750	15	558	942	150	1227,4
1:18,4R1200	1200	18,4	32,829	4,40	80,96	113,79	750	15	816	1059	150	1343,6
1:26,1R2500	2500	26,1	48,109	4,40	114,84	162,95	750	15	1571,5	1749	150	2197,4

Signallengde representerer lengden mellom linjemiddel og signalmiddel, 5m, pluss 10 m for sikket til signal.

Retardasjonslengden er avhengig av hastigheten inn i sporvekslene, dvs de respektive V_{max} 'ene. Antatt heining på 1.5 %

VEDLEGG 4: BEFARING OG MØTE HAMAR RÅDHUS

Dato: 6. Mars. 2013
 Deltakere: Ellen Agnes Huse (Stange kommune)
 Tone Bjørgan Wabakken (Hamar kommune)
 Anne Gunn Kittelsrud (Ringsaker kommune)
 Eirik E. Botnen Korsnes (Jernbaneverket)
 Gunn Pedersen Ødegaard (Student)
 Sted: Hamar Rådhus
 Stange – Hamar – Brumunddal

TILGJENGELIGE AREALER – OG ERFARINGER FRA BEFARING

Traseen går i stor grad gjennom jordbruksarealer og der den går gjennom byer og tettsteder er de tilgjengelige arealene betydningsfulle for tettstedet og kommunen. I forbindelse med et møte med de aktuelle kommunene ble det den 6. Mars ble det utført en befarings. Det vil her bli gitt et sammendrag av inntrykk og samtaler fra dagen. I tillegg vil det kort bli gjengitt hovedpunktene fra fylkesdelplan for samordnet miljø-, areal- og transportutvikling (SMAT) for Hamarregionen (Hedemark fylkeskommune, 2009).

Det ble kartlagt tre hovedpunkter som kommunene mente var de viktigste i forhold til en utvidelse av jernbanen.

- *Jordvern.* Hamar har begrensninger på byveksten, dvs. de har en nasjonal forventning om at de ikke skal bre seg mer utover og må dermed jobbe med de arealene de allerede har.
- *Fortetting.* Bygger på punktet over. Man ønsker å benytte de arealene man tilgjengelig på best mulig måte.
- *Miljøvennlig utbygging.* Det er en nasjonal satsning at det skal være mulig å bo et sted uten å bruke bil. Dette bygger på teori om knutepunkter og det blir desto viktigere at kollektivtilbud og næring, boligbebyggelse ligger nært hverandre.

Stange

Stange ligger om lag 12 km sør for Hamar. Stange er omringet av verdifulle jordbruksarealer og har en relativt liten sentrumskerne. Hovedtankene fra befaringer er:

- Det er relativt lite bebyggelse langs sporet.
- En av de største utfordringene er Felleskjøpsiloen som ligger på venstre side, retning Oslo (se figur XX).
- Det ligger en mindre veg parallelt med sporet på høyre side (retning Oslo), denne må muligens justeres noe (figur XX).

- På venstre side av sporet, retning Oslo ligger idrettshall og noe industri.
- Ser ut som det er plass til forbikjøringsspor på stasjon.
- I forbindelse med stasjonen er det en undergang for gående og syklende.



Fra møtet ble det klart at Stange kommune ønsket:

- Ønsket plasseringen av stasjonen der den er i dag.
- Mente det var begrenset plass til å ha dobbeltspor og forbikjøringsspor, og lurte derfor på om det er mulig å plassere forbikjøringssporet sør for Stange, eventuelt på Sørli.
- I Stange og Brumunddal er man i større grad avhengig av bil, det vil si at det må tilrettelegges for parkeringsplasser. Dette vil igjen bli enda mer plasskrevende.

Hamar

Hovedpunktene fra befaringen er:

- Begrenset med plass utover de arealene som benyttes i dag.
- Vil være plass til forbikjøringsspor på stasjon hvis dette kan ligge på bru.
- En nedleggelse av driftsgården o.l. vil frigjøre betydelige arealer.
- I dag er det enkelt å hensette et godstog på ca. 450 m.



Fra samtale med Hamarkommune ble følgende klart:

- Veldig negativ til at det kommer en bru over bukta nord for stasjonen. Spesielt hvis den skal ha 3-4 spor. Dette vil lage en barriere mot strandsonen og "skjemme" for utsikten i deres øyne.
- Ønsker at stasjonen skal ligge der den ligger i dag
- Er negativ til både å utvide stasjonsområdet der det er i dag og det å bygge mye på dyrkamark. Det er mye god dyrkamark i området, spesielt mellom Stange og Hamar.

Brumunddal

Fra befaringen ble det klart at det er Brumunddal stasjons som muligens har de største begrensningene i forhold til tilgjengelige arealer. Delvis på grunn av inngangen til stasjonen og delvis på grunn av en eksisterende vegbru som kan begrense mulighetene for bredde utvidelse. Her er hovedpunktene fra befaringen:

- Stasjonen med de største plassbegrensningene.
- Vegbru som krysser jernbanen nord for stasjonen er en stor begrensende faktor for tilgjengelig bredde.
- Relativ tett bebyggelse sør for stasjonen, på venstre side. Hovedvekten av bebyggelsen ligger her. På høyre side er det mye industri. Det er relativt smalt.
- På stasjon og nord for stasjonen, er det noen arealer tilgjengelig, men disse kan som nevnt bli begrenset av den eksisterende vegbroen.

- Noe usikkert om det vil være tilstrekkelig arealer til å ha to forbikjøringsspor på stasjonen.



Fra møtet var følgende punkter viktige for Brumunddal:

- La vekt på at det ville være krevende å legge et forbikjøringsspor i sentrumsområdene. Mye pga. arealbegrensninger.
- Sentrumsområdet er viktig. Brumunddal sin utbyggingsstrategi er å bygge UT MOT Mjøsa. Koble dagens sentrum og Mjøsa mer sammen. Dette vil føre til at man i større grad må minimere barrieren jernbanen lager.
- Veldig positiv til at traseen til den gamle banen legges ned. Får strandsonene tilbake.
- Bekymret i forhold til lyd og vibrasjoner i forbindelse med start og stopp.

VEDLEGG 5: HASTIGHETSBEREGNING KURVEVEKSLER

Ved beregning av hastigheten i kurvevekselen er det benyttet seg av to krav fra kapittel 530, punkt 5. Det første kravet er det generelle kravet til hastighet i kurver, punkt 4.1. Denne formelen gjelder også for ensrettede sirkelkurver uten mellom rettlinj, punkt 4.3.2.

Krav 1:

$$V = 0.291 \times \sqrt{R \times (I_{max} + h)}$$

Det neste kravet gjelder motsattrettede sirkelkurver med mellomliggende som blir beskrevet i punkt 4.3.4.

Krav 2:

$$V = 3 \times \sqrt{\frac{|R1 \times R2|}{|R1 + R2|}}$$

PÅ STASJON

SPORVEKSEL 5 H/H

R1=4000

R2=638

Hovedsporet får en overhøyde lik 65 mm når hurtigheten er 250 km/h etter teknisk regelverk kapittel 530 vedlegg 1.

- Ensrettet sirkelkurve

Mellom hovedlinjen og sporvekselen har det en ensrettet sirkelkurve. Kravet må da følge reglene i TK 530 punkt 5-4.3.2.

Krav 1:

$$V = 0.291 \times \sqrt{R \times (I_{max} + h)}$$

$$V = 0.291 \times \sqrt{638 \times (100 + 65)} = 90 \text{ km/h}$$

- Motsatt rettede sirkelkurver

Krav 2:

$$V = 3 \times \sqrt{\frac{|R1 \times R2|}{|R1 + R2|}}$$

$$V = 3 \times \sqrt{\frac{|638 \times 760|}{|638 + 760|}} = 55 \text{ km/h}$$

Kurven på 760 m får en falsk overhøyde, og man må sjekke krav 1 for denne kurven:

$$V = 0.291 \times \sqrt{760 \times (100 - 65)} = 45 \text{ km/h}$$

Mellom kurvene er det en tilgjengelig rettlinje på 4 meter hvor man starte å bygge ned overhøyden. Krav til rampestigning er 1:400 og på 4 meter kan man bygge ned 10 mm. Krav 1 kan beregnes til:

$$V = 0.291 \times \sqrt{760 \times (100 - 55)} = 50 \text{ km/h}$$

Krav 1 blir begrensende og hastigheten i sporveksel 5 blir 50 km/h.

SPORVEKSEL 7 H/V

R1=4000

R2=939

Hovedsporet får en overhøyde lik 65 mm når hurtigheten er 250 km/h etter teknisk regelverk kapittel 530 vedlegg 1.

- Motsattrettet sirkelkurve

Mellom hovedlinjen og sporvekselen har det en ensrettet sirkelkurve. Kravet må da følge reglene i TK 530 punkt 5-4.3.2.

Krav 1:

$$V = 0.291 \times \sqrt{R \times (I_{max} + h)}$$

$$V = 0.291 \times \sqrt{939 \times (100 - 65)} = 50 \text{ km/h}$$

Krav 2:

$$V = 3 \times \sqrt{\frac{|R1 \times R2|}{|R1 + R2|}}$$

$$V = 3 \times \sqrt{\frac{|939 \times 4000|}{|939 + 4000|}} = 80 \text{ km/h}$$

- Motsatt rettede sirkelkurver

R1=760

R2=939

Krav 2:

$$V = 3 \times \sqrt{\frac{|R1 \times R2|}{|R1 + R2|}}$$

$$V = 3 \times \sqrt{\frac{|939 \times 760|}{|939 + 760|}} = 60 \text{ km/h}$$

Hastigheten i kurvevekselen blir 50 km/t

Tabell: Oversikt over sporveksler for konsept på Stange stasjon

Spurveksel	Vekseltype	Stigning	Radius i avvik [m]	Hastighet [km/h]	Overhøyde [mm]
5	Kurveveksel	1:14	638/760	50	65
6	Enkelrettet	1:14	760	80	-
7	Kurveveksel	1:14	896/760	55	65
8	Enkelrettet	1:14	760	80	-

VED STASJON

SPORVEKSEL 5 H/H

R1=4000

R2=638

Hovedsporet får en overhøyde lik 65 mm når hurtigheten er 250 km/h etter teknisk regelverk kapittel 530 vedlegg 1.

- Ensrettet sirkelkurve

Mellom hovedlinjen og sporvekselen har det en ensrettet sirkelkurve. Kravet må da følge reglene i TK 530 punkt 5-4.3.2.

Krav 1:

$$V = 0.291 \times \sqrt{R \times (I_{max} + h)}$$

$$V = 0.291 \times \sqrt{638 \times (100 + 65)} = 90 \text{ km/h}$$

- Motsatt rettede sirkelkurver

Krav 2:

$$V = 3 \times \sqrt{\frac{|R1 \times R2|}{|R1 + R2|}}$$

$$V = 3 \times \sqrt{\frac{|638 \times 760|}{|638 + 760|}} = 55 \text{ km/h}$$

Kurven på 760 m får en falsk overhøyde, og man må sjekke krav 1 for denne kurven:

$$V = 0.291 \times \sqrt{760 \times (100 - 65)} = 45 \text{ km/h}$$

Mellom kurvene er det en tilgjengelig rettlinje på 4 meter hvor man starte å bygge ned overhøyden. Krav til rampestigning er 1:400 og på 4 meter kan man bygge ned 10 mm. Krav 1 kan beregnes til:

$$V = 0.291 \times \sqrt{760 \times (100 - 55)} = 50 \text{ km/h}$$

Krav 1 blir begrensende og hastigheten i sporveksel 5 blir 50 km/h.

SPORVEKSEL 7 H/V

R1=4000

R2=939

Hovedsporet får en overhøyde lik 65 mm når hurtigheten er 250 km/h etter teknisk regelverk kapittel 530 vedlegg 1.

- Motsattrettet sirkelkurve

Mellom hovedlinjen og sporvekselen har det en ensrettet sirkelkurve. Kravet må da følge reglene i TK 530 punkt 5-4.3.2.

Krav 1:

$$V = 0.291 \times \sqrt{R \times (I_{max} + h)}$$

$$V = 0.291 \times \sqrt{939 \times (100 - 65)} = 50 \text{ km/h}$$

Krav 2:

$$V = 3 \times \sqrt{\frac{|R1 \times R2|}{|R1 + R2|}}$$

$$V = 3 \times \sqrt{\frac{|939 \times 4000|}{|939 + 4000|}} = 80 \text{ km/h}$$

- Motsatt rettede sirkelkurver

R1=760

R2=939

Krav 2:

$$V = 3 \times \sqrt{\frac{|R1 \times R2|}{|R1 + R2|}}$$

$$V = 3 \times \sqrt{\frac{|939 \times 760|}{|939 + 760|}} = 60 \text{ km/h}$$

Hastigheten i kurvevekselen blir 50 km/t

SPORVEKSEL 6 H/H

R1=7000

R2=685

Hovedsporet får en overhøyde lik 40 mm når hurtigheten er 250 km/h etter teknisk regelverk kapittel 530 vedlegg 1.

- Ensrettet sirkelkurve

Mellom hovedlinjen og sporvekselen har det en ensrettet sirkelkurve. Kravet må da følge reglene i TK 530 punkt 5-4.3.2.

Krav 1:

$$V = 0.291 \times \sqrt{R \times (I_{max} + h)}$$

$$V = 0.291 \times \sqrt{685 \times (100 + 40)} = 90 \text{ km/h}$$

- Motsatt rettede sirkelkurver

R1=760

R2=685

Krav 2:

$$V = 3 \times \sqrt{\frac{|R1 \times R2|}{|R1 + R2|}}$$

$$V = 3 \times \sqrt{\frac{|685 \times 760|}{|685 + 760|}} = 55 \text{ km/h}$$

Kurven på 760 m får en falsk overhøyde, og man må sjekke krav 1 for denne kurven:

$$V = 0.291 \times \sqrt{760 \times (100 - 65)} = 45 \text{ km/h}$$

Mellom kurvene er det en tilgjengelig rettlinje på 10 meter hvor man starte å bygge ned overhøyden. Krav til rampestigning er 1:400 og på 25 meter kan man bygge ned 10 mm. Krav 1 kan beregnes til:

$$V = 0.291 \times \sqrt{760 \times (100 - 15)} = 70 \text{ km/h}$$

Krav 1 blir begrensende og hastigheten i sporveksel 5 blir 55 km/h.

SPORVEKSEL 8 H/V

R1=7000

R2=852

Hovedsporet får en overhøyde lik 40 mm når hurtigheten er 250 km/h etter teknisk regelverk kapittel 530 vedlegg 1.

- Motsattrettet sirkelkurve

Mellom hovedlinjen og sporvekselen har det en ensrettet sirkelkurve. Kravet må da følge reglene i TK 530 punkt 5-4.3.2.

Krav 1:

$$V = 0.291 \times \sqrt{R \times (I_{max} + h)}$$

$$V = 0.291 \times \sqrt{852 \times (100 - 40)} = 60 \text{ km/h}$$

Krav 2:

R1=760

R2=852

$$V = 3 \times \sqrt{\frac{|R1 \times R2|}{|R1 + R2|}}$$

$$V = 3 \times \sqrt{\frac{|852 \times 7000|}{|852 + 7000|}} = 80 \text{ km/h}$$

- Motsatt rettede sirkelkurver

R1=760

R2=939

Krav 2:

$$V = 3 \times \sqrt{\frac{|R1 \times R2|}{|R1 + R2|}}$$

$$V = 3 \times \sqrt{\frac{|852 \times 760|}{|852 + 760|}} = 60 \text{ km/h}$$

$$V = 0.291 \times \sqrt{760 \times (100 - 22)} = 70 \text{ km/h}$$

Hastigheten i kurvevekselen blir 60 km/t

Tabell: Oversikt over sporveksler for konsept ved Stange stasjon

Sporveksel	Vekseltype	Stigning	Radius i avvik [m]	Hastighet [km/h]	Overhøyde [mm]
5	Kurveveksel	1:14	638/760	50	65
6	Kurveveksel	1:14	685/760	55	40
7	Kurveveksel	1:14	938/760	50	65
8	Kurveveksel	1:14	852/760	60	40