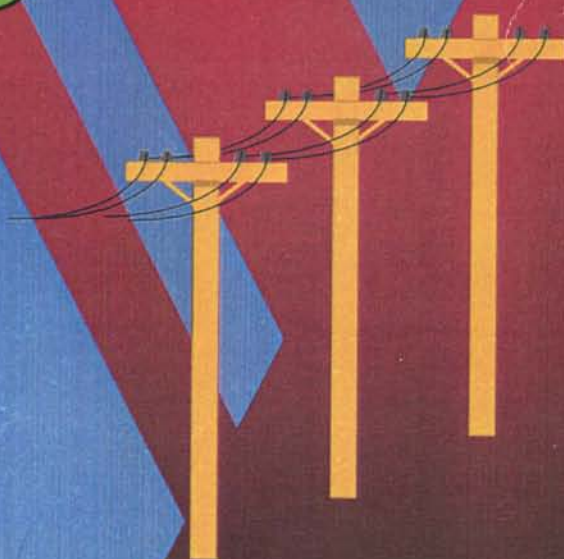




Jernbaneverket

ALTERNATIVE ENERGIAVREGNINGSMETODER



BANE ENERGI

- en drivkraft i Jernbaneverket.

Oppdragsgiver: Jernbaneverket Bane Energi

Prosjekt: Forstudie for utvikling av energiavregningssystem

Rapport nr.: 1

Dato: 01.09.1997

Rapporten omhandler (stikkord):

Vurdering av alternative metoder for energiavregning mot trafikkselskapene

For Jernbaneverket Ingeniørtjenesten

Prosjektansvarlig: Kolbjørn Lofthus

Prosjektleder: Trond J.M. Føllesdal

Rapport utarbeidet av: Elkraftavdelingen, ved seksjon Matestasjoner

Dato for siste revisjon: 22.09.97

Revisjon nr.: 1

Antall sider: 71

Jernbaneverket
Ingeniørtjenesten
0048 Oslo

Sentralbord Jernbaneverket:
Sentralbord Ingeniørtjenesten:
Telefaks:
Besøksadresse:

22 45 50 00
22 45 61 00
22 45 61 10
Stenersgaten 1B/C

Postgiro: 0823.07.61494
Bankgiro: 8200.01.03183

Reg. nr: NO 971 033 533 MVA

Dokumentkontrollside

Oppdragsgiver: Jernbaneverket Bane Energi							
Prosjektbeskr.: Forstudie for utvikling av alternative energiavregningsmetoder							
Prosjektnr.: 197079							
Dokumenttittel: Alternative energiavregningsmetoder						Dokument nr.: 1	
Utarbeidet av : seksjon Matestasjoner						Sign	TMF
Skal kontrolleres av:	Kontrolltype	Rev. 0		Rev. 1		Rev. 2	
		Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign
K. Lofthus	Helhetsvurdering	31.8.97	KL	22.9.97	KL		
K. Lofthus	Språk	31.8.97	KL	22.9.97	KL		
K. Lofthus	Logisk oppbygging /disposisjon	31.8.97	KL	22.9.97	KL		
T.J.M. Føllesdal	Teknisk: - faglig - tverrfaglig	31.8.97	TMF	22.09.97	TMF		
K. Lofthus	Presentasjonsform	31.8.97	KL	22.9.97	KL		
T.J.M. Føllesdal	Kopieringen er kontrollert(sign original)	01.9.97	TMF				
<p>Generelle kommentarer:</p> <p>Revisjon 1 tar hensyn til nye kommentarer og innspill fra JBV Bane Energi.</p>							
Dokument godkjent for utsendelse		Dato 22.9.97		Sign. <i>K. Lofthus</i>			

Sammendrag

Det er i denne rapporten sett nærmere på hvordan man kan løse oppgaven med fordeling av energikostnadene mellom de ulike trafikkelskapene som trafikkerer jernbanenettet.

Det er sett nærmere på hvordan enkelte andre nasjoner har løst oppgaven. I Sverige vil man i en lengre periode basere fordelingen på bruk av energimålere ombord i et representativt utvalg tog samt verdier for energiforbruk/bruttotonnkm. På sikt vil man installere energimålere ombord i alle tog. I Østerrike baserer man energiavregningen på statistikk for forventet kjøring av bruttotonnkm samt simuleringer av energiforbruket for å komme frem til energiforbruk/bruttotonnkm.

De tekniske hjelpemidler som er aktuelle er sett nærmere på. De ulike simuleringsprogrammene (Togkjør, TRAINPLAN, RAILPLAN, POWERPLAN og SIMTRAC) er beskrevet og vurdert. Det er sett nærmere på togparken i NSB, energimålere for installering ombord, hvordan registrere passering av regionsgrenser og hvordan få overført energidata fra tog til sentral enhet. Det er også foretatt en beskrivelse av begrepet bruttotonnkm og energiforbruk/bruttotonnkm.

Som et verktøy i vurderingen av de ulike metodene har det vært nødvendig også å se nærmere på hvilke faktorer som virker inn på energiforbruket og hvordan disse ideelt sett best kan dekkes av en tariff.

Gardermobanen vil ved idriftsettelse opptre som infrastruktureier, trafikkelskap og leverandør av 1-fase energi. Det er sett litt nærmere på hvilke problemstillinger som vil oppstå ved avregning mellom GMB, JBV og trafikkelskapene. Det er også sett på mulige løsninger.

I dette forstudiet er det tatt utgangspunkt i 3 hovedmetoder for energiavregning:

1. Avregning etter kjørte bruttotonnkm sammenholdt mot en verdi for energiforbruk pr. bruttotonnkm. Togtrafikken deles inn i et representativt utvalg av grupper (lokaltrafikk, nærtrafikk, fjerntrafikk, godstrafikk samt krengetog og flyplasstog) som hver er representert ved en gjennomsnittlig verdi for energiforbruk/bruttotonnkm.
2. Installering av energimålere ombord i alle tog. Avregning av energiforbruket vil da skje i hht. faktisk forbruk.
3. Simulering av den totale ruteplan i programmet Togkjør eller SIMTRAC. Avregning av energiforbruket vil da skje i hht. simulert forbruk.

Metoden under punkt 1 beskriver 3 ulike fremgangsmåter for å finne energiforbruk/bruttotonnkm; energimålere installert i et representativt utvalg av tog, simulere et representativt utvalg av ruteplan i programmet Togkjør eller tilsvarende i programmet SIMTRAC.

For hver enkelt metode er det foretatt en beskrivelse, gjort en vurdering i forhold til tariffer, satt opp en skjematisk fremstilling, gjort en vurdering av håndtering av avvik, vurdert kostnadene og vurdert elementer som virker inn på nøyaktighet.

Ut fra vurderinger basert på teknikk og økonomi anbefales et energiavregningssystem basert på kjørte bruttotonnkm og installerte målere i et utvalg av tog, til sammen ca. 40 stk.

Alternative energiavregningsmetoder

På grunn av den noe lange installeringstiden for energimålere benyttes SIMTRAC som simuleringsverktøy frem til målerne er installert, og prøveperioden med innsamling av erfaringsdata er gjennomført.

I forbindelse med Gardermobanen anbefales det å installere energimålere i alle seksjonsfelt med sammenkoblingsmuligheter samt i utgående linjer fra omformerstasjoner og koblingshus. Jernbaneverket avtaler en pris for energiutveksling med Gardermobanen.

For å spare kostnader anbefales det at det ses bort fra problematikken rundt passering av regionsgrenser.

Det inngås et nærmere samarbeid med Banverket, Sverige, for å se på hvordan passering av landegrensene skal ivaretas.

Kostnader for anbefalt løsning:

	Investering	Årlig driftskostnader
Energimålere (ca. 40 tog)	3.880.000	450.000
SIMTRAC, simuleringsverktøy *	255.000	270.000
Gardermobanen	300.000	115.000
Sum	4.435.000	835.000

*) Årlige driftskostnader vil reduseres kraftig når energimålere er installert i de utvalgte togene.

Innholdsfortegnelse

1. INNLEDNING	3
1.1 Bakgrunn	3
1.2 Målsetting	4
2. FORSTUDIE UTLAND	5
2.1 Sverige	5
2.1.1 Beskrivelse av metode	5
2.1.2 Forventet nøyaktighet	8
2.2 Østerrike	9
2.2.1 Beskrivelse av metode	9
2.2.2 Forventet nøyaktighet	11
2.3 England	12
3. BESKRIVELSE AV ULIKE TEKNISKE HJELPEMIDLER	13
3.1 Begrepet bruttotonnkm og energiforbruk pr. bruttotonnkm	13
3.2 Registrering av energiforbruk vha. målere ombord i tog	14
3.2.1 Oversikt over NSBs og MTAS' elektriske lok og motorvogner	14
3.2.2 Energimålere	15
3.2.3 Passering av regionsgrenser	15
3.2.4 Overføring av tellerstand	17
3.3 Simuleringsprogrammer	21
3.3.1 Togkjør	21
3.3.2 Trainplan	21
3.3.3 Railplan	22
3.3.4 Powerplan	23
3.3.5 SIMTRAC	23
3.3.6 Valg og eliminering	24
4. TARIFFER / HVORDAN FORDELE ENERGIKOSTNADENE?	25
4.1 Sammenligning med andre netteiere	25
4.2 Aktuelle parametre som påvirker energikostnadene	27
4.3 Hvilke parametre bør inngå i tariffstrukturen	29
4.4 Utforming av tariffstruktur mot trafikkselskapene	31
5. GARDERMOBANEN	34
5.1 Avregning mellom GMB, JBV og trafikkselskapene	34
5.2 Vurdering og anbefaling	37

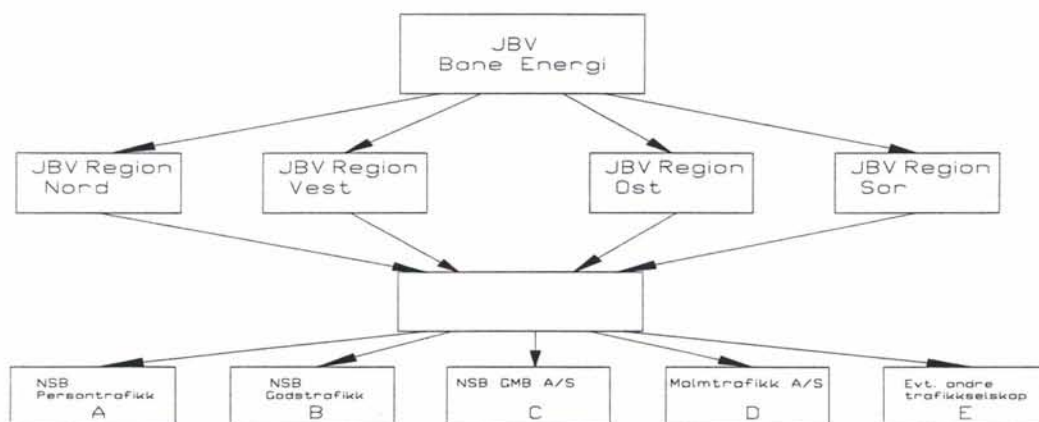
6. METODER FOR FORDELING AV ENERGIREGNINGEN	38
6.1 Avregning etter kjørte brtonnkm.	38
6.1.1 Målere ombord i et representativt utvalg av lok	40
6.1.2 Simulere representativt utvalg av ruteplanen i Togkjør.	44
6.1.3 Simulere representativt utvalg av ruteplanen i SIMTRAC.	49
6.2 Avregning etter kun måling - Målere ombord i alle tog	54
6.3 Avregning etter kun simuleringer	57
6.3.1 Simulere hel ruteplan i forkant	57
6.3.2 Simulere hel ruteplan i etterkant	65
7. SAMMENLIGNING OG ANBEFALING	66
7.1 Vurdering av fordeler og ulemper forbundet med de ulike metodene	66
7.2 Sammenstilling av kostnader	67
7.3 Vurdering og anbefaling	68

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Fra og med 01.05.97 har Jernbaneverket som helhet overtatt funksjonen for innkjøp av elektrisk kraft for fremføring av tog. Konkret er det Jernbaneverket Bane Energi (JE) som skal ivareta denne funksjonen. Dette betyr at JE skal ivareta kraftkjøp, leie av eksternt overføringsnett samt eget nett frem til kontaktledningsnettet.

I første rekke er det regionene i Jernbaneverket som er kunder av JE. Regionene skal viderefakturere deler av fakturaen fra JE til de ulike trafikkoperatørene som pr. i dag stort sett er NSB BA.



Figur 1. Skjematisk fremstilling av fakturavei.

I tiden som kommer vil det være aktuelt at flere trafikkoperatører trafikkerer JBV's jernbanenett, f.eks NSB Gardermobanen AS (GMB). I tillegg til å være trafikkoperatør vil GMB også være eier av infrastruktur samt leverandør av energi.

I denne sammenheng har ikke JBV pr. i dag de nødvendige systemer til å fordele energikostnadene mellom trafikkoperatørene på en profesjonell måte. JE har derfor påtatt seg å fremskaffe et avregningssystem som totalt fordeler energikostnadene mellom trafikkelskapene på en profesjonell og tillitsvekkende måte.

I første omgang er det besluttet å gjennomføre en forstudie som skal belyse de ulike aspektene ved forskjellige typer energiavregningssystemer.

1.2 Målsetting

Målsettingen med forstudiet er i hovedsak som listet nedenfor.

- Undersøke ulike avregningssystemer i et utvalg av europeiske land.
- Skissere andre aktuelle avregningssystemer til bruk for JE.
- Skissere og vurdere egenskaper, fordeler og ulemper ved de forskjellige avregningssystemene.
- Foreslå det mest aktuelle og mest hensiktsmessige avregningssystemet.

Det skal i tillegg foreslås en hensiktsmessig metode for å behandle forholdet til GMB som både energileverandør, infrastruktureier og trafikkoperatør.

Forøvrig tar man her sikte på vurdere ulike tariffsystemer som kan eller bør brukes i forbindelse med fordelingen av energiregningen.

2. Forstudie utland

2.1 Sverige

Også i Sverige er energikostnadene delt opp i kraftkjøp og nettleie. Banverket er avtalepart mot elverkene. Banverket står for viderefakturerings mot trafikkelskapene. Foreløpig har Banverket 3 trafikkelskap som kjører el-tog å forholde seg til; SJ, MTAB og BSM. Det er Hovudkontoret i Banverket som håndterer energikostnadene, mens regionene ikke har noen befattning med dem. Man tar derfor ikke hensyn til regionsgrenser.

I likhet med JBV viderefakturerer Banverket kun kostnader til kraftkjøp og nettleie (inkludert omformingstap og kontaktledningstap). Det vil si at kostnader til investeringer, drift og vedlikehold i matestasjonsanlegg og kontaktledning blir dekket av Banverket. Det foregår en diskusjon om hvorvidt det er riktig å belaste trafikkelskapene omformingstap og kontaktledningstap, eller om også dette bør dekkes av Banverket. I så fall kan man noe forenklet si at prisen i øre/kWh for energi tatt ved toget bli den samme som prisen for energi levert inn til omformerstasjonen.

2.1.1 Beskrivelse av metode

Beskrivelse

Pr. i dag debiteres BSM etter en sjablon med 25 Wh/brtonnkm. Viderefakturering i forbindelse med malmbanen og MTAB er basert på energimålere installert i omformerstasjonene, og fordeles mellom SJ og MTAB etter kjørte bruttotonnkm (brtonnkm) hos MTAB. De resterende energikostnadene faktureres SJ. SJ står selv for en deling internt mellom persontrafikk og godstrafikk.

Internt i SJ blir energiregningen fordelt prosentvis mellom godstrafikk og persontrafikk etter totalt antall kjørte brtonnkm for hver.

Ca. 10 år frem i tid

I fremtiden vil man foreta energiavregning etter energimålere installert ombord i alle tog (elektriske lok og motorvogner).

Man vil benytte energimålere med 2 retninger og registrering av maksimalt effektforbruk. Maksimal effekt kan være gitt ved midlere energiforbruk over en gitt innstillbar tidsperiode (kWh/h). Tidsperioden bør være så pass liten at effekttoppene blir registrert (muligens 5 minutter). På denne måten kan finne frem til effektforbruket som belastes nettet og dermed få en mer riktig fordeling av kostnadene.

Energimåleren vil være tilknyttet en egen mobiltelefon (NMT 450) med felles antenne med annen mobiltelefon installert i toget. Avlesning vil skje automatisk fra en sentral enhet. Det legges opp til sentral enhet ringer opp alle tog og foretar avlesning én gang hver natt. At avlesning skal skje om natten begrunnes ut i fra at datamaskinen i sentral enhet benyttes som pc på dagtid, rimeligere tellerskritt samt at mobiltelefon i tog vil få samme nummer som stasjonstelefonapparat (bemannet på dagtid).

De nærmeste årene

Man regner med at det vil ta omlag 10 år før det er installert energimålere ombord i alle tog. Installering vil skje ettersom togparken blir skiftet. I første omgang vil man derfor installere energimålere ombord i ca. 10 % av togparken, som et representativt utvalg.

Avregning vil skje etter kjørte brtonnkm (ref. metode beskrevet i kapittel 6.1.1). Trafikken vil deles opp i følgende grupper:

- lokal- og pendeltrafikk (motorvognsett)
- persontrafikk hvor RC lok benyttes
- godstrafikk hvor RC lok benyttes
- X-2000 (tilsvarende flyplasstog og krengetog i Norge)

Man tar utgangspunkt i «kjørt ruteplan», finner totalt antall kjørte brtonnkm innen hver av de 4 trafikkgruppene og sammenholder mot en verdi for energiforbruk/brtonnkm for hver trafikkgruppe. Av dette får man et anslag på samlet energiforbruk innen hver trafikkgruppe. «Kjørt ruteplan» vil inneholde data om hvilken strekning som er kjørt, type tog som er benyttet og hvor stor last det har ført.

En verdi for energiforbruk/brtonnkm for hver trafikkgruppe vil man finne ved å ha energimålere ombord i et representativt utvalg av tog. Ved avlesning av energimålere vil også lok nr. registreres samt at energiforbruket vil være tidsmerket. Man kan da sammenholde energiforbruket med den strekningen som er kjørt samt togtype som er benyttet, og få ut en verdi for energiforbruk/brtonnkm. Ved å samle disse verdiene i en database kan man etterhvert utarbeide en statistisk gjennomsnittsverdi som vil bli stadig mer nøyaktig, representativ og oppdatert.

Metode i forhold til tariff*Ca. 10 år frem i tid*

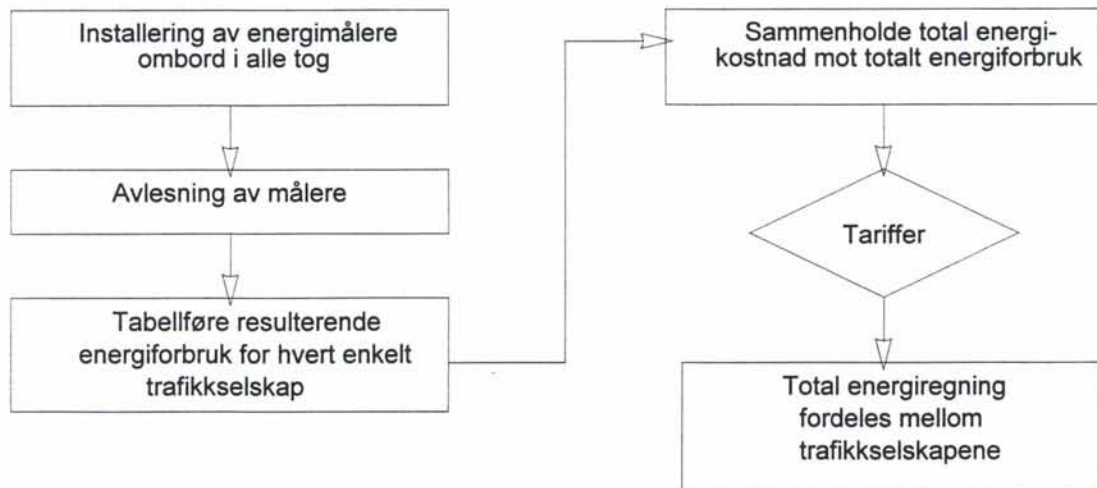
Med energimålere ombord i alle tog vil man få en meget nøyaktig fordeling av energikostnadene. Metoden vil ikke ta hensyn til nøyaktig fordeling av tap i kontaktledningsanlegg og matestasjoner, effektfaktor ($\cos \varphi$) for hver togtype eller installert ytelse i hver togtype. Se kapittel 4.

De nærmeste årene

Med energimålere ombord i et representativt utvalg av tog vil man finne en fordeling av energikostnadene som kun er basert på energiforbruk og den nøyaktighet som faktoren for energiforbruk/brtonnkm gir. Metoden vil ikke ta hensyn til effektforbruket, nøyaktig fordeling av tap i kontaktledningsanlegg og matestasjoner, effektfaktor ($\cos \varphi$) for hver togtype eller installert ytelse i hver togtype. Se kapittel 4.

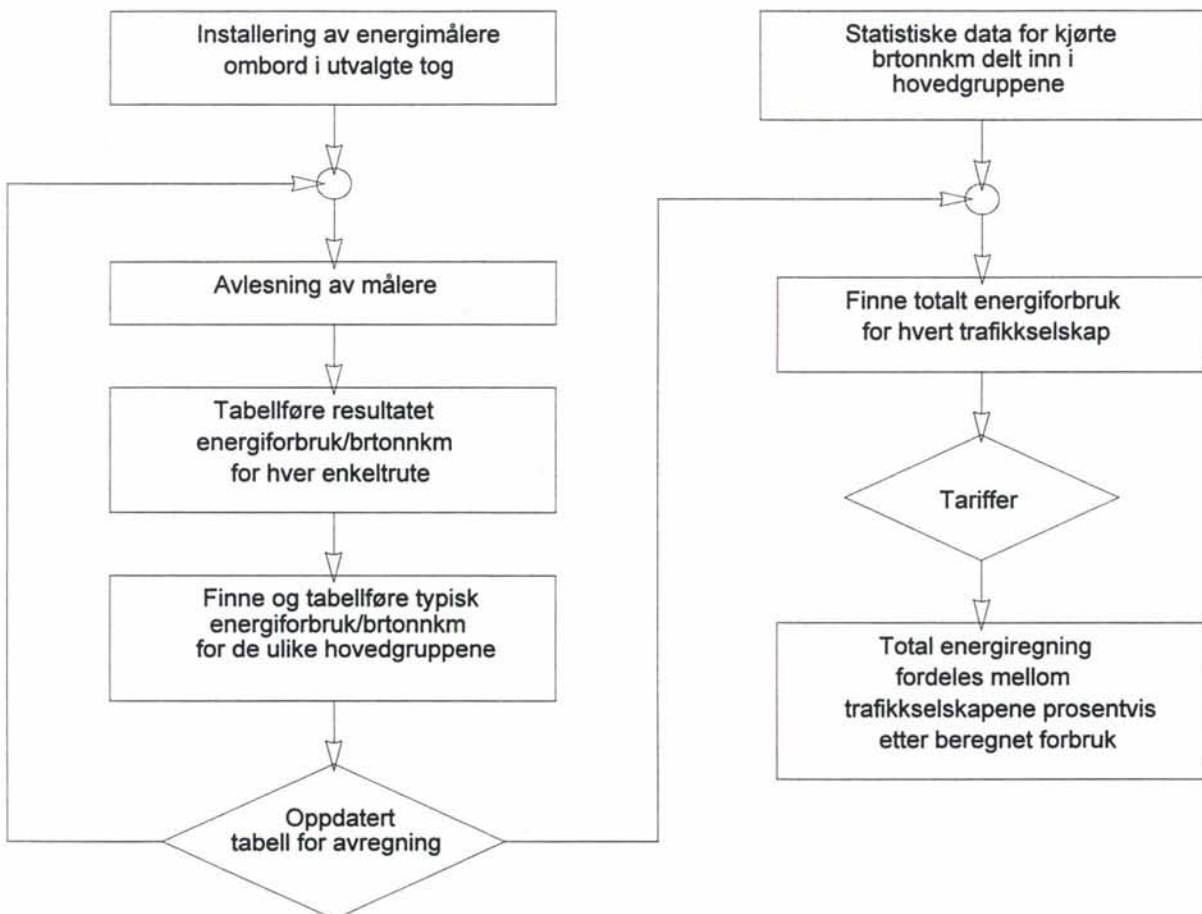
Skjematisk fremstilling

Ca. 10 år frem i tid



Figur 2.1 Skjematisk fremstilling av avregningsmetode etter ca. 10 år.

De nærmeste årene



Figur 2.2 Skjematisk fremstilling av avregningssystemet de nærmeste årene.

Hvordan håndteres avvik*Ca. 10 år frem i tid*

Ettersom avregning skjer etter registrering av faktisk forbrukt energi vil det ikke oppstå annet avvik enn det som er beskrevet i avsnittet «Metode i forhold til tariff» tidligere i dette kapitlet. Dette avviket vil det ikke bli korrigert for. Imidlertid vil nok prisen i øre/kWh for 1-fase 16 2/3 Hz energi bli korrigert fra tid til annen slik at Banverkets regnskap for kjøp og salg av energi går i null. Se forøvrig tilsvarende avsnitt under kapittel 6.2.

De nærmeste årene

Avvik vil også her være som beskrevet i avsnittet «Metode i forhold til tariff» tidligere i dette kapitlet. Se forøvrig tilsvarende avsnitt under kapittel 6.1.1.

2.1.2 Forventet nøyaktighet*Ca. 10 år frem i tid*

Se tilsvarende avsnitt under kapittel 6.2.

De nærmeste årene

Se tilsvarende avsnitt under kapittel 6.1.1.

2.2 Østerrike

I Østerrike har ØBB Energie siden 01.01.97 hatt ansvaret for avregning internt mot persontrafikk og godstrafikk. Det er altså ØBB Energie som sender regningen direkte til de forskjellige trafikkselskapene. Det behøves derfor ikke å tas hensyn til regionsgrenser i deres avregningssystem. ØBB Energie har derfor utviklet et energiavregningssystem som i størst mulig grad skal gi et rettferdig forhold mellom forbruk og betaling. Med hensyn til fremtidige eksterne/utenlandske jernbaneselskap har de i tillegg utarbeidet et modifisert avregningssystem slik at dette kan ivareta alle fremtidige trafikkselskap som ønsker å trafikere deres ansvarsområde.

Kort fortalt baserer metoden seg på simuleringer av energiforbruk og statistikk for forventet kjøring av brtonnkm.

2.2.1 Beskrivelse av metode

Beskrivelse

Utgangspunktet for metoden er en planlagt ruteplan for det gjeldende året. Fra ruteplanen finner man de enkeltrutene i ruteplanen som kan være representative i forhold til resten av ruteplanen. For hver enkeltrute detaljeres lengde, stoppmønster, kurvatur og forventet normal togsammensetning.

Energiregningen til hvert enkelt trafikkselskap skilles i en fastpris (effektledd) og en variabel pris (energiledd).

Fastprisen fastsettes på bakgrunn av hele ruteplanen og forventet normal togsammensetning. For hver togstamme i ruteplanen finner man normal trekkraft og derav den maksimale ytelsen [kW] som toget er i stand til å trekke fra kontaktledningen. Summen av maksimale ytelser for alle tog i ruteplanen er da basis for å beregne fastprisen. For hvert år forhandles det med alle aktuelle trafikkselskap om en pris på denne totale ytelsen [total-kW]. Man forhandler dermed også om hvor stor andel av den totale energiregningen som skal være fastandel (effektledd) og hvor stor del som skal være et variabelt ledd (energiledd). Når denne totale ytelsen er prissatt deles total fastpris prosentvis mellom trafikkselskapene etter total maksimal ytelse for hvert trafikkselskap. Fastprisen til hvert trafikkselskap faktureres trafikkselskapene i like store deler for hver måned.

For å avgjøre den variable prisen simuleres hver enkeltrute som er representativ for ruteplanen og tabellfører det resulterende energiforbruket pr. brtonnkm. I tillegg til simuleringer av hver valgt enkeltrute velges det togstammer som det installeres målere i for å verifisere og eventuelt korrigere simuleringene.

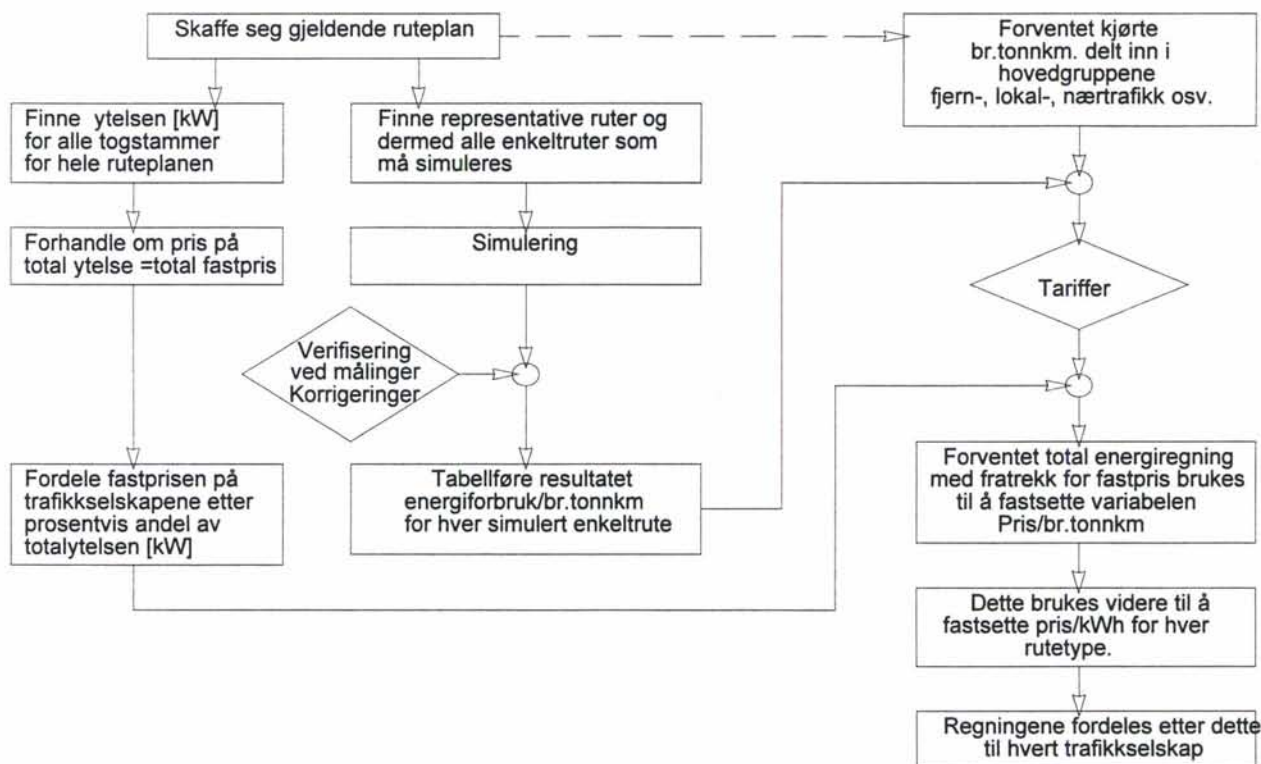
Resultatene fra beregningene (simuleringer + verifisering/korrigerings) tabellføres. Tabellen separerer hvert trafikkselskap for seg, og hver type trafikk (nærtrafikk, fjerntrafikk) innen hvert av trafikkselskapene.

I tillegg til simuleringer brukes statistikk for forventet kjørte brtonnkm for hele året for hver type trafikk innen hvert av trafikkselskapene. På bakgrunn av totalt forventet kjørte brtonnkm over ett år og total forventet energiregning fastsettes pris/bruttotonnkm. Denne prisen er da også korrigert for fratrekk av fastprisen. For hver rutetype har man i tillegg simuleringsresultat for energiforbruk/brtonnkm. Dette brukes videre til å fastsette pris/kWh for hver enkel rutetype. Av dette kan energiregningen fordeles til de ulike trafikkselskapene på bakgrunn av forventet kjørte brtonnkm.

Metode i forhold til tariffer

Metoden separerer i en fastpris (effektledd) og en variabel pris (energiledd). Fastprisen beregnes på bakgrunn av ytelsen for hver enkelt togstamme, mens den variable prisen beregnes på bakgrunn av forventet forbruk for hver togstamme. Forholdet mellom fastpris og variabel pris forhandles hvert år. Fastprisen for et helt år fordeles i like store deler for hver måned. Denne fastprisen kan sammenlignes med 3-fase energiforsyningens effektledd i nettleien. Metoden tar ikke hensyn til cosφ for hver togtype. Se forøvrig kapittel 4.

Skjematisk fremstilling



Figur 2.3 Skjematisk fremstilling av ØBB Energie's avregningssystem

Hvordan håndteres avvik

Dette avregningssystemet bruker kun planlagt ruteplan og forventet kjørte brtonnkm. Det vil si at man ikke korrigerer for avvik på noen måte.

- Faktiske kjørte brtonnkm blir ikke tatt hensyn til.
- Avvik i trekkraft blir ikke tatt hensyn til.
- Forskjellige resulterende impedanser i energiforsyningen (og derav tap) på forskjellige strekninger blir ikke tatt hensyn til.

Dette systemet er muligens fordelaktig for ØBB Energie. De kan på denne måten planlegge kraftkjøp på en aktiv måte. Dette krever at trafikkselskapene aktivt går inn for å kjøre sine planlagte ruter uten avvik, men uten noen form for korrigeringer kan dette være urealistisk.

2.2.2 Forventet nøyaktighet

Siden man ikke korrigerer for noen avvik kan man ikke forvente at avregningssystemet er spesielt nøyaktig mhp. forbrukeren og det faktiske energiforbruket. Det er her umulig å anslå prosentvise unøyaktigheter uten også å regne med faktisk kjørte brtonnkm.

For den enkelte forbrukeren (trafikkselskapet) vil dette si at man betaler forholdsvis for mye dersom man faktisk har kjørt lavere brtonnkm enn planlagt. Motsatt gjelder for lavere planlagt kjørte brtonnkm enn faktisk kjørte brtonnkm. Man kan i verste tilfelle oppleve at forbrukere spekulerer i å oppgi "feil" planlagt kjørte brtonnkm. For å unngå dette kreves en tilsynsordning som eksempelvis tar stikkprøver, men det er i dag ingen planer om et slikt overvåkingssystem.

Forskjellige tapsfaktorer på ulike strekninger blir ikke tatt hensyn til. Dermed vil heller ikke avregningssystemet bli riktig om det er forskjell på prosentvis bruk av strekningen og total prosentvis planlagt kjørt brtonnkm for hvert trafikkselskap.

2.3 England

Med hensyn på England har vi etter flere henvisninger kommet frem til «rette» person i begynnelsen av juli. Etter muntlige og skriftlige henvendelser er vi blitt lovet tilbakemelding. Til tross for jevnlig purring har dette når rapporten skrives ikke ført til svar. De få opplysningene som foreligger bærer derfor sterkt preg av dette.

I likhet med i Norge er trafikkelskap og infrastruktureier organisert i ulike selskap. Infrastruktureier fakturerer direkte til trafikkelskap uten at det tas hensyn til regionsgrenser eller tilsvarende. Det er uvisst hvor stor del av kostnadsgruppene nettleie, kraftkjøp, investeringer i matestasjoner samt drift og vedlikehold av matestasjoner som viderefaktureres trafikkelskapene.

Det er oppgitt at det mellom trafikkelskapene og infrastruktureier er avtaler på hvor mange tog som vil kjøre en angitt bane pr. dag. Det tas også hensyn til togenes last. Energiforbruket blir avlest i matestasjonene og fordelt i hht. avtale.

Hvordan tariff for fordeling av energikostnadene ser ut er uvisst.

Ut i fra de opplysninger som er gitt er det usikkert hvilken metode som benyttes for energiavregning. Det kan imidlertid synes som at det tas utgangspunkt i kjørte brtonnkm pr. trafikkelskap. Hvilken metode som i så fall benyttes for å komme frem til representativ verdi for energiforbruk/brtonnkm er uvisst.

I kapittel 6.1 er det sett på ulike metoder som er aktuelle ved benyttelse av brtonnkm.

3. Beskrivelse av ulike tekniske hjelpemidler

3.1 Begrepet bruttotonnm og energiforbruk pr. bruttotonnm

Under ellers like forhold vil forbrukt energi til fremføring av tog variere proporsjonalt med totalvekten av toget multiplisert med lengden på den kjørte strekningen. Enheten bruttotonnkilometer (brtonnm) vil derfor være et uttrykk for den energi som toget har forbrukt og dermed være egnet som måleenhet i forbindelse med energiavregning.

Forbruket av elektrisk energi pr. brtonnm vil variere for forskjellige typer trekkraftmateriell og også avhenge av faktorer som f.eks. stoppfrekvens, kjørt strekning og årstid, men kan representeres som en statistisk gjennomsnittsverdi. Det eksisterer tabeller med forbruk i Wh/brtonnm for forskjellige rutetyper, men disse bør verifiseres, for eksempel ved hjelp av datasimuleringer eller ved å utstyre et representativt utvalg av tog med målere.

3.2 Registrering av energiforbruk vha. målere ombord i tog

3.2.1 Oversikt over NSBs og MTAS' elektriske lok og motorvogner

Togtype	Tilsvarende type i Sverige	Antall	Installert ytelse (kontinuerlig)	Merknader ang. energimåler
El 13		9	2648 kW	0)
El 14		31	5082 kW	0)
El 15		6	5406 kW	0), lokene eies av MTAS
El 16	RC 4	17	4440 kW	0)
El 17		9	3000 kW	1)
El 18		22	5400 kW	elektronisk måler 2)
BM 68		20	640 kW	0) 6)
BM 69	X 10	83	1188 kW	0)
BM 70		16	1720 kW	3)
BM 71 7)		16	2500 kW	mekanisk måler 4)
BM 72 8)		36		5)
BM 73 9)		16	2500 kW	mekanisk måler 4)

- 0) Disse typene har installert strømtransformator men ikke spenningstransformator. Strømtransformator har mest sannsynlig for dåelig nøyaktighetsgrad, og kan derfor trolig ikke benyttes til energiavregning.
- 1) Det er installert spenningstransformator med rimelig nøyaktighet. Strømtransformator tilsvarende som for merknad 0).
- 2) Elektronisk energimåler med manuelt avlesbart telleverk er installert. Måleren gir ikke muligheter for elektronisk avlesning, registrering i tidsintervall eller registrering av effektforbruk (kWh/h).
- 3) Denne togtypen har ingen måling/registrering av akkumulert energiforbruk, men den har samme «hardware» styresystem som El 18. Nødvendige måletransformatorer og måleverdier finnes i forbindelse med togets styresystem. Det er derfor trolig mulig å bestille tilsvarende energimåling på denne togtypen som på El 18.
- 4) Energimåler som viser energiforbruket og tilbakematet energi vil bli installert. Denne vil være mekanisk og kan kun avleses manuelt.
- 5) Denne togtypen skal etter planen bestilles i nær fremtid. Strøm- og spenningstransformator er tatt med men ikke energimåleutstyr.
- 6) Kun noen få igjen i trafikk (sannsynligvis langt færre enn 20) f. eks. Arendalsbanen. Vil trolig faset ut i fbm. anskaffelse av ny lokaltogsett (BM 72).
- 7) BM 71 er betegnelsen på de nye flyplasstogene.
- 8) BM 72 er betegnelsen på de nye lokaltogsettene.
- 9) BM 73 er betegnelsen på de nye krengetogene.

Det er i denne oversikten kun tatt hensyn til norske elektriske lok og motorvogner.

3.2.2 Energimålere

Det finnes i dag flere måletyper med tilhørende utstyr, mekaniske som elektroniske. Avhengig av hvilken type kan målere registrere i tidsintervaller, f. eks. pr. time eller pr. kvarter og kan vise både energiforbruk, tilbakematet energi og effektforbruk.

Ved valg av målertype er det noen momenter som er viktig å ta hensyn til:

- Energimåler må være konstruert for 16 2/3 Hz samt det mekanisk og elektrisk røffe miljøet som et lok eller en motorvogn representerer.
- På grunn av at energiforbruket skal fordeles på regionene må energimålere i hvert tog være tilknyttet en registrerende enhet. Denne enhet må registrere forbrukt energi, tilbakematet energi samt evt. tidsmerking og effekttopp for hver region og Gardermobanen. Det vil si at den må ha flere registre/telleverk for hver region. Enheten må videre kunne ta i mot inngangspulser som angir hvilket område/region som forlates og hvilket område/region som toget er på vei inn i.
- Noe avhengig av hvilken metode for energiavregning som velges, er det hensiktsmessig at målerne leses av automatisk. Man unngår da den menneskelige faktor og den usikkert den medfører. Det er mest sannsynlig at energiforbruket registreres som pulser, og at hver puls f. eks. representerer 10 kWh.
- Det er ønskelig med registrering av forbrukt energi, tilbakematet energi, effekttopp, tidsetting og forsåvidt også $\cos \varphi$.

Ved tidsetting av energiforbruket, f.eks. pr. time eller pr. kvarter, er det mulig å få frem et midlere effektuttak for hver tidsperiode. Tidsmerking av energiforbruket vil være et alternativ til bruk av målere som registrerer effekttoppene.

$\cos \varphi$ vil nok praktisk være lite hensiktsmessig å registrere ombord, og det er derfor trolig mer fornuftig å ta med denne som en korreksjonsfaktor i tariffen.

I mange av togene må det installeres strøm- og/eller spenningstransformator, da dette ikke er installert pr. i dag. Måletransformatorer bør fortrinnsvis installeres på primærsiden (15 kV) ettersom dette gir bedre målenøyaktighet samt at sekundærsiden gjerne har flere viklinger. På grunn av spenningsnivået er det imidlertid betydelig dyrere å installere måletransformatorer på primærsiden fremfor sekundærsiden.

3.2.3 Passering av regionsgrenser

Et viktig element ved avlesning av tellerstand er å kunne fordele energikostnadene etter hvilken region materiellet har kjørt i. For at dette skal være mulig må det være mulig å knytte målerresultatene til den respektive region. Registrering i forbindelse med passering av regionsgrensene vil være realiserbart med flere typer tekniske løsninger. Det er i det etterfølgende sett på ulike måter å angi passering av regionsgrenser på.

ATC

ATC er basert på passive baliser som ligger i sporet ved signaler. Balisene inneholder et nummer som tilsvarer nummeret på signalet. Balisenummeret og tognummeret overføres via Togradio til togleder, som da kan se hvilke signal toget har passert. Det vil være mulig å velge ut et signal i nærheten av grensen, og la dette representere passering av regiongrense. Når dette nummeret ble overført til sentralen, kunne f.eks. den foreta en oppringning til toget for måleravlesning.

Fordeler

- Mindre investeringskostnader ved bruk av eksisterende utstyr.

Ulemper

- Ikke alle signaler har unike nummer. Samme nummer kan forekomme i flere regioner.
- ATC-sentralene er geografisk oppdelt, og det må opprettes et samband mellom dagens sentraler.
- Betydelige softwareendringer er nødvendig.
- Klare begrensninger i bruk av ATC til andre formål.

GPS (Global Positioning System)

Navigasjonssystemet Global Positioning System (GPS) er et system som egentlig er utviklet for militære formål. GPS er senere gjort tilgjengelig for allmennheten ved at det er lagt inn feilkoder, slik at nøyaktigheten er begrenset til ca. 100 m. For å bestemme posisjonen må minimum 3 av 24 satellitter være i dekningsområdet

Ved bruk av såkalt differensiell GPS vil nøyaktigheten forbedres betraktelig. Differensiell GPS er basert på at feilkorrigerende koder sendes via vanlig FM-radio.

GPS kan benyttes for å markere grensen mellom f.eks to regioner. Posisjonen til regionsgrensen legges inn på forhånd, med en viss feilmargin. Den til enhver tid gjeldene posisjonen til toget vil da fortløpende sammenliknes med de forhåndsprogrammerte regionsgrensene.

Fordeler

- Veldig utbredt teknologi, som etterhvert har fått et utall anvendelsesområder.
- Utvidelsesmuligheter.
- Lave kostnader på utstyr.
- Ikke behov for utstyrsmontering i sporet.

Ulemper

- Ingen dekning i tunneler.
- Unøyaktighet (+/- 100 m).

Køfri

Med køfri menes en posisjoneringssystem basert på teknologi som blant annet benyttes ved veibommer.

Ved regionsgrensene kan det stå en senderenhet som kontinuerlig står og stråler ut energi. Ved togpassering vil en mottakerenhet i toget detektere energien, og registrere grensepassering. På veibommer er det radiobølger som benyttes, men teknisk vil det være mulig å benytte laser.

Laseren kan også plasseres i toget, og ved regionsgrensene plasseres det stolper med f.eks strekkoder som leses av ved passering.

Fordeler

- Kan registrere grensepassering i tunneler
- Mulighet for å registrere nøyaktige grenser

Ulemper

- Ny teknologi i jernbanesammenheng
- Behov for montasje og vedlikehold av utstyr i sporet
- Montasje av antenne eller laser på siden av toget
- Følsomt mot kraftig uvær

Valg og eliminering

GPS er det posisjoneringssystemet som ser ut til å være mest egnet for å indikere passering av regionsgrenser. En av de største fordelene med dette systemet er at alt nødvendig posisjoneringssystem plasseres i toget. Det er ikke nødvendig med installasjoner i sporet. Negative faktorer som unøyaktighet, og at GPS ikke har dekning i tunneler ansees som mindre viktige/avgjørende. Selv om enkelte regionsgrenser er inne i tunnel, vil plassering av en virtuell områdegrense i tunnelmunningen ikke spille nevneverdig inn på nøyaktigheten av det målte energiforbruket.

Det kan også nevnes at det i enkelte tog er planlagt Digitalt Informasjons System (DIS). Et slikt system er basert på at informasjon til passasjerene gis ut automatisk ut fra forhåndsprogrammerte GPS-koordinater. GPS brukt i forbindelse med energiavregning vil derfor ha klare analogier med et system som allerede er planlagt benyttet av NSB.

3.2.4 Overføring av tellerstand

Det settes som en forutsetning at overføring av tellerstanden skal skje trådløst, dvs. via radio. Det vil da være teoretisk mulig å foreta en telleravlesning hvor og når som helst, helt uavhengig av hvor materiellet befinner seg. Overføringen kan foregå over eksisterende radiosystemer som overføringsmedium. Datamengdene som skal overføres er små og tidsfaktoren er ikke kritisk. Det vil derfor ikke bli behov for store overføringshastigheter. Av aktuelle overføringssystemer finnes Togradio, samt mobiltelefonsystemene NMT 450, NMT 900 og GSM 900.

Togradio

Togradio er et radiosystem som er utviklet som et hjelpemiddel for en sikker og effektiv fremføring av tog. Togradiosystemets hovedfunksjon er todelt. Samtidig som Togradioen benyttes som en kommunikasjonskanal mellom lokfører og togleder, skal Togradioen ved hjelp av baliser i sporet overføre data om tognummer og posisjon.

I dag består Togradiosystemet av et nettverk med ca. 350 basestasjoner, og nesten like mange mobilenheter som er plassert i motorvogner og lokomotiver.

I tillegg til den datalinjen som er dedikert for overføring av ATC-data, finnes det en ekstra interfaxlinje som i dag ikke er i bruk. Denne linjen kan benyttes til overføring av tellerstand.

Fordeler

- Systemet har ledig kapasitet for ytterligere dataoverføring.
- Benytter eksisterende radio- og transmisjonsutstyr.
- Ingen kostnader forbundet med bruk av systemet.

Ulemper

- Togradio er enda ikke utbygd på alle banestrekninger.
- De ulike togradioområder er ikke forbundet til noen enhetlig sentralenhet. For å samle inn måledata fra hele landet må det etableres et samband mellom dagens 7 sentralenheter.

Mobiltelefon

Mobiltelefon er et annet radiosystem som kan brukes til dataoverføring av tellerstand. Det finnes tre

ulike mobiltelefonsystemer i Norge; NMT 450, NMT 900 og GSM, og to mobiltelefonoperatører. Hovedforskjellen mellom telefonsystemene er hovedsakelig dekningsforhold og overføringskapasitet. I tillegg kan det nevnes at NMT er analoge systemer, mens GSM er digitalt.

Målinger utført av Jernbaneverket viser at NMT 450 er det systemet som har best dekning langs jernbanen, hele landet sett under ett. NMT 450 har dårligere overføringskapasitet enn GSM, men med de datamengder telleravlesningene representerer har det minimal betydning.

Fordeler

- Tilnærmet landsdekkende dekningsforhold.
- Forberedt for dataoverføring

Ulemper

- Abonnementsavgift for hver måleenhet (mobiltelefon)
- Kostnader forbundet med oppringning av målere
- Behov for ekstra mobiltelefon i de lokomotiver som skal ha målere

Andre radiosystemer (GSM-R)

Et annet radiosystem som kan nevnes er GSM-R (Rail). Dette systemet vil kanskje på sikt gradvis ta over for dagens Togrado. GSM-R er et digitalt radiosystem, basert på konvensjonell GSM-teknologi men spesielt utviklet for jernbanebruk. GSM-R vil ha innebygde funksjoner for overføring av ulike parametre/målere i lokomotiver og motorvogner, og vil derfor også kunne brukes til overføring av energiforbruk. Det finnes ingen strategi for innføring av GSM-R i NSB/Jernbaneverket, og heller ingen prognoser for når et slikt system vil bli innført.

Valg og eliminering

Av de radiosystemene som er nevnt ovenfor er det NMT 450 som synes best egnet. Ulemper som utgifter til abonnement og samtaletid, må vike i forhold til det faktum at NMT 450 i dag er det systemet med klart best dekning langs jernbanen. Langs hovedbanen og ellers på Østlandet er GSM like bra eller bedre enn NMT 450, men på mere avsidesliggende banestrekninger og lengst i nord, er NMT 450 klart det beste alternativet.

Bruk av NMT 450 vil i tillegg gjøre det enklere å samle alle måledata i en enkelt sentral.

Konklusjon

Det konkluderes med at den mest fordelaktige kombinasjon for energimåleroverføring og grenseregistrering er henholdsvis NMT 450 og GPS. Begge disse systemene er svært kjente, og listen over applikasjoner som er basert på disse er svært lang. GPS har vist seg å bli særlig populært, og bruksområdene er mange.

Når det gjelder anbefalt mobiltelefonsystem har vi lagt vekt på målinger som er utført i 1996 og 1997. Her viste det seg at NMT 450 hadde størst dekning. Det ventes en fortsatt stor vekst i GSM-utbyggingen, slik at den faktiske GSM-dekningen kan være betydelig bedre når en eventuell investering i energimålerutstyr skal finne sted. Derfor bør ikke GSM som et aktuelt overføringssystem utelukkes.

Eksempel på måleravlesning og grensepassering

I tillegg til energimåler, mobiltelefon og GPS-mottaker trenger hvert tog en terminal. Denne terminalen inneholder en datainnsamlingsenhet som til enhver tid lagrer opplysning om forbrukt energi. Datainnsamlingsenheten inneholder et antall kanaler eller registre. Fig. 3.1 viser eksempel på et tog med komplett måleutrustning.

For å forklare virkemåten til en målerutrustning kan man se f. eks på strekningen Oslo - Bergen.

Når toget kjører ut fra Oslo S er det innenfor Region Øst. Energiforbruket registreres fortløpende i register nr. 1. Rett før Liertunnelen indikerer GPS-mottakeren at det er regiongrense, og gir et signal til terminalen om at energiforbruket skal registreres i register nr. 2. Alle GPS-koordinater for regionsgrenser er ferdig programmert i GPS-mottakeren.

Det samme skjer når toget er på vei inn i Haverstingtunnelen. GPS-mottakeren sier fra at nå skal energiforbruket registreres i register nr. 3. Det er i dette eksempelet ikke tatt hensyn til tilbakematet energi, effektforbruk eller tidsmerking av energiforbruket. Dette kan ivaretas ved bruk av en annen målertype samt flere registre.

På denne turen er energiforbruk i Region Øst lagret i register 1, Region Sør i register 2 og Region Vest i register 3.

Hvert døgn vil en sentralenhet ringe opp samtlige tog som har måleravlesning. Toget svarer, og avgir sitt unike terminalnummer sammen med tellerstanden i hvert register. Hvis toget ikke svarer gjentas oppringningen flere ganger, eller eventuelt neste døgn. Denne metoden regnes som sikrere enn at togene ved hver grensepassering skal ringe opp sentralen, og avgi status.

Det vil i terminalen være mulig å lagre flere dagers måleravlesning. Daglig avlesning er derfor ikke kritisk.

Ved å gi hver region to registre vil det være mulig å registrere både forbrukt og tilbakematet energi.

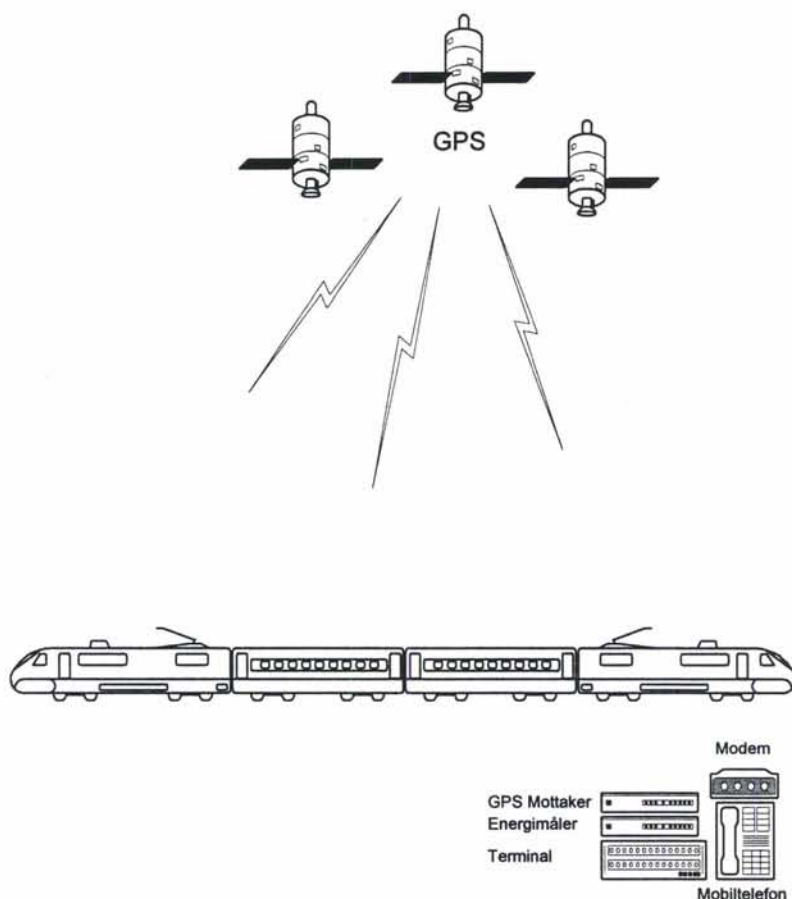


Fig. 3.1 Tog med utstyr for overføring av energiforbruk

3.3 Simuleringsprogrammer

For å få oversikt over energiforbruk i forbindelse med togtransport kan det brukes et egnet simuleringsverktøy som simulerer den faktiske ruten og fortløpende regner ut energiforbruket. Det er her valgt å kun se på de simuleringsverktøy som i dag er tilgjengelige hos Jernbaneverket. Hvert av simuleringsprogrammene vil i det etterfølgende bli vurdert med fordeler og ulemper samt de mest karakteristiske egenskapene.

3.3.1 Togkjør

Karakteristiske egenskaper

Hovedhensikt

Programmets hovedhensikt er å teste rutetider i forbindelse med ruteplanleggingen.

Inndata

- Lokdata (vekt, trekkraftkurver [kN på hjulringer])
- Togdata (antall vogner, vekt og lengde på hver vogn)
- Strekningsdata (kurvatur og hastighet)
- Stoppmønster (planlagte stasjonsstopp)

Utdata

- Tidsskjema (totaltid for kjørt rute)
- Kraftforbruk ([kNh] forbrukt på hjulringene)

Fordeler

- I forbindelse med den normale ruteplanleggingen vil det nesten alltid finnes oppdaterte versjoner av alle eksisterende og nye lok.
- De aller fleste strekningene her til lands er simulert med Togkjør og derfor forsvinner den delen av arbeidet som går på inndata omkring strekningsdata.
- Programmet er velkjent og relativt enkelt for den erfarne bruker.
- Programmet er pc-basert.

Ulemper

- Man kan kun simulere ett og ett tog om gangen.
- Programmet tar kun hensyn til mekanisk forbrukt energi på hjulringene.

3.3.2 Trainplan

Karakteristiske egenskaper

Hovedhensikt

Programmets hovedhensikt er å teste en total ruteplan med hensyn til avvik i estimerte tidsskjema.

Inndata

- Togdata (antall vogner, lengde på hver vogn)
- Strekningsdata (kurvatur og hastighet)
- Ruteplan i tabellform

Utdata

- Grafisk ruteplan (totaltid for kjørt rute)

Fordeler

- Alle eksisterende ruteplaner med tilhørende grafiske ruteplaner er normalt simulert i Trainplan.
- Programmet er pc-basert.

Ulemper

- Trainplan beregner ikke noen form for energiforbruk.

3.3.3 Railplan**Karakteristiske egenskaper**Hovedhensikt

Programmets hovedhensikt er å teste en ruteplan når også vekt og trekkraftkurver ligger til grunn for simuleringene.

Inndata

- Inndata/utdata fra Trainplan med tillegg for:
 - * Lokdata (vekt, trekkraftkurver [kN på hjulringer])
 - * Togdata (vekt på hver vogn)
 - * Signalanlegg (type signal, signalplasseringer)

Utdata

- Korrigert grafisk ruteplan med hensyn til signalanlegget
- Kraftforbruk ([kNh] forbrukt på hjulringene)

Fordeler

- Ruteplaner som skal kjøres er normalt kjørt i Trainplan og derfor forsvinner den delen av arbeidet som går på inndata omkring strekningsdata.
- Programmet er pc-basert.

Ulemper

- Dersom den aktuelle ruteplanen ikke er simulert i Trainplan må dette først utføres.
- Innleggelse av signalanlegget er normalt en veldig stor jobb.
- Programmet tar kun hensyn til mekanisk forbrukt energi på hjulringene.

3.3.4 Powerplan

Karakteristiske egenskaper

Hovedhensikt

Programmets hovedhensikt er å teste en gitt ruteplan også med hensyn til energiforsyningen og lokomotivets elektriske egenskaper.

Inndata

- Inndata/utdata fra Railplan med tillegg for:
 - * Elektriske egenskaper til lok
 - * Energiforsyningen

Utdata

- Korrigert grafisk ruteplan
- Alle fortløpende resultater under simuleringene kan vises grafisk og i tabell

Fordeler

- Programmet regner også med elektriske egenskaper.
- Kraftforbruket kan plottes eller listes som funksjon av tiden.
- Programmet er pc-basert.

Ulemper

- Man må ha en ferdig simulering av Railplan før man kan kjøre Powerplan.
- Tungvint å bygge elektriske nettverk.
- Brukergrensesnittet er uoversiktlig.
- Feil i modeller er vanskelige å finne og forandringer i etterkant kan kreve mye arbeid.
- Man må ved manuelle simuleringssiterasjoner korrigere for spenningsfall på kontaktledningen.
- Det finnes svært lite kompetanse på Powerplan i Jernbaneverket.
- Programmet trenger en del tilleggsmodeller for å kunne nyttegjøre plottemulighetene.
- Programmet takler enda ikke full samkjøring mellom omformerstasjoner.

3.3.5 SIMTRAC

Karakteristiske egenskaper

Hovedhensikt

Programmets hovedhensikt er å teste ruteplaner med hensyn til også elektriske egenskaper.

Inndata

- Lokdata (vekt, trekkraftkurver, elektriske egenskaper)
- Togdata (antall vogner, vekt og lengde på hver vogn)
- Strekningsdata (kurvatur og hastighet)
- Stoppmønster (planlagte stasjonsstopp)
- Ruteplan eller enkelttog
- Energiforsyningen

Utdata

- Tidsskjema (totaltid for kjørt rute)
- Alle fortløpende elektriske og mekaniske resultater under simuleringene kan vises grafisk og i tabell

Fordeler

- Programmet regner med elektriske egenskaper.
- Alle resultater kan tas ut i liste eller plottes og bearbeides.
- Programmet har utviklede gode modeller for omformerstasjoner og lokomotiver som med justeringer kan brukes.
- Programmet regner med interaktive og variable tidskritt som gir god nøyaktighet.
- Programmet gir mulighet for stor nøyaktighet for de komponentene som skal simuleres, og derfor gir programmet også mulighet for langt mere nøyaktige resultater enn tidligere nevnte programmer.
- Programmet er rimelig kjent i Jernbaneverket innen elektro-simuleringer.

Ulemper

- Programmet er enda ikke pc-basert og må installeres på dertil stor server.
- Energiforsyningen må etableres i sin helhet via modeller.
- Stor detaljering i forbindelse med innleggelser av data, dvs. en stor jobb.
- Programmet kan enda ikke konvertere ruteplaner fra eksempelvis Trainplan direkte.

3.3.6 Valg og eliminering

I Jernbaneverket har man i dag egentlig kun 3 forskjellige programsystemer å velge mellom. Dette er Togkjør, Railplan 2.0 (Trainplan, Railplan & Powerplan) og SIMTRAC.

Railplan 2.0:

Trainplan beregner ingen energiforbruk i forbindelse med en simulering, og er derfor av liten interesse i sammenheng med et avregningssystem for energiforbruk.

Railplan trenger en Trainplan simulering før dette programmet kan simulere en ruteplan. I tillegg må hele signalanlegget legges inn som inndata. Dette er en veldig stor mengde data som ikke er nødvendig i forbindelse med avregningssystemet. I tillegg tar programmet ikke hensyn til elektriske egenskaper. Totalt synes derfor Railplan som tungvint og derfor uaktuelt i denne sammenhengen.

Powerplan kan i utgangspunktet gi de resultatene man er interessert i. Resultatgranskningen kan derimot være svært tungt fordi man må benytte flere andre og separate tilleggspakker for å få oversikt over resultatene. Powerplan er i tillegg avhengig av en Railplankjøring og den totale datamengden som trengs for en enkel kjøring er derfor formidabel. Programmet vil videre neppe bli brukt til andre typer simuleringer. Av denne grunn synes også Powerplan som uaktuelt i denne sammenhengen.

Man står derfor igjen med programsystemene Togkjør og SIMTRAC som vil bli vurdert og evaluert videre i forbindelse med metodevalg for avregningssystemet.

4. Tariffer / Hvordan fordele energikostnadene?

Ved utforming av en tariffstruktur/ fordelingsnøkkel er målet å fordele kostnadene på en mest mulig rettferdig måte. Dette innebærer også at man bør tilstrebe å gi kundene «de riktige signalene» gjennom tariffstruktur samt tariffens ledd, slik at nettet utnyttes best mulig.

Ettersom Bane Energi er JBV's energiverk er det interessant å trekke sammenligninger og paralleller med retningslinjer «vanlige» netteiere har å følge. I tillegg er det viktig å se på hvilke signaler man ønsker å gi, ut i fra hvilke parametre som spiller inn.

4.1 Sammenligning med andre netteiere

Norges Energiverkforbund har gitt ut «Veileder for utarbeidelse av punktтарiffer», 1992, som er ment som et hjelpemiddel overfor regional- og distribusjonsnetteiere. I denne legges det opp til at det enkelte everk skal foreta en opplisting av kostnadsgrupper, sine virksomhetsområder, foreta en inndeling i kundegrupper samt en fordeling mellom kundegruppene.

En opplisting av kostnadsgrupper kan være som følger;

- Driftskostnader
- Andre driftsinntekter (kommer til fratrekk)
- Tapskostnader
- Overføring i overliggende nett
- Avkastning

En opplisting av virksomhetsområder kan være som følger;

- Overføring
- Hovedfordeling
- Fordeling, høyspenning
- Fordeling, lavspenning
- Kundeservice
- Administrasjon / felles
- Hjelpesfunksjoner

En opplisting av kundegrupper kan være som følger;

- Husholdninger
- Små næringsvirksomheter (T4-kunder)
- Store næringsvirksomheter (T3-kunder)

For utarbeidelse av overføringstariffer må de ulike kostnadsgruppene fordeles mellom virksomhetsområdene. Videre må kostnadene på virksomhetsområdene fordeles mellom kundegrupper ut i fra kundegruppens andel av energioverføringen på de ulike nivå. Fordelingen av energioverføringen på de ulike nettnivå beregnes ut i fra energisalget til de forskjellige kundegrupper, samt energitapene på de ulike nettnivå.

Videre må man avgjøre hvor stort fastledd hver enkelt kundegruppe skal ha. For større næringsvirksomheter må det også skje en fordeling av kostnadene mellom effektledd og energiledd. Vurderingen av fordelingsnøkkel mhp. fastledd, effektledd og energiledd innen hver kundegruppe foretas ut i fra skjønn.

Bane Energi's viderefakturering til regionene

Bane Energi's kostnader skal alle viderefaktureres regionene. Pr. i dag er oppdelingen på viderefaktureringen som følger.

- Energi (kraftkjøp)
- Fastledd (administrasjonskostnader)
- Energiledd (tap i Bane Energi's anlegg)
- Effektledd (installert ytelse eller maksimale timelastverdier)

- Ekstern lettleie (fastledd, energiledd og effektledd)

Foreløpig vil Bane Energi viderefakturere den eksterne nettleien som eget punkt og som én post.

Overføring av energiverkenes metode til JBV

Regionene på sin side skal viderefakturere kun kraftkjøp og ekstern nettleie mot trafikkselskapene. I tillegg synes det naturlig at kostnader tilknyttet energikjøp og avregning også blir viderefakturert. Per i dag er det da følgende kostnadsgrupper som man må ta hensyn til;

- Kraftkjøp
- Nettleie
- Kostnader tilknyttet energiavregning

I motsetning til vanlige energiverk har JBV bare én kundegruppe: trafikkselskapene. Det synes derfor å være liten hensikt i å dele opp i aktuelle virksomhetsområder. Ettersom vanlige everk må foreta vurderingen av fordelingsnøkkel mhp. fastledd, effektledd og energiledd innen hver kundegruppe ut i fra skjønn, så synes oppdelingen i virksomhetsområder å være uten hensikt for JBV.

4.2 Aktuelle parametre som påvirker energikostnadene

Det er ulike parametre og egenskaper ved togene og omgivelsene som påvirker energiforbruket i fbm. togfremføring. Noen av faktorene er gitt ut i fra utstyret som benyttes mens andre avhenger av rutene som settes opp eller føreren av toget. Det vil variere fra faktor til faktor hvem som skal betale, og således hvem som har interesse i å påvirke disse. Nedenfor er det satt opp de mest aktuelle faktorene, og på hvilken måte de er med å påvirke energikostnadene.

Installert ytelse i toget

Installert ytelse i toget vil være en av faktorene som påvirker ved dimensjonering av matestasjoner og kontaktledning. Man vil dermed få en direkte påvirkning av nødvendige investeringsmidler til infrastruktur. Kostnader til drift og vedlikehold vil også til en viss grad bli berørt. Denne faktoren lar seg i liten grad påvirkes når tog først er levert fra fabrikant.

Togets virkningsgrad

Togets virkningsgrad (η) vil direkte virke inn på togets totale energi- og effektforbruk. Denne faktoren er gitt ut i fra togets konstruksjon. Denne faktoren vil direkte påvirke energiavregningen siden en dårlig η vil bety at toget trekker forholdsvis mer energi mens det utfører samme arbeid som et tog med god η .

Cos ϕ for toget

En dårlig cos ϕ -faktor for et tog vil gi økte strømmer i kontaktledning og matestasjoner. Dette medfører i første rekke økte tap i kl-anlegget, men vil også påvirke dimensjonering av nevnte anlegg. Denne faktoren er gitt av typen togmateriell, hastighet for toget samt spenningen på kontaktledningen.

Tilbakemating av bremseeffekt

Dette er en egenskap som er tilgjengelig på nyere tog, og vil klart virke gunstig på energiforbruket mhp. togfremføring. Det er i stor grad kjøremønster som vil være bestemmende for utbyttet av egenskapen. Nytteverdien av denne egenskapen vil også avhenge av om tilstøtende omformerstasjoner har mulighet for tilbakemating, og om det er tog i nærheten til å nyttiggjøre seg energien. Pr. i dag får ikke Bane Energi betalt for tilbakematet energi fra omformerstasjoner til 3-fase nettet.

Togvarme

Togvarme vil i likhet med togets virkningsgrad virke inn på togets totale energi- og effektforbruk, og vil variere sterkt mellom sommer og vinter.

Trekkraftkurve/ aerodynamikk/ vekt

Dette er typiske egenskaper ved den enkelte togtype som klart virker inn på både energi- og effektforbruk. Disse faktorene lar seg forøvrig i liten grad påvirkes når tog først er levert fra fabrikant.

Elektrisk støy

Utstyr som medfører ekstra elektrisk støy vil kunne medføre ekstra investeringskostnader dersom det er påkrevd med tiltak. For eksempel genererer Rc-lok en del 100 Hz støy som kan virke forstyrrende på sikringsanlegget. Nye omformerstasjoner med kraftelektronikk har derfor blitt utrustet med 100 Hz vern.

Lokførers kjørevaner

Tilsvarende som ved bilkjøring vil det være avgjørende for energiforbruket hvor «tung» føreren er på «høyrefoten». Også effektforbruket vil påvirkes.

Rutetabell (start/stopp, hastighet, krysninger m.m.)

Rutetabellen vil direkte virke inn på uttak av effekt og energi. For eksempel vil en stopp med påfølgende start medføre en ekstra effekttopp ved oppstart og totalt sett et økt energiforbruk.

Banens beskaffenhet (kurver, stigning/fall, tillatt topphastighet, antall stasjoner, jevnhet/k-faktor)

I likhet med rutetabell vil banens beskaffenhet virke inn på uttak av effekt og energi.

Det elektriske nettet (antall matestasjoner, impedansforhold m.m.)

Antall og plassering av matestasjoner samt impedansforhold i kontaktledningsanlegget vil virke inn på de elektriske tap mellom innmating av 3-fase energi og uttak av 1-fase energi ved toget.

Matestasjonenes virkningsgrad

Matestasjonenes virkningsgrad virker klart inn på energi- og effektforbruket fra 3-faseleverandør, og vil derved indirekte også påvirke energiavregningen mot trafikkelskapene. Denne faktoren vil i stor grad avhenge av matestasjonenes konstruksjon, men Bane Energi bør stadig arbeide for å få til forbedringer.

Regulering av lastdeling mellom matestasjoner

En optimal styring av lastfordeling og effektflyt mellom matestasjoner kan føre til redusert behov for investeringer i nye matestasjoner samt reduserte kontaktledningstap.

Trafikktetthet

Trafikktettheten på en strekning vil virke inn på kjøremønsteret (køkjøring, krysninger m.m.) og dermed også energiforbruket. Et annet moment er at kjøring i rushtiden vil også medføre økte marginaltap i kontaktledningsanlegg og deler av matestasjonene.

4.3 Hvilke parametre bør inngå i tariffstrukturen

Ved benyttelse av en tariffstruktur mot trafikksselskapene, som inneholder energiledd, effektledd og fastledd, vil de aller fleste av faktorene nevnt i kap. 4.2 være dekket. Tariffstrukturen bør imidlertid også fange opp de resterende faktorene. I dette delkapittelet er det sett nærmere på hvordan de samme aktuelle parametrene kan dekket av strukturen.

Installert ytelse i toget

Dersom togets effektforbruk blir identifisert vil effektleddet i tariffstrukturen i stor grad dekke denne faktoren. Hvis ikke vil det være aktuelt å benytte verdi for installert ytelse i toget i selve effektleddet, men da med en annen pris på effekten (kr/kW).

Installert ytelse i toget vil være en av faktorene som påvirker ved dimensjonering av matestasjoner og kontaktledning. Dette påvirker nødvendige investeringsmidler til infrastruktur, men skal i seg selv ikke belastes trafikksselskapene. Dette påvirker allikevel de samlede kostnader ved jernbanedrift, og det bør diskuteres om tariffen skal dreies slik at høy installert ytelse vil falle mindre gunstig ut.

Togets virkningsgrad

Så lenge energiregistrering skjer på kontaktledningssiden av toget, vil denne faktoren være fanget opp av energi- og effektleddet og trenger derfor ikke å komme inn som et eget element i tariffstrukturen.

Togets virkningsgrad vil heller være et aktuelt enøk-område innen det enkelte trafikksselskap.

Cos ϕ for toget

Ved registrering av energi- og effektforbruk ved toget, vil denne faktoren ikke bli fanget opp av et energi- eller effektledd. Faktoren bør derfor komme med som et eget element i tariffstrukturen.

Tilbakemating av bremseeffekt

Denne faktoren vil redusere det samlede energiforbruk og bør derfor registreres/identifiseres og inngå i tariffstrukturen. Ettersom nytteverdien av tilbakematet energi er noe mindre enn forbrukt energi bør dette gjenspeiles i prissettingen av tariffen.

Togvarme

Denne faktoren vil direkte påvirke energi- og effektforbruket som registreres/identifiseres, og vil derfor være dekket av energileddet og effektleddet i tariffstrukturen.

Tiltak for å redusere togvarmeforbruket bør imidlertid være et aktuelt enøk-område innen det enkelte trafikksselskap.

Trekraftkurve/ aerodynamikk/ vekt

I likhet med f.eks. togvarme vil disse faktorene direkte påvirke energi- og effektforbruket som registreres/identifiseres, og bør derfor ikke komme med som et eget element i tariffstrukturen.

Elektrisk støy

Faktoren elektrisk støy synes å være så pass spesiell og neglisjerbar at man bør se bort fra den i denne sammenheng.

Lokførers kjørevaner

I likhet med f.eks. togvarme vil denne faktoren direkte påvirke energi- og effektforbruket som registreres/identifiseres, og bør derfor ikke komme med som et eget element i tariffstrukturen. Tiltak for å påvirke lokførers kjørevaner bør imidlertid være et aktuelt enøk-område innen det enkelte trafikkselskap.

Rutetabell (start/stopp, hastighet, krysninger m.m.)

I likhet med f.eks. togvarme vil denne faktoren direkte påvirke energi- og effektforbruket som registreres/identifiseres, og bør derfor ikke komme med som et eget element i tariffstrukturen. Ved oppsetting av rutetabell har man imidlertid mulighet til i en liten grad å drive enøk ved å påvirke antall krysninger samt fremføringshastighet.

Banens beskaffenhet (kurver, stigning/fall, tillatt topphastighet, antall stasjoner, jevnhet/k-faktor)

I likhet med f.eks. togvarme vil disse faktorene direkte påvirke energi- og effektforbruket som registreres/identifiseres, og bør derfor ikke komme med som et eget element i tariffstrukturen.

Det elektriske nettet (antall matestasjoner, impedansforhold m.m.)

Tap i matestasjoner og kontaktledning bør også inngå i energileddet i tariffstrukturen. Ettersom det er vanskelig å registrere/identifisere tap i fbm. det enkelte tog, kan dette kompenseres ved at energileddet prissettes høyere i tariffen. Man vil da ikke få en korrekt fordeling av de faktiske tap, men en prosentvis lik fordeling på hvert enkelt tog. Dette er i hht. metode som tradisjonelle everk benytter.

Matestasjonenes virkningsgrad

Se punktet over om det elektriske nettet.

Regulering av lastdeling mellom matestasjoner

Investeringer i kjørevegen skal ikke dekkes av trafikkselskapene og denne faktoren bør følgelig ikke komme med som et eget element i tariffstrukturen. I likhet med togenes virkningsgrad vil denne faktoren indirekte påvirke energiavregningen.

Trafikktetthet

Faktoren er i stor grad dekket av andre tidligere nevnte faktorer.

Ettersom kjøring i rushtiden også vil medføre økte marginaltap, burde derfor tariffen optimalt sett ha en høyere energipris for rushtidsforbruk. Et annet moment er at en høyere tariffpris for kjøring i rushperiodene vil gi et incitament for bedre utnyttelse av infrastrukturen over døgnet.

Ved benyttelse av en tariffstruktur mot trafikkselskapene, som inneholder energiledd, effektledd og fastledd, vil de aller fleste av de ovenfornevnte faktorer kunne dekkes. Det kan imidlertid være aktuelt å vektlegge togets $\cos \phi$, tilbakematet bremseeffekt samt installert ytelse for seg da man ellers vanskelig kan få gitt incitamenter som påvirker kostnadene på dette feltet.

4.4 Utforming av tariffstruktur mot trafikkselskapene

Regionenes viderefakturering skal i størst mulig grad gi en rettferdig fordeling av kostnadene. Samtidig skal fordelingen gi brukerne klare tilbakemeldinger om hva som er kostnadsdrivende i fbm. energilevering til elektrisk togfremføring.

Det synes riktig å dele en tariffstruktur inn tilsvarende det som er vanlig i nettleieavtaler for høyspenningsnett. Det vil si at den er 3 delt;

1. Fastledd - til dekning av kostnader som påløper uavhengig av energiforbruk og effektforbruk.
2. Energiledd - til dekning av de påløpte kWh.
3. Effektledd - til dekning av effektledd i nettleien mot 3-fase leverandør. I tillegg bør effektleddet også benyttes for å markere at høyt effektforbruk medfører behov for høy installert ytelse i matestasjoner og kontaktledningsanlegg.

Fastleddet

Fastleddet bør dekke de administrative kostnadene som påløper i fbm. energiavregningen. I tillegg bør fastleddet dekke avskrivninger mhp. investeringer i energimålere og annet utstyr, eller utgifter til simuleringer av energiforbruk for de enkelte tog. Den eksterne nettleiens fastledd bør også komme inn her. Oppsummert gir det følgende komponenter:

- Administrative kostnader vedrørende energiavregning
- Avskrivninger mhp. nødvendig registrerings-/simuleringsutstyr
- Den eksterne nettleiens fastledd

Energileddet

Prisen for energileddet bør være den samme som summen av kraftkjøpsprisen pluss energileddet i de eksterne nettleieavtalene. Ved å referere prisene til omformerstasjonenes 3-fase side vil tap i matestasjoner og kontaktledning være inkludert. Ved tilbakemating av energi fra tog til kl synes det naturlig at prisen for tilbakematet energi er lavere enn ved rent forbruk. Dette ettersom det vil oppstå tap i kontaktledningen mellom tilbakematende tog og mottager, samt at det er en viss sannsynlighet for at tilbakematet energi ikke kan nyttiggjøres av andre tog i rimelig nærhet. Oppsummert gir det følgende komponenter:

- Kraftkjøpet
- Den eksterne nettleiens energiledd
- Fratrukk for tilbakematet energi

Energiforbruket kan finnes gjennom simuleringer, praktiske målere ombord eller registrering av bruttotonnm stilt opp mot typiske verdier for Wh/bruttotonnm for de enkelte togruter.

Effektleddet

Effektleddet skal vise at det koster mer å ha ekstra installert ytelse tilgjengelig. Ettersom det kun er kraftkjøp og ekstern nettleie som skal viderefaktureres trafikkselskapene, vil det kun være effektleddet i den eksterne nettleien som spiller inn. Investeringer i økt ytelse i matestasjoner og kontaktledning skal ikke viderefaktureres trafikkselskapene. Dette til tross synes det likevel å være riktig at man foretar en vridning av energiregningen slik at effektleddet blir noe mer vektlagt i forhold til energileddet. Man vil da gi et incitament/ en stimulans til mer nøkternt uttak av effekt. Dette er viktig da økt effektuttak påvirker behovet

for installert ytelse i kontaktledning og matestasjoner samt øker marginaltapene i kontaktledningen. Oppsummert bør effektledet inneholde følgende komponent:

- Den eksterne nettleiens effektledd

Den eksterne nettleiens effektledd blir for en del omformerstasjoner beregnet ut i fra den enkelte stasjons gjennomsnittlige effektuttak i sentralnettets maksimallasttime. De siste årene har denne inntruffet en kald vinterdag (gjerne tidlig i februar) mellom klokken 10 og klokken 12. For andre omformerstasjoner er det stasjonens egen maksimallasttime som legges til grunn. For å redusere effektledet i den eksterne nettleien bør det diskuteres om det riktig å differensiere effektledet i tariffen mot trafikksselskapene mhp. tid på døgnet, uken eller året. (elementet k_1 i formelen nedenfor).

Effekttopp kan enten finnes gjennom simuleringer, ved målere installert i tog eller ut fra installert ytelse i toget.

Cos φ

Det bør også tas hensyn til effektfaktoren, cos φ , da denne varierer sterkt fra togtype til togtype og også innen ett og samme tog (særlig BM 69). Uttak av reaktiv effekt fra kontaktledningen medfører tap i kontaktledning og deler av matestasjonene, og dermed en liten økning i uttak av energi fra 3-fase siden. Et økt energiforbruk vil også påvirke effektuttaket, men dette i mindre grad.

Installert ytelse i tog

Det bør også tas hensyn til installert ytelse i den enkelte togtype. Skal flere tog med høy installert ytelse ta ut stor effekt samtidig krever det at kontaktledning og matestasjoner er dimensjonert for dette. Slik systemet er i dag skal ikke trafikksselskapene belastes investeringer i infrastrukturen, men det synes allikevel riktig å gi et incitament om at tog med høy installert ytelse påvirker JBVs investeringer. Samtidig uttak av høy effekt vil også påvirke effektledet i nettleien på 3-fase siden.

Ved sammenstilling av de nevnte faktorer får man følgende formel for grunnlag for faktura mot et trafikksselskap:

$$\text{Andelsgrunnlag} = F + k_1 * \sum_{x=1}^n (P_x * c_{fi,1,x} * c_{p,x}) + k_2 * \sum_{x=1}^n (W_{\text{forbruk}} * c_{fi,2,x}) - k_3 * \sum_{x=1}^n W_{\text{tilbake},x}$$

Der:

F	: fastledd
P	: effektforbruk [kW]
$W_{\text{forbruk}, x}$: energiforbruk for tog nr. x [kWh]
$W_{\text{tilbake}, x}$: energi tilbakematet fra tog, for tog nr. x [kWh]
k_1	: effektpris [øre/kW]
k_2	: energipris for forbrukt energi [øre/kWh]
k_3	: energipris for tilbakematet energi [øre/kWh]
$c_{fi,1}$: korreksjonsfaktor for togtypens cos φ , mhp. effektledet
$c_{fi,2}$: korreksjonsfaktor for togtypens cos φ , mhp. energiledet
c_p	: korreksjonsfaktor for togtypens installerte ytelse
n	: togavganger

Denne formelen angir hvordan tariffen teoretisk bør bygges opp for å gi en mest mulig nøyaktig og riktig fordeling mellom trafikkseksjonene.

Energiledd og effektledd i formelen består av summen av hvert enkelt tog kjørt på hver enkelt strekning. På den måten er det tatt hensyn til korreksjonsfaktorene for togtypens $\cos \varphi$ (c_{fi}) og togtypens installerte ytelse (c_p). Summen av effekt- og energiforbruk multipliseres med prisfaktoren k .

Det er i formelen ikke angitt noen form for differensiering av effektprisen (k_1).

Tap i kontaktledning og matestasjoner synliggjøres ikke direkte, men vil inngå prisfaktoren k . Tapene vil da fordeles prosentvis likt på alle tog.

Formelen slik den står her tar ikke hensyn til praktiske begrensninger. Det vil bli nærmere omtalt i kapittel 6, under hver enkelt metode.

5. Gardermobanen

5.1 Avregning mellom GMB, JBV og trafikkselskapene

Siden GMB er et eget aksjeselskap heleiet av NSB må avregningen mellom JBV og GMB behandles spesielt.

I dette kapittelet er det sett nærmere på hvordan man kan takle energiflyt mellom GMB og JBV Region Øst. Det er i en viss grad også sett på hvordan man kan takle grensepasseringer mellom GMB og JBV Region Øst, men her vises det forøvrig til kapittel 3.2.3.

Kostnader i forbindelse med investeringer og drift og vedlikehold av matestasjoner i JBV's nett dekkes over statsbudsjettet og skal ikke faktureres trafikkselskapene. For GMB er det ikke tatt stilling til hvordan driftsutgifter og investeringer i forbindelse med energiforedling skal dekkes inn, men GMB må fakturere alle sine kostnader til trafikkselskapene. Denne problemstillingen kan gi utslag i forskjellig strømpris mellom JBV og GMB. En forskjellig strømpris kan gi problemer ved utveksling av energi. Man bør derfor forsøke å finne løsninger for å unngå slike forskjeller i energiprisen.

GMBs anlegg strekker seg fra Etterstad til Eidsvoll. Jessheim omformerstasjon vil i sin helhet være eid og drevet av GMB mens Lillestrøm omformerstasjon er delt mellom Jernbaneverket Bane Energi og GMB i forholdet 2 til 1. Gardermobanen er i tillegg forsynt via to utganger i hver av koblingshusene på Oslo S og Eidsvoll.

Det synes å være to mulige metoder for å løse avregningen mellom GMB og JBV.

Alternativ I:

Avregning mellom GMB og JBV kan gjennomføres ved hjelp av en form for kraftpool. Man måler hvor mange kWh GMB mater inn på det felles kl-anlegget og bestemmer hvor stor andel av innmatet energi GMB selv bruker (flyplasstogene). Differansen i energien kan antas benyttet/levert av JBV Bane Energi og man må da avtale en kraftpris for denne energien. JBV må da belaste alle andre trafikkelskaper som trafikkerer JBV's og GMB's nett som om energien skulle være levert fra JBV Bane Energi. Dette alternativet medfører at det ikke er behov for å ta hensyn til passering av grenser mot GMB.

Det vil bli vanskelig å avgjøre hvor stor andel av de økte tapene i kl-anlegget som kan tillegges GMB (flyplasstogene). Hvor stor andel GMB har av totalt energiforbruk bør derfor forsøkes bestemt ved hjelp av simuleringer av et utvalg trafikksituasjoner i det samlede nettet, evt hele ruteplanen.

Simuleringene kan alternativt kun benyttes til å finne et anslag for GMBs andel av nettapene og kombineres med avlesning av energimålere ombord i flyplasstogene. Men det vil bli enda vanskeligere å gjøre simuleringer som skiller ut kun tapene som GMB (flyplasstogene) medfører.

Forventede årlige administrasjonskostnader for alt. I:

Simulering av GMBs forbruk:	Kr. 135.000
<u>Koordinering av avregning:</u>	<u>Kr. 100.000</u>
Totalt:	Kr. 235.000

Alternativ II:

Et annet alternativ er å ha målepunkter i alle tilknytningspunktene mellom JBV og GMB slik at man kan avregne energiutvekslingen periodisk og ut fra en avtalt energipris. JBV og GMB kan da sees på som helt adskilte områder med egen energiproduksjon og en kontrollert utveksling av elektrisk energi. JBV og GMB vil da innen sine respektive områder kunne belaste trafikkelskapene helt uavhengig av hverandre og ut fra hvor mye hvert selskap antas å ha belastet de ulike nett. For dette alternativet må man ta hensyn til passering av grenser mellom GMB's og JBV's jernbanenett. Passering av grenser mot GMB kan her teknisk sidestilles med passering av regionsgrenser. Dette er nærmere beskrevet i kapittel 3.2.3.

Ut fra de foreløpige planene for sammenkobling av kl-anlegget mellom GMB og JBV vil det bli 5 seksjonsfelt med muligheter for sammenkobling mellom de ulike anleggene på strekningen Etterstad - Eidsvoll. I disse seksjonsfeltene er det normalt ikke elektrisk forbindelse mellom GMB og JBV, men brytere kan legges inn for å mate via det andre nettet i en feilsituasjon. Hvor ofte slike situasjoner oppstår er ikke vurdert.

For stasjonsområdet på Eidsvoll er det ikke fremskaffet tegninger som viser noen form for sammenkobling mellom de respektive kl-anleggene utenom koblingshuset på Eidsvoll. Det tas derfor forbehold om riktigheten av at det kun er 5 seksjonsfelt. Endelige tegninger for sammenkoblingen mellom GMB og JBV er i skrivende stund ikke ferdige.

Alle avganger ut fra koblingshusene på Oslo S og Eidsvoll samt omformerstasjonene som mater Gardermobanen og hovedbanen er utstyrt med energimåler.

Forventede årlige administrasjonskostnader for alt. II

Kostnader i forbindelse med installering av energimåler i seksjonsfeltene anslås til kr. 60.000 pr. måler inkl. måletransformatorer plassert i skap på bakken og energimåler med modemoverføring av målerstanden.

Kostnader 1. år:

Installasjon av målere, totalt 5 x kr. 60.000 = Kr. 300.000

Kostnader til avregning mellom GMB og JBV i utvekslingspunktene: Kr. 100.000

Totalt: Kr. 400.000

Kostnader påfølgende år:

Vedlikehold av måleverk Kr. 15.000

Kostnader til avregning mellom GMB og JBV i utvekslingspunktene: Kr. 100.000

Totalt: Kr. 115.000

Kostnader til fordeling av energiregningen mellom trafikkelskapene vil følgelig være avhengig av GMBs og JBV's valg av metode for å gjøre dette.

5.2 Vurdering og anbefaling

Hvis man benytter alt. I vil det bli vanskelig å bestemme energiforbruket som GMBs tog har stått for. Man vil derfor kunne få uoverensstemmelser og diskusjoner omkring disse beregningene. Man får heller ingen mulighet til å kontrollere nøyaktig hvordan energiflyten er mellom JBV og GMB, dette kan føre til uryddige forhold mellom de to ulike energileverandørene.

Alt. II gir muligheter for at JBV og GMB kan fakturere trafikksekskapene innen sitt område ut fra den metode de selv velger. Man kan også skille klart og etterrettelig mellom GMB og JBVs energiforedling.

Sett ut fra en helhetlig vurdering av nøyaktighet og kostnader for de to ulike alternativene synes alt. II å være det beste og anbefales derfor.

6. Metoder for fordeling av energiregningen

6.1 Avregning etter kjørte brtonnkm.

Beskrivelse av metode

Begrepet bruttotonnkilometer (brtonnkm) kan danne grunnlag for en energiavregning når man i tillegg til kjørte brtonnkm har en statistisk størrelse for energiforbruket/brtonnkm.

Energiforbruket/brtonnkm kan finnes for ulike lok, tog og rutetyper på forskjellige måter, det er her valgt å se nærmere på følgende metoder:

- Installere energimålere i et representativt utvalg av ruter
- Simulering av energiforbruket i representativt utvalg ved hjelp av dataprogrammer. Det er behandlet to ulike simuleringsprogrammer; SIMTRAC og Togkjør.

Det er ikke hensiktsmessig å beregne energiforbruket/brtonnkm for hver enkelt rute. Man bør ta sikte på å kategorisere ulike rutetyper med tilnærmet samme stoppfrekvens, hastighet og trekkraftmatriell og finne et typisk energiforbruk for de ulike rutetyper. For å begrense arbeidsmengden og kompleksiteten i avregningen bør antall rutetyper begrenses. Det foreslås å benytte følgende grupperinger:

- lokaltrafikk
- nærtrafikk
- fjerntrafikk
- krengetog og flyplasstog
- godstrafikk

For hver av disse rutetyper må man registrere antall kjørte brtonnkm innen hver rutetype.

Dagens system for rapportering av kjørte brtonnkm i person- og godstrafikk (GTI) skiller ikke ut hvor mye som er kjørt innenfor hver region. For å få til dette med dagens rapporteringssystem må man gå inn på hver rute og dele denne opp regionsvis. Metoder for å gjøre dette bør sees nærmere på i samarbeid med trafikkselskapene. *Administrasjonskostnader i forbindelse med omlegging av rapporteringsrutiner og administrasjon av rapporteringen er avhengig av hvordan de ulike trafikkselskapene ønsker å gjennomføre dette og er derfor ikke tatt med her.*

Som beskrevet i kap. 2 bruker ØBB en metode som går ut på å bestemme en energipris ut fra statistiske data for forventet kjørte brtonnkm og korrigerer vanligvis ikke for det antall brtonnkm som faktisk blir kjørt. Det er i dette kapitlet valgt å se på avregning etterskuddsvis ut fra faktisk kjørte brtonnkm siden dette vil gi en bedre nøyaktighet uten at det synes å påvirke kostnadene til administrasjon av energiavregningen i særlig grad.

For å få en helt riktig fordeling av energiregningen regionsvis bør man også montere energimålere ved grensepunktene for å avregne hvor mye som går ut og inn av regionene. Hvis man ser bort fra utvekslingen av energi mellom regionene vil man innføre en unøyaktighet i avregningen regionsvis. Siden man sender en felles regning til trafikksekskapene fra JBV vil den samlede energifordelingen allikevel bli korrekt innenfor de grenser for nøyaktighet som ligger i metoden.

Det er i denne rapporten ikke sett på kostnader til installering av energimålere i regionsgrensene ettersom forholdet mellom JE og regionene er ivaretatt i egne avtaler.

Forholdet mellom JBV og GMB er omhandlet i kapittel 5.

Metode i forhold til tariffer

Brtonnkm gir først og fremst en fordeling av forbrukt energi. Avhengig av metode som benyttes for å komme fram til energiforbruk/brtonnkm kan man også kompensere på forskjellige måter for ulike faktorer som for eksempel $\cos\phi$ og installert ytelse på lok.

6.1.1 Målere ombord i et representativt utvalg av lok

Beskrivelse av metode

Beskrivelse

For at metode for avregning etter kjørte brtonnkm skal kunne brukes med noen nøyaktighet har man behov for å vite energiforbruk/brtonnkm for de ulike hovedgruppene av ruter. I dette delkapitlet er det sett nærmere på bruk av målere i tog for å finne en gjennomsnittlig verdi innen hver hovedgruppe.

Som nevnt tidligere i kapitlet er det mest hensiktsmessig å dele togtrafikken inn i ulike hovedgrupper. En inndeling i grupper som lokaltrafikk, nærtrafikk, fjerntrafikk, krenge- og flyplasstog samt godstrafikk synes å være aktuell.

For hver hovedgruppe må det plukkes ut enkelte tog som er representative for gruppen. For eksempel vil det for hovedgruppen lokaltrafikk være aktuelt å installere målere ombord i tog som går på Jærbanen, Arendalsbanen, ved Bergen, Flåmsbanen og i Oslo. Bortsett fra for lokaltrafikken i Oslo synes det å være tilstrekkelig å velge ut ett tog pr. område.

I tillegg til energimålere vil det være aktuelt å installere mobiltelefon med modem i de aktuelle togene, for overføring av energidata. Metode er beskrevet nærmere i kapittel 3.2.4. Det er ikke behov for utstyr ombord i toget for automatisk angivelse av passering av regionsgrense da man her kun skal komme frem til en gjennomsnittsverdi for energiforbruk/brtonnkm. Inndeling i regioner vil bli ivaretatt ved registrert ruteplan og utarbeidelse av kjørte brtonnkm.

Det må være en sentral enhet som automatisk foretar oppringning av de aktuelle togene, registrerer energiforbruket og finner gjennomsnittlig energiforbruk/brtonnkm.

Registrering av brtonnkm fordelt på hovedgrupper og regioner er beskrevet tidligere i dette kapitlet.

Metode i forhold til tariffer

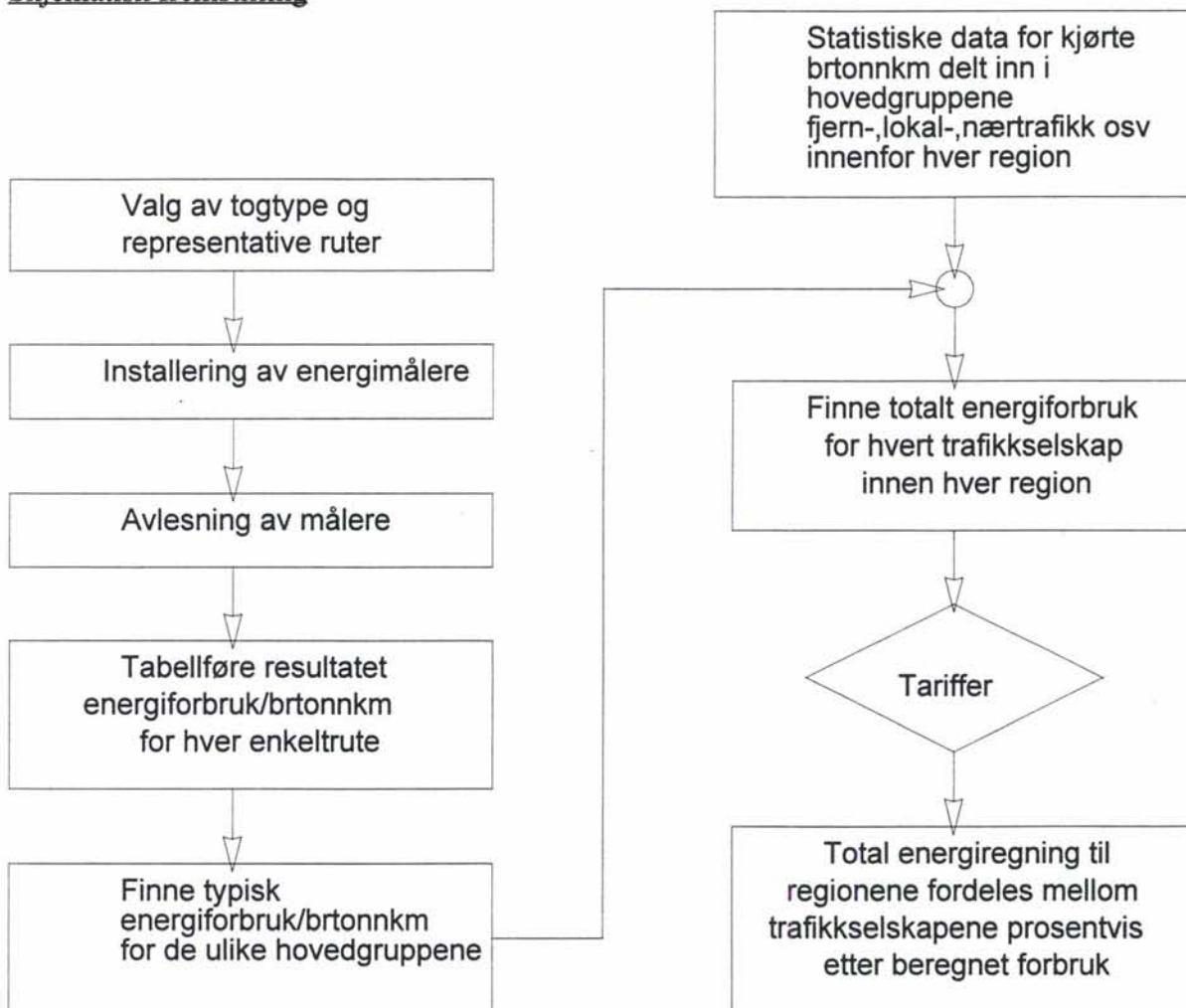
Som beskrevet tidligere gir benyttelsen av brtonnkm først og fremst en fordeling av energiforbruket.

Selv om det er mulighet for at energimålere installert i tog kan registrere effektforbruk, kan man ikke nyttiggjøre seg denne verdien direkte. Metoden gir kun rom for at man finner en gjennomsnittlig verdi for hver hovedgruppe. I praksis vil effektforbruket da bli konstant pr. togtype.

Man har også muligheten til å måle tilbakematet energi. Denne må sees i sammenheng med forbrukt energi og må inngå verdien for energiforbruk/brtonnkm for hver hovedgruppe.

For å kompensere for $\cos\phi$ og installert ytelse i toget må man vektlegge dem ut fra oppgitte data for toget evt. kombinert med simuleringer for å undersøke hvordan de virker inn på de totale energiutgiftene til JBV Bane Energi.

Skjematisk fremstilling



Figur 6.1 Skjematisk fremstilling av metoden.

Hvordan håndteres avvik

Siden man baserer metoden på å måle det faktiske forbruket i et representativt utvalg av tog vil systemet ta hensyn til avvik som skyldes forhold som sommer-/vinterforbruk, lokførers kjøremåte osv. Dette forutsatt at man deler opp avregningen i perioder som er korte nok til at man har tilnærmet like forhold innenfor en periode. For hver avregningsperiode må man altså finne et typisk forbruk for hver hovedgruppe ut fra registrerte målinger i perioden.

For å øke det statistiske grunnlaget kan man ta hensyn til tidligere registrerte målinger i samme tidsrom. Store avvik i benyttet materiell på forskjellige rutetyper vil føre til at statistiske data for energiforbruk/brtonnkm ikke lenger vil være korrekte og man må derfor opparbeide seg nye data for energiforbruket/brtonnkm ved utskifting og nyinnkjøp av togmateriell og ved forandringer i kjøremønster innen de forskjellige rutetyper.

Ved feil på målerutrustning bør man ha et system som detekterer dette slik at det kan rettes raskest mulig. Feil i sentralutrustning eller overføringsystem vil normalt automatisk gi feilmelding.

Ressursbehov

Disse momentene er det viktig å ta hensyn til når man skal gjennomføre metoden :

Innsamling av data om togtype - Valg av togtype

Innsamling av data om ruteplan - Valg av ruteplan

Valg av materiell

Montering av måler

Installering av datasystem i tog og sentral

Administrasjon/oppfølging

Kostnader

Det er pr. i dag noe usikkerhet angående materielltype og pris. Etter korrespondanse og møter med SJ har vi fått en del opplysninger og erfaringer, og har brukt dette som erfaringstall ved beregninger av kostnader.

Kostnader av materiell og installasjon (engangs investering)

For datasystem og overføring	
Terminal	kr. 5.000,-
Mobiltelefon	kr. 5.000,-
Installasjon	kr. 5.000,-
For energimåling ombord	
Spenningstransformator	kr. 25.000,-
Strømtransformator	kr. 5.000,-
Energimåler for aktiv effekt	kr. 5.000,-
Installasjon	kr. 40.000,-
Sum pr. tog	kr. 90.000,-
Sum for 40 stk. tog 1)	kr. 3.600.000,-
Tillegg kostnader for BM 69 (8 stk.) 2)	kr. 200.000,-
Sentralenhet (PC + software)	kr. 60.000,-
Tilknytningsavgift for mobiltelefon 3)	kr. 20.000,-
Totale kostnader	kr. 3.880.000,-

- 1) Tilsammen er 40 stk. forskjellige tog valgt ut som et representativt utvalg.
- 2) I enkelte togtyper som f. eks. BM 69 vil det trolig være behov for installasjon av strømtransformator på taket pga. liten plass inne i motorvognen. Dette medfører behov for forsterkning av taket og dermed store kostnader (erfaring fra Sverige). Vi antar at 8 stk. BM 69 er tilstrekkelig for å danne et representativt utvalg. Vi antar at tilleggskostnader på grunn av strømtransformatorene er ca. 25% av sum kostnader pr. tog.
- 3) Vi antar at tilknytningsavgift pr. mobiltelefon er ca. kr. 500,-.

Kostnader av administrasjon og vedlikehold årlig

Administrasjon, ca. ½ årsverk	kr. 150.000,-
Vedlikehold av datasystem og overføringssystem, ca. ¼ årsverk	kr. 100.000,-
Vedlikehold mhp. energimålere, ca. ¼ årsverk	kr. 80000,-
Abonnementsavgift og tellerskritt	kr. 120.000,-
Sum	kr. 450.000,-

Forventet nøyaktighet

Riktig valg av typiske togruter å basere målingene på samt tilstrekkelig antall målinger vil være avgjørende for kvaliteten på de statistiske data for forbruket pr. rutetype og må vurderes nøye.

Ved bruk av utstyr med normal nøyaktighet ved energimåling, vil nøyaktighet som følge av måletransformatorer og energimålere ha forsvinnende liten betydning for totalresultatet.

6.1.2 Simulere representativt utvalg av ruteplanen i Togkjør.

Beskrivelse av metode

Beskrivelse

I det følgende vil metode for avregning etter kjørte brtonnkm beskrives spesielt med hensyn på bruk av simuleringprogrammet Togkjør.

Togkjør er et togsimuleringsprogram som kun kan simulere ett og ett tog om gangen. Man kan derfor ikke simulere en ruteplan i sin helhet, og er nødt til å dele opp ruteplanen i enkeltruter.

Første trinn blir da å finne de rutene som er karakteristisk for en ruteplan. Man finner altså de rutene som i etterkant kan representere alle andre ruter i ruteplanen, men da tatt til hensyn andre strekninger og andre togvekter.

Neste trinn blir å simulere hver enkelt rute man til da har bestemt seg for. For hver av enkeltrutene beregnes det totale energiforbruk/brtonnkm. I tillegg til simuleringene kan det være behov for å korrigere simuleringene for avvik. Avvik som kan korrigeres for her er f.eks. togvarme, kjøring til driftspausehaller etc.

Av simuleringene finner man energiforbruk/brtonnkm for hver karakteristisk rute. Dette tabellføres etter rutetyper (fjerntrafikk, lokaltrafikk osv.) og trafikkselskap. Denne tabellen er da inngangsdata til den videre generelle metoden for avregning etter kjørte brtonnkm.

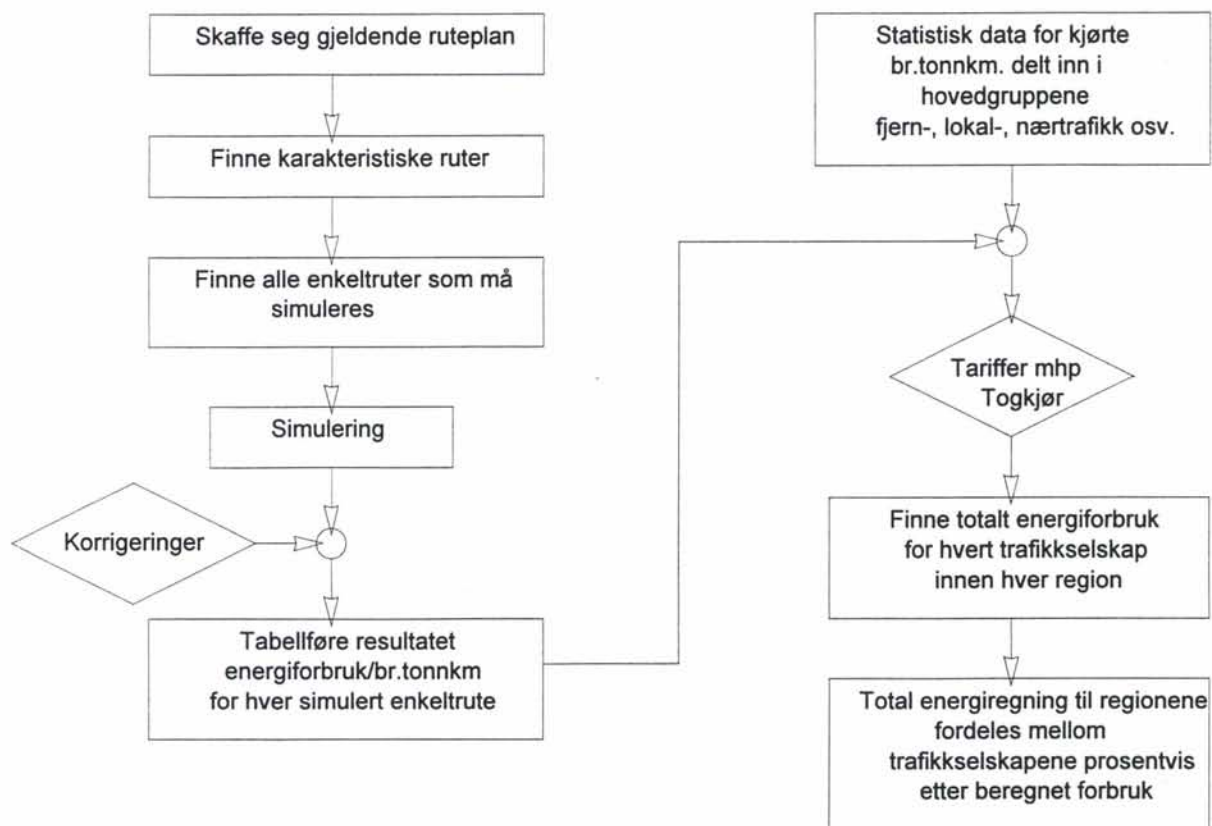
Metode i forhold til tariffer

Når man simulerer en enkeltrute i simuleringprogrammet Togkjør kan man som resultat få energiforbruket for det enkelte toget. En ulempe med programmet er derimot at man som resultat for energiforbruket kun får den totale forbrukte energimengden på skinnegangen. Skal man ha et tariffsystem overfor trafikkselskapene som i tillegg til totalt forbrukt energimengde tar hensyn til toppverdier, må man bruke en parameter for hva det enkelte lok/tog er i stand til å forbruke og ikke hva det faktisk har forbrukt. Programmet tar ikke hensyn til tilbakematet energi.

I Togkjør har man heller ingen representasjon av de elektriske egenskapene.

Virkningsgraden for lok/tog, her definert som aktiv effekt inn til lok / aktiv effekt mot skinnegangen, vil ikke bli simulert. Lav virkningsgrad for et lok/tog kan justeres ved å bake dette inn som et fastledd i tillegg til beregnet kjørte brtonnkm. Tilsvarende gjelder for $\cos \varphi$. Man kan velge å se helt bort fra virkningsgrad og $\cos \varphi$ i denne sammenhengen, og bare fordele kostnadene avhengig av kraft på skinnegang fra hjulringene. Dette blir et urettferdig system overfor lok/tog med høy virkningsgrad og $\cos \varphi$.

Skjematisk fremstilling



Figur 6.2 Skjematisk fremstilling av metoden.

Hvordan håndteres avvik

For persontog er det normalt stor forskjell på det midlere energiuttaket om vinteren og om sommeren. Om vinteren brukes en del energi til ren oppvarming av kupeer, og er definert som togvarme. I denne metoden tar man sikte på å korrigere simuleringresultatene for togvarme, som om man hadde en jevn temperatur over hele året. For å gjøre disse korrigeringsene behøver man statistiske data for energiforbruket om sommeren v.s vinteren for hver enkelt togtype. Det ekstra forbruket om vinteren kan beregnes på flere måter:

- Man kan bruke målinger ombord i enkelte tog for å verifisere det ekstra energiforbruket om vinteren.
- En annen mulighet er å finne perioder på døgnet med tilnærmet enerådende kjøring av persontrafikktog, og videre bruke statistisk data for energiuttaket fra omformerstasjonene til å beregne økningen i energiforbruket om vinteren v.s sommeren. Av dette ekstra energiuttaket på vinteren må man da trekke fra forbruk via faste installasjoner; togvarme (hentes i hovedsak fra kl) og sporvekselvarme (hentes i liten grad fra kl). Forbruket av prøvestrøm antas likt sommer som vinter, og er forøvrig neglisjerbart.

Når man spesifiserer de enkelte rutene man bestemmer seg for å simulere, må man finne hva slags trekraft som er normalt for den enkelte ruten. Dette vil dermed ligge til grunn for simuleringer og eventuelle justeringer i tariffingen. Avvik i bruk av trekraft i forhold til normale omstendigheter vil dermed ikke bli tatt hensyn til ved denne metoden.

Ressursbehov

Man må her skille mellom første gang man benytter seg av metoden og for repetisjoner av metoden for senere avregningsperioder.

Første gangs utførelse:*I) Innsamling av data før simulering:*

En ruteplan for et helt år er som regel delt opp i flere perioder. Et eksempel på dette er R 98.1 & R 98.2. I tillegg må ruteplanen skisseres også for sekvenser internt i hver periode. Et eksempel her er typiske forskjeller i ruteplanen for hver ny ukedag. Man kan på bakgrunn av denne totale ruteplanen skissere karakteristiske ruter og delruter ved regionsgrenser, og dermed skissere opp hver enkeltsimulering som må utføres. For å utføre simuleringene kreves i tillegg opplysninger angående hva som normalt er trekraft og togvekt for hver av skisserte enkeltrutene. Totalt anslås dette arbeidet å kreve 1 mann på fulltid i ca. 5 uker.

Alle strekningsdata, lokdata og togdata som ikke er tilgjengelige må da anskaffes. Dette arbeidet anslås til å kreve 2 mann på fulltid i ca. 2 uker.

II) Simuleringer:

For selve simuleringene anslås det å kreve 1 mann på fulltid i ca 2 uker.

III) Korrigeringer:

Det største arbeidet med korrigeringer vil være i sammenheng med Togvarme. Det kan antas at dette arbeidet krever 2 mann i ca 2 uker.

IV) Tabellføring:

For å strukturere og tabellføre resultatene i et regneark som kan forenkle det videre arbeidet anslås det å kreve 1 mann på fulltid i ca 3 dager.

V) Strukturering av statistisk data:

Omkostninger i forbindelse med rapporteringsrutiner innen hvert trafikkselskap tas ikke med her. Det forutsettes videre at inndata er minimum delvis konverterbart til ønsket datastruktur. Det antas da at innhenting og strukturering av alle statistiske data for kjørte brtonnkm krever 2 mann i ca 2 uker.

VI) Fordeling av energiregningen:

Beregning av energiforbruket for hvert trafikkselskap, tariffing og den videre fordelingen av energiregningen antas å kreve 2 mann i ca 2 uker.

Andre gangs utførelse:*I) Innsamling av data før simulering:*

Ved gjennomgang av en ny ruteplan antas det at man stort sett finner mange likheter med fjorårets ruteplan. Det antas derfor videre at det totale arbeidet med innsamling av informasjon kun krever halve fjorårets arbeid. Totalt anslås dette arbeidet å kreve 1 mann på fulltid i ca. 2,5 uker.

Alle strekningsdata, lokdata og togdata som ikke er tilgjengelige må da anskaffes. Dette arbeidet anslås til å kreve 1 mann på fulltid i ca. 2 uker.

II) Simuleringer:

Man kan regne med at store deler av simuleringene allerede er simulert i tidligere arbeider. For selve simuleringene anslås det derfor å kreve 1 mann på fulltid i ca 1 uke.

III) Korrigeringer:

Har man korrigert for togvarme en gang har man gode indikasjoner på metode og beregninger. Det antas derfor å kreve 1 mann i ca 1 uke.

IV) *Tabellføring:*

For å strukturere og tabellføre resultatene i et regneark som kan forenkle det videre arbeidet anslås det å kreve 1 mann på fulltid i ca 3 dager.

V) *Strukturering av statistisk data:*

Omkostninger i forbindelse med rapporteringsrutiner innen hvert trafikkselskap tas ikke med her. Det forutsettes videre at inndata er minimum delvis konverterbart til ønsket datastruktur. Det antas da at innhenting og strukturering av alle statistiske data for kjørte brtonnkm krever 2 mann i ca 2 uker.

VI) *Fordeling av energiregningen:*

Beregning av energiforbruket for hvert trafikkselskap, tariffing og den videre fordelingen av energiregningen antas å kreve 2 mann i ca 2 uker.

Kostnader:

Ved beregninger av kostnader forbundet med avregningssystemet beregnes disse med forutsetning om en timekostnad på 450 NOK, og avrundet til nærmeste hele 5000 kr.

<u>Første gangs utførelse:</u>		<u>Andre gangs utførelse</u>	
I	85.000 kr	I	40.000 kr
	65.000 kr		35.000 kr
II	35.000 kr	II	15.000 kr
III	65.000 kr	III	15.000 kr
IV	10.000 kr	IV	10.000 kr
V	65.000 kr	V	65.000 kr
<u>VI</u>	<u>65.000 kr</u>	<u>VI</u>	<u>65.000 kr</u>
totalt	390.000 kr		250.000 kr

For denne metoden kan man betegne forskjellen mellom kostnaden for første år og andre året for en investeringskostnad. Dette gir dermed :

Investeringskostnad = (390.000 - 250.000) kr = 140.000 kr

Årlige kostnader = 250.000 kr

Forventet nøyaktighet

Generelt for metoden gjelder at utslagsgivende for nøyaktigheten ligger i beregninger av energiforbruk/brtonnkm og statistikk for kjørte brtonnkm.

Dette avregningssystemet baseres i hovedsak på en prosentvis fordeling av energiregningen ut fra kjørte brtonnkm, og derfor regnes nøyaktigheten her ut fra avvik fra korrekt fordeling av energiregningen mellom trafikkselskapene.

Drøfting av forventet nøyaktighet mhp korrekt fordeling kan da videre deles i to hovedgrupper:

- Simulering (inndata, utdata).
- Statistikk og resultatbehandling.

Simulering:

Momenter som kan være opphav til unøyaktigheter er:

- Ruteplan (kjøring fra til driftspausehaller, etc.).
- Valg av representative ruter i simuleringene.
- Valg av normal trekkraft for de representative rutene.
- Valg av normal togvekt (statistisk snitt) for de representative rutene.
- Togkjør regner ikke med elektriske egenskaper (forskjellig fra loktype til loktype).
- Togkjør gir kun energiforbruket ut fra hjulringene.

Det kan være vesentlige forskjeller i elektriske egenskaper for trekkraftmateriell fra trafikkelskap til trafikkelskap. Dette kan være opphav til unøyaktigheter i fordelingen av energiregningen mellom de forskjellige trafikkelskapene. Uten noen form for korrigeringer eller tariffsystem som tar hensyn til disse forskjellene kan man risikere en unøyaktighet i avregningen på ca +/- 20 %.

Avvik i bruk av trekkraftmateriell for den enkelte ruten gir opphav til store unøyaktigheter i energiavregningen. Simuleringene skal basere seg på "normal" trekkraft for den enkelte ruten. Her kan det for det enkelte trafikkelskap være langt hyppigere avvik enn hos andre trafikkelskap. Uten noen form for tilsynsordning m/korrigeringer av resultatene antas unøyaktigheter i avregningen på opptil +/- 10 %.

Dersom man forøvrig benytter samme nøyaktighetskriterium for hver enkelt simulering og for beregninger på bakgrunn av simulering vil selve simuleringene og den videre resultatbehandlingen ikke skille nøyaktighetsgrad fra trafikkelskap til trafikkelskap. Det er dermed av avgjørende betydning at man finner gode kriterier for valg av inndata til simuleringene.

Statistikk og resultatbehandling:

Ved innsamling av kjørte brtonnkm for hver enkelt rute i ruteplanen er det avgjørende at det enkelte trafikkelskap har tilstrekkelige rutiner for rapportering. Bare fantasien setter grenser for hvilke momenter som spiller på nøyaktigheten. Det forutsettes derfor at statistikken er korrekt.

Med trafikkelskap som i hovedsak kun trafikkerer enkelte strekninger innen en region kan metoden med en prosentvis fordeling etter forbruket gi feil fordelingen av energiregningen. Årsaken til dette er forskjellige tapskostnader på forskjellige strekninger innen den enkelte regionen. Alle tapskostnader innen en region blir med denne metoden også fordelt etter det prosentvise forbruket på det enkelte loket. Dette kan kompenseres med tariffer for kjørt strekning dersom ønskelig. Unøyaktigheter mhp. kun den prosentvise fordelingen innen hver region sees derfor bort i fra her.

6.1.3 Simulere representativt utvalg av ruteplanen i SIMTRAC.

Beskrivelse av metode

Beskrivelse

I det følgende vil metode for avregning etter kjørte brtonnkm beskrives spesielt med hensyn på bruk av simuleringsprogrammet SIMTRAC.

Det er ingen store forskjeller sammenlignet med Togkjør, men SIMTRAC tar utgangspunkt i fullt utviklede modeller for det elektriske nettet og trekkraftmateriellets elektriske egenskaper. Dette krever normalt en større datainnsamling enn ved bruk av Togkjør.

Første trinn i metoden blir igjen å finne de rutene som er karakteristisk for en ruteplan. Man finner altså de rutene som i etterkant kan representere alle andre ruter i ruteplanen, men da tatt hensyn til andre strekninger og andre togvekter.

Neste trinn blir å simulere hver enkelt rute man til da har bestemt seg for. For hver av enkeltrutene beregnes det totale energiforbruk/brtonnkm. I tillegg til simuleringene kan det være behov for å korrigere simuleringene for avvik. Avvik som kan korrigeres for her er f.eks. togvarme, kjøring til driftspausehaller etc.

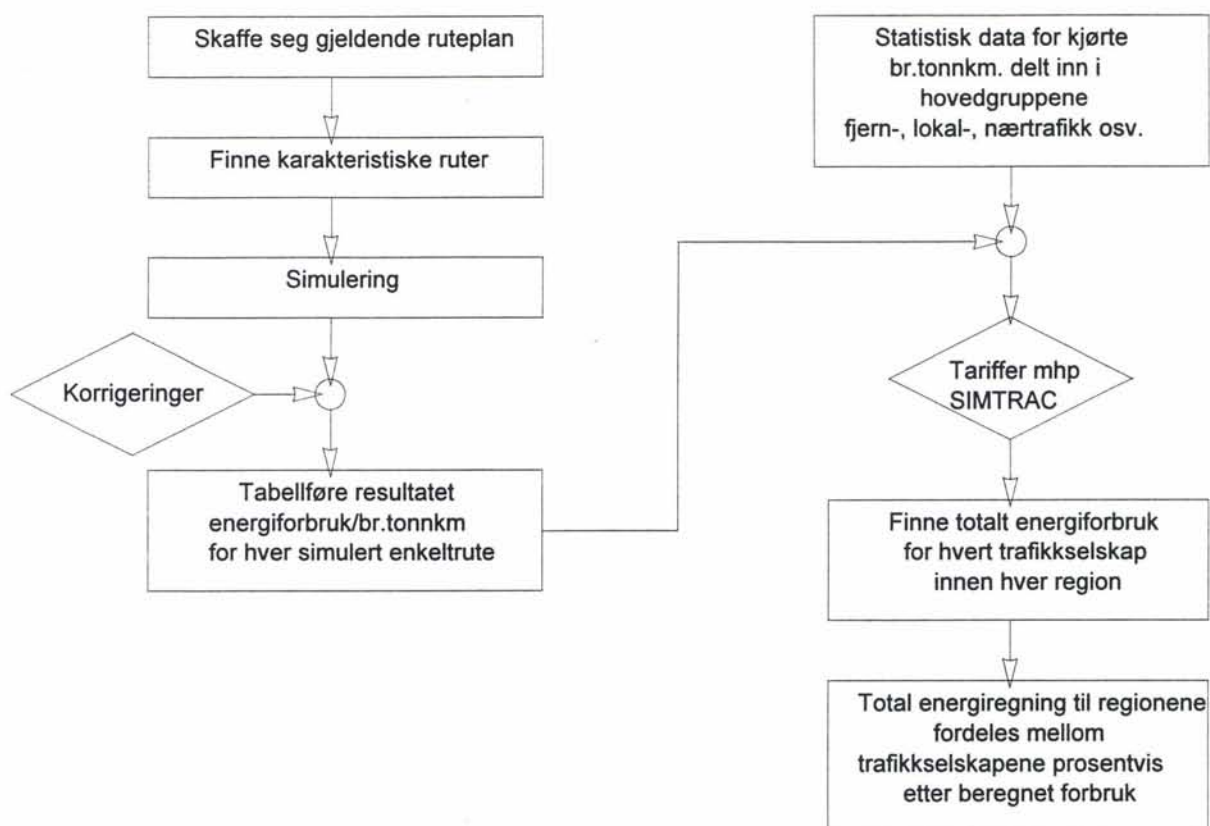
Av simuleringene finner man energiforbruk/brtonnkm for hver karakteristisk rute. Dette tabellføres etter rutetyper (fjerntrafikk, nærtrafikk osv.) og trafikkelskap. Denne tabellen er da inngangsdata til den videre generelle metoden for avregning etter kjørte brtonnkm.

Metode i forhold til tariffer

SIMTRAC er et togsimuleringsprogram som kan simulere en hvilken som helst spesifisert ruteplan. Som utgangsdata fra programmet kan man få fortløpende resultater i tabell eller grafisk form. Denne datamengden kan videre behandles på ønsket måte. Med disse egenskapene egner programmet seg spesielt i sammenheng med tariffsystemer som tar hensyn til både effektledd og energiledd.

I SIMTRAC har man full representasjon av de elektriske egenskapene i trekkraftmaterialet (forutsatt at forbruket refereres til 3-fase- eller omformerstasjonsnivå). Man behøver derfor ikke å ha spesielle tariffer for virkningsgraden og $\cos \phi$, slik man for eksempel bør ha for Togkjør.

Skjematisk fremstilling



Figur 6.3 Skjematisk fremstilling av metoden.

Hvordan håndteres avvik (tilsvarende som for Togkjør)

For persontog er det normalt stor forskjell på det midlere energiuttaket om vinteren og om sommeren. Om vinteren brukes en del energi til ren oppvarming av kupeer, og er definert som togvarme. I denne metoden tar man sikte på å korrigere simuleringsresultatene for togvarme, som om man hadde en jevn temperatur over hele året. For å gjøre disse korrigeringsene behøver man statistiske data for energiforbruket om sommeren v.s vinteren for hver enkelt togtype. Det ekstra forbruket om vinteren kan beregnes på flere måter:

- Man kan bruke målinger ombord i enkelte tog for å verifisere det ekstra energiforbruket om vinteren.
- En annen mulighet er å finne perioder på døgnet med tilnærmet enerådende kjøring av persontog, og videre bruke statistisk data for energiuttaket fra omformerstasjonene til å beregne økningen i energiforbruket om vinteren v.s sommeren. Av dette ekstra energiuttaket på vinteren må man da trekke fra forbruk via faste installasjoner; togvarme (hentes i hovedsak fra kl) og sporvekselvarme (hentes i liten grad fra kl). Forbruket av prøvestrøm antas likt sommer som vinter, og er forøvrig neglisjerbart.

Når man spesifiserer de enkelte rutene man bestemmer seg for å simulere, må man finne hva slags trekraft som er normalt for den enkelte ruten. Dette vil dermed ligge til grunn for

simuleringer og eventuelle justeringer i tarifferingen. Avvik i bruk av trekraft i forhold til normale omstendigheter vil dermed ikke bli tatt hensyn til ved denne metoden.

Ressursbehov

Man må her skille mellom første gang man benytter seg av metoden og for repetisjoner av metoden for senere avregningsperioder.

Første gangs utførelse:

I) *Innsamling av data før simulering:*

En ruteplan for et helt år er som regel delt opp i flere perioder. Et eksempel på dette er R 98.1 & R 98.2. I tillegg må ruteplanen skisseres også for sekvenser internt i hver periode. Et eksempel her er typiske forskjeller i ruteplanen for hver ny ukedag. Man kan på bakgrunn av denne totale ruteplanen skissere karakteristiske ruter og delruter ved regionsgrenser, og dermed skissere opp hver enkeltsimulering som må utføres. For å utføre simuleringene kreves i tillegg opplysninger angående hva som normalt er trekraft og togvekt for hver av skisserte enkeltruter. Totalt anslås dette arbeidet å kreve 1 mann på fulltid i ca. 5 uker.

Alle strekningsdata, lokdata og togdata som ikke er tilgjengelige må da anskaffes. Dette arbeidet anslås til å kreve 2 mann på fulltid i ca. 4 uker.

II) *Simuleringer:*

For selve simuleringene anslås det å kreve 2 mann på fulltid i ca 3 uker.

III) *Korrigeringer:*

Det største arbeidet med korrigeringer vil være i sammenheng med togvarme. Det kan antas at dette arbeidet krever 2 mann i ca 2 uker.

IV) *Tabellføring:*

For å strukturere og tabellføre resultatene i et regneark som kan forenkle det videre arbeidet anslås det å kreve 1 mann på fulltid i ca 3 dager.

V) *Strukturering av statistisk data:*

Omkostninger i forbindelse med rapporteringsrutiner innen hvert trafikkselskap tas ikke med her. Det forutsettes videre at inndata er minimum delvis konverterbart til ønsket datastruktur. Det antas da at innhenting og strukturering av alle statistiske data for kjørte brtonnkm krever 2 mann i ca 2 uker.

VI) *Fordeling av energiregningen:*

Beregning av energiforbruket for hvert trafikkselskap, tariffing og den videre fordelingen av energiregningen antas å kreve 2 mann i ca 2 uker.

Andre gangs utførelse:

I) *Innsamling av data før simulering:*

Ved gjennomgang av en ny ruteplan antas det at man stort sett finner mange likheter med fjorårets ruteplan. Det antas derfor videre at det totale arbeidet med innsamling av informasjon kun krever halve fjorårets arbeid. Totalt anslås dette arbeidet å kreve 1 mann på fulltid i ca. 2,5 uker.

Alle strekningsdata, lokdata og togdata som ikke er tilgjengelige må da anskaffes. Dette arbeidet anslås til å kreve 1 mann på fulltid i ca. 2 uker.

- II) *Simuleringer:*
Man kan regne med at store deler av simuleringene allerede er simulert i tidligere arbeider. For selve simuleringene anslås det derfor å kreve 1 mann på fulltid i ca 2 uker.
- III) *Korrigeringer:*
Har man korrigert for togvarme en gang har man gode indikasjoner på metode og beregninger. Det antas derfor å kreve 1 mann i ca 1 uke.
- IV) *Tabellføring:*
For å strukturere og tabellføre resultatene i et regneark som kan forenkle det videre arbeidet anslås det å kreve 1 mann på fulltid i ca 3 dager.
- V) *Strukturering av statistisk data:*
Omkostninger i forbindelse med rapporteringsrutiner innen hvert trafikkselskap tas ikke med her. Det forutsettes videre at inndata er minimum delvis konverterbart til ønsket datastruktur. Det antas da at innhenting og strukturering av alle statistiske data for kjørte brtonnkm krever 2 mann i ca 2 uker.
- VI) *Fordeling av energiregningen:*
Beregning av energiforbruket for hvert trafikkselskap, tariffing og den videre fordelingen av energiregningen antas å kreve 2 mann i ca 2 uker.

Kostnader

Ved beregninger av kostnader forbundet med avregningssystemet beregnes disse med forutsetning om en timekostnad på 450 NOK, og avrundet til nærmeste hele 5000 kr.

<u>Første gangs utførelse:</u>		<u>Andre gangs utførelse:</u>	
I	85.000 kr	I	40.000 kr
	135.000 kr		35.000 kr
II	100.000 kr	II	35.000 kr
III	65.000 kr	III	15.000 kr
IV	10.000 kr	IV	10.000 kr
V	65.000 kr	V	65.000 kr
VI	65.000 kr	VI	65.000 kr
totalt	525.000 kr		270.000 kr

For denne metoden kan man betegne forskjellen mellom kostnaden for første år og andre året for en investeringskostnad. Dette gir dermed :

$$\text{Investeringskostnad} = (525.000 - 270.000) \text{ kr} = 255.000 \text{ kr}$$

$$\text{Årlige kostnader} = 270.000 \text{ kr}$$

Forventet nøyaktighet

Generelt for metoden gjelder at utslagsgivende for nøyaktigheten ligger i beregninger av energiforbruk/brtonnkm og statistikk for kjørte brtonnkm.

Dette avregningssystemet baseres i hovedsak på en prosentvis fordeling av energiregningen ut fra kjørte brtonnkm, derfor regnes nøyaktigheten her ut fra avvik fra korrekt fordeling av energiregningen mellom trafikkselskapene.

Drøfting av forventet nøyaktighet mhp riktig fordeling kan da videre deles i to hovedgrupper:

- Simulering (inndata, utdata).
- Statistikk og resultatbehandling.

Simulering:

Momenter som kan være opphav til unøyaktigheter er:

- Ruteplan (kjøring fra til driftspausehaller, etc.).
- Valg av representative ruter.
- Valg av normal trekraft for de representative rutene.
- Valg av normal togvekt (statistisk snitt) for de representative rutene.

Avvik i bruk av trekraftmateriell for den enkelte ruten gir opphav til store unøyaktigheter i energiavregningen. Simuleringene skal basere seg på "normal" trekraft for den enkelte ruten. Her kan det for det enkelte trafikkselskap være langt hyppigere avvik enn hos andre trafikkselskap. Uten noen form for tilsynsordning m/korrigeringer av resultatene antas unøyaktigheter i avregningen på opptil +/- 10 %.

Dersom man forøvrig benytter samme nøyaktighetskriterium for hver enkelt simulering og for beregninger på bakgrunn av simulering vil selve simuleringene og den videre resultatbehandlingen ikke skille i nøyaktighetsgrad fra trafikkselskap til trafikkselskap. Det er dermed av avgjørende betydning at man finner gode kriterier for valg av inndata til simuleringene.

Statistikk og resultatbehandling:

Ved innsamling av kjørte brtonnkm for hver enkelt rute i ruteplanen er det avgjørende at det enkelte trafikkselskap har tilstrekkelige rutiner for rapportering. Bare fantasien setter grenser for hvilke momenter som spiller på nøyaktigheten. Det forutsettes derfor at statistikken er korrekt.

Med trafikkselskap som i hovedsak kun trafikkerer enkelte strekninger innen en region kan metoden med en prosentvis fordeling etter forbruket gi feil fordelingen av energiregningen. Årsaken til dette er forskjellige tapskostnader på forskjellige strekninger innen den enkelte regionen. Alle tapskostnader innen en region blir med denne metoden også fordelt etter det prosentvise forbruket for det enkelte toget. Dette kan kompenseres med tariffer for kjørt strekning dersom ønskelig. Unøyaktigheter mhp. kun den prosentvise fordelingen innen hver region sees derfor bort i fra her.

6.2 Avregning etter kun måling - Målere ombord i alle tog

Beskrivelse av metode

Beskrivelse

Til denne metoden er det behov for følgende utstyr ombord i alle tog; energimåler, terminal (registre/telleverk), apparat for registrering av regionsgrenser (fortrinnsvis GPS mottaker) og mobiltelefon m/modem. I tillegg er det behov for en sentral enhet tilknyttet telefon. Utstyret er tidligere beskrevet under kapittel 3.2.

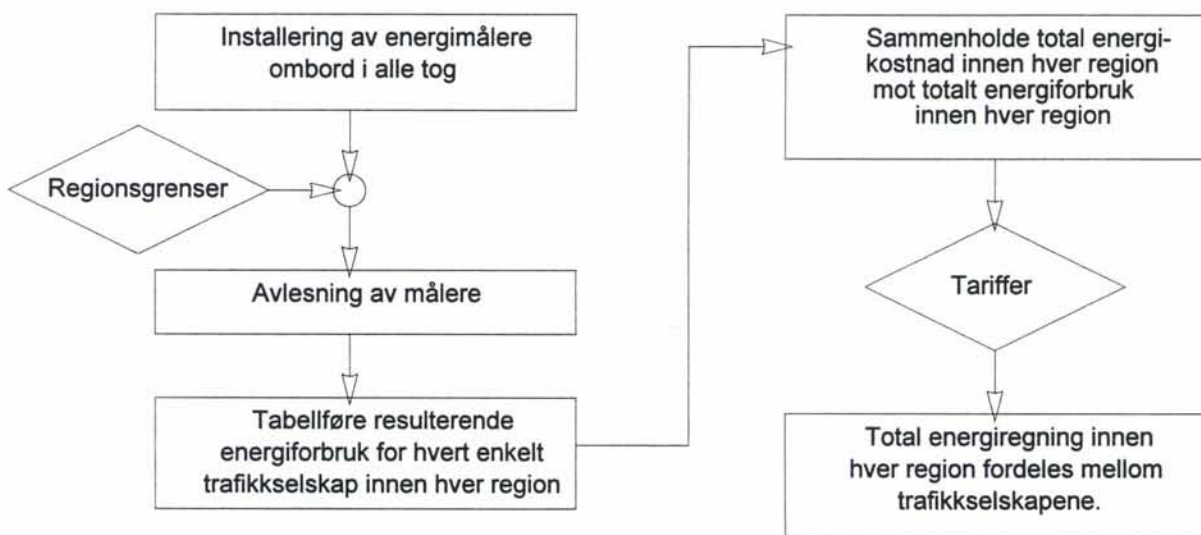
Energimåler med registrering av forbrukt energi, tilbakematet energi samt toppeffekt vil gi størst rettferdighet mhp. fordeling av energikostnadene, men vil kreve terminal med flere registre ombord.

Målere og nødvendig datautstyr installeres ombord i alle tog. Energiforbruket samt eventuelt tilbakematet energi og toppeffekt i tog avleses og overføres via mobiltelefon til en sentral enhet, som beskrevet i kap. 3.2.4. Dette gjøres automatisk. Data som samles inn kan foruten energiavregning også benyttes til statistikker eller kontroll av enøk-tiltak.

Metode i forhold til tariffer

I tillegg til å måle energiforbruket kan man registrere toppeffekten innenfor en tidsperiode. Denne toppeffekten kan benyttes som en parameter i et effektledd i tariffen. Man kan også registrere tilbakematet energi for å bruke dette i en tariff som skiller mellom levert energi fra kl-anlegg og tilbakematet energi fra tog. For å kompensere for ulike andre faktorer som $\cos\phi$ og installert ytelse må man vektlegge dem ut fra oppgitte data for toget evt. kombinert med simuleringer for å undersøke hvordan de virker inn på de totale energiutgiftene til JBV Bane Energi.

Skjematisk fremstilling



Figur 6.4 Skjematisk framstilling av metoden.

Hvordan håndteres avvik

Denne metode tar hensyn til alle avvik. Dette krever at man i tillegg må registrere i systemet hver gang et lok eller en motorvogn lånes ut/byttes mellom trafikkseksjonene.

Ressursbehov

Disse momentene vil være utslagsgivende for kostnadene ved gjennomføring av metoden:

- Valg av materiell
- Montering av energimåler med tilhørende utstyr
- Installering av datasystem i tog og sentral
- Administrasjon/oppfølging

Kostnader

Vi har pr. i dag noe usikkerhet angående materielltype og pris. Etter korrespondanse og møter med SJ har vi fått en del opplysninger og erfaringer, og har benyttet dette som erfaringstall ved beregning av kostnader.

Kostnader av materiell og installasjon (engangs investering)

For datasystem	
Terminal	kr. 5.000,-
Mobiltelefon	kr. 5.000,-
Detekteringsenhet for passering av regionsgrense (f.eks. GPS-mottaker m/antenne)	kr. 10.000,-
Installasjon	kr. 5.000,-
For energimåling	
Spenningstransformator	kr. 25.000,-
Strømtransformator	kr. 5.000,-
Energimåler for aktiv effekt	kr. 5.000,-
Installasjon	kr. 40.000,-
Sum pr. tog	kr. 100.000,-
Sum for 275 stk. tog 1)	kr. 27.500.000,-
Tilleggs kostnader for BM 69 (83 stk.) 2)	kr. 6.425.000,-
Sentralenhet (PC + software)	kr. 60.000,-
Tilknytningsavgift for mobiltelefon 3)	kr. 137.500,-
Totale kostnader	kr. 34.122.500,-
Totale kostnader avrundet	kr. 34.100.000,-

1. Tilsammen ca. 275 stk. tog, se 3.2.1.
2. I enkelte togtyper som f. eks. BM 69 vil det være behov for installasjon av strømtransformator på taket pga. liten plass inne i motorvognen. Dette medfører behov for forsterkning av taket og dermed store kostnader (erfaring fra Sverige). Tilleggs kostnader som medføres av denne typen (BM 69) er ca. 25% av sum kostnader pr. tog.
3. Vi antar en tilknytningsavgift pr. mobiltelefon på ca. kr. 500,-.

Kostnader ved årlig administrasjon, drift og vedlikehold

Administrasjon ca. ett årsverk	kr. 300.000,-
Drift og vedlikehold av datautstyr ca. ½ årsverk	kr. 200.000,-
Energimålere m/utstyr ca. ½ årsverk	kr. 160.000,-
Abonnementsavgift + tellerskritt	kr. 825.000,-
Sum	kr. 1.485.000,-
Avrundet	kr. 1.500.000,-

Forventet nøyaktighet

De avleste verdiene vil ha en nøyaktighet kun begrenset av nøyaktighetsklassen til måletransformatorene og telleverket, som vil ligge i området 0.5 - 2 %.

Fordelingen av tapene i kl-anlegget må gjøres på grunnlag av energiforbruket til hvert tog evt. korrigert for faktorer som $\cos\phi$ og kjørt strekning, dette vil ikke gi en helt nøyaktig fordeling av tapskostnadene. Man anser likevel at tapskostnadene fordeles på den best mulige måten.

I tillegg måles disse verdiene direkte på toget som faktisk har brukt energien, under alle forhold. Man får derfor dekket alle avvik.

Registrering i forbindelse med passering av regionsgrensene vil føre til en korrekt fordeling av energiregningen innen hver region.

På bakgrunn av argumentene over anses denne metoden å gi en meget høy grad av nøyaktighet i avregningen.

6.3 Avregning etter kun simuleringer

Et energiavregningssystem med kun simuleringer krever et simuleringsprogram som tar hensyn til de fleste relevante forhold, for på denne måten å luke ut flest mulige årsaker til unøyaktigheter.

For denne metoden er det forutsatt bruk av simuleringsprogrammet SIMTRAC. Hovedgrunnen til dette er at dette simuleringsprogrammet har fullverdige modeller for både det elektriske nettet og for trekkraftmateriellet. Modellene har en stor nøyaktighet og kan detaljeres etter ønske.

SIMTRAC er et togsimuleringsprogram som kan simulere en hel ruteplan. I dag må man legge inn ruteplanen manuelt ved tastetrykking. Det er intensjoner om å lage modeller som gir muligheter for å konvertere ruteplaner direkte fra eksempelvis Railplan. Dermed kan planlagte ruteplaner utarbeidet ved ruteplankontoret simuleres direkte. Har man simulert en ruteplan kan man for hvert enkelt tog i ruteplanen finne elektrisk energiforbruk. Resultatene kan gis i tabell eller grafisk, og kan bearbeides videre om dette er ønskelig.

I tillegg til strekninger, hastigheter og trekkraftmaterieell, er også forventet togvekt av avgjørende betydningen når man kun avregner etter simuleringer.

6.3.1 Simulere hel ruteplan i forkant

Man baserer her hele metoden på grunnlag av forventede togvekter og trekkraft og ikke hva som faktisk er kjørt. Hele avregningssystemet blir en modifikasjon av Østerrikes avregningssystem. Det vil si at man her minst er avhengig av samme datamengde. For det Østerrikske avregningssystemet kan man derimot slippe med langt færre simuleringer. Dette vil vises klarere i de neste avsnittene.

Beskrivelse av metode

Beskrivelse

Første trinn blir å innhente den gjeldende ruteplanen. For å luke ut årsaker til feil bør lastingen av ruteplanen først finne sted etter at man har konstatert at ruteplanen fungerer.

Neste trinn blir å simulere hele ruteplanen. Med dette menes at ruteplanen må simuleres i sin helhet over et døgn og for hvert døgn i uken. I tillegg har normalt en ruteplan mindre korreksjoner avhengig av periode i året. For å ta hensyn til dette også må hver av periodene simuleres.

Med forutsetning av at man ønsker å skille forbruket i de enkelte regionene, behøver man ikke å ta hensyn til dette før i resultatgranskningen. Dette er ikke nødvendig med SIMTRAC ettersom man kan bearbeide resultatene på en hensiktsmessig måte. Man kan med SIMTRAC altså finne forbruket innen hver region i ettertid.

Siden man kun baserer seg på simuleringer av ruteplanen bør simuleringene på en eller annen måte verifiseres. Dette bør gjøres vha. målinger på enkelte strekninger.

I tillegg til verifiseringer av simuleringene kan det være behov for å korrigere simuleringene for avvik. Avvik som kan korrigeres for her er f.eks. erfaringer fra verifiseringene, togvarme, kjøring til driftspausehaller etc.

Av simuleringene finner man energiforbruket for hver enkelt rute i ruteplanen og innen hver enkelt region. Avhengig av tariffsystem tabellføres resultatene separat for hvert av de aktuelle trafikksekselskapene.

Total energiregning innen hver region skal videre fordeles på de ulike trafikksekselskapene. Man tar her sikte på å dele energiregningen i et fastledd og et variabelt ledd (hhv. effektledd og energiledd). Den delen av total energiregning innen hver region som ikke dekkes av fastleddet skal da dekkes av det variable leddet. Kilowatttimeprisen på den variable delen fastsettes etter dette slik:

$$\text{pris/kWh} = (\text{total energiregning} - \text{totalt fastledd}) / \text{totalt energiforbruk innen hver region.}$$

Fastsetting av fastleddet blir en del av tariffsystemet og kan være avhengig av strekninger, effektopper, etc.

Etter dette kan total energiregning innen den enkelte regionen beregnes for hvert av trafikksekselskapene. Man har da funnet forventet forbruk over et år for hvert av de aktuelle trafikksekselskapene.

Metode i forhold til tariffer

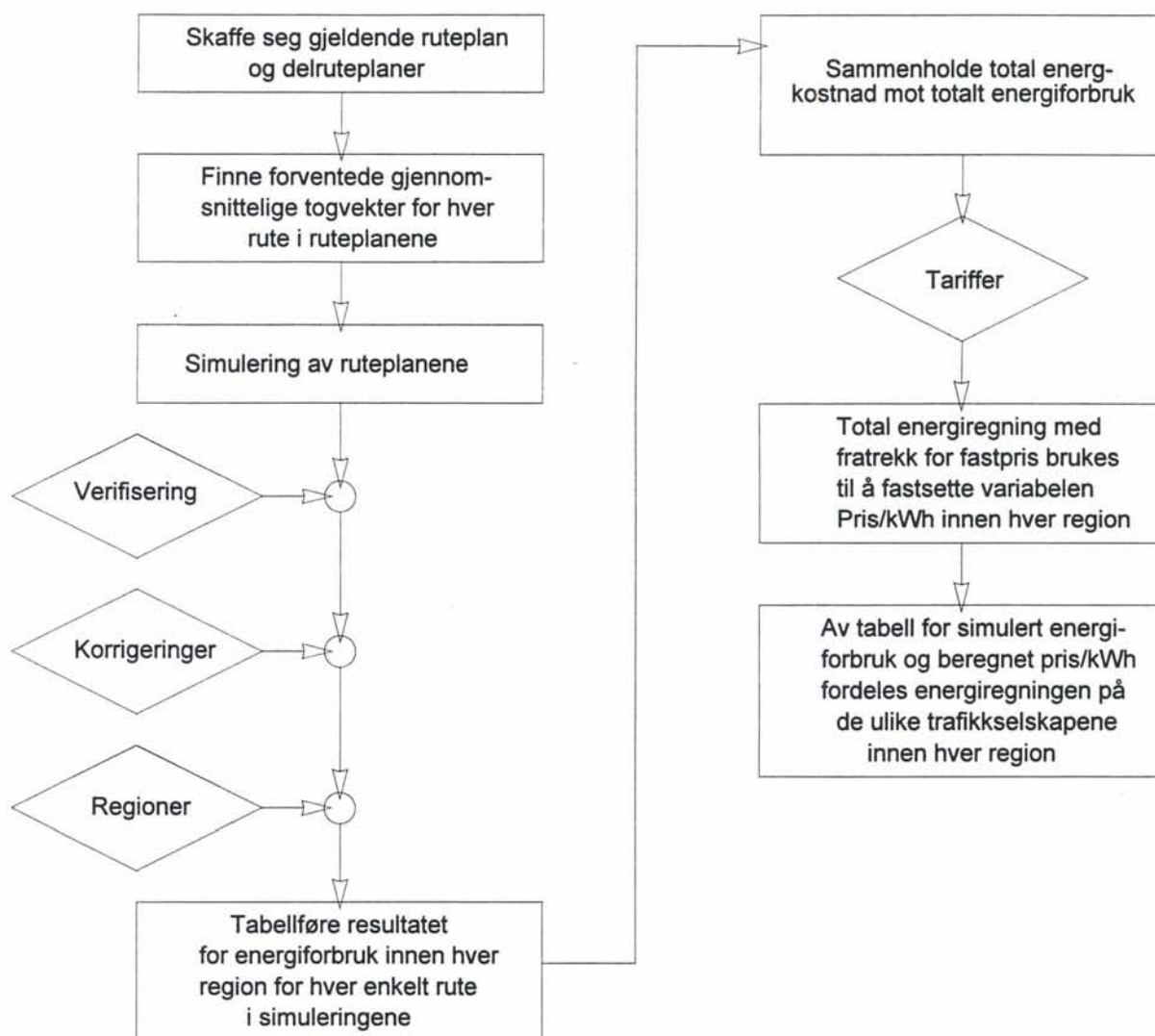
SIMTRAC er et togsimuleringsprogram som kan simulere en hvilken som helst spesifisert ruteplan. Som utgangsdata fra programmet kan man få fortløpende resultater i tabell eller grafisk form. Denne datamengden kan videre behandles på ønsket måte. Med disse egenskapene egner programmet seg spesielt i sammenheng med tariffsystemer som tar hensyn til både et fastledd (effektledd) og et variabelt ledd (energiledd).

I SIMTRAC har man full representasjon av de elektriske egenskapene i trekkraftmateriellet. Man behøver derfor ingen tariff som tar hensyn til virkningsgraden.

Det bør derimot være en tariff som tar hensyn til $\cos \varphi$. Årsaken til dette er at simulerer man en hel ruteplan i SIMTRAC vil man kun kunne skissere energiforbruket ved toget for hvert enkelt tog. Dermed vil man ikke kunne fordele tapene (med årsak i en dårlig $\cos \varphi$) i kl-anlegget på en korrekt måte mellom de forskjellige trafikksekselskapene.

Det kan derimot vise seg å være hensiktsmessig å bruke en egen tariff for den enkelte strekningen. Denne tariffen gjenspeiler tapene i energiforsyningen, der tapene er en kostnad direkte forbundet med det elektriske kraftuttaket for det enkelte lok/tog.

Skjematisk fremstilling



Figur 6.5 Skjematisk fremstilling av metoden.

Hvordan håndteres avvik

For persontog er det normalt stor forskjell på det midlere energiuttaket om vinteren og om sommeren. Om vinteren brukes en del energi til ren oppvarming av kupeer, og er definert som togvarme. I denne metoden tar man sikte på å korrigere simuleringresultatene for togvarme, som om man hadde en jevn temperatur over hele året. For å gjøre disse korrigeringene behøver man statistiske data for energiforbruket om sommeren v.s vinteren for hver enkelt togtype. Det ekstra forbruket om vinteren kan beregnes på flere måter:

- Man kan bruke målinger ombord i enkelte tog for å verifisere det ekstra energiforbruket om vinteren.
- En annen mulighet er å finne perioder på døgnet med tilnærmet enerådende kjøring av persontog, og videre bruke statistisk data for energiuttaket fra omformerstasjonene til å beregne økningen i energiforbruket om vinteren v.s sommeren. Av dette ekstra energiuttaket på vinteren må man da trekke fra forbruk via faste installasjoner; togvarme

(hentes i hovedsak fra kl) og sporvekselvarme (hentes i liten grad fra kl). Forbruket av prøvestrøm antas likt sommer som vinter, og er forøvrig neglisjerbart.

Når man spesifiserer de enkelte rutene man bestemmer seg for å simulere, må man finne hva slags trekkraft som er normalt for den enkelte ruten. Dette vil dermed ligge til grunn for simuleringer og eventuelle justeringer i tariffingen. Avvik i bruk av trekkraft i forhold til normale omstendigheter vil dermed ikke bli tatt hensyn til ved denne metoden.

Ressursbehov

Man må her skille mellom før og etter en direkte konvertering av ruteplanen fra Railplan er mulig. I tillegg må man skille mellom første gang man benytter seg av metoden og for repetisjoner av metoden for senere avregningsperioder.

Ressursbehov for direkte konvertering av ruteplanen

Første gangs utførelse:

I) Innsamling av data for simulering:

En ruteplan for et helt år er som regel delt opp i flere perioder. Et eksempel på dette er R 98.1 & R 98.2. I tillegg må ruteplanen skisseres også for sekvenser internt i hver periode. Et eksempel her er typiske forskjeller i ruteplanen for hver ny ukedag. For å utføre simuleringene kreves i tillegg opplysninger angående hva som normalt er trekkraft og togvekt for hvert lok/tog i ruteplanen. Totalt for et års ruteplan anslås dette arbeidet å kreve 2 mann på fulltid i ca. 5 uker.

Alle strekningsdata, lokdata og togdata som ikke er tilgjengelige må da anskaffes. Dette arbeidet anslås til å kreve 2 mann på fulltid i ca. 4 uker.

II) Simuleringer (inklusive innleggelser av data):

For simuleringene anslås det å kreve 2 mann på fulltid i ca 8 uker.

III) Verifisering:

For selve verifiseringene antas bruk av lok med eksisterende måleutstyr. Dette anslås å kreve 2 mann i 4 dager.

IV) Korrigeringer:

Det største arbeidet med korrigeringer vil være i sammenheng med Togvarme. Det kan antas at dette arbeidet krever 2 mann i ca 2 uker.

V) Tabellføring & resultatbehandling:

For å strukturere og tabellføre resultatene i et regneark for hver region som kan forenkle det videre arbeidet anslås det å kreve 2 mann på fulltid i ca 1 uke.

VI) Beregning av kostnader for det enkelte trafikkelskap:

Arbeidet med tariffing og fordeling av kostnader anslås ved denne metoden til å kreve 2 mann i ca 3 uker.

Andre gangs utførelse:

I) Innsamling av data for simulering:

Ved gjennomgang av en ny ruteplan antas det at man stort sett finner mange likheter med fjorårets ruteplan. Det antas derfor videre at det totale arbeidet med innsamling av informasjon kun krever halve fjorårets arbeid. Totalt anslås dette arbeidet å kreve 2 mann på fulltid i ca. 2,5 uker.

Alle strekningsdata, lokdata og togdata som ikke er tilgjengelige må da anskaffes. Dette arbeidet anslås til å kreve 2 mann på fulltid i ca. 1 uke.

- II) *Simuleringer (inklusive innleggelser av data):*
For simuleringene anslås det å kreve 2 mann på fulltid i ca 4 uker.
- III) *Verifisering:*
Man antar at man kan se bort fra verifiseringer av simuleringer ved utførelsen andre gang.
- IV) *Korrigeringer:*
Har man korrigert for togvarme en gang har man gode indikasjoner på metode og beregninger. Det antas derfor å kreve 1 mann i ca 1 uke.
- V) *Tabellføring & resultatbehandling:*
For å strukturere og tabellføre resultatene i et regneark for hver region som kan forenkle det videre arbeidet anslås det å kreve 2 mann på fulltid i ca 1 uke.
- VI) *Beregning av kostnader for det enkelte trafikkelskap:*
Arbeidet med tariffing og fordeling av kostnader anslås ved denne metoden til å kreve 2 mann i ca 3 uker.

Kostnader

Ved beregninger av kostnader forbundet med avregningssystemet beregnes disse med forutsetning om en timekostnad på 450 NOK, og avrundet til nærmeste hele 5000 kr. Det regnes ikke med noen øvrige administrasjonskostnader for dette avregningssystemet.

<u>Første gangs utførelse:</u>		<u>Andre gangs utførelse</u>	
I	170.000 kr	I	85.000 kr
	135.000 kr		35.000 kr
II	270.000 kr	II	135.000 kr
III	20.000 kr	III	0 kr
IV	60.000 kr	IV	15.000 kr
V	35.000 kr	V	35.000 kr
VI	100.000 kr	VI	100.000 kr
totalt	790.000 kr		405.000 kr

For denne metoden kan man betegne forskjellen mellom kostnaden for første år og andre året for en investeringskostnad. Dette gir dermed :

Investeringskostnad = (790.000 - 405.000) kr = 385.000 kr

Årlige kostnader = 405.000 kr

Ressursbehov etter direkte konvertering av ruteplanen

Første gangs utførelse:

- I) *Innsamling av data før simulering:*
En ruteplan for et helt år er som regel delt opp i flere perioder. Et eksempel på dette er R 98.1 & R 98.2. I tillegg må ruteplanen skisseres også for sekvenser internt i hver periode. Et eksempel her er typiske forskjeller i ruteplanen for hver ny ukedag. For å utføre simuleringene kreves i tillegg opplysninger angående hva som normalt er trekraft og togvekt for hvert lok/tog i ruteplanen. Totalt for et års ruteplan anslås dette arbeidet å kreve 2 mann på fulltid i ca. 5 uker.

Alle strekningsdata, lokdata og togdata som ikke er tilgjengelige etter konvertering av ruteplan fra Railplan må da anskaffes. Dette arbeidet anslås til å kreve 2 mann på fulltid i ca. 4 uker.

II) Simuleringer (inklusive innleggelser av data):

For simuleringene anslås det å kreve 2 mann på fulltid i ca 2 uker.

III) Verifisering:

For selve verifiseringene antas bruk av lok med eksisterende måleutstyr. Dette anslås å kreve 2 mann i 4 dager.

IV) Korrigeringer:

Det største arbeidet med korrigeringer vil være i sammenheng med Togvarme. Det kan antas at dette arbeidet krever 2 mann i ca 2 uker.

V) Tabellføring & resultatbehandling:

For å strukturere og tabellføre resultatene i et regneark for hver region som kan forenkle det videre arbeidet anslås det å kreve 2 mann på fulltid i ca 1 uke.

VI) Beregning av kostnader for det enkelte trafikkselskap:

Arbeidet med tariffing og fordeling av kostnader anslås ved denne metoden til å kreve 2 mann i ca 3 uker.

Andre gangs utførelse:

I) Innsamling av data før simulering:

Ved gjennomgang av en ny ruteplan antas det at man stort sett finner mange likheter med fjorårets ruteplan. Det antas derfor videre at det totale arbeidet med innsamling av informasjon kun krever halve fjorårets arbeid. Totalt anslås dette arbeidet å kreve 2 mann på fulltid i ca. 2,5 uker.

Alle strekningsdata, lokdata og togdata som ikke er tilgjengelige må da anskaffes. Dette arbeidet anslås til å kreve 2 mann på fulltid i ca. 1 uke.

II) Simuleringer (inklusive innleggelser av data):

For simuleringene anslås det å kreve 2 mann på fulltid i ca 2 uker.

III) Verifisering:

Man antar at man kan se bort fra verifiseringer av simuleringer ved utførelsen andre gang.

IV) Korrigeringer:

Har man korrigert for togvarme en gang har man gode indikasjoner på metode og beregninger. Det antas derfor å kreve 1 mann i ca 1 uke.

V) Tabellføring & resultatbehandling:

For å strukturere og tabellføre resultatene i et regneark for hver region som kan forenkle det videre arbeidet anslås det å kreve 2 mann på fulltid i ca 1 uke.

VI) Beregning av kostnader for det enkelte trafikkselskap:

Arbeidet med tariffing og fordeling av kostnader anslås ved denne metoden til å kreve 2 mann i ca 3 uker.

Kostnader

Ved beregninger av kostnader forbundet med avregningssystemet beregnes disse med forutsetning om en timekostnad på 450 NOK, og avrundet til nærmeste hele 5000 kr. Det regnes ikke med noen øvrige administrasjonskostnader for dette avregningssystemet.

<u>Første gangs utførelse:</u>		<u>Andre gangs utførelse</u>	
I	170.000 kr	I	85.000 kr
	135.000 kr		35.000 kr
II	65.000 kr	II	65.000 kr
III	20.000 kr	III	0 kr
IV	60.000 kr	IV	15.000 kr
V	35.000 kr	V	35.000 kr
VI	100.000 kr	VI	100.000 kr
totalt	585.000 kr		335.000 kr

For denne metoden kan man betegne forskjellen mellom kostnaden for første år og andre året for en investeringskostnad. Dette gir dermed :

Investeringskostnad = (585.000 - 335.000) kr = 250.000 kr

Årlige kostnader = 335.000 kr

Forventet nøyaktighet

Dette avregningssystemet baseres i hovedsak på en fordeling av energiregningen ut fra beregnet energiforbruk for det enkelte trafikksekskapet og en prissetting av energiforbruket. Generelt for metoden gjelder derfor at utslagsgivende for nøyaktigheten ligger i beregninger av energiforbruket for det enkelte trafikksekskapet samt prissettingen av energiforbruket. Også her defineres nøyaktigheten ut fra avvik fra korrekt fordeling av energiregningen mellom trafikksekskapene.

Momenter som kan være opphav til unøyaktigheter er:

- Generelle avvik fra ruteplan.
- Generelle mangler i ruteplan.
- Valg av normal trekkraft for de enkelte rutene.
- Valg av normal togvekt (statistisk snitt) for de representative rutene.
- Prissetting av energiforbruket.

Generelle avvik fra ruteplanen

Eksempler på dette kan være:

- Innstillinger av ruter.
- Midlertidige omlegginger.

Først etter en kontinuerlig rapportering av avvik fra ruteplan kan det anslås hvor stor innvirkning disse momentene har på nøyaktigheten for fordelingen av energiregningen.

Generelle mangler i ruteplanen

Et eksempel på dette kan være:

- Kjøring til driftspausehaller.

Først etter en inngående studering av disse avvik i ruteplan kan det anslås hvor stor innvirkning disse momentene har på nøyaktigheten i fordelingen av energiregningen.

Valg av normal trekkraft for de enkelte rutene

Avvik i bruk av trekkraftmateriell for den enkelte ruten gir opphav til store unøyaktigheter i energiavregningen. Simuleringene skal basere seg på "normal" trekkraft for den enkelte ruten. Her kan det for det enkelte trafikkelskap være langt hyppigere avvik enn hos andre trafikkelskap. Uten noen form for tilsynsordning m/korrigeringer av resultatene antas unøyaktigheter i avregningen på opptil +/- 10 %.

Valg av normal togvekt for den enkelte ruten

Avvik fra en "normal" togvekt for den enkelte ruten kan på samme måte som trekkraft, gi opphav til store unøyaktigheter ved fordeling av energiregningen med denne metoden. Innen det enkelte trafikkelskapet kan avviket være langt hyppigere og langt større enn hos andre trafikkelskap. Dette fordrer at man før simuleringen skaffer seg en bra statistikk for forventet gjennomsnittlig togvekt for den enkelte rute. For å unngå unøyaktigheter i fordelingen av energiregningen av uante dimensjoner, kreves det en kontinuerlig tilsynsordning med korrigeringer av beregningsresultatene. Det blir derfor fånyttet å diskutere en antatt unøyaktighet i fordelingen her.

Prissettingen av energiforbruket

Med trafikkelskap som i hovedsak kun trafikkerer enkelte strekninger innen en region kan metoden med en prissetting av energiforbruket gi feil fordelingen av energiregningen. Årsaken til dette er forskjellige tapskostnader på forskjellige strekninger innen den enkelte regionen. Med den prissettingen man har tatt utgangspunkt i her blir dette en form for prosentvis fordeling. Alle tapskostnader inne Dette kan kompenseres med tariffer for kjørt strekning dersom ønskelig. Unøyaktigheter mhp. kun den prosentvise fordelingen innen hver region sees derfor bort i fra her.

6.3.2 Simulere hel ruteplan i etterkant

Denne metoden er tilsvarende som for 6.3.1 med unntak av at man har en faktisk kjørt og ikke planlagt ruteplan som input til simuleringene.

Dette blir på en måte også tilsvarende som metoden for "avregning etter kjørte brtonnkm" (ref. kapittel 6.1.3 spesielt). Man må her igjen føre korrekt statistikk for trekkraft, togvekt og eventuelle avvik fra og i den planlagte ruteplanen. Fra simuleringene summeres energiforbruket for hver av hovedgruppene lokal-, nær-, fjerntrafikk, krengetog og flyplasstog samt godstrafikk innen hver region.

For å få simulert energiforbruket for alle mer eller mindre forskjellige ruter som da etterhvert oppstår fra statistikken kreves et meget stort antall simuleringer. Dette synes som urealistisk og ses derfor bort fra her.

En enklere utgave kan være å simulere med gjennomsnittsverdier (trekkraft og togvekt) fra statistikken som input til simuleringene. Simulerer man etter gjennomsnittsverdier vil man på mange måter ha en fullverdig metode, men nesten identisk som metoden for avregning etter kjørte brtonnkm, ref. kapittel 6.1.3. Eneste forskjellen er at man her simulerer energiforbruket med et sett gjennomsnittsverdier, mens avregning etter brtonnkm beregner energiforbruket med et sett "gjennomsnittsverdier". Resten blir identiske for de to metodene.

Av denne grunn vil man ikke gå videre inn på denne metoden da den synes som minst like arbeidskrevende og med maksimum samme nøyaktighetsgrad som avregning etter kjørte brtonnkm, ref. kapittel 6.1.3.

7. Sammenligning og anbefaling

7.1 Vurdering av fordeler og ulemper forbundet med de ulike metodene

Avregning etter kjørte brtonnkm

Avregning etter brtonnkm gir et godt grunnlag for fordeling av energiforbruket basert på faktisk forbruk. Metoden kan ta hensyn til tilbakematet energi, den gir mulighet for å ta hensyn til effekttopper og den kan ta hensyn til reel fordeling av tap i kl-anlegg og i matestasjoner.

Ulempen med denne metoden er at man trenger rapporteringsrutiner som skiller ut kjørte brtonnkm innen hver region.

Avregning etter målere i alle tog

Avregning på grunnlag av målere i alle tog vil gi et korrekt energiforbruk for hvert enkelt tog. Metoden gir mulighet for registrering av toppeffekt for hvert enkelt tog og registrering og differensiering mellom forbrukt og tilbakematet energi. Man får mulighet for fortløpende fakturering av faktisk forbruk. Måling i alle lok/tog tar hensyn til avvik i form av endringer i togstammen ved at den måler faktisk forbruk for alle tog.

Man må opprette et system for å registrere om trekkraftmateriellet har vært i bruk på gods,- eller persontrafikk. Metoden tar ikke hensyn til fordeling av tap i kl-anlegg samt matestasjoner som følge av ulike $\cos\phi$. Ved feil på energiregistreringssystem får man ikke registrert energiforbruket før feilen er utbedret.

Avregning etter simulering av hele ruteplanen

Avregning på grunnlag av simulering av hele ruteplanen gir mulighet til å registrere forbrukt energi, tilbakematet energi og effektforbruk.

Metoden i kap. 6.3.1 med simulering i forkant av perioden som ruteplanen gjelder for, korrigerer ikke automatisk for avvik i form av endringer av togstammen.

7.2 Sammenstilling av kostnader

	Investeringskostnader	Årlige kostnader
1. Avregning etter kjørte brtonnkm:		
1.1 Målere ombord i representativt utvalg	Kr. 3.880.000,-	Kr. 450.000,-
1.2 Simulere representativt utvalg i Togkjør	Kr. 140.000,-	Kr. 250.000,-
1.3 Simulere representativt utvalg i SIMTRAC	Kr. 255.000,-	Kr. 270.000,-
2. Avregning etter målere i alle tog	Kr. 34.100.000,-	Kr. 1.500.000,-
3. Avregning etter kun simuleringer i SIMTRAC:		
3.1 Simulere hele ruteplanen i forkant 1)	Kr. 385.000,-	Kr. 405.000,-
3.2 Simulere hele ruteplanen i etterkant 2)		

- 1) I kostnader for 3.1 (ref. kap 6.3.1) er det forutsatt at man ikke kan konvertere en ruteplan direkte fra Railplan til SIMTRAC.
- 2) Kostnader for 3.2 (ref. kap 6.3.2) er forutsatt minst like store som for 3.1.

7.3 Vurdering og anbefaling

Avregning basert på simuleringer av hele ruteplanen i SIMTRAC, ref kap. 6.3.1, synes ut fra en vurdering av forventet nøyaktighet, forhold til tariff og kostnader å være mindre aktuell.

Videre er metode med simulering av hele ruteplanen i etterkant, ref. kap 6.3.2, såpass lik metode for avregning etter kjørte brtonnkm, ref kap. 6.1.3, at man velger å se bort fra førstnevnte som selvstendig alternativ.

Avregning basert på energimålere installert i alle tog vil gi den klart mest rettferdige fordelingen mellom trafikkselskapene. Dette sett både med hensyn på faktisk forbruk og opp mot teoretisk ideell tariff. Imidlertid vil kostnadene til investeringer samt drift og vedlikehold være uforholdsmessig høye.

Kostnadene kan reduseres dersom nye tog blir levert med en nødvendig måleutrustning og togradio benyttes som overføringsmedium.

Det vil uansett ta flere år å få installert energimålere i alle tog.

I forhold til energimålere i alle tog vil metoden med energiavregning etter kjørte brtonnkm kunne gi en akseptabel nøyaktighet til en langt lavere kostnad.

Energiavregning etter kjørte brtonnkm med målere installert i et representativt utvalg ansees å gi en ganske høy grad av nøyaktighet med hensyn på fordeling av energikostnadene. Metoden gir også mulighet for å ta hensyn til tilbakematet energi og effektopper. Imidlertid vil kostnadene også her være noe høye.

Ved simulering av representativt utvalg av ruteplanen vil kostnadene være relativt like, uavhengig om man benytter Togkjør eller SIMTRAC. Programmet SIMTRAC forventes å gi en langt mer rettferdig fordeling av energikostnadene enn Togkjør. Simuleringer i SIMTRAC gir en god fordeling av energikostnadene til en langt lavere investeringskostnad enn metoden med målere installert i representativt utvalg.

Ut fra vurderinger basert på teknikk og økonomi anbefales et energiavregningssystem basert på kjørte bruttotonnkm og installerte målere i et utvalg av tog, til sammen ca. 40 stk., innenfor følgende kategorier:

- lokaltrafikk
- nærtrafikk
- fjertrafikk
- krengetog og flyplasstog
- godstrafikk

Innenfor hver gruppe og hver loktype bestemmes det en pris for Wh/bruttotonnkm.

Energimålerne skal ivareta måling av energiforbruk, tilbakemating av energi og effektopp. Målerne installeres med modem og tilkobling til mobiltelefon (NMT 450 eller GSM etter nærmere vurdering).

Prissettingen skal ivareta forhold rundt banestrekning (kurver, stigning/fall o.l.), start/stop (ruteplan), installert ytelse, tilbakemating av effekt, cos fi og russtrafikk.

Det etableres rapporteringsrutiner mellom trafikkselskapene og Jernbaneverket for i ettertid å fakturere i hht. virkelig kjørte bruttotonnkm.

På grunn av den noe lange installeringstiden for energimålere benyttes SIMTRAC som simuleringsverktøy frem til målerne er installert, og prøveperioden med innsamling av erfaringsdata er gjennomført. I etterkant kan modellene som er utarbeidet i SIMTRAC benyttes for å stipulere energiforbruk i fremtiden.

På bakgrunn av nøyaktighet og at Banverket ønsker å benytte energimålere i alle tog bør avregningssystemet tas opp til ny vurdering senere, for å vurdere om systemet skal legges over til energimålere i alle tog. Ny vurdering bør ikke skje før det er etablert en viss erfaring med energimålerne i det representative utvalg av tog, slik som det er beskrevet over.

I forbindelse med Gardermobanen anbefales det å installere energimålere i alle seksjonsfelt med sammenkoblingsmuligheter samt i utgående linjer fra omformerstasjoner og koblingshus. Jernbaneverket avtaler en pris for energiutveksling med Gardermobanen. Avregning mellom Jernbaneverket og Gardermobanen gjennomføres med avtalte intervaller.

For å spare kostnader anbefales det at det ses bort fra problematikken rundt passering av regionsgrenser. Kostnadsdeling mellom regionene foretas i første omgang på skjønn. En sentral enhet i Jernbaneverket bør være ansvarlig for viderefakturering til trafikkselskapene på bakgrunn av energiavregningssystemet, og fordele inntekten mellom regionene etter samme nøkkel som kostnadene. På bakgrunn av dette anbefales det ikke å installere GPS eller andre tekniske hjelpemidler for detektering av regionsgrense.

Det inngås et nærmere samarbeid med Banverket, Sverige, for å se på hvordan passering av landegrensene skal ivaretas.

Kostnader for anbefalt løsning:

	Investering	Årlig driftskostnader
Energimålere (ca. 40 tog)	3.880.000	450.000
SIMTRAC, simuleringsverktøy *	255.000	270.000
Gardermobanen	300.000	115.000
Sum	4.435.000	835.000

*) Årlige driftskostnader vil reduseres kraftig når energimålere er installert i de utvalgte togene.

Jernbaneverket
Biblioteket



09TU09955

71594403