

ENERGIFÖRBRUKNING I JORDBRUKETS DRIFTBYGGNADER

Av Torsten Hörndahl, Univ, adjunkt. JBT. SLU Alnarp

Det svenska jordbruket uppskattas använda ungefär 3,7 TWh per år i form av el, eldnings- och dieselolja. 34% av detta antas förbrukas direkt i djurproduktion inkl spridning av stallgödsel. Utöver detta åtgår det energi till skörd av grovfoder, spannmål och halm vilket indirekt används i animalieproduktionen. Huvuddelen (ca 63%) av denna energi är i form av elektricitet. Övrigt är i form av dieselolja som drivmedel och uppvärmning. Denna uppskattning bygger till stor del på data från en undersökning gjord 1983-1984 av Nilsson och Pålhorstorp (1985). Mycket av den teknik som fanns då, används fortfarande på företag med motsvarande struktur. Den stora förändringen är att besättningsstorleken har ökat och att ny teknik kommit till för denna storlek på företag.

Syftet med denna undersökning är att komplettera ovan nämnda undersöknings data med data för energianvändning till teknik som tillkommit sedan 1985. Under projektiden har ämnet blivit ännu mera aktuellt och fokus har därför utvidgats till att även omfatta en analys för att hitta de funktioner där det är enklast att spara energi samt visa på hur olika metoder påverkar energianvändningen.

Material och metod

Mätningar har gjorts på 16 gårdar som i huvudsak är byggda de sedan 1998 och har den storlek och teknik som kan bedömas vara aktuell under de närmaste 10-15 åren. För att inte splittra studien för mycket gjordes mätningar endast på anläggningar som kräver en större mängd energi. Mot bakgrund av detta sker ingen mätning i stallar för nötköttsproduktion. Gårdarna som accepterade att vara med låg i Skåne (14st) samt i södra Halland (1 st) och Östergötland (1 st) och hade följande inriktning:

- Fyra mjölkproducenter studerades i sin helhet (Gård A-D). På ytterligare tre mjölkföretag studerades endast vissa funktioner (Gård E1-E3).
- Tre grisproducenter studerades i sin helhet. Systemen var smågrisproduktion i enhetsboxar (gård G), slaktgrisstall (gård H) med långträgsboxar och FTS-stall (gård F).
- Två äggproducenter studerades. Ett med inredd bur (gård J) och det andra med frigående höns (K).
- Två slaktkycklingstallar studerades (Gård L och M). På den ena mättes endast totala el-energiförbrukningen (M).
- På fyra torkanläggningar registrerades elenergin (Gård N-Q).

På gårdarna installerades elmätare av samma typ som används för energimätning av energileverantörerna. Dessa installerades så att de mätta funktionerna kunde delas upp i Utgödsling, Utfodring, Ventilation, Belysning samt i förekommande fall tvättning, uppvärmning, mjölkning eller äggpackning. På alla företag förekommer förbrukning som inte kunde hänföras till någon av ovanstående rubriker vilken då kommer att hänföras till Diverse. För att studera hur effektbehovet varierar gjordes mätningar av detta på tre gårdar, två med mjölkproduktion och en med smågrisproduktion.

Resultat och diskussion

Undersökningen resulterade i en mängd mätdata som var för sig har ett visst värde. Dessa finns med som en bilaga i den rapport som kommer att publiceras. Alla mätningar har räknats om till att relateras till antal djurplatser (dp) eller i några fall antal mjölkkor alternativt sugor i produktion (SIP). Även energiförbrukning per l mjölk har använts. Vilket som anges beror på vad som bestämmer hur mycket energi som krävs. Som exempel kan nämnas att för belysning har antalet djurplatser använts eftersom byggnadens storlek avgör antalet belysningsarmaturer som installerats.

Trots det relativt stora antalet installerade mätare är det mycket få funktioner som haft så många mätvärden att man kan göra någon mera djupgående statistisk behandling. Mätvärdena identifierar dock vilka funktioner som använder mycket respektive lite energi och med hjälp av ytterligare analys kan sparåtgärder identifieras. Mätningarna bör även kunna ge en indikation om vilken teknik som är energieffektiv. Man kan även få en fingervisning om storleksordningen av energianvändningen inom respektive produktionsgren.

Mjölkkor

Företag med mjölkproduktion byggs ofta upp successivt och det är först på senare år som det finns stallar för endast mjölkkor. Vart korna flyttades under sinperioden samt hur kalvar föddes upp varierade också mellan gårdarna. Detta gör det svårt att uppskatta energiförbrukningen samt relatera detta till en bestämd djurgrupp. Däremot blir totalbilden av energianvändningen i mjölkproduktionen tydlig. En mycket enkel beskrivning av gårdarna finns i tabell 1.

Tabell 1. Kort beskrivning av mjölkföretagen där hela produktionen studerats.

	Gård A	Gård B	Gård C	Gård D	
	150 kor, mjölkstall Plansilo	220 kor, mjölkstall Plansilo	120 kor Robot Tornsilo	40 kor/rekr Mjölkstall Plansilo	106 kor Robot Plansilo
Mjölk- produktion	10,5 ton/ko,år	8,8 ton/ko,år	5 ton/ko,r	12 ton/ko,år	
Kostall	Isolerat Naturlig vent. Spaltgolv Linutgödsling	Isolerat Naturlig vent Helt golv Linutgödsling hydr. +pump	Isolerat Naturlig vent. Spaltgolv Linutgödsling + pump	Isolerat Mek. vent spaltgolv Linutgödsl. + pump	Isolerat Naturlig vent Helt golv Linutgödsling hydr. + pump
Ungnötstall	Oisolerat Naturlig vent Spaltgolv Linutgödsling	Isolerat Bal. mek vent, Spaltgolv Linutgödsling + pump			Isolerat Mek vent 3-6 månader spaltgolv

I tabell 2 sammanfattas resultaten av mätningarna för hela gården utslaget per mjölkko respektive 1 mjölk. Gård C hade mycket lägre mjölkproduktion än övriga vilket inte upptäcktes förrän efter halva mätperioden. Enligt foderrådgivare bör inte detta påverka resultatet i större omfattning. De funktioner som påverkas av mjölmängden är utfodring, utgödsling samt mjölkning. Mängden grovfoder som hanterades på denna gård motsvarade den mängd som kunde förväntas bli hanterad på en gård med högre produktion så denna felkälla bör vara liten. Mängden kraftfoder var sannolikt mycket mindre men då denna står för en mycket liten del av totalförbrukningen bör även denna felkälla vara acceptabel. Gödselmängden var uppskattas vara ca 10% mindre jämfört med övriga gårdar men med hänsyn till att några mätningar eller uppskattningar av spillvatten inte gjorts på gården bör även detta fel kunna accepteras.

Mätvärdena för gård D i tabell 2 är till viss del uppskattade då detaljerade mätningar endast utfördes på stallet med mjölkningsrobot och övrig drift dokumenterades med totalförbrukningen med några undantag.

Tabell 2 Resultat från energimätningar på fyra gårdar med mjölkproduktion.

Beskrivng	Gård A 150 kor, mjölkstall Plansilo, kWh/ko, år	Gård B 220 kor, mjölkstall Plansilo kWh/ko, år	Gård C 120 kor Robot Tornsilo kWh/ko, år	Gård D 146 kor Robot/mjölkstall Plansilo kWh/ko, år
Utfodring	652	370	133	480
Ventilation	3	74	0,9r	80
Utgödsling	40	31	27	22
Belysning	216	224	109	227
Mjölkning	386	406	572	487
Övrigt	216 ¹⁾	145	87	224
Summa/dp	1513	1250	929	1512
Därav el	868	994	929	1060
Tot./l mjölk	0,148 kWh/l mjölk	0,141 kWh/l mjölk	0,203 kWh/l l mjölk	0,125 kWh/l mjölk
% till rekr	23 %	26 %	Ej uppskattat	Ej uppskattat-

¹⁾ I detta värde ingår frostskydd i ungnötstall med 91 kWh/koplats och år

Som väntat var det stor skillnad mellan stallar med mekanisk och sk naturlig ventilation. På gård B och D användes det gamla kostallet till ungnöt och i vissa fall till kor och ventilationsanläggningen var sannolikt överdimensionerad till djuren. I *Övrigt* ingår diverse elektronisk utrustning tex PC, styrdator till foderstationer (utom på gård A), kalvamma, ryktborstar etc. De gårdar som studerades saknade personalrum men hade ett kontor. Värmen i detta ingår i *Övrigt*.

Som framgår av tabell 2 är en stor del av skillnaden i totala energianvändningen mellan gårdarna orsakad av på vilket sätt djuren utfodrats. Här framgår det att system där all teknik sköts med elektricitet endast använder 20-35% av energin jämfört med system där traktor används i större eller mindre omfattning. Detta beror sannolikt på dieselmotorns sämre verkningsgrad. Alla mixervagnar var av samma fabrikat (Keenan) så skillnaderna speglar endast den stora spridningen som finns inom respektive system. I undersökningen studerades

även energianvändningen för ett system med stationär blandning av full/blandfoder (E2). När denna studie kombineras med data (kWh/ton foder) från gård C kan denna mätning jämföras med övriga. Denna jämförelse framgår av tabell 3.

Tabell 3 Jämförelse av energianvändningen vid utfodring av mjölkkor inkl rekrytering.

Gård	Utfodringsteknik	Energiförbrukning kWh/ko år
A	Plansilo, traktor +mixervagn kraftfoderstationer	652
B	Plansilo, traktor +mixervagn, rälsgående fodervagn i kostall + dieseldriven fodertruck till ungnöt	370
C	Tornsilo, rälsgående fodervagn, kraftfoderstationer	160
D	Plansilo, traktor +mixervagn + bandfoderfördelare till korna + eldriven grovfodervagn till övriga djur.	480
E2	Tornsilo rälsgående mixervagn, Mullerup mixfeeder, kraftfoderstationer	274

Inom mjölkproduktion var det mjölkningen som krävde mycket energi. Dels användes energi till kylning av mjölken dels krävdes mycket energi till vakuumpumpen(-arna). För att uppskatta fördelningen av energianvändningen för mjölkningen studerades denna funktion på en av gårdarna med robot (E1) respektive mjölkningstall (B). Registreringen delades upp på *Mjölkning*, *Varmvatten* och *Kylning*. Resultaten framgår av tabell 4

Tabell 4. Resultat av mätning av fördelningen av energianvändning för olika funktioner vid mjölkningen på två gårdar.

Funktion	Robot		Mjökstall	
	Wh/l	Andel	Wh/l	Andel
Varmvatten	5,2	13 %	0,9	2 %
Kylning	13,6	34 %	17,3	38 %
Mjölkning m m	21,1	53 %	27,7	60 %
Summa	39,9		45,9	

Av dessa resultat går det inte att se någon stor skillnad mellan mjölkning i robot respektive i mjökstall. Det finns en liten skillnad till robotens fördel men här jämförs en robot som är utrustad med den mest energibesparande tekniken med ett mjölkningsstall där inget gjorts för att minsta energiförbrukningen. Litteraturen anger att det är positivt med hög mjölkproduktion/ko vilket även bekräftas av denna undersökning

Effektbehovet mättes på gård B och C i 8 dagar respektive tre månader. Dessa mätningar visar att med mjölkningsrobot och tornsilo, gård C används mer än 50% av tillgänglig effekt endast under 10-25% tiden under en vecka. På gård B krävdes mycket effekt vid varje mjölkning men under en vecka användes 50 % eller mer av tillgänglig effekt endast under 12 % av tiden.

Grisproduktion

Gårdarna där mätningarna gjordes var mycket olika. För att på något sätt kunna jämföra dem har gård G lagts samman med gård H för att uppskatta hur mycket energi som åtgår för att producera 24 slaktgrisar. Antal smågrisar bygger inte på gårdarnas produktionsresultat utan är ett antagande. I tabell 5 redovisas fördelning och totalförbrukning på gårdarna:

Tabell 5. Resultat från energimätningar på tre gårdar med grisproduktion samt uppskattning av energiförbrukning för slaktgrisen som kommer från enhetsbox systemet.

Gård	Gård F	Gård G	G+24xH	Gård H
Beskrivning	FTS-system 96 SIP kWh/SIP, år	Enhetsbox 480 SIP kWh/SIP, år	Enhetsbox + 24 slaktgrispl. kWh/SIP	Slaktgris 1160 platser kWh/djurpl, omg
Utfodring	90	13	68	2,3
Ventilation	654	80	310	9,6
Utgödsling	11	12	14	0,1
Belysning	2441 ¹⁾	782 ²⁾	121	1,83 ³⁾
Värmelampor	161	310	310	
Uppvärmning (värmkälla)	992 (olja)	93 (värmepump)	194	4,2 (Olja, före insättning)
Tvätt	79	7	24	0,7
Rekrytering, totalt	-	11	11	-
Personal	38	15	15	Ingår i Övrigt
Övrigt	164	66	90	1,0
Summa per djurplats	2431	693	1168	19,7
Därav el	1441	689		15,5
Betäcknings avd	Isolerad	Isolerad		-
Sin avd	Isolerad	Oisolerad		-
Slaktgris	Isolerad	-		Isolerad

¹⁾ FTS avd 36W/box, Sin o betäckning 25W/djurplats

²⁾ Grisningsavd 36 W/box, Betäckningsavd 17 W/djurplats, Sinavdelning 10 W/djurplats.

³⁾ 18 W/box

I alla systemen använde uppvärmningen och värmelamporna en stor andel av energin. Vid slaktgrisproduktion användes tillskottsvärme endast till att torka stallet och hålla det varmt innan djuren kom. Värmelampornas effekt var 150 W på de undersökta gårdarna. Ingen av de studerade stallarna använde något system som ändrar effekten på lamporna.

Den stora skillnaden i uppvärmningsenergi kan till viss del förklaras av att den ena gården (G) hade värmepump och den andra (F) använde oljeeldning. En annan faktor som bidrar till skillnaden är att en byggnad för 480 saggor har mindre yta mot uteklimat än stallet för 96 saggor hade (m²väggyta/djur). Denna skillnad har som regel mindre betydelse för

totalförbrukningen utan det är oftast ventilationsfläktarna som är de stora energislukarna om stallet överventileras. En annan faktor som kan ha betydelse är att stall F har 2-4°C högre temperatur jämfört med stall G vilket ökar energin i den luft som blåses ut och måste ersättas med kall uteluft.

Fläktmotorerna står för en stor del av energianvändningen i slaktgrisproduktionen (46%). I smågrisproduktionen står de för ca 12 %. *Utgödsling* och *tvätt* är funktioner som i stort sett är försumbara i förhållande till totalförbrukningen. *Övrigt* är 5-10 % av totalförbrukningen och huvuddelen kommer sannolikt från ytterbelysning samt belysning i korridorer och andra biutrymmen. Den slutsatsen kan man dra eftersom belysningen i slaktgrisstallet använder 1,8 kWh/plats, år och då är belysningen endast tänd 2-3 timmar per dygn. Effektförbrukningen mättes på gården med 480 suggor. Resultatet från denna är att endast 5-15 % av tiden var effektuttaget mindre än 50 % av max belastningen vilket är mycket större än mjölkgårdarna.

Värphöns

Resultaten från mätningarna av energiförbrukningen på gårdarna med äggproduktion framgår av tabell 6. Då värphöns är en omgångsvis produktion med en omlopps tid på mer än ett år presenteras mätvärdena som 365 dagar med höns där det både finns en varm och en kall period.

Tabell 6. Resultat från energimätningar på två gårdar med äggproduktion omräknad till att motsvara 365 dagar med värpande höns. Tvätt mellan omgångarna redovisas separat.

Gård	J	K
Funktion	40 000 värphöns inredda burar Wh/dp, år	12 500 värphöns frigående system Wh/dp, år
Utfodring	130	106
Ventilation	1250	2156
Utgödsling	11	42
Belysning;	1454	2431
Äggpackning	29	26
Äggtvätt	16	36
Kylning	ingår i Övrigt	150
Övrigt	228	83
Summa/dp	3118	5030
Städning mm mellan omg exkl värme	18,8	10

Det skiljer mycket i energianvändningen avseende *Belysning* vilket till viss del kan förklaras av att gård K har tänt 16 timmar/dygn och gård J har tänt 14 timmar/dygn. Trots detta skiljer det 30% . I stallar för frigående höns är det vanligtvis högre ljusintensitet vilket skulle kunna förklara skillnaden. Det finns även stora skillnader mellan tekniken avseende *Ventilation* och *Övrigt*. När det gäller ventilationen kan skillnaden förklaras av att stall K har ett styrsystem där fläktarna är parallellt varvtalsreglerade, även vid minimiventilation. Stall J har en kombination av varvtal- (2 st) och stegreglerade fläktar (13 st).

En funktion som använder mycket energi är tvättning av ägg i samband med sortering (36 respektive 16 Wh/höna o år) trots att det är få ägg som tvättas. Skillnaden mellan gård J och K är sannolikt orsakad av att det blir fler smutsiga ägg i ett system för frigående höns.

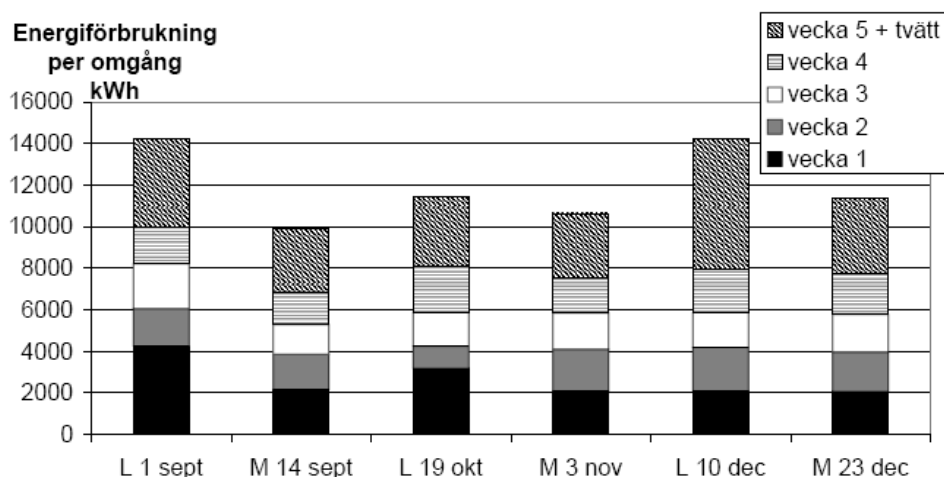
Slaktkyckling

När det gäller slaktkyckling studerades endast ett företag noga. Resultatet från fem uppfödningssomgångar framgår av tabell 7. Här framgår att det som kräver mest energi är uppvärmningen i form av eldningsolja. När det gäller elenergiförbrukningen är det belysning och i viss mån ventilationen som är stora förbrukare. Resultatet visar att energibehovet är 25-35 % lägre än tidigare uppgifter.

Tabell 7. Resultat från energimätningar på en gård med slaktkycklinguppfödning

	L		M	
	Energiförbrukning per omg kWh/100 000 djur	Andel	Energiförbrukning per omg kWh/100 000 djur	
Utfodring	290	0,3 %	-	
Ventilation	3 340	3,6 %	-	
Belysning	9 790	10,7 %	-	
Värme, olja	77 000	84,2 %	-	
Utgödsling, diesel	1 078	1,2 %	-	
Summa	91 324		-	
Därav El	13 246		10 456	

I figur 1 har tidigare data bearbetats så att man kan jämföra gård L och M under 3 uppfödningssomgångar. Här syns att gård L har 6-20 % högre förbrukning än gård M. En möjlig förklaring skulle kunna vara att insättningen skiljer ca tre veckor men skillnad i uteklimat borde jämnas ut under denna tidsperiod. Skillnaden i oljeförbrukningen till uppvärmning är endast ca 4% mellan gårdarna men uppgifterna är osäkra. Skillnaden i elförbrukning kan eventuellt förklaras av olika skötsel eller ljusprogram vilket i så fall skulle visa på stora möjligheter att spara energi.



Figur 1. Variation i elenergianvändningen under 3 omgångar på gård L och M i december till mars 2006. Datumet anger insättningsdag.

Torkanläggningar

När det gäller torkanläggningar så skedde mätningarna under 2005 och i något fall 2006 vilket framgår av tabell 8. På gård N kunde både 05 och 06 studeras. Här kan effekten av högre ingångsvattenhalt studeras där gård N ökar energianvändningen med 50% under det svåra skördeåret 2006. De uppmätta värdena är låga jämfört med provningar som gjorts på liknande torkar. Särskilt gäller detta gård O vilket kan bero på en lägre ingående vattenhalt. Gård N är en mycket större anläggning med en dammreduceringsanläggning, vilket förklarar den stora skillnaden mot O och P.

Tabell 8. Resultat från energimätningar på fyra gårdar med spannmålstork. Vattenhalten är uppskattad av lantbrukarna. (05) och (06) avser år.

		Ton spm	Ingångsvh	El-användning	Anmärkning
N	Kontinuerlig tork, Tornum, Skörd 05 och 06	1 300 ton	17 % (05)	6,1 kWh/ ton	Komplett tork med två luftningsbara utomhussilor (400 ton) 400 ton i självtömmande fickor samt övrigt i planlager. Inkl dammreduceringsanläggning. Ca 1400 ton hanteras.
		1 200 ton	21 % (06)	9,1 kWh/ ton	
O	Cirkulerande tork, MEPU Skörd 05	600 ton	ca 18% Vh	4,2 kWh/ ton	Utomhus tork med in- och utlastningsficka. Ca 600 ton hanteras.
P	Dubbeltork, Akron Skörd 05 och 06	470 ton	ca 18% vh	4,46 kWh/ år	Torkhus m luftnings- och lagerfickor på totalt 250 ton., 190 ton kan luftas. Ca 500 ton hanteras.
Q	Silotork, med förvärmning Skörd 06	1 400 ton	ca 18%	12 kWh/år ¹⁾	Inlastning ingår ej

Resultatförmedling

Publicering:

Hörndahl, T. 2007. Energiförbrukning i jordbrukets driftsbyggnader - en kartläggning av 16 gårdar med olika driftsinriktning. Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap. Avdelningen Jordbrukets biosystem och djurhållning, SLU Alnarp.

Tidningsartiklar

Artikel i tidningen Svensk Gris under februari 2007.

Artikelserie planeras tillsammans med Tidningen Lantmannen under 2007.

Föredrag

Kartläggning av energiförbrukningen i jordbrukets driftsbyggnader – preliminära resultat Februari 2006 Alnarps mjölkdag, på Bollerup.

Funderingar kring en jämförelse av energiförbrukningen hos tre duktiga ”svinabönder” Bioenergiseminarium, Bollerup november 2006 och Alnarps grisdag januari 2007.

Nya projekt

Insamlade data från projektet kommer även att ligga som grund till projektet ”Energieffektivisering i jordbruket” som drivs tillsammans med JTI, Hushållningssällskapet och LRF-konsult.