

PRODUKSJON AV T-BANE VOGN – ENERGIBRUK OG UTSLIPP

Morten Simonsen

Vestlandsforskning

15/7/2009

Contents

Innledning	3
Materialsammensetning.....	3
Energibruk og utslipp for MX-3000	4
Tabell 1 Materialsammensetning MX-3000.....	3
Tabell 2 Energibruk for konstruksjon av MX-3000.....	4
Tabell 3 Energibruk for konstruksjon av MX-3000 med resirkulert stål og aluminium	4
Tabell 4 Utslipp av CO2-ekvivalenter for konstruksjon av MX-3000 med resirkulert stål og aluminium	6
Tabell 5 Energibruk fordelt på materialer og energikilder.	7
Figur 1 Energibruksfaktorer for ulike materialer.....	5
Figur 2 Totale energibidrag fra ulike materialer.....	6

Innledning

MX-3000 er en T-bane vognsett som brukes av Ruter i Oslo¹. Metro Oslo er navnet som brukes av fabrikanten Siemens i produkt-deklarasjonen². Vognsettet har 3 vogner, er 54,1 meter lang, 3,16 meter bred og veier 100 tonn³. Ifølge Siemens har trikken en kapasitet på 678 personer med ståplasser dersom det fraktes 6 personer pr m². Ifølge Ruter er kapasiteten på 493 med 4 personer /m².

Materialsammensetning

Materialsammensetningen for t-bane vognsettet er som følger ifølge produkt-deklarasjonen:

Tabell 1 Materialsammensetning MX-3000

Jern-legeringer	44 647
Metaller eksklusive jern	30805
Plastikk	9550
Elektronikk	5247
Ikke-organiske materialer	1421
Andre materialer	1681
Sum	93 351

I det følgende skal vi forsøke å beregne energibruk og CO₂-utslipp for de forskjellige materialene. Når det gjelder CO₂-utslipp inneholder produkt-deklarasjonen oversikt over utslipp fordelt på materialer, fabrikasjon, bruk/vedlikehold og resirkulering. Når det gjelder energi er energibruken ikke fordelt på materialer og fabrikasjon, det presenteres kun tall for disse aktivitetene samlet.

Siemens oppgir energibruk for framdrift og vedlikehold samlet⁴. Vi har ikke hatt mulighet for å skille energi til vedlikehold fra energi for framdrift. Estimater for energibruk til konstruksjon av Metro Oslo er derfor uten vedlikehold. Når det gjelder utslipp av CO₂-ekvivalenter gir Siemens egne anslag på utslipp knyttet til vedlikeholdet.

Vi vet ikke hvilke materialer som inngår i kategoriene *ikke-organiske materialer* og *andre materialer*. Når det gjelder de andre materialene vil vi gjøre følgende forutsetninger:

- Jern-legering er stål.

¹ Se http://ruter.no/Global/dokumenter/dokumentvedlegg/Brosjyre_screen.pdf se også teknisk beskrivelse <http://www.tbane.no/index.aspx?cat=1193470&id=1195153&mid=1195153>

² Produkt-deklarasjon

http://w1.siemens.com/responsibility/report/07/pool/pdf/produktumweltdeklaration_oslo_08_09_final.pdf , teknisk beskrivelse http://transportation.siemens.com/shared/data/pdf/ts_internet/corp_campaign/v510-b442-x-7600_metro_oslo.pdf

³ Det tekniske beskrivelsen fra Siemens oppgir 94 tonn, Ruter oppgir 98 tonn mens produkt-deklarasjonen fra Siemens oppgir 100 tonn. Vi velger å bruke tall fra produkt-deklarasjon siden denne inneholder oversikt over material-sammensetning, energi-forbruk og utslipp av CO₂.

⁴ Produktdeklarasjonen, side 5

- Metaller som ikke er jern er aluminium. Karosseriet for MX-3000 er bygd i aluminium⁵.
- Plastikk er poly-vinyl chloride eller PVC.
- Kopper brukes som metall for elektronikk.

Kopper er godt egnet til å lede elektroniske signaler⁶. Kopper brukes til å sende elektroniske signaler gjennom ledninger. Det brukes blant annet til billedrør i TV og dataskjermer, til lyd-forsterkere og til antenner for overføring av signaler for radio og TV.

Vi viser til Simonsen (2009a)⁷ for en dokumentasjon av energibrukstall og utslippsfaktorer som er brukt i beregning av energibruk og utslipp for MX-3000.

Energibruk og utslipp for MX-3000

I følge Tabell 2 vil konstruksjon av MX-3000 konsumere 7 270 GJ med energi. I følge Siemens' produktdeklarasjon er energikonsumpsjonen 719 MWh for konstruksjon og levering av MX-3000. Dette svarer til 2588,9 GJ som er betraktelig mindre enn vårt estimat. I følge produkt-deklarasjonen skal all energi knyttet til utvinning og transport av råstoff og framstilling av metaller være inkludert.

Tabell 2 Energibruk for konstruksjon av MX-3000

Material	kg	MJ/kg	GJ totalt
Stål	44647	22,8	1 020
Aluminium	30805	175,9	5 418
PVC	9550	60,3	576
Kobber	5247	48,9	257
Sum	90249		7 270

Resirkulering av materialer er den mest sannsynlige grunnen til avviket mellom estimatet som er presentert her og Siemens sitt estimat i produktdeklarasjonen. Deklarasjonen oppgir brutto tall for materialkonsumpsjon, mengde resirkulering og absolutt materialkonsumpsjon. Disse tallene gjelder for hele kjeden, ikke bare til direkte produksjon av kjøretøyet. Om vi regner resirkuleringsgraden som absolutt konsumpsjon i forhold til brutto materialkonsumpsjon får vi en resirkuleringsgrad på 97,9% for jern-legeringer og 98% for ikke-jernbaserte materialer. Produkt-deklarasjonen oppgir 84,7% resirkulering for alle materialer.

Tabell 3 Energibruk for konstruksjon av MX-3000 med resirkulert stål og aluminium

Material	kg	MJ/kg	GJ totalt
Stål	44647	8,6	384
Aluminium	30805	25,6	789
PVC	9550	60,3	576

⁵ Se produkt-deklarasjon, side 4 og <http://ruter.no/Reiseinformasjon/Din-sikkerhet/Sikkerhet-pa-T-banen/Nye-T-banvogner/>

⁶ <http://www.copper.org/education/c-facts/c-electronics.html>

⁷ Simonsen, M.: *Energibruksfaktorer og utslippsfaktorer for ulike metaller*, Upublisert notat Vestlandsforskning, juni 2009.

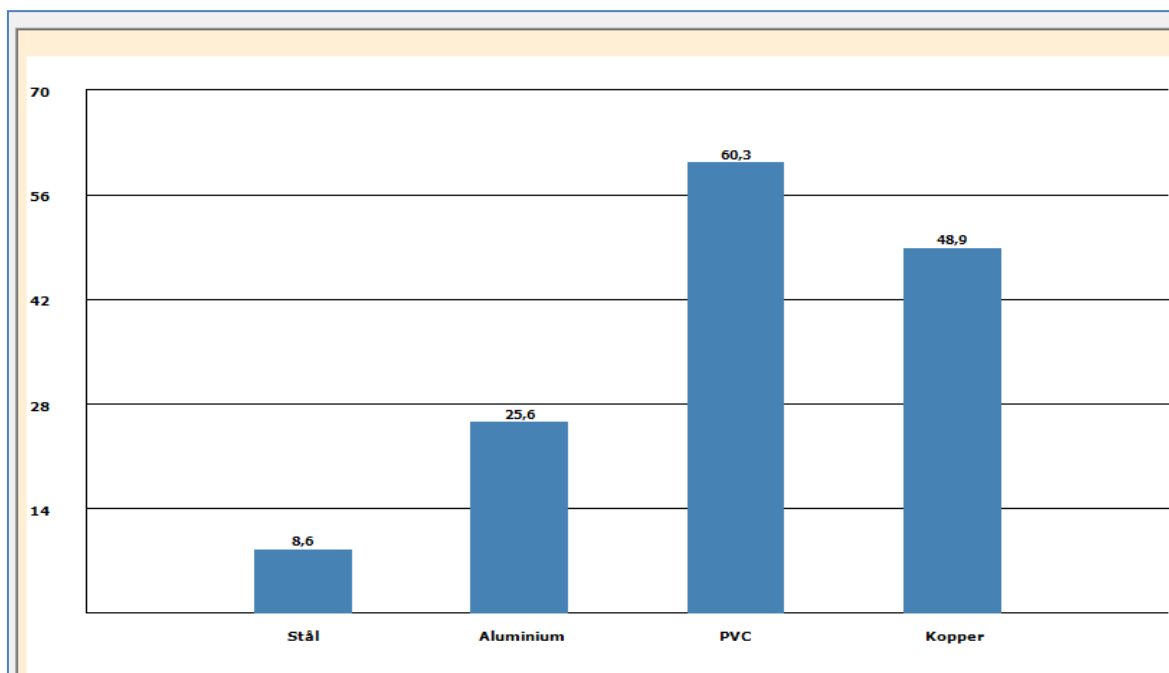
Kobber	5247	48,9	257
Sum	90249		2 006

Tabell 3 viser energibruken for konstruksjon av MX-3000 med resirkulert stål og aluminium hentet fra ProBas. Stål har en resirkuleringsgrad på 90,7% mens aluminium har en resirkuleringsgrad på 94,3%. Disse andelene ligger altså noe høyere enn gjennomsnittstallet som Siemens bruker for alle materialer. I Tabell 3 er det foretatt en korleksjon av stål ved å legge til 14,6% for å ta høyde for varmevalsing av stålet. Dette svarer til forholdet mellom varmevalset stål og stålmiksen uten resirkulering som den bygger på.

Med disse forutsetningene reduserer vi energibruken til 2006 GJ eller 557 MWh. Dette svarer bedre til energibruken oppgitt i produkt-deklarasjonen på 2588,9 GJ. For det første har vi ikke kunne ta hensyn til alle materialer, selv om de viktigste materialene er inkludert i analysen. For det andre inkluderer energibruken fra Siemens den direkte energibruken ved bearbeiding av materialer og montering av deler til MX-3000 ved Siemens' fabrikker. Vi kan forsiktig anslå denne direkte energibruken til omlag 500 GJ eller 138 MWh for hver produsert T-bane vognsett. Da har vi tatt høyde for at vi har gjort rede for 90 av 100 tonn materialer i vognsettet.

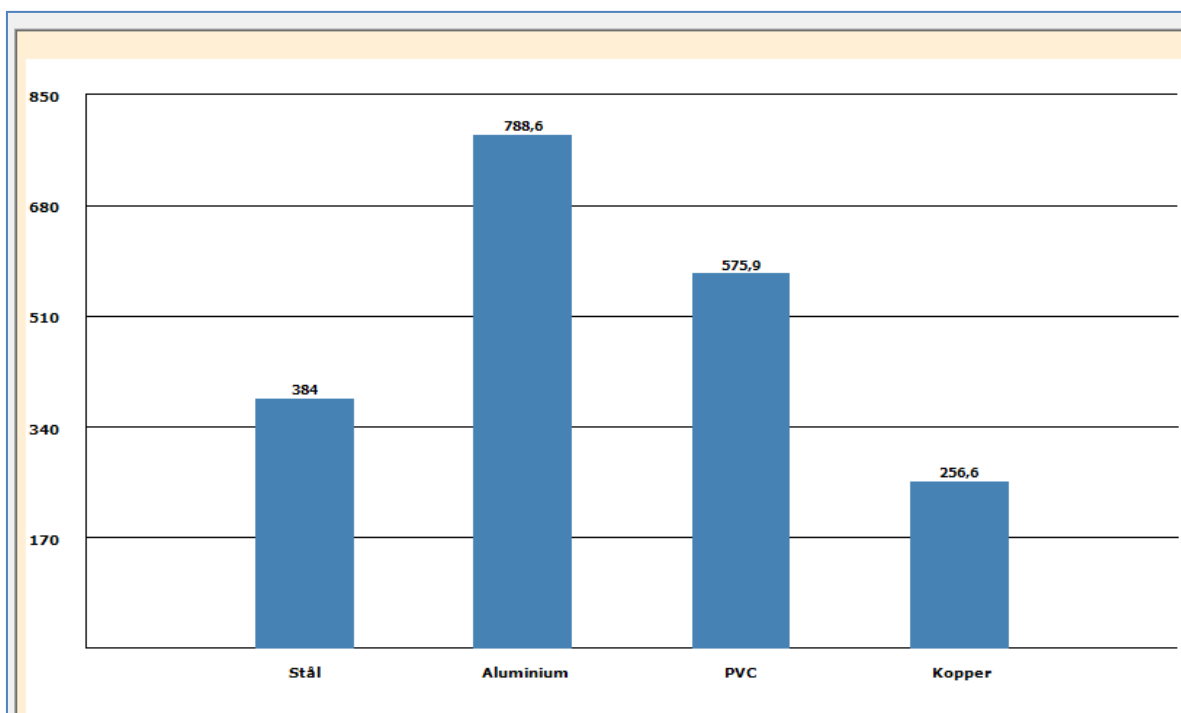
Figur 1 viser energibruksfaktorene som er brukt i analysen for ulike materialer. Figuren viser at utslippsfaktorene er langt større for PVC og kopper enn for resirkulert stål og aluminium. Til tross for over 90% resirkulering utgjør energibruksfaktoren for aluminium mer enn halvparten av faktoren for kopper uten resirkulering.

Figur 1 Energibruksfaktorer for ulike materialer



Figur 2 viser de totale energi-bidragene fra de ulike materialene. Figuren viser at framstilling og bearbeiding av aluminium fører til størst energibruk totalt, nesten 790 GJ av litt over 2000 GJ for alle materialer.

Figur 2 Totale energibidrag fra ulike materialer



Tabell 4 viser utslipp av CO₂-ekvivalenter for produksjon av MX-3000 med resirkulert stål og aluminium som diskutert ovenfor. Til sammen er utslippet på 125 tonn CO₂-ekvivalenter pr vognsett. I følge produkt-deklarasjonen er utslippet fra konstruksjon av kjøretøyet 183 tonn CO₂-ekvivalenter. Avviket skyldes at ikke alle materialer er med pluss at utslippet fra produkt-deklarasjonen omfatter utslipp fra fabrikasjon og montering av materialer og deler til vognsettet.

Tabell 4 Utslipp av CO₂-ekvivalenter for konstruksjon av MX-3000 med resirkulert stål og aluminium

	kg	kg CO ₂ - ekviv pr produsert kg	tonn co ₂ - equiv
Stål	44647	0,556	25
Aluminium	30805	1,7	53
PVC	9550	2,7	26

Kobber	5247	4,0	21
Sum	90249		125

Tabell 5 Energibruk fordelt på materialer og energikilder.

GJ	Stål	Aluminium	PVC	Kopper	Sum
Atomkraft	50	157	58	18	282
Biomasse	6	5	1	2	14
Brunkull	46	132	0	16	194
Naturgass	20	305	241	28	594
Råolje	33	65	207	62	367
Geotermisk	0	0	0	0	0
Avfall	9	46	2	3	60
Sekundærråstoff	18	0	0	8	26
Solenergi	0	0	0	0	0
Steinkull	147	71	60	118	397
Vannkraft	3	7	8	1	19
Vindkraft	3	2	0	1	6
Sum	335	789	578	257	1 959

I Tabell 5 er det ikke foretatt en korleksjon for varmevalset stål slik det ble gjort ovenfor for sum energibruk stål. Det er vanskeligere å fordele denne korleksjonen pr energikilde enn for totalen. Dermed vil energibruken bli litt lavere enn i Tabell 4Tabell 3 for resirkulert stål.