

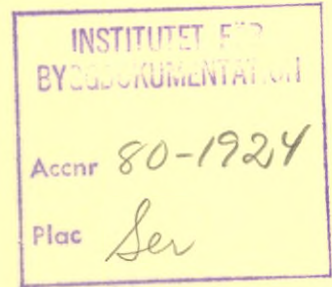


Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Heating



Energiåtgång vid en materialsparande reparationsmetod för asfaltbeläggningar

Nils Ulmgren

K/AND

R129:1980

HEATING

Energiåtgång vid en materialsparande
reparationsmetod för asfaltbeläggningar

Nils Ulmgren

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag ~~700730-4~~
från Statens råd för byggnadsforskning till Svenska
Vägaktiebolaget, Solna.

790730-4 *ml.*

BER/B Block

800930

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R129:1980

ISBN 91-540-3352-7
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1980 056747

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	5
1 INLEDNING	7
2 MÅLSÄTTNING	9
3 ALLMÄNNA ANVISNINGAR FÖR HEATING-METODEN	11
3.1 Allmänt	11
3.2 Användningsområde	11
3.3 Massatyper	11
3.4 Maskiner	11
3.5 Förarbeten på vägbanan	11
3.6 Asfaltmassan	12
3.7 Utläggning	12
3.8 Packning	12
3.9 Efterarbeten	12
4 ENERGIFÖRBRUKNING VID KONVENTIONELL LÄGGNING	13
4.1 "Inbyggd energi" i material och maskiner	13
4.1.1 Maskiner	13
4.1.2 Stenmaterial	13
4.1.3 Bindemedel	14
4.1.4 Klister	14
4.2 Tillverkning	15
4.2.1 Stenmaterialhantering	15
4.2.2 Uppvärmning och torkning av stenmaterial	16
4.2.3 Uppvärmning och varmhållning bindemedel	23
4.2.4 Drift asfaltverk	23
4.3 Transport	27
4.4 Utläggning och packning	30
5 ENERGIFÖRBRUKNING VID HEATING	33
6 JÄMFÖRELSE MELLAN KONVENTIONELL LÄGGNING OCH HEATING	37
7 ÅTGÄRDER FÖR ATT MINSKA ENERGIFÖRBRUKNINGEN	41
LITTERATUR	43

SAMMANFATTNING

I Sverige tillverkas idag (1979) ca 7 milj ton asfaltmassa, varav cirka 40 % används till underhåll av gamla vägbeläggningar. Med stigande energipriser ökar behovet att tillse att varje ton asfaltmassa används på ett optimalt sätt och verkligen åstadkommer den önskvärda förbättringen av vägstandarden.

Heating är ett alternativ till konventionellt underhåll av en vägbeläggning och tillgår så att den gamla beläggningen först uppvärms varefter det nya lagret påföres på den ännu varma ytan. Genom detta förfarande kan den nya slitlagermassan utläggas tunnare än vad som annars är möjligt. Massaåtgången minskar med upptill 50%.

Heating-metoden medför mindre energiåtgång genom mindre förbrukning av asfaltmassa och genom utebliven klistring, men samtidigt ökad energiåtgång genom den nödvändiga förvärmningen av den gamla beläggningssytan och troligtvis dessutom genom lägre kapacitet (med samma maskinpark).

För att belysa eventuella differenser i energiförbrukning har en jämförelse gjorts mellan beläggning utförd enligt konventionellt tillvägagångssätt och enligt heating-metoden.

Energiförbrukningen vid konventionell läggning har studerats enligt följande indelning:

1. "Inbyggd energi" i material och maskiner: 1) maskiner, 2) stenmaterial, 3) bindemedel och 4) klister.
2. Tillverkning: 1) stenmaterialhantering, 2) torkning och uppvärmning stenmaterial, 3) uppvärmning och varmhållning bindemedel samt 4) drift asfaltverk.
3. Transport
4. Utläggning och packning.

Värden på energiförbrukning för olika moment enligt ovan har till övervägande del framtagits genom egna uppföljningar men även kompletterats med tidigare av andra publicerade uppgifter. Dessa senare har dock varit starkt begränsade till antalet.

Energiförbrukningen har anqvits dels i MJ/tillverkat ton dels i MJ/m väg (7 m bred). Det har konstaterats att produktionens storlek har stor betydelse för energiförbrukningen per ton räknat vid framförallt tillverkninaen. vilket bör beaktas vid beräkning av energiförbrukninaen.

T.ex har för moment 2 (Tillverkning) vid uppföljningen erhållits en ökning av energiåtgången från 266 till 328 MJ/ton vid en produktionsminskning från 800 till 300 ton/dag.

Då så många faktorer påverkar energiförbrukningen för varje moment har för att en jämförelse praktiskt skall kunna göras ett konkret exempel konstruerats. Innan ett konventionellt slitlager påföres måste normalt den gamla vägbanan justeras med avjämningsmassor på ett eller annat sätt. Denna justering behöver inte utföras vid heating, varför den konventionella läggningen uppdelats i justering

och slitlager. Jämförelsen gäller för ett objekt om 50 000 m² med maskinjustering MAB8T (~ 30 kg/m²) och slitlager 80HAB16T samt heatingalternativet HAB16T (~ 45 kg/m²). (Övriga förutsättningar framgår av punkt 6.

Tabell Sammanställning energiförbrukning vid asfaltbeläggning, MJ/m väg (7 m bred).

Moment	MJ/m (inom parentens - fördelning i %)		
	Justering	Slitlager	Heating
1 Material	26	75 (28)	38 (16)
2 Tillverkning	59	158 (61)	87 (38)
3 Transport	7	18 (7)	15 (7)
4 Utläggning	4	10 (4)	6 (2)
Heating	-	-	84 (37)
SUMMA	96	261 (100)	230 (100)

Heatingalternativet innebär jämfört med endast slitlagret en energibesparing om 12%. Beaktas även justeringen blir besparingen 35%.

Det bör noteras att i materialdelen har inte asfaltens energiinnehåll tagits med i beräkningen utan endast energiåtgång vid raffinering.

I fallet konventionell slitlager åtgår nästan 90% av energiförbrukningen vid framtagning av material och tillverkning av massorna. Vid heating utgör även uppvärmningsmomentet en stor energiförbrukare (i nivå med tillverkningen).

Vid en ytterligare uppdelning i delmoment kan det konstateras att "torkning och uppvärmning av stenmaterial" står för mer än 50% av den totala energiförbrukningen och detta även vid den antagna (relativt låga) fuktighetshalten av 2.5%.

För att minska energiåtgången bör man alltså börja med att eftersträva en minskning av

- ingående vattenmängd i stenmaterialet
- förlusterna i trumman.

Sammanfattningsvis kan det konstateras att undersökningen visar att heating-metodens konkurrenskraft inte kommer att minska vid ökad energikostnad och en därav orsakad förändring av kostnadsrelationen arbetskraft/maskiner/energi.

1. INLEDNING

I Sverige tillverkas idag (1979) ca 7 miljoner ton asfaltmassor, varav cirka 40 % används till underhåll av gamla vägbeläggningar. Varje ton asfaltmassa representerar en stor mängd bunden energi, vilken förutom den redan i materialen befintliga, tillförts under tillverknings- och appliceringsprocessen. Med stigande energipriser ökar behovet att tillse att varje ton asfaltmassa används på ett optimalt sätt och verkligen åstadkommer den önskvärda förbättringen av vägstandarderna.

Av den anledning har under senare år utvecklats ett flertal metoder att belägga en sliten vägbana med en asfaltmassa av hög kvalitet, utan att för den skull behöva lägga den tjocklek som normalt krävs. Heating-metoden är en av dessa.

Med heating-metoden sparas upptill 50% av tidigare erforderlig massamängd för att erhålla en tillräckligt hög kvalitet på den nya beläggningen. Detta åstadkommes genom förvärmning av den gamla beläggningssytan. Idag är metoden konkurrenskraftig mot konventionell teknik, men med hänsyn till optimal energianvändning är det av intresse att veta huruvida denna konkurrensförmåga bottnar i en lägre total energiförbrukning, så att metoden även i framtiden, med ändrade prisrelationer arbetskraft/maskin/energi, kommer att bibehålla sin lägre kostnadsnivå.

Heating-metoden medför en mindre energiåtgång genom mindre förbrukning av asfaltmassa och genom utebliven klästring, men samtidigt en ökad energiåtgång genom den nödvändiga förvärmningen av den gamla beläggningssytan och troligtvis dessutom genom lägre kapacitet (men samma maskinpark).

För att belysa eventuella differenser i energiförbrukning har en jämförelse gjorts mellan beläggning utförd enligt konventionellt tillvägagångssätt och enligt heating-metoden.

2. MALSÄTTNING

Genom en studie av energikrävande moment vid tillverkning och utläggning av asfaltmassor görs en bedömning av den totala energibilden för respektive utförandemetod. För detta ändamål uppdelas tillverknings- och utläggningsprocessen i följande moment (för en total energibild krävs även att mängden "inbyggd energi" enligt punkt 1. bedöms):

Energiförbrukning vid konventionell läggning

1. "Inbyggd energi" i material och maskiner
 - 1.1 Maskiner
 - 1.2 Stenmaterial
 - 1.3 Bindemedel
 - 1.4 Klister
2. Tillverkning
 - 2.1 Stenmaterialhantering
 - 2.2 Torkning och uppvärmning stenmaterial
 - 2.3 Uppvärmning och varmhållning bindemedel
 - 2.4 Drift asfaltverk
3. Transport
4. Utläggning och packning

Energiförbrukning vid heating-metoden.

Energibilden åskådliggörs genom angivande av energiförbrukning/tillverkat ton och energiåtgång/m belagd väg.

3. ALLMÄNNA ANVISNINGAR FÖR HEATING-METODEN

3.1 Allmänt

Heating-metoden möjliggör en tekniskt sett fullt tillfredsställande reparation av hjulspårslitna asfaltbeläggningar med massaförbrukning, som ligger under förbrukningen vid konventionell teknik. Metoden medför dessutom ingen eller ringa höjning av beläggningssytan, varför höjning av kantsten och brunnslock m.m som regel icke blir nödvändigt.

3.2 Användningsområde

Heating-metoden kan användas på hjulspårslitna asfaltbeläggningar med tillfredsställande bärighet och längdprofil. Alla normala beläggningstyper kan behandlas. Metoden kommer mest till sin rätt vid spår djup ca 2 cm, men kan också användas vid större eller mindre spår djup.

3.3 Massatyper

Alla typer av varmblandade massor kan användas. Massatyp väljes med hänsyn till trafikmängd och förväntat slitage samt spårens djup. Det är vid heating-metoden ur totalekonomisk synpunkt fördelaktigt att använda stenmaterial och massatyper av högre kvalitet.

3.4 Maskiner

Uppvärmningen sker med strålningsvärme och utan flammor direkt på vägbeläggningen och på så sätt, att beläggningen blir genomvärd till tillräckligt djup utan att överytan brännes.

Uppvärmningsenheten har en uppvärmningskapacitet så att beläggningen erhåller en plastisk konsistens på ett djup av ca 2 cm vid en normal framdrift. Massans temperatur och värmens nedträngning kontrolleras fortlöpande.

Enheten ger en effektiv uppvärmning på ytan, som skall repareras plus ca 0.15 m på vardera sidan. Framdriften kan varieras mellan 2 och 7 m/min.

En konventionell utläggare med 2-delad skrid kan användas för utläggning av asfaltmassan, men det är en fördel om en överhöjning över hjulspåren kan ske. Breddökningar bör vara försedda med vibrator eller stamp och utläggaren bör dessutom vara försedd med skarvsopar på båda sidor.

3.5 Förarbeten på vägbanan

Vägbanan bör ha en tillfredsställande längd- och tvärprofil. Om reparationen utföres så att den innersta skarven ansluter till skarven i nästa körfält kan man utföra justering av bombering och tvärfall. Större skador bör rättas till på förhand.

Vägbanan måste vara fri från smuts, som kan förhindra vidhäftningen mellan gammal och ny beläggning och skall om nödvändigt rengöras genom sopning. Vid äldre uttorkade beläggningar kan det vara nödvändigt att tillföra bindemedel i form av emulsion.

Innan uppvärmning bör vägbanan vara torr men en viss fuktighet kan tillåtas. Vattensamlingar får inte förekomma.

3.6 Asfaltmassan

Temperaturen hos asfaltbetongen anpassas efter yttertemperaturen. Normalt bör temperaturen ligga inom det område, som enligt BYA benämnes exceptionellt. I övrigt ställer inte metoden speciella krav på asfaltmassan.

3.7 Utläggning

Utläggning får inte ske under regn och medeltemperaturen bör vara över +5°C. Detta är speciellt att beakta vid stark vind.

Läggningstjockleken vid hjulspårens yttersidor och mellan hjulspåren skall vara så nära noll som möjligt. Tjockleken vid utläggningen är beroende av största stenstorlek i massan. Massan skall normalt påföras så snabbt som möjligt efter uppvärmning.

3.8 Packning

Packningen börjar med tvärfogen så att i en första överfart 10 cm av bakvalsens går på den nya beläggningen. Välten kör därefter fram med drivhjulen mot läggarmaskinen och packar först de längsgående skarvarna genom att yttre bakvals går 10 cm in på ny beläggning. Med en trevalsvält kommer då den inre bakvalsens att packa mittryggen mellan hjulspåren. Det måste speciellt ses till att den nya massan trycks ner ordentligt i den gamla så att det inte uppstår någon trafikfarlig höjdskillnad i längsgående skarv mellan ny och gammal beläggning. Därefter packas mellanliggande partier.

Visar det sig att beläggningen kyls ner för snabbt för att en tillfredsställande längsgående skarv skall erhållas, fordras insats av ytterligare vältkapacitet.

BYAs krav beträffande hålrum kan uppfyllas, om minst 40 kg massa i genomsnitt per m² utlägges. Provkroppen bör omfatta en tjocklek om minst 25 mm.

3.9 Efterarbeten

Skarvar förseglas vid behov med asfaltlösning enligt BYA kap 363 om asfaltbetong typ HAB användes. Avsändning erfordras däremot normalt inte.

4. ENERGIFÖRBRUKNING VID KONVENTIONELL LÄGGNING

4.1 "Inbyggd energi" i material och maskiner

Att fastställa de energimängder som kan sägas finnas inbyggd i material och maskiner ligger utanför denna undersökning, men vissa uppgifter kan erhållas ur litteratur i ämnet.

4.1.1 Maskiner

Några uppgifter om vilka energimängder som skall tänkas vara inbyggda i maskinparken har inte kunnat hittas. Även om detta går återstår svårigheten att bedöma fördelningen av dessa under maskinparkens livslängd.

En uppfattning om storleksordningen kan kanske erhållas genom en jämförelse med betongbeläggning. I en skrift från Cementa AB (1978) anges, angående energiåtgång för produktion och läggning av 1 m³ betongbeläggning, att tillverkning av produktionsapparat kräver drygt 3% av den totala energiåtgången.

Med tanke på osäkerheten om exakta värden och den enligt ovan troligen relativt ringa inverkan på den totala energibilden lämnas denna punkt i fortsättningen utanför resonemanget, speciellt som skillnaden mellan metoderna i detta avseende torde vara minimal.

Varje nystartad arbetsplats innebär att maskiner måste flyttas dit. Den flyttningsenergi som krävs kan anses som i maskinerna inbyggd energi och den består av dieselförbrukning hos transportfordon. Lämpliga värden på detta kan hittas i tabell 12.

4.1.2 Stenmaterial

Asphalt Institute (1975) i USA anger för bergkrossmaterial 81 MJ/ton ungefär fördelade sig på losshållning 11, krossning 52 och hantering 7 MJ/ton. För krossat naturgrus anges 46 MJ/ton, varav krossning ca 40 MJ/ton. Det medges samtidigt att siffrorna är mycket osäkra.

Tillkommer transport från kross till asfaltverk. Enligt siffror publicerade av Federal Highway Administration (FHWA) i USA och återgivna i ovanstående publikation är energiförbrukningen för en bil med släp (totalt 5-axlar) 1 420 KJ/ton km. Hänsyn har då tagits till tillåten last och totalt tillryggalagd vägsträcka, både lastad och tom.

Produktion av stenmaterial på platsen (krossning exkl losshållning) enligt en sammanställning av resultaten från en enkät bland entreprenörer i USA genomförd av Highway Research Board (1974) kräver 1.04 - 1.50 (mdv 1.17) liter/ton (diesel) plus 0.33 - 0.46 (mdv 0.38) liter/ton (bensin). Sammantagna motsvarar dessa bränslesiffror 52 - 74 (mdv 59) MJ/ton.

Ovanstående siffror stämmer relativt väl överens och en sammanvägning ger följande värden för i stenmaterial inbyggd energi:

- Bergkrossmaterial 75 MJ/ton
- Krossat åsgrusmaterial 45 "
- Transport stenmaterial 1.42 MJ/ton km

4.1.3 Bindemedel

Även för asfalt är uppgifterna om inbyggd energi mycket osäkra. Asphalt Institute (1975) anger efter vissa antagande 683 MJ/ton och i detta ingår då upphettning för fraktionering, förädling och hantering.

Tillkommer transport av asfalt från raffinaderi till asfaltverk. Enligt tidigare nämnda siffror från FHWA anges för 4-axlig bil 2.36 MJ/ton km.

Ovanstående ger följande värden för i asfalt inbyggd energi:

- Raffinerad produkt 683 MJ/ton
- Transport till asfaltverk 2.36 MJ/ton km

4.1.4 Klister

Klistring kan utföras med antingen emulsion AEK-R0 eller asfaltlösning RAK. Följande uppgifter är hämtade från Asphalt Institute (1975).

AEK-R0 jämföres närmast med CRS-1, för vilken anges 625 MJ/ton för ingående material och tillverkning.

Asfaltlösning RAK innehåller ca 50% nafta som lösningsmedel, vilket bör betraktas som en energikälla, eftersom det ersätter upphettning för att göra asfalten flytande. Nafta kan jämföras energimässigt med bensin och med värde enligt 4.1.3 för asfalten erhålles för RAK: naftadelen 18 610 MJ/ton RAK och asfaltdelen 340 MJ/ton RAK. Totalt 18 950 MJ/ton.

Det är som synes en oerhörd skillnad energimässigt mellan AEK-R0 och RAK.

Även klister skall transporteras från raffinaderi till asfaltverk eller direkt till arbetsplatsen delvis beroende på om det levereras i bulk eller på fat. Om vi för enkelhetens skull antar att det levereras till asfaltverket i bulk kan samma transportvärden som gäller för ren asfalt användas, dvs 2.36 MJ/ton km.

I klister inbyggd energi:

- AEK-R0 625 MJ/ton
- RAK 18 950 MJ/ton
- Transport till asfaltverk 2.36 MJ/ton km

4.2 Tillverkning

Tillverkningsprocessen för varmblandade asfaltmassor indelas lämpligen enligt följande:

- 1) Stenmaterialhantering
- 2) Torkning och uppvärmning stenmaterial
- 3) Uppvärmning och varmhållning bindemedel
- 4) Drift asfaltverk

Highway Research Board (1974) har slagit ihop alla 4 punkterna och anger att energiåtgången vid 6% i stenmaterialet är:

266 - 538 MJ/ton

med ett medelvärde av 375 MJ/ton.

Asphalt Institute (1975) har redovisat värden för respektive del, varför en jämförelse med resultat från den nu gjorda undersökningen kan göras i det följande, punkt för punkt, enligt ovanstående uppdelning. En sammanfattning av utförd undersökning ger följande värden för en produktion av 800 - 300 ton/dag: (inom parentes uppgifter från Asphalt Institute).

Moment 1)	3 - 5	MJ/ton	(5 MJ/ton)
" 2)	250 - 294	" (2.5% fukt)	(302 " - 5% fukt)
" 3)	4 - 12	"	(7 ")
" 4)	9 - 17	"	(11 ")
<hr/>			
Moment 1 - 4)	266 - 328	MJ/ton	(325 MJ/ton)

4.2.1 Stenmaterialhantering

Stenmaterialhanteringen tänkes i detta sammanhang endast omfatta transporten från upplag till kalldosering. Normalt utföres denna med lastmaskin, och även om det idag förekommer att detta mellanled har kopplats bort genom att kalldosering och upplag utgör samma materialfickor, förutsättes lastmaskin användas vid denna energistudie.

Åtgång av diesel står i direkt relation till produktionens storlek, men är även beroende av upplagens anordnade och framförallt då avståndet mellan upplag och kalldosering. (Åtgång av olja och smörjoljor kan anses vara försumbart i sammanhanget).

Förbrukning av diesel har följts upp vid två asfaltverk och resultaten redovisas i tabell 1.

Tabell 1. Stenmaterialhantering.
Förbrukning av diesel för lastmaskin

Verk	Lastmaskin typ	Produktion ton	Genomsnitt ton/skift	Diesel liter	Diesel l/ton	Energi MJ/ton
1	Volvo BM LM 841	39 267	300	5 074	0.129	5.0
2	" 1240	24 104	960	1 446	0.060	2.3

Skillnaden mellan verken utgöres framförallt av produktionens storlek och resultaten visar tydligt vad detta betyder för dieselförbrukningen.

Asphalt Institute (1975) anger för lastning från upplag i kall-doseringsfickor 5.1 MJ/ton producerad massa, vilket överensstämmer med det högre av tabellens värden. Men då är att märka att man räknat med en produktionskapacitet på 180 ton/tim eller under ett 8-timmars skift 1 440 ton!

4.2.2 Uppvärmning och torkning av stenmaterial

Åtgång av eldningsolja för uppvärmning och torkning av stenmaterial står för ett och samma asfaltverk i direkt relation till dagsproduktionens storlek, men påverkas dessutom av bl.a följande faktorer:

stenmateriallets fuktighet, dess temperatur, yttre temperaturförhållanden, massatyp, torktrummans utformning, brännareffektivitet, typ av eldningsolja m.m.

Teoretisk och verklig åtgång av eldningsolja är av naturliga skäl inte detsamma, men differensen varierar dessutom mycket från verk till verk beroende på bl.a torktrummans verkningsgrad och rökgas- och strålningsförlusternas storlek.

Tabell 2. Teoretisk beräkning av nödvändigt energibehov.

Förutsättningar:

Specifik värmekapacitet	
Sten	0.75 MJ/ton ⁰ C
Vatten	7.19 "
Ångbildningsvärme	
Vatten	2258 MJ/ton
Utgångstemperatur	20 ⁰ C
Massatemperatur	150 ⁰ C
Fuktighet	2 %

Uppvärmning:

Sten (130°C)	97.5 MJ/ton torr sten
Vatten (80°C)	6.8 " "
Förångning	46.1 " "
<hr/>	
SUMMA	150.4 MJ/ton torr sten

Det verkliga energibehovet varierar som nämnts i mycket hög grad. I en forskningsrapport, Johansson (1975), anges vid 2% fukthalt 5-7 liter Eol per ton massa vara en normalförbrukning för ett konventionellt satsverk. 6 liter/ton Eol (Eol har ett energiinnehåll på ca 38.7 MJ/liter) motsvarar 232.2 MJ/ton. Jämfört med ovanstående teoretiska behov motsvarar detta en verkningsgrad av 65% under antagande av en genomsnittlig bindemedelshalt av 5%.

I samma rapport uppges att vid torkning och uppvärmning av stenmaterial med 6% fuktighet fördelas värmebehovet enligt nedanstående tabell.

Tabell 3. Fördelning värmebehov vid uppvärmning och torkning av stenmaterial.

Värmning av sten	% 22	}	77%
Värmning av vatten	% 6		
Förångning av vatten	% 49		
Överhettning av vattenånga	% 3	}	23%
Rökgasförluster	% 14		
Strålningsförluster	% 6		
	% 100		

Verkningsgraden skulle i detta fallet vara 77%.

En ändå högre siffra anges av Asphalt Institute (1975) hämtad från National Asphalt Pavement Association (NAPA). Det teoretiska behovet anges till 261 (specifik värmekapacitet sten = 0.84 MJ/ton°C) MJ/ton vid 5% fuktighet och verkligt till 302 MJ/ton, dvs verkningsgrad 86%. Andra källor, återgivna i ovanstående, anger verkligt energibehov till 349 resp 424 MJ/ton.

Oljeförbrukning (Eol) och produktionstorlek har följts upp vid 4 verk dag för dag under kortare eller längre tid. Efter behandling av insamlade data har det visat sig att sambandet mellan produktionsstorlek och oljeförbrukning kan beskrivas med en potentiell ekvation (tabell 4).

De studerade verken har alla en normal timkapacitet om ca 100 ton.

Tabell 4. Oljeförbrukningens (Y) beroende av produktionens (X) storlek.

Verk	Samband	Korrelationskoefficient
1	$Y = 23.6 \cdot X^{0.806}$	0.915
2	$Y = 25.5 \cdot X^{0.780}$	0.972
3	$Y = 17.7 \cdot X^{0.878}$	0.983
4	$Y = 30.8 \cdot X^{0.766}$	0.963

Tabell 5 visar hur oljeförbrukningen uttryckt i liter/ton sjunker med ökad produktion/dag. (Se även diagram 1).

Tabell 5. Oljeförbrukning liter/ton och produktion ton/dag

Produktion ton/dag	Liter/ton			
	Verk 1	2	3	4
100	-	9.26	-	10.48
200	-	7.95	9.27	8.91
300	7.80	7.27	8.82	8.11
400	7.38	6.82	8.52	7.58
500	7.07	6.50	8.29	7.19
600	6.82	6.24	8.11	6.89
700	6.62	-	7.96	-

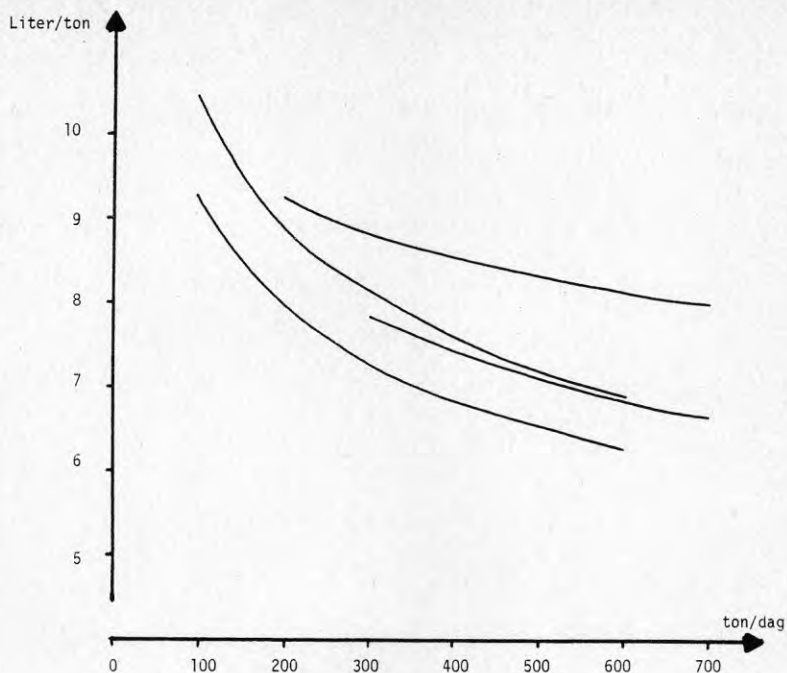


Diagram 1. Oljeförbrukningens (liter/ton) beroende av produktionens storlek (ton/dag) för några olika verk.

I ovanstående siffror har ingen hänsyn tagits till fuktighetshalten i stenmaterialet, men som tidigare framkommit är den av mycket stor betydelse för energiförbrukningen. Då åsikterna i hög grad varierar om vad som är att betrakta som normal fuktighetshalt (alla värden mellan 2 och 6% förekommer) har denna studerats vid olika tidpunkter och på olika platser. I tabell 6 redovisas resultaten av mätningar på den finaste fraktionen (innehåller den mesta fuktigheten).

Tabell 6. Fuktighetshalter i stenmaterial

Mätning	Tidperiod	Antal mättdagar	Fraktion mm	Fuktighetshalt		
				Medelvärde %	Standard avvikelse %	Mdv All Ballast
1.	aug, okt	31	0-8	1.65	0.45	1.66
2.	sept, nov	29	"	2.44	0.81	2.56
3.	okt	18	"	3.40	1.15	3.45
4.	maj-sep	80	"	2.63	0.95	2.44
5.	aug-nov	44	"	2.22	1.01	2.20
6.	maj-jul	53	"	2.27	0.76	2.27
7.	jun-jul	23	0-4	2.93	0.74	-
8.	sep-okt	34	"	3.16	1.03	2.50
9.	sep-nov	43	0-2	6.91	0.97	-

Som framgår av tabellen ligger medelvärdet för mätningarna (bortsett från mätning 9 på 0-2 fraktion) på ca 2.5%. De i sista kolumnen upptagna värdena har framtagits som medelvärden för fuktighetshalten i allt ballastmaterial genom jämförande mätningar på andra fraktioner. Det kan noteras att dessa värden ligger mycket nära de uppmätta för 0-8 mm, vilket torde bero på att en hög fuktighetshalt i BG-materialet kompenserar för den lägre halten i de grövre makadamfraktionerna.

Teoretiskt krävs det 0.784 l Eol (inkl överhettning av vattenånga) för att ta bort varje % fukt i stenmaterialet. Reduceras värdena i tabell 5 med hänsyn till medelfuktigheten i stenmaterialet erhålles resultaten i tabell 7. (Genomsnittlig bindemedelshalt 5%).

Tabell 7. Reducerad oljeförbrukning liter/ton massa

Verk	1	2	3		
Fuktighetshalt %	1.66	2.27	3.45		
Produktion			Medelvärde		
ton/dag	liter/ton		MJ/ton		
300	6.56	5.58	6.26	6.13	237
400	6.14	5.13	5.96	5.74	222
500	5.83	4.81	5.73	5.46	211
600	5.58	4.55	5.55	5.23	202

Verk 1 och 3 fungerar ungefär likvärdigt, men verk 2 har enligt dessa siffror en betydligt effektivare "torkningsanläggning".

De i tabell 7 omvandlade medelvärdena (till MJ/ton massa) finns även redovisade i diagram 2. Dessa värden används sedan vid den jämförelse som görs under punkt 6.

Tabell 8. Verkningsgrad vid olika produktionskapaciteter.

		Verkningsgrad %			
		Verk	1	2	3
Produktion	Teoretiskt behov				
ton/dag	MJ/ton		137	153	184
200		-		53	55
300		49		58	58
400		52		62	60
500		54		65	62
600		56		68	63
700		58		-	64

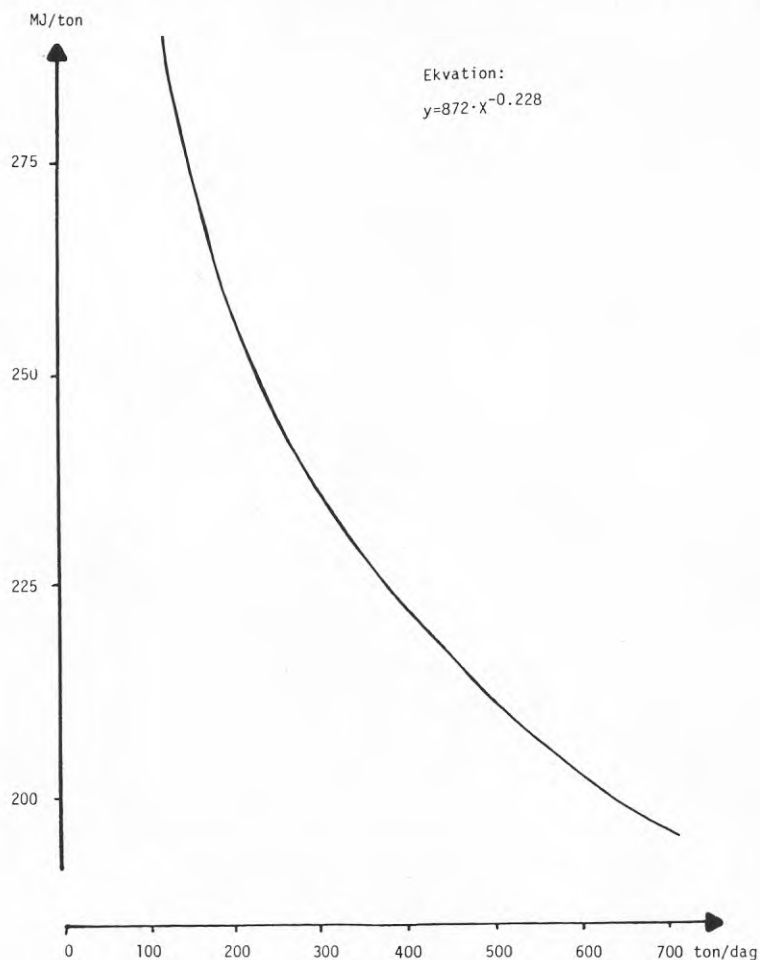


Diagram 2. Reducerad oljeförbrukning (0% fukt) och produktion per dag.
Medelvärdeskurva

En jämförelse av verkningsgraden för de olika verken och dess beroende av produktionens storlek har utförts i tabell 8.

Verkningsgraden varierar mellan 49 och 68 %, vilket är att jämföra med tidigare nämnda litteraturuppgifter mellan 69 och 86 %. En del av skillnaden kan kanske förklaras med att de undersökta verken alla bedriver "diversehandel", d.v.s. levererar ett flertal olika massatyper varje dag, vilket naturligtvis minskar effektiviteten.

4.2.3 Uppvärmning och varmhållning bindemedel

Uppvärmning av bindemedel kan utföras på ett flertal sätt såsom:

- direkt oljeeldning
- direkt elvärme
- hetolja via oljeeldad panna
- hetolja via elvärmepanna
- ånga

I den tidigare nämnda forskningsrapporten, Johansson (1975), konstaterar man att skillnaderna i effektförbrukning mellan de olika uppvärmningsmetoderna endast är marginella och att valet av metod oftast styrs av lokala förhållanden.

Uppgifter om verklig energiförbrukning för detta ändamål förekommer dock mycket sparsamt och Asphalt Institute (1975) konstaterar att enda sifferuppgiften härrör från en handbok utgiven av Barber-Greene Co. Då denna siffra endast är avsedd för en grov planering av behovet, reducerar Asphalt Institute denna med 20 % och erhåller 7.4 MJ/ton producerad massa som ett lämpligt medelvärde.

En exakt uppföljning av energiförbrukning för uppvärmningsändamål är besvärlig att genomföra, då denna oftast ingår i den allmänna driften av asfaltverket, men indirekt har en del uppgifter kunnat tas fram. Energiförbrukningen varierar förutom med produktionens storlek även med vädersituationen, bindemedelstyp och tankens isolering.

Enligt en utförd uppföljning uppgår under en natt (13 tim) förbrukningen för en tank till 19 kWh/tim och under en lördag-söndag (61 tim) är genomsnittsförbrukningen 11 kWh/tim. Dessa siffror gäller för en eluppvärmd tank med normalisolering (15 cm mineralull).

Skillnaden mellan siffrorna torde bero på att den uppvärmning som oftast måste ske efter produktionens slut för dagen (under produktionsdag är eluppvärmningen frånslagen) under lördag-söndag slås ut över flera timmar (genomsnittsförbrukning). Normalt finns det tre tankar för bindemedel vid ett asfaltverk och detta ger 57 resp 33 kWh/tim. Sammanräknas den totala förbrukningen under en vecka blir summan 4 980 kWh eller 17 900 MJ. Denna energiförbrukning består nästan enbart av en fast del, vilket framgår av ovanstående.

4.2.4 Drift asfaltverk

Under denna rubrik placeras hela driften av ett asfaltverk alltifrån transport av stenmaterial från kalldoseringsficka till utmatning av färdig massa från varmficka. Energiförbrukningen för detta tillföres i form av el antingen från en generator eller direkt från el-nätet.

Asphalt Institute (1975) anger följande värden för energiförbrukningen i MJ/ton producerad massa:

- Matning från kalldosering	0.4 MJ/ton
- Torktrumma, bränslepump, brännare, fläkt och filter	5.6 "
- Blandarenheten: elevatorsikt, asfaltpump, fillermatning, blandare, hydraulpump och transportbana för utlastning	4.6 "

Summa 10.6 MJ/ton

Dessa siffror anges motsvara verklig förbrukning med hänsyn tagen till förluster.

Vid ett verk krävs det normalt inte bara elström för drift av själva asfaltfabriken utan även till kontor och manskapsbodrar. Till detta kommer ofta ett laboratorium och ibland även en mindre verkstad.

Elförbrukningen har följts upp vid tre verk, men det har dock bara varit möjligt att i ett fall särskilja elförbrukningen för själva asfaltverket. Elförbrukningen bör vara beroende av produktionens storlek, varför ett samband mellan dessa storheter/dag har beräknats. Resultaten framgår av tabell 9 och 10 samt diagram 3.

Tabell 9. Elförbrukning för drift av asfaltverk

Verk	Kontor m.m.	Elförbrukn. Enhet	Genomsn. prod. ton/dag	Samband ton-kWh (X) (Y)	Korrelations koeff.
4 A ¹⁾	exkl	kWh/dag	270	$y=277+1.575x$	0.930
4 B ¹⁾	exkl	kWh/dygn	270	$y=1315+1.405x$	0.640
5	inkl	kWh/dag	880	$y=192 \cdot x^{0.355}$	0.618
6	inkl	kWh/dygn	390	$y=135 \cdot x^{0.420}$	0.882

1) Bokstäverna A och B används liksom sedermera C och D för att särskilja förutsättningarna för ett och samma verk (nr 4)

Det bör noteras att verk 6 ej har eluppvärmda tankar.

Tabell 10. Elförbrukning per producerat ton massa

Produktion ton/dag	Verk (enligt tabell 9)			
	4A	4B	5	6
100	4.35	14.56	-	9.34
200	2.96	7.98	-	6.25
300	2.50	5.76	4.85	4.94
400	2.27	4.70	4.03	4.18
500	2.13	4.04	3.49	3.67
600	2.05	3.60	3.10	3.30
700	-	-	2.81	3.02
800	-	-	2.58	-
900	-	-	2.39	-
1000	-	-	2.23	-
1100	-	-	2.10	-
1200	-	-	1.98	-
1300	-	-	1.88	-

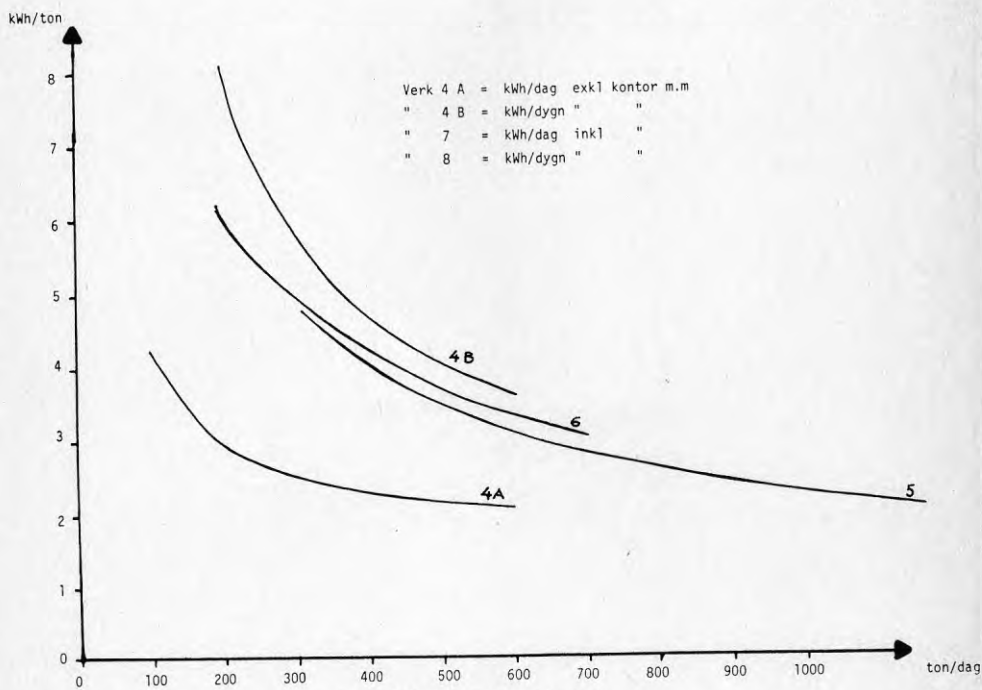


Diagram 3. Elförbrukning per producerat ton massa per dag (tabell 10).

För verk 4B har den genomsnittliga tillkommande energiförbrukningen för kontor m.m varit 56 kWh/dygn (med mycket stor spridning). Den stora variationen beror på att under hösten krävs det många kWh för uppvärmning av alla lokaler, vilket ger ett kraftigt utslag i mätvärdena. Läger vi till 56 kWh/dygn till verk 4B (kallas då 4C) kan en jämförelse göras med verk 6. Den enda egentliga skillnaden mellan verken är då de eluppvärmda bindemedelstankarna för verk 4C. I kolumn 4D har reduktion för eluppvärmda tankar utförts (tabell 11). För verk 5 har uppmätts en nattlig förbrukning av i genomsnitt 1 536 kWh. En uppräknig av värdena i tabell 10 har gjorts i tabell 11 och diagram 4. Verk 5:s siffror skall jämföras med de för verk 4C.

Tabell 11 Total elförbrukning (inkl kontor m.m) per producerat ton massa

Ton/dag	Verk (kWh/ton)				Medelvärde av	
	4 C	5	6	4 D ¹⁾	6 och 4 D kWh/ton	MJ/ton
100	15.12	-	9.34	9.52	9.43	34.0
200	8.26	-	6.25	5.46	5.86	21.1
300	5.95	9.97	4.94	4.08	4.51	16.2
400	4.84	7.87	4.18	3.44	3.81	13.7
500	4.15	6.56	3.67	3.03	3.35	12.1
600	3.69	5.66	3.30	2.76	3.03	10.9

1) Verk 4 C reducerat med eluppvärmning av bindemedelstankar 560 kWh. (Siffran är enligt 4.2.3 men något reducerad då endast två tankar utnyttjats en del av tiden).

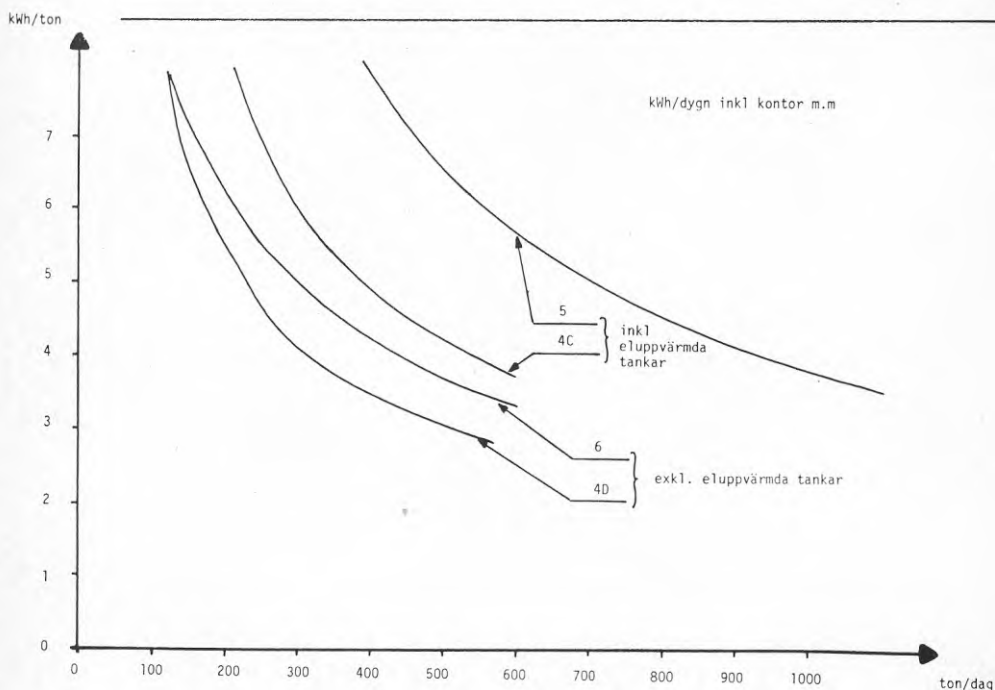


Diagram 3. Total elförbrukning per producerat ton massa per dag (tabell 11).

Verk 5 uppvisar klart högre siffror (för samma dagsproduktion) än verk 4C, men det kan noteras att det förra är ett större verk med normal timkapacitet på 200 ton/tim mot det senares 100 ton/tim. Dessutom utfördes mätningarna vid verk 5 under höstkanten (månaderna sept-nov) varför kringförbrukningen är oproportionerligt hög p.g.a stor energiförbrukning till lokaluppvärmning.

I tabell 11 ingår drift av nödvändig kringutrustning (kontor, laboratorie, verkstad m.m), vilket bör ingå vid en bedömning av energiförbrukningen vid ett asfaltverk. För att visa storleksordningen och för att kunna jämföra med tidigare nämnda litteraturuppgifter visas dock i tabell 12 elförbrukningen per producerat ton massa med kringutrustningens siffror frånräknade.

Tabell 12. Elförbrukning per producerat ton massa

Ton/dag	MJ/ton		
	inkl kontor m.m	kontor m.m	exkl kontor m.m
100	34.0	2.0	32.0
200	21.1	1.0	20.1
300	16.2	0.7	15.5
400	13.7	0.5	13.2
500	12.1	0.4	11.7
600	10.9	0.3	10.6

Vill man ha fram den totala energiförbrukningen vid asfaltverket måste man till tabellens värden även lägga energiåtgång under icke produktiva dagar såsom lördag-söndag. Vid verk 4 har tillkommande energiförbrukning för kringutrustningen uppmätts till motsvarande 550 MJ per veckoände, vilket vid en dagsproduktion om 500 ton gör ca 0.2 MJ/ton.

Asphalt Institutes siffra är 10.6 MJ/ton, vilket skall jämföras med siffrorna i sista kolumnen (tabell 12).

4.3 Transport

Transport av asfaltmassa utföres normalt med boggielastbil med eller utan någon form av släp, beroende av avstånd mellan asfaltverk och arbetsplats. Asphalt Institute (1975) redovisar energiförbrukning för olika slag av fordonskombinationer och har hämtat sina uppgifter från FHWA (Federal Highway Administration). De redovisas i tabell 13. I tabellvärdena har hänsyn tagits till normal last och total körsträcka, d.v.s till olastad returresa. (Km-antal står för avstånd mellan verk och arbetsplats).

Tabell 13. Energiförbrukning lastbilar (diesel) enligt FHWA, Asphalt Institute (1975)

Lastbilstyp	MJ/ton-km
3-axlar	2.75
4-axlar komb.	2.36
5-axlar	1.42

Highway Research Board (1974) lämnar följande uppgifter över energiförbrukning med dieseldrivet lastfordon (tabell 14).

Tabell 14. Energiförbrukning lastbilar (diesel) enligt HRB (1974)

Avstånd km	MJ/ton		
	Mdv	Min	Max
0-16	48	41	82
16-32	72	44	82

Två lastbilar har följts upp under transport av asfaltmassor, med och utan släp. Medelförbrukningen av diesel uttryckt i liter/km återges i tabell 15. Värdena inkluderar all körning, lastat eller olastat fordon, och mätning har utförts en gång per dag.

Tabell 15. Medelförbrukning diesel

Bil och Kombination	Diesel liter/km		
	Mdv	s	s %
Scania 110	0.401	0.027	6.8
Scania 110 m. 1-axlig kärria	0.489	0.029	5.9
Scania 140 m. 3-axligt släp	0.551	0.062	11.3

Studerar relationen mellan a) hur många km (inkl returresa) varje lass massa har transporterats per dag och b) hur stor drivmedelsåtgången (diesel) samtidigt varit i liter per ton massa, d.v.s $X = \text{km/lass}$ och $Y = \text{liter/ton}$, erhålles följande samband och korrelationskoefficienter (tabell 16).

Tabell 16. Dieselåtgångens beroende av avståndet till arbetsplatsen

Bil och kombination	Korrelations- koefficient	Lastförmåga ton	Sambandsekvation km/lass - l/ton
Scania 110	0.998	12.5	$Y = 0.0200 \cdot X^{1.143}$
Scania 110 med 1-axl. kärria	0.982	20.0	$Y = 0.0315 \cdot X^{0.933}$
Scania 140 med 3-axl. släp	0.998	30.0	$Y = 0.212 + 0.0153X$

I diagram 5 återges ovanstående sambandsekvationer och dessutom har i diagrammet inlagts tidigare nämnda litteraturvärden. Observera att km-antalet motsvarar den totalt körda sträckan, d.v.s tur och retur (avstånd till arbetsplats = km/2).

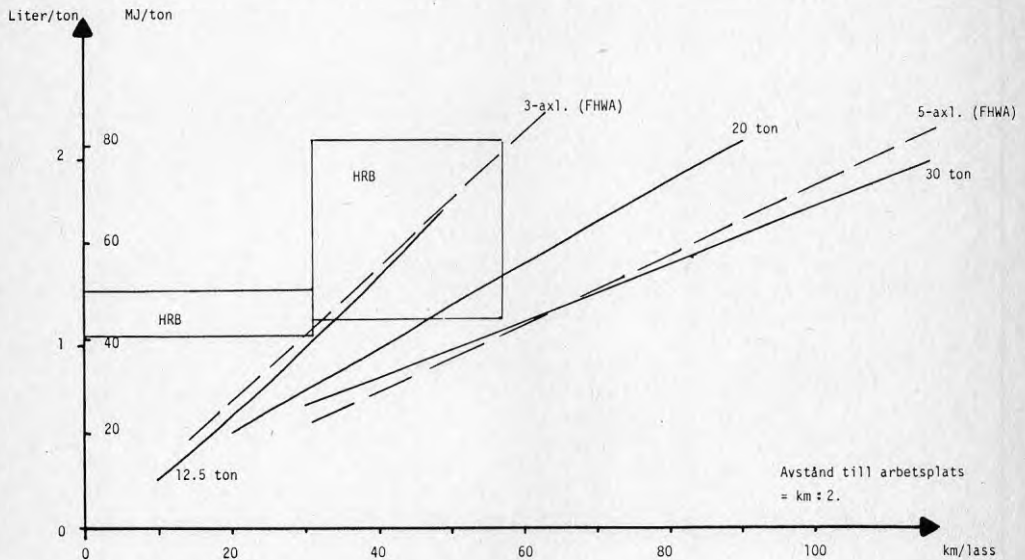


Diagram 5. Dieselförbrukningens beroende av avstånd till arbetsplats för olika fordonstyper.

Undersökningens resultat stämmer väl överens med litteraturuppgifterna med undantag av HRBs värden för korta avstånd, som verkar tilltagna i överkant.

Det framgår mycket tydligt betydelsen av att använda bil med släp eller kärria vid långa transportavstånd. Detta talar delvis emot heatingmetoden, då bil med släp blir en för lång fordonskombination att ha mellan heatern och utläggaren, men med användande av de nya kasettflaken kan problemet avhjälpas.

4.4 Utläggning och packning

Det kan tyckas som om dieselförbrukningen för utläggningsmaskiner och vältar skulle kunna vara oberoende av dagsproduktionen genom att t.ex en asfialtläggare är tillverkad för att arbeta vid ett visst varvtal vid olika hastigheter och oberoende av beläggningens bredd och tjocklek och på samma sätt skulle vältarnas energikonsumtion delvis vara oberoende av dagsproduktionens storlek. Denna åsikt uttryckes bl.a av Asphalt Institute (1975).

Vår uppföljning visar dock att så inte är fallet, i alla fall inte för utläggarna. Diesekonsumtionen kan ställas i direkt relation till dagsproduktionens storlek.

När Asphalt Institute (1975) gör en uppskattning av energiförbrukningen vid utläggning och packning antar man en mycket hög produktionskapacitet, 135 ton/tim. Utläggningen antas klaras av en läggare och packningen av tre vältar och alla maskinerna antas vardera konsumera 17.0 l/tim diesel. Total dieselförbrukning $4 \times 17 / 135 = 0.50$ l/tim eller 19.4 MJ/ton.

Highway Research Board antar också en utläggare och tre vältar och anger dieselförbrukningen uttryckt i MJ/ton till mellan 8.8 och 29.4 med medelvärdet 20.5.

Det framgår inte i något av fallen om t.ex klistring är medräknat. Förutom för spridning av klister finns det flera andra små energiförbrukare som kan komma i fråga vid eller till utläggningsplatsen, såsom bil för skyltning, utkörning av vattentank och klister m.m. Per ton utlagd massa torde dock summan av denna energiförbrukning vara mycket liten och då den dessutom i viss mån drabbar både den konventionella som heatingmetoden (ej klistring) negligeras den i fortsättningen.

Dieselförbrukningen för ett flertal utläggare och dess beroende av dagsproduktionens storlek har studerats. Som nämnts har det kunnat konstateras att det föreligger ett samband mellan storheterna (tabell 17).

Tabell 17. Dieselförbrukning för utläggare

Utläggare nr	typ	Sambandsekvation ton/skift-liter/skift	Korrelationskoefficient
1	SB 131	$y=16.2 + 0.192 X$	0.949
2	SA 41	$y=0.648 \cdot X^{0.838}$	0.893
3	BK 75	$y=18.1 + 0.169 X$	0.863
4	PF 75	$y=0.629 \cdot X^{0.822}$	0.936
5	873	$y=5.04 \cdot X^{0.375}$	0.909
6	873	$y=3.50 \cdot X^{0.464}$	0.939

I tabell 18 har förbrukningen av diesel i liter/ton vid olika kapaciteter (ton/skift) beräknats med utgångspunkt från värdena i tabell 17. I diagram 6 åskådliggörs resultatet grafiskt.

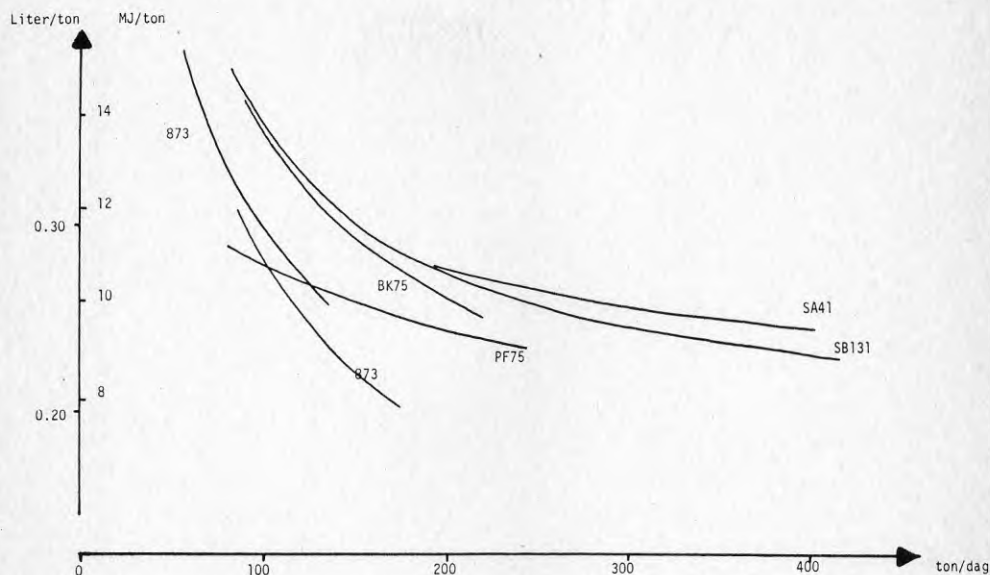


Diagram 6. Dieselförbrukning för utläggare och dess beroende av dagsproduktionens storlek.

Tabell 18. Dieselförbrukning i liter/ton vid varierande kapacitet

Kapacitet ton/skift	Liter/ton					
	Utläggare nr (se tabell 17)					
	1	2	3	4	5	6
50	-	-	-	-	-	0.431
100	0.354	-	0.350	0.278	0.283	0.297
150	0.300	-	0.290	0.258	0.220	0.239
200	0.273	0.275	0.260	0.245	-	-
250	0.257	0.265	0.241	0.235	-	-
300	0.246	0.258	-	-	-	-
350	0.238	0.251	-	-	-	-
400	0.232	0.246	-	-	-	-

Det kan noteras att skillnaderna mellan de större maskinerna (1-4) är små och att det framförallt är under 200 ton/skift som diesel-förbrukningen i liter/ton ökar markant.

För vältrar har inte samma beroende av utläggningskapaciteten kunnat konstateras, utan en välts dieselförbrukning är närmast beroende av drifttidens längd.

Uppföljning av en vibrerande vält CC 20 har givit följande resultat:

- utlagd massa	ton	6.865
- drifttid	tim	188.5
- dieselförbrukning	liter	1.500
"	liter/tim	8.0
"	liter/ton	0.218

0.218 liter/ton motsvarar 8.4 MJ/ton.

5. ENERGIFÖRBRUKNING VID HEATING

Energiförbrukningen vid utnyttjande av heating-metoden består av dels gasol för uppvärmning av den gamla beläggningssytan och dels av diesel för framdrivning av fordonet. Gasolförbrukningen är av naturliga skäl mycket beroende av de yttre förhållandena, såsom temperatur, fuktighet och vindstyrka. Speciellt fuktigheten har en kraftig inverkan på gasolåtgången, varför heating normalt inte skall utföras om fukt uppträder på vägbanan. Nedanstående siffror på gasolförbrukningen härrör från normalt användande av heating-metoden, men inkluderar då stora variationer i temperatur och vindstyrka. Dieselförbrukningen är ungefär densamma som för en lastbil med boggie räknat per timme vid normal blandad körning eller ca 150-180 l/per 8-timmars skift. Det högre värdet används vid jämförelsen.

Tabell 19. Gasolförbrukning för heating-metoden

Objekt nr	Gasolförbrukning kg/m ²	Yta m ² 1)	Gasol kg
1	0.205	63 500	13 000
2	0.238	20 500	4 880
3	0.218	47 000	10 270
4	0.222	20 000	4 440
5	0.225	16 500	3 710
6	0.228	16 000	3 650
7	0.296	6 000	1 780
8	0.204	99 000	20 230
9	0.299	35 000	10 460
10	0.196	23 500	4 600

1) Belagd yta

Förutsättningarna för uppvärmningen har varit i enlighet med Statens Vägverks anvisningar för underhållsbeläggningar (1978), d.v.s temperatur i ytan omedelbart framför läggningssmaskinen mer än 80°C och värming har skett ungefär 15 cm utanför vardera beläggningsskanten (beläggningssbredd 3.0-3.5 m).

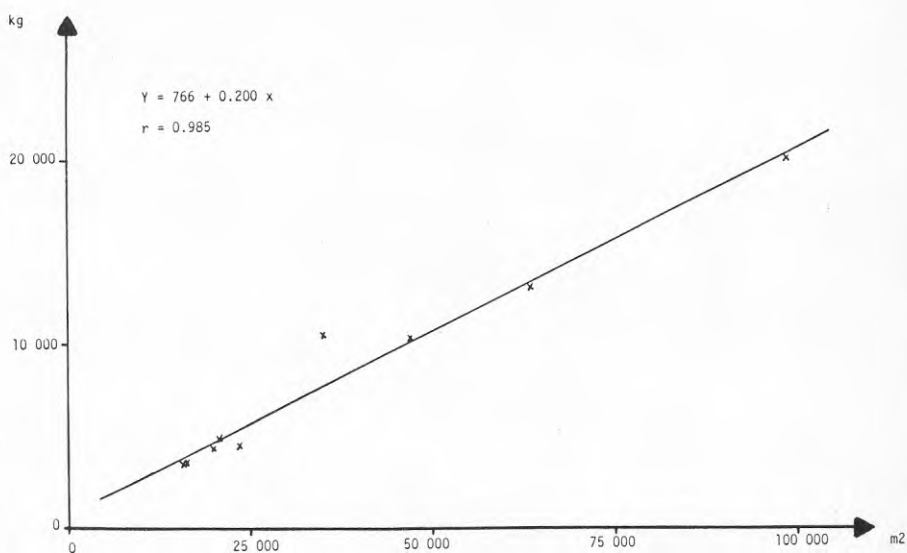


Diagram 7. Totala gasolförbrukningens beroende av objektstorlek.

Som framgår av diagram 7 kan ett klart samband mellan objektstorlek och gasolförbrukning konstateras.

Objekt 9 avviker från den övriga trenden och detta kan förklaras med väderleksförhållandena. Objektet utfördes i november månad varför temperaturförhållandena inte var de bästa och detta ökar naturligtvis gasolförbrukningen.

I tabell 20 och diagram 8 visas hur gasolförbrukning i kg/m² varierar med objektets storlek med utgångspunkt från ekvation enligt diagram 7.

Tabell 20. Gasolförbrukning kg/m² och objektstorlek

Objektstorlek m ²	Gasolförbrukning kg/m ²
10 000	0.277
20 000	0.238
30 000	0.226
50 000	0.215
75 000	0.210
100 000	0.208

Som synes ökar gasolförbrukningen per m² mycket snabbt vid små objektstorlekar.

1 kg gasol motsvarar 49.0 MJ, vilket finns inlagt i diagram 8.

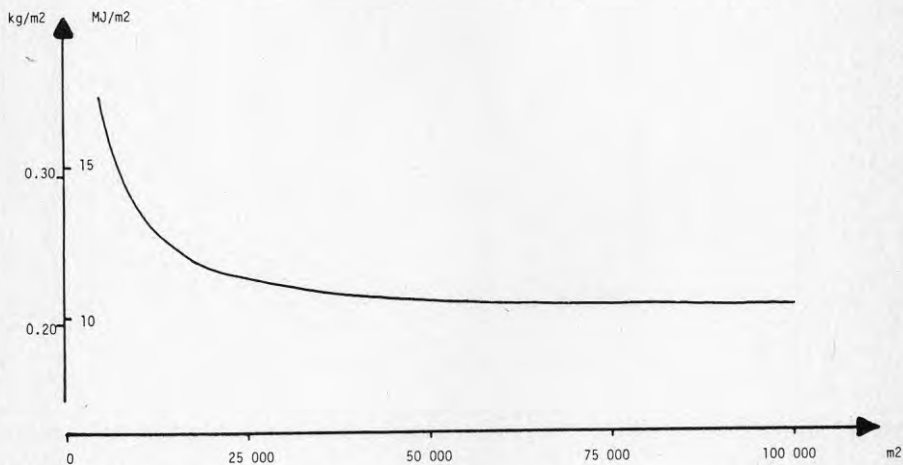


Diagram 8. Gasolförbrukningens beroende av objektstorlek.

6. JÄMFÖRELSE MELLAN KONVENTIONELL LÄGGNING OCH HEATING

Heating-metoden är ett alternativ till ett konventionellt slitlager genom att den möjliggör läggning av en likartad massa i mindre tjocklek. Innan ett konventionellt slitlager påföres måste normalt den gamla vägbanan justeras med avjämningsmassor på ett eller annat sätt. Denna justering behöver inte utföras vid heating. Vid den jämförande sammanställning som här görs uppdelas konventionell läggning i justering och slitlagerläggning, så att en jämförelse kan göras mellan heating och dels total konventionell teknik, dels enbart slitlagerläggning.

Följande massatyper och lagertjocklekar förutsättes:

- maskinjustering MAB8T (i snitt 30 kg/m²)
- konventionell slitlager 80 HAB16T
- heating HAB16T (i snitt 45 kg/m²)

Vidare antages det att kapaciteten vid maskinjustering är 300 ton/skift och vid slitlagerläggning 400 ton/skift. Asfaltverket antages vid dessa läggningar producera 600 ton/skift. Avsikten med heating är bl.a att spara asfaltmassa och det antages för jämförelsens skull att denna sparade mängd inte ersätts med läggning på annan plats. Detta innebär att om kapaciteten vid heating är 200 ton/skift sjunker den producerade mängden vid asfaltverket till 400 ton/skift.

Ytterligare antaganden:

- Läggningsbredd konventionellt 3.5 m, heating 3.2 m (mittskarven läggs ihop men kantmarkering sparas).
- Objektets storlek: konventionell 50 000 m²
heating 45 700 m²

Motsvarande 1 500 ton MAB8T och 4 000 ton HAB16T för den konventionella läggningen och 2 050 ton HAB16T för heatingen.

- Jämförelsesiffran för energiförbrukningen för heatingen beräknas på samma yta, 50 000 m², som för den konventionella. (45 kg/m² motsvarar 41.1 kg/m² i genomsnitt).
- Flyttning 50 km till ny arbetsplats omfattande följande transportfordon:
 - 1 semitrailer (5-axl, 25 ton) och 2 boggiebilar (3-axl, 12 ton) samt för heatingalternativet tillkommer heatingbilen.
- Krossat åsgrusmaterial
- Transport stenmaterial 20 km
- 2.5% fukt i stenmaterialet
- Transportavstånd bindemedel och klister med bil 100 km
- Det bortses från uppvärmningsskillnaden mellan MAB och HAB
- Elförbrukning vid verk inkl kontor m.m

- Avstånd asfaltverk - arbetsplats 20 km, 5-axlig kombination för konventionellt och boggie för heating
- Justering och slitlager utföres i ett sammanhang
- Klisteremulsion användes, 0.3 kg/m²
- Utläggningen utföres med utläggare av storleksordningen SB131 och vältningen med en 6-tonns vibrerande vält (CC20) heatingen: en 10-tonns slätvals vält (Advance) med samma antagna dieselförbrukning).

Tabell 21. Sammanställning energiförbrukning vid asfaltbeläggning, MJ/ton massa

Moment	MAB8T	HAB16T	HAB16T Heating
1.2 Stenmaterial	69	69	69
1.3 Bindemedel	59	61	61
2 Tillverkning	282	282	303
3 Transport	32	32	53
4 Utläggning	18	18	19
Summa	460	462	504

Moment 1.1 Flytt ger 5 075 resp 6 725 MJ/flytt

Tabell 22. Sammanställning energiförbrukning vid asfaltbeläggning, MJ/m väg. Vägen antages 7 m bred

Moment	MJ/m väg		
	Justering	Slitlager	Heating
1.1 Flytt	(1)	1	1
1.2 Stenmaterial	14	38	20
1.3 Bindemedel	12	34	17
1.4 Klister	(2)	2	-
2 Tillverkning	59	158	87
3 Transport	7	18	15
4 Utläggning	4	10	6
Heating	-	-	84
Summa	96	261	230

Enligt ovanstående jämförelse innebär heatingalternativet en energibesparing om 12% jämfört med enbart det konventionella slitlagret. Beaktas även justeringen blir besparingen 35%.

Differensens storlek i energiförbrukning är, som framgått, beroende av många faktorer. Bland de som speciellt påverkar energijämförelsen märks följande:

Ökad differens

- Bergkrossmaterial istället för åsgrusmaterial innebär ca 8 MJ/m
- Varje procent ytterligare fukt i stenmaterialet innebär 8 MJ/m
- Asfaltlösning RAK istället för emulsionsklister medför hela 38 MJ/m
- Korta massatransporter, där det inte lönar sig att använda släp vid konventionell läggning
- Långa transporter av stenmaterial och bindemedel

Minskad differens

- Otjänlig väderlek medför avsevärt ökad gasolförbrukning samtidigt som kapaciteten går ner.

I jämförelsen har ingen hänsyn tagits till eventuella besparingar genom:

- att ingen ny kantmarkering krävs och
- inte heller några kantstenshöjningar

Vid en energijämförelse bör även beaktas att asfalt är en råolja-produkt och därför även har sitt energivärde, vilket bl.a uttrycks i att asfaltpriserna följer oljepriserna. I ovanstående jämförelse insparas 2.57 (i massan) + 0.15 (klister) = 2.72 kg asfalt/m². Energiinnehållet i asfalt är av storleksordningen 40 MJ/kg, vilket i nämnda fall motsvarar ca 760 MJ/m väg i inbesparad energi eller 3 ggr energiförbrukningen för ett konventionellt slitlager (exkl asfalt). Lägg detta till siffrorna i ovanstående jämförelse blir resultatet att heatingens 230 MJ/m skall jämföras med ca 1000 MJ/m för det konventionella slitlagret, d.v.s energibesparingen blir mer än 75%.

7. ÅTGÄRDER FÖR ATT MINSKA ENERGIFÖRBRUKNINGEN

Energiförbrukningen för ett slitlager resp heatingen fördelar sig enligt följande:

Tabell 23. Fördelning av energiförbrukning i procent

Moment	Procent	
	Slitlager	Heating
Material	28	16
Tillverkning	61	38
Transport	7	7
Utläggning	4	2
Heating	-	37
	100	100

I fallet konventionellt slitlager åtgår nästan 90% av energiförbrukningen vid framtagning av material och tillverkning av massorna. I fallet heating utgör även uppvärmningsmomentet en stor energiförbrukare.

Naturligtvis går det att minska energiförbrukningen något i alla led, men av ovanstående framgår det att en insats vid tillverkningen av asfaltmassorna torde ge den största utdelningen. På sid 12 synes det att momentet "uppvärmning och torkning av stenmaterial" utgör 90-94% av tillverkningen, d.v.s mer än 50% av den totala energiförbrukningen faller på uppvärmningen och torkningen av stenmaterialet.

Det som direkt kan angripas är:

- ingående vattenmängd i stenmaterialet och
- förlusternas storlek, d.v.s verkningsgraden

Att närmare gå in på hur detta lämpligen skall gå till ligger utanför den här undersökningen, men några exempel på litteratur i ämnet kan omnämnas (ytterligare detaljer i litteraturförteckningen):

- Johansson (1975)
- NAPA (1973)
- NAPA (1975)

Energiförbrukningen för själva heatingmomentet går med säkerhet att minska då denna teknik är relativt ny och inte kan anses färdigutvecklad.

LITTERATUR

The Asphalt Institute, 1974. Construction Leaflet no 8. Fuel conservation in asphalt hot-mix construction. Maryland.

The Asphalt Institute, 1975. Misc-75-3. Energy requirements for roadway pavements. Maryland.

Cementa AB, 1978. Energiåtgång för 1 m³ betong från råvara till färdiggjuten konstruktion.

Halstead, WJ, 1978. Energy use and conservation in highway construction and maintenance. Federal Highway Administration Report no FHWA-VA-78-R42. Virginia.

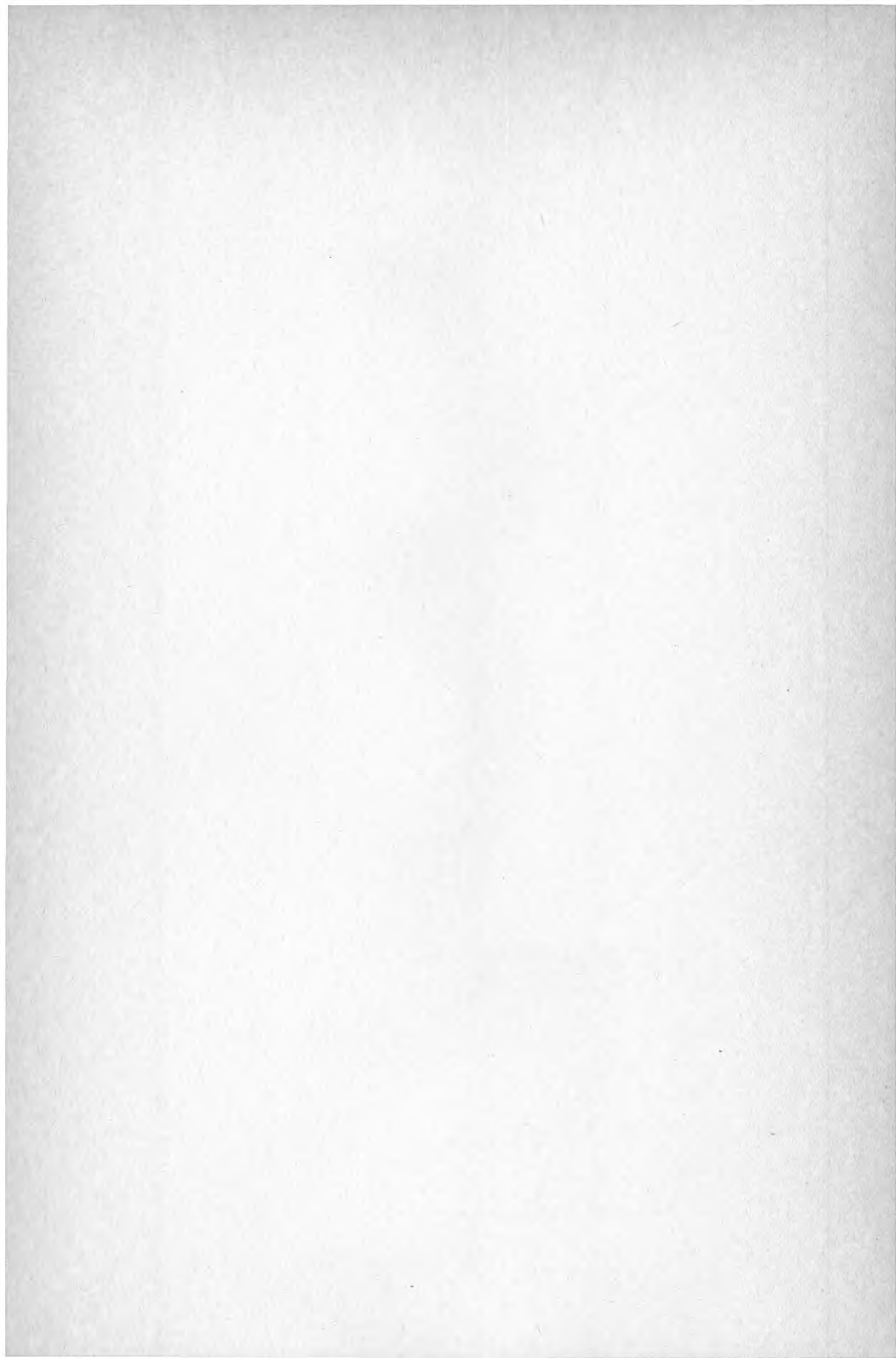
Highway Research Board, 1974. Highway Research Circular no 158. Fuel usage factors for highway construction. Washington.

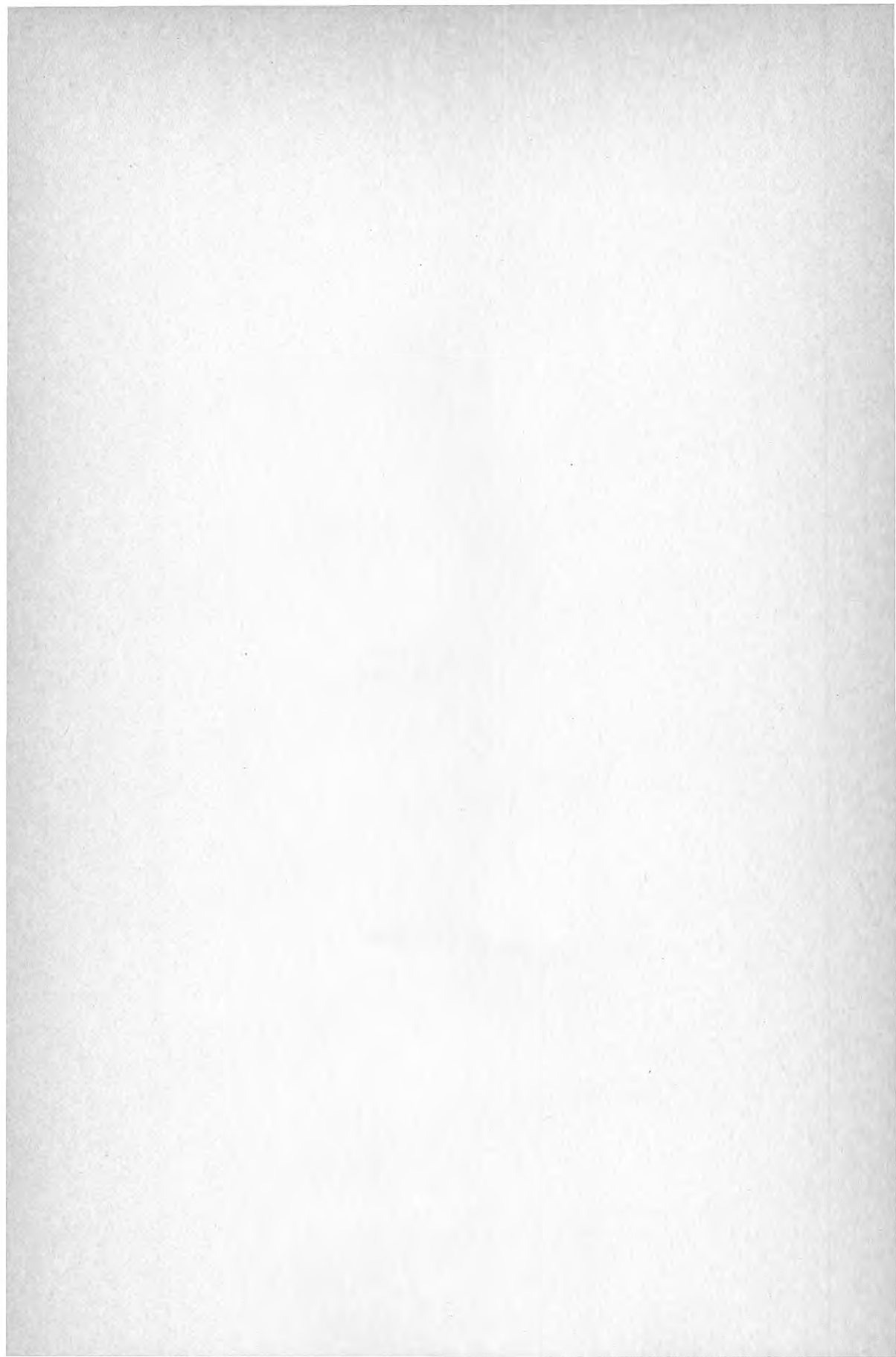
Johansson, Sture (Skånska Cementgjuteriet), 1975. SBEF:s Vägforskningsgrupp forskningsrapport, projektnummer 74 02 87-9. Energi-besparande åtgärder vid tillverkning av asfaltmassa. Utformning av forskningsprogram.

National Asphalt Paving Association (NAPA), 1973. Information series 47. Heating och Drying of Aggregates. Maryland.

National Asphalt Paving Association (NAPA), 1975, QIP 96, Heating and Drying of Aggregate - Capture of Waste Heat. Maryland.

Statens Vägverk, 1978. Anvisning för utförande av underhållsbeläggningar med repaving, heating- och kantheatingmetoderna samt spårgjutasfalt BCS.





790730-4

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag ~~790739-4~~
från Statens råd för byggnadsforskning till Svenska
Vägaktiebolaget, Solna.

R129: 1980

ISBN 91-540-3352-7

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700229

Abonnemangsgrupp:
Z. Konstruktioner o. material

Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm

Cirkapris: 30 kr exkl moms