

Bra teknik för att spara energi i djurproduktion



Ett delprojekt inom projekt Underlag energieffektivisering
för att försöka besvara frågan:
”Hur bra nyckeltal i energieffektivitet är det möjligt att nå?”

Lars Neuman, LRF Konsult, 2013



Europeiska jordbruksfonden för
landsbygdsutveckling: Europa
investerar i landsbygdsområden



Innehållsförteckning

	sida
Förord	
1. Sammanfattning	5
2. Inledning	8
2.1. Projektets syfte	9
2.2. Avgränsningar	9
2.3. Bakgrund	9
2.4. Genomförande	9
3. Nyckeltal som mått på energieffektivitet	10
3.1 Presentation av nyckeltal	12
4. Vad är bra teknik?	12
5. Effektiviseringsåtgärder sätts in på olika nivåer	13
6. Teknik som påverkar energianvändningen	13
6.1. Belysning	14
6.2. Ventilation	17
6.3. Elmotorers verkningsgrad	19
6.4. Att driva maskiner med traktor eller med elmotor?	20
6.5. Uppvärmning och val av energikälla	23
7. Teknik och energianvändning i djurproduktionsgrenar	23
7.1. Mjolkproduktion	24
7.1.1. Teknik som påverkar energin i mjolkproduktion	25
7.1.2. Gårdsexempel A	33
7.1.3. Gårdsexempel B	34
7.1.4. Gårdsexempel C	36
7.2. Köttproduktion	38
7.2.1. Teknik som sparar energi i köttproduktion	38
7.2.2. Gårdsexempel D	39
7.2.3. Gårdsexempel E	40
7.2.4. Gårdsexempel F	42
7.3. Grisproduktion	44
7.3.1. Teknik som sparar energi i grisproduktionen	44
7.3.2. Gårdsexempel G	47
7.3.3. Gårdsexempel H	51

7.4. Äggproduktion	53
7.4.1. Teknik som sparar energi i äggproduktion	53
7.4.2. Gårdsexempel I	53
7.5. Slaktkycklingproduktion	55
7.5.1. Teknik som sparar energi i slaktkycklingproduktion	55
7.5.2. Gårdsexempel J	56
Referenser	59

Förord

Svenska gårdar köper energi för mer än 8,7 miljarder kr per år. Den används bland annat direkt på gården som diesel, el, olja och värme eller indirekt via kväve, inköpt foder, plaster, kalk, växtskydd samt för transporter inom gården. Hur effektivt energin används varierar mycket mellan företagen inom varje produktionsgren och därmed finns förutsättningar för intressanta jämförelser och effektivisering.

LRFs mål är att med bibehållen produktion minska användningen av energi och energirika produkter med 20 % till 2020. Det sänker kostnader med upptill 1,5 - 2 miljarder per år. Räknat på areal motsvarar det ca 650 kr per ha och år.

På 10 år räknar EU med att råoljepriser går upp till ca 150 USD per fat (motsv. 2 - 2,5 kr per l diesel) och att elpriset ökar med ca 30 %. Med samma energianvändning och skatter innebär det en ökning med ca 2,2 miljarder från ca 8,7 miljarder till ca 10 miljarder kr/år. Transporter av produkter från gården är oräknade.

Hög effektivitet är en förutsättning för konkurrenskraft och för lönsamhet. Och det går hand i hand med mindre förluster och minskad miljöpåverkan t.ex. minskat läckage och mindre utsläpp av växthusgaser.

Energieffektivisering är något som alla kan tjäna på. Många kan också tjäna på att byta från fossil energi till förnybar och därmed effektivisera och sänka kostnader. Det handlar om att gå ifrån oljan vid uppvärmning, växla från dieselmotor till el där det går samt att efterhand byta diesel mot bio drivmedel.

Den här rapporten sätter fokus på djurhållningen. I djurhållningen är el för foderhantering, belysning, ventilation, transporter, utgödsling och diesel för djurhållningen viktigast. Kylning av mjölk och uppvärmning av stallar är också stora kostnader. Sammantaget 3,2 TWH eller ca 3,2 miljarder kr.

Rapporten ger grunder i energieffektivisering med exempel på nyckeltal och potential från de vanligaste produktionsgrenarna.

Nyttig läsning!

Jan Eksvärd, LRF
Projektledare

Bra teknik för att spara energi i djurproduktion

1. Sammanfattning

Lantbruket, liksom andra näringar, står inför stora utmaningar att minska sin energianvändning. För lantbrukaren handlar det om att sänka sina kostnader, öka sin konkurrenskraft och få bättre beredskap att möta stigande priser på energi. Det är då av intresse att finna ut vilken teknik som gör det möjligt att nå hög energieffektivitet och att finna ut hur energieffektiv produktionen kan bli.

Detta projekt begränsar sig till djurproduktionens användning av direkt energi. Den indirekta energianvändningen behandlas inte.

Energieffektiviteten i en produktionsgren kan bäst beskrivas med nyckeltal som uttrycker energianvändningen i förhållande till den mängd som produceras. Exempel på nyckeltal är kWh per kg mjölk och kWh per producerat slaktsvin. För nyckeltal i djurproduktionsgrenar har det utarbetats en praxis att börja räkna energianvändningen då foder tas in från lagret, bearbetas och utfodras. Beräkningen avslutas med att gödsel transporterats till lagerbehållare och produkten klar för leverans, t.ex. att mjölken är kyld i tanken.

De senaste årens energikartläggningar visar att nyckeltalet varierar stort från gård till gård och det beror mycket på skillnader i byggnader, system och utrustning. Variationen visar att det ofta finns potential för energieffektivisering genom bättre rutiner och/eller bättre teknik, något som också noteras av rådgivarna på plats. Kartläggningens viktigaste del är framåtsyftande, det är en åtgärdsplan för effektivare energianvändning, inte en analys av aktuell energianvändning.

Syftet med detta projekt är att försöka besvara frågan: "Hur bra nyckeltal i energieffektivitet är det möjligt att nå och vilken teknik ska användas?" Uppgifter har hämtats från tidigare studier, egna mätningar samt från rapporter och tester. Bedömningarna baseras på gårdsexempel med energikartläggningar och beräkningar av hur mycket energi som kan sparas med bra teknik.

Nedan sammanfattas potentialen i var produktionsgren för sig, den potential som främst ligger i val av teknik och goda rutiner. Utöver det finns ofta en möjlighet att effektivisera ytterligare genom byte av system.

Mjölk. Potential: 0,095 - 0,100 kWh per kg mjölk. Då avkastningen per ko ofta är lägre vid ekologisk mjölkproduktion, får man räkna med något lägre energieffektivitet vid ekologisk mjölk.

Diko + kalv. Nötköttproduktion kan bedrivas på många sätt och med olika rastyper, vilket gör det svårt att bedöma potentiellt låga nyckeltal. Rapportens gårdsexempel pekar på 200 - 225 kWh/diko+kalv, när djuren går ute året om.

Nötkött slaktdjur. Produktionssätten skiftar och det skulle behövas en mer ingående undersökning. Tre gårdsexempel ger en anvisning om en potential på 0,50 - 0,55 kWh per kg levande vikt.

Smågris. Potentiellt nyckeltal när uppvärmningen sker med värmepump är 23 - 25 kWh per avvand smågris. När uppvärmningen sker med bibränsle kan nyckeltalet öka till 40 - 50 kWh per smågris, men då minskar samtidigt elenergin i nyckeltalet från 29 till 14 kWh per smågris. Byte av uppvärmning ökar energianvändningen totalt men minskar elförbrukningen. Behovet av uppvärmning är olika i olika delar av landet, vilket naturligtvis påverkar nyckeltalet.

Slaktsvin. Potentiellt nyckeltal när uppvärmningen sker med värmepump kan vara 16 - 19 kWh per producerat slaktsvin. När uppvärmningen sker med bibränsle ökar nyckeltalet på samma sätt som beskrivs vid smågris. Det positiva ligger i att elförbrukningen minskar och att uppvärmning sker med bibränsle. Behovet av uppvärmning är olika i olika delar av landet, vilket naturligtvis påverkar nyckeltalet.

Ägg. Potential: 0,13 - 0,14 kWh per kg ägg. Då ingår inte den energi som används i packeri och kyllager, som i gårdsexemplet uppgår till ca 0,025 kWh/kg ägg. Energi för uppvärmning ingår heller inte utan den måste läggas till. Behovet av uppvärmning är olika i olika delar av landet, vilket naturligtvis påverkar nyckeltalet.

Slaktkyckling. Potentiellt nyckeltal när uppvärmningen sker med värmepump kan vara ca 0,7 kWh per producerad kyckling. Det är inte någon vanlig uppvärmning, utan den sker mer och mer med biobränsle. Då blir det potentiella nyckeltalet 1,8 - 1,9 kWh per kyckling. Behovet av uppvärmning är olika i olika delar av landet, vilket naturligtvis påverkar nyckeltalet.

Nyckeltalet ska omfatta tillförd energi av alla energislag, el, diesel, eldningsolja, gasol och biobränslen och egentligen borde nyckeltal presenteras med en uppdelning på energislagen. Viktigast är ju att minska på användningen av el och fossila energikällor. I produktionsgrenar som smågris, slaktsvin och slaktkyckling, där man har behov av energi till uppvärmning kan dessa nyckeltal bli starkt missvisande. Om man byter system från värmepump till uppvärmning med biobränsle så minskar man elförbrukningen, men man ökar det totala energibehovet, ofta kraftigt. Det beror på den stora skillnaden i verkningsgrad. Medan en värmepump behöver 300 - 400 kWh el för att ge 1000 kWh värme så behövs det 1250 kWh brutto i flis för att ge samma värmemängd om panna och värmeledning har 80 procents verkningsgrad.

Detta är något som måste beaktas, inte minst av myndigheter som utövar tillsyn och använder nyckeltal för bedömning av energieffektivitet i lantbruksföretaget.

Ny teknik kan betyda ny teknik på marknaden. Det kan också betyda teknik som är ny för företaget, fastän den är beprövad. I rapporten tas bland annat upp teknik som är ny på marknaden, men där det ännu inte finns så mycket erfarenhet av tillämpning i lantbruket. Även om införande av sådan ny teknik föreslås som åtgärd, så är det med viss reservation. Ett sådant exempel är ny LED-teknik i belysning.

I nya anläggningar, som planeras med mer fokus på energianvändningen, kan nyckeltalen bli lägre än som anges ovan. Energikostnaden för investeringen och för energianvändning över avskrivningstiden bör alltid beaktas vid projektering av nya anläggningar. Vi kommer sannolikt att få tillgång till ny energieffektivare teknik, som efter utprovning visar sig passa inom lantbruket. Ökat energimedvetande och antaganden om ökade energikostnader bör driva på den utvecklingen.

Kunskapen om energianvändningen behöver också utvecklas. I projektet har identifierats områden som behöver studeras eller utvecklas närmare. Några förslag:

- Mjölakens förkylning med vatten. Utveckling av teknik och rekommendationer samt beräkning av hur potentialen för värmeåtervinning kan påverkas.
- Studera möjligheterna att ta tillvara spillvärme från vakuumpumpar och kompressorer.
- Betydelsen av isolering av mjölkrör.
- Undersökningar på olika metoder att ge smågrisar en bra miljö och som samtidigt är energieffektiva.
- Riktlinjer och rekommendationer för ventilation av mjölk tankens kondensor.
- Belysningslösningar för lantbruket, speciellt LED-tekniken. Beräkningar på besparing. Följdefekter för ventilationsbehov om värmebelastning från belysningen minskar.
- Ventilation med EC-motorer.
- Teknik för mätning, registrering och uppföljning av energianvändning på gårdsnivå.

2. Inledning

Lantbruket, liksom andra näringar, står inför stora utmaningar att minska sin energianvändning. Det är både en fråga om att använda jordens energiresurser på ett bättre sätt och en fråga om att minska negativ påverkan på klimatet. Sett i detta perspektiv är det viktigt att minska såväl den indirekta som den direkta energianvändningen.

För lantbrukaren är användningen av direkt energi tydligast, det vill säga den energi som finns i el, drivmedel, eldningsolja, gasol och biobränslen. Den är tydlig, eftersom man ser hur den i verksamheten omsätts i energitjänster som uppvärmning, belysning, transport etc. Genom sitt val av system, teknik och hantering av tekniken kan lantbrukaren påverka hur mycket direkt energi som behöver anskaffas för gårdens produktion. Drivkrafterna är sänkta kostnader, bättre konkurrenskraft och bättre beredskap att möta stigande priser på energi.

Den indirekta energianvändningen är inte lika tydlig, eftersom det handlar om energi som belastar gården indirekt. Lantbrukets insatsvaror och produktionsmedel kräver energi i olika led såsom utvinning, förädling och distribution, innan de kommer till gården. Lantbrukaren kan också påverka hur mycket av denna indirekta energi som ska användas för gårdens produktion. Valet av system, teknik, produktionsmedel och hantering har stor betydelse. Viktiga exempel på indirekt energi är sådan energi som industrin behöver för framställning av kvävegödsel och plast. Inköpt foder ska processas och transporteras. För det svenska lantbruket har den indirekta energin stor betydelse.

Tabell 1. Svenskt lantbruks årliga användning av indirekt energi i de viktigaste insatsvarorna.

1 GWh = 1000 MWh = 1 000 000 kWh.

Insatsvara	Energianvändning
	GWh/år
Mineralgödsel	1 965
Bekämpningsmedel	90
Kalk	40
Ensilageplast	303
Utsäde	17
Transporter	204
Summa indirekt energi	2 619

För det svenska lantbruket har den indirekta energin stor betydelse. Mineralgödseln svarar för en mycket stor indirekt energianvändning. Den har dock har minskat på senare år genom att tillverkningsprocesserna utvecklats. Utöver tillverkning av insatsvarorna ovan kräver också tillverkningen av maskiner och byggnader kräver energi, som för lantbrukaren blir indirekt energi.

Den indirekta energin är av samma storleksordning som den direkta energin i lantbruket, vilken brukar beräknas till 3 600 GWh/år.

Man kan se det som att indirekt energi är viktigare i det nationella och globala perspektivet, medan direkt energi blir viktigast i ett gårdsperspektiv. Då bör man också ha i åtanke att det även för den direkta energin används energi i framställning och distribution innan energislaget används på gården. Det energiinehåll som gården kan tillgodogöra sig, t.ex. effektivt värmevärde i dieselolja, måste man därför räkna upp med en viss faktor om man vill se energianvändningen i ett större sammanhang.

Energieffektivisering handlar om att använda mindre direkt energi per producerad enhet och mindre mängd insatser som importeras till gården. I stora drag handlar det om:

- val av bättre eller energisnålare teknik
- goda rutiner
- att korta transportvägarna, bättre planering
- att minska förlusterna, eller med andra ord, förbättra verkningsgraden
- att utnyttja spillvärme
- att inte använda energi när det inte behövs
- att växla från fossil energi till el förnybar energi, även från el till biobränsle

2.1 Projektets syfte

Syftet med detta projekt är att försöka belysa vilken teknik som är bra eller bäst med avseende på låg energianvändning i djurproduktion. Utifrån energikartläggningar bedöms hur långt man kan komma i energieffektivisering, hur låga nyckeltal som kan nås. Rapporten ger exempel på teknik som kan ge en energieffektivare produktion och på den potential som tekniken har. Därmed är det inte sagt att potentialen finns på alla gårdar, kanske bara på sikt.

2.2 Avgränsningar

Detta projekt har av resursskäl begränsats till teknik och utrustningar som kan minska den direkta energianvändningen, effektivisering av indirekt energi behandlas inte. Projektet tar upp de viktigaste grenarna inom djurproduktion. Motsvarande för växtodling och fältarbeten får hänvisas till andra sammanställningar.

2.3 Bakgrund

Genom de senaste årens energikartläggningar på lantbruk har vi fått en hel del kunskap om nuvarande energianvändning, liksom möjligheter att effektivisera. En erfarenhet från kartläggningarna är att nyckeltalet varierar stort från gård till gård. Det är ett tecken på att många gårdar med höga nyckeltal har potential för energieffektivisering genom bättre rutiner och/eller bättre teknik. Detta observeras också vid kartläggningarna, vars viktigaste del inte är analysen och beräkning av nyckeltal utan en åtgärdsplan för effektivare energianvändning. Analysen är då en tillgång, men ännu viktigare är energirådgivarens kunskap och erfarenhet för att i en dialog motivera till åtgärder.

2.4 Genomförande

Med utgångspunkt i kartlagda gårdar görs beräkningar och bedömningar av hur lågt man kan komma i värde på en produktionsgrens nyckeltal. Några gårdar har visat upp låga nyckeltal och då är det intressant att se vilken teknik som används. Ofta har det vid kartläggningarna identifierats ytterligare åtgärder som spar energi och då görs en bedömning av hur mycket man kan effektivisera ytterligare. I några fall har det även gjorts delmätningar och speciella studier.

Det vore naturligtvis önskvärt att genomföra verkliga mätningar i de energieffektivaste anläggningarna, men det kräver i så fall stora resurser. Det har inte varit möjligt i detta projekt. Mätningarna bör göras under minst ett helt år för att fånga in säsongsvariationen. En kortare tids mätning är inte möjlig att räkna om till helår. I bild 1 visas exempel på hur energianvändningen kan variera från månad till månad i mjölkproduktion.

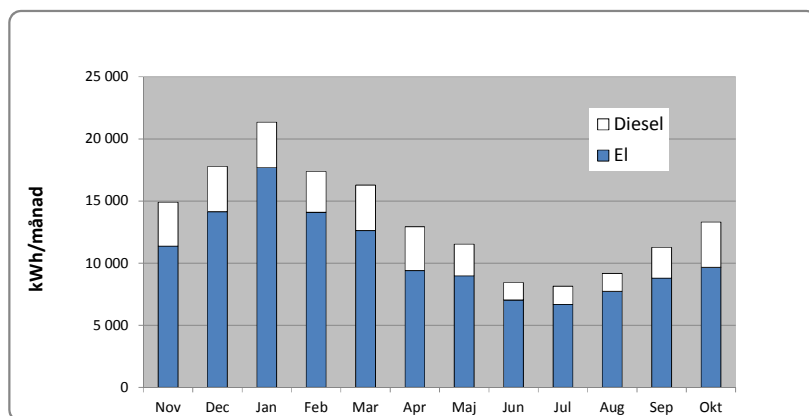


Bild 1. Användningen av energi månad för månad varierar. Data har här hämtats från mjölkproduktion i gårdsexempel A, perioden november 2009 - oktober 2010.

Användningen av energi i mjölkproduktionen varierar från dag till dag. Orsakerna kan vara att alla arbeten inte görs varje dag, t.ex. tankdisk, och att rutinerna kan variera. Dessutom kan särskilda insatser såsom tvättning och klövverkning ge toppar enskilda dagar. Exemplet är hämtat från samma gård som i föregående bild. Datainsamling har gjorts genom tester med EnergyWatch Pro från Vattenfall under 2013 (Neuman 2013).

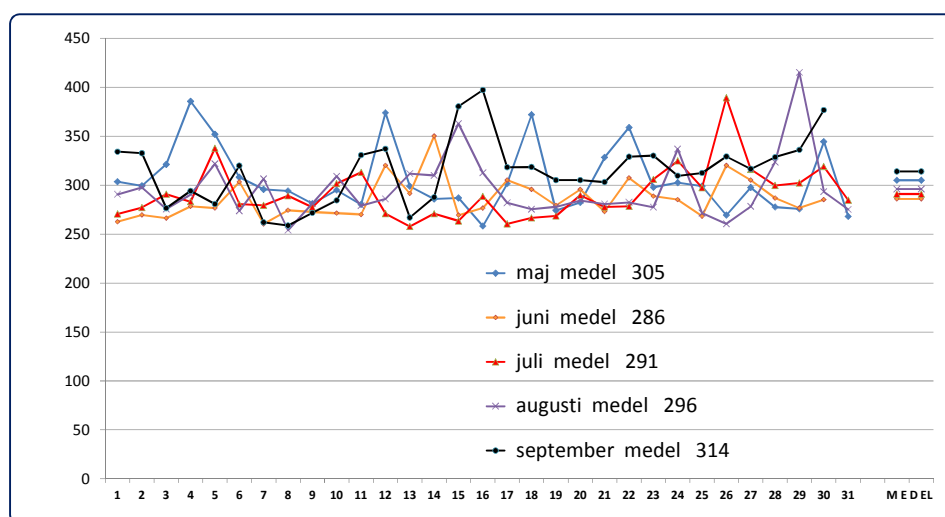


Bild 2. Användningen av energi i mjölkproduktionen varierar från dag till dag. Orsakerna till variationen har inte analyserats, men det är naturligt med viss variation. Exemplet är hämtat från samma gård som i föregående bild.

3. Nyckeltal som mått på energieffektivitet

Energieffektiviteten i en produktionsgren kan bäst beskrivas med nyckeltal, som anger energianvändning i förhållande till den mängd som produceras. Detta medför att såväl energibesparing som avkastningsökning påverkar nyckeltalen i positiv riktning. Under några år har det inom rådgivningen utvecklats en metodik och datorverktyg för att beräkna sådana nyckeltal. Varje nyckeltal kräver en definition med systemgränser. Detta är mycket betydelsefullt och kunskapen om nyckeltal och deras tillämpning är en absolut förutsättning för jämförelser.

I en djurproduktionsgren börjar energianvändningen kartläggas då foder tas in från lagret, bearbetas och utfodras. Beräkningen avslutas med att gödsel transporterats till lagerbehållare och produkten klar för leverans, t.ex. att mjölken är kyld i tanken. Odling av foder räknas inte in och inte heller torkning eller annan konservering av spannmål, vilket i detta sammanhang betraktas som separat produktionsgren. Inläggning av vallfoder i silon och inläggning av spannmål på torken räknas till växtodling. Omrörning och utkörning av gödsel räknas också till växtodling.

Nyckeltal för energieffektivitet i djurproduktionen:

kWh per kg mjölk	kWh per lamm
kWh per diko + kalv	kWh per kg ägg
kWh per kg nötkött	kWh per slaktkyckling
kWh per producerad smågris	kWh per producerat slaktsvin

Inom växtodling används nyckeltalet liter dieselolja per hektar, som tyvärr är ett ganska grovt mått. Det vore önskvärt att som nyckeltal kunna ange t.ex. energi per kg, per dt eller per ton av det som produceras i växtodlingen, men då måste först tekniken för datainsamling utvecklas. I nyckeltalet l/ha innefattas inte bara fältarbeten utan även transporter till och från fält. Vid användning av andra drivmedel än dieselolja görs en omräkning till dieselolja, baserad på drivmedlens effektiva värmevärde.

I växtodling är det vanligt att maskinarbeten utförs både med gårdens egna maskiner och med maskiner som lejs in för olika arbeten. Med de inledda maskinerna tillförs också drivmedel. För att det ska vara meningsfullt att göra jämförelser och för att samla in kunskap om energieffektivitet i växtodlingen, så är det nödvändigt att i nyckeltalet ta med förbrukning både i egna och inledda maskiner.

Eftersom inläggning i lager vid skörd liksom lastning av gödsel räknas till produktionsgren växtodling, blir det även ett visst inslag av elenergi. Därför kompletteras det drivmedelsrelaterade nyckeltalet l/ha med ett nyckeltal kW/ha, som då innefattar både el- och dieselanvändning.

Inom spannmålstorkning används nyckeltalet energi per kg vatten, som torkas bort, kompletterat med transportörers energianvändning vid torkning.

Olika produktionssystem ger olika förutsättningar för hur mycket man kan effektivisera energianvändningen inom det befintliga systemet eller de befintliga byggnaderna. Detta är en mycket viktig erfarenhet från de senaste åren med rådgivning i energieffektivisering. Uppgifter om gårdars nyckeltal, som samlas i en databas, bör därför åtföljas av relevanta uppgifter om produktionssystem. Besättningsstorlek eller annat mått på produktionens omfattning är också viktig information. Det kan dessutom finnas annan viktig information. En sådan är om gården bereder sitt eget foder eller köper färdigt foder. Sönderdelning av spannmål med kvarn eller kross kan nämligen ha stor inverkan på nyckeltalet. Om en producent går över från att mala eget foder till att köpa in färdigt foder flyttar därmed en viss energianvändning från det egna företaget till foderföretagets. Det har alltså betydelse för energianvändningen på gårdsnivå men inte alls på nationell eller global nivå.

Hittills har vi använt ett förhållandevis enkelt slag av nyckeltal, som sammanfattar all använd energi, oavsett energislag. Intresset kan behöva riktas även mot hur den använda energin fördelar sig på energislag som har olika klimatpåverkan och olika energikvalitet. Det gäller särskilt när energi används för uppvärmning. Elenergi till uppvärmning innebär att man använder för hög energikvalitet för det ändamålet. Elenergi bör i första hand användas till belysning och drift av elmotorer.

Ett citat från energiexperten Bengt-Erik Löfgren: *"El ska inte användas till uppvärmning, inte högvärdig energi till lågvärdig användning."*

Istället bör biobränsle användas för uppvärmning, eftersom det inte finns konkurrerande användning och biobränslen är mer eller mindre koldioxidneutrala. Fossila bränslen ska undvikas, eftersom de medför stora koldioxidutsläpp. Om uppvärmningen baseras på biobränsle istället för el, betyder det en ökning av nyckeltalet. Ökningen blir särskilt stor när man går från värmepump till biobränslepanna. Detta utvecklas vidare under rubrik ”Uppvärmning och val av energikälla” och åskådliggörs med ett praktikfall i Gårdsexempel G.

Slutsatsen blir att man inte bara ska sträva mot ett lågt nyckeltal för energieffektivitet, oavsett energislag och vad energin används till. Uppgifter om nyckeltal kan i vissa fall behöva kompletteras med en fördelning på energislag.

3.1 Presentation av nyckeltal

I rapporten behandlas några djurproduktionsgrenar, var och en med inledning, beskrivning av teknik som gör produktionen energieffektivare samt gårdsexempel. Det görs en uppskattning utifrån gårdsexemplen av hur låga nyckeltal det är möjligt att nå med förändringar av tekniken. Beräkningarna visar på en potential, som dock inte är möjlig att nå direkt på alla gårdar, kanske endast på längre sikt.

4. Vad är bra teknik?

Energieffektivitet och kostnaderna för energin är frågor som aktualiserats på senare år i och med att priset på energi har ökat och beskattningen av energi har förändrats. Tidigare har inte energianvändning och energikostnader varit viktiga parametrar i planering och utformning av produktionssystem såsom mjölkklagårdar eller svinstallar. Det märks vid energikartläggningar att energianvändning och energikostnader inte beaktats förrän på senare år. Många lantbrukare är därför lite låsta i system som inte kan energieffektiviseras förrän det blir dags för ombyggnad eller nybyggnad i framtiden.

Valet av teknik på ett lantbruk sker naturligtvis med många fler kriterier än energianvändningen. Det grundläggande och gemensamma målet är att skapa lönsamhet i produktionen. Valet av teknik måste baseras på flera kriterier som djurhälsa, djurmiljö, arbetsmiljö, miljökrav, myndighetskrav, arbetsbehov, driftssäkerhet, driftskostnader etc. Energieffektivitet är alltså bara ett av flera kriterier, men med högre energikostnader ökar betydelsen.

I lantbruket har vi alltmer tagit mekanisering till hjälp för att öka produktiviteten och minska det manuella arbetet. Det har varit möjligt tack vare tillgången på energi från el och dieselolja. Kostnaderna för energi och maskiner i förhållande till arbetskostnader har varit och är en viktig drivkraft för mekaniseringen. Mekaniseringen har i stor utsträckning varit nödvändig och därför kan vi inte säga att exempelvis helt manuell uttagning av ensilage och helt manuell utfodring är ”bästa teknik”, trots att ingen energi från el eller drivmedel används. Rapportens exempel på teknik tar sådana hänsyn.

”Bästa tillgängliga teknik” är ett begrepp som används i miljösammanhang och som då avser den från miljöpåverkanssynpunkt bästa tekniken. Ibland används motsvarande engelska term, Best Available Technique, förkortat BAT. Begreppet omfattar inte bara de senaste tekniska framstegen. Det tar även ekonomiska hänsyn på så vis att införandet av tekniken inte ska medföra orimliga kostnader. I fallen med projektets exempelgårdar står det i flera fall klart att det inte är ekonomiskt eller praktiskt möjligt att byta till energieffektivaste teknik. Orsaken kan till exempel vara att befintlig utrustning är relativt ny och ännu inte avskriven eller att ingreppen blir för stora. Utifrån projektets syfte är det ändå intressant att beräkna nyckeltal efter att sådana byten gjorts för att se vilken potential som finns. Här föreslagna förändringar i teknik ska alltså inte ses som rekommenderade åtgärder till gården ifråga. De möjliga låga nyckeltalen kan vara mer eller mindre hypotetiska för gården ifråga. Den nyare tekniken, såsom i belysning och ventilation, kan behöva provas mer i lantbruket.

5. Effektiviseringsåtgärder sätts in på olika nivåer

Åtgärder i energieffektivisering är av olika slag. Några kan göras omedelbart, medan andra, mer genomgripande, får ske på sikt. En lämplig indelning är följande:

Första nivåns åtgärder - nya vanor, bättre rutiner

Här handlar det inte om att investera utan om att planera och att ändra rutiner och beteende. Det finns möjligheter att spara energi med enkla medel och utan kostnader. Det är sådana saker som att underhålla, rengöra, göra inställningar, kalibrera, släcka lampor som inte behövs, stänga av motorer som inte måste vara igång, underhålla utrustningen, planera bättre och spåra läckor.

Andra nivåns åtgärder - ny teknik

Här handlar det om viss investering för att skaffa ny utrustning eller byte till energibesparande maskiner eller utrustningar. Det kan ta lite tid, kräver lite planering och i regel bör man göra kalkyler på lönsamheten, inte minst för att prioritera mellan åtgärder. Exempel på det är att byta ljuskällor, sätta in ljusstyrning, installera värmeåtervinning, skaffa förkylare till mjölken, byta till bränslesnålare traktor, isolera vattenrör och varmluftskanaler m.m.

Motiven för åtgärder kan skifta. Ett motiv kan vara ett genuint intresse att minska energianvändningen och man kanske bortser från lönsamhetsaspekten. Ett annat motiv kan vara att åtgärden sänker energianvändningen så mycket att det väger upp kostnaden och därmed förbättrar lönsamheten. Att en åtgärd inte genomförs för att den inte är lönsam, är något som bör respekteras.

Tredje nivåns åtgärder - stora investeringar

Byte av strategier eller system tar längre tid och medför större kostnader. Det är viktigt att räkna på åtgärden och då finns det ofta många fler parametrar att ta hänsyn till än bara energianvändningen. Åtgärder i byggnader kanske inte blir aktuella förrän vid om- eller nybyggnad. Tänkbara exempel på systembyte är att bygga om från fläktventilation till naturlig ventilation, konvertera uppvärmningen till biobränsle, byta bearbetningsstrategi i växtodlingen m.m.

Rapporten är främst inriktad på andra nivåns åtgärder

Denna rapport är inriktad på tekniken eller valet av teknik, alltså åtgärder på nivå 2 och delvis nivå 3. Åtgärder på nivå 1 behandlas inte, utan det får förutsättas att man har bra rutiner, att första nivåns åtgärder är genomförda. För att teknikens potential ska kunna utnyttjas krävs inställning, injustering, rengöring, underhåll, rätt handhavande o.s.v. För mera information om åtgärder på nivå 1 hänvisas till lämpliga delar av handbok i energieffektivisering (Neuman, m.fl., 2013)

6. Teknik som påverkar energianvändningen

I det följande tas först upp teknik som kan röra flera produktionsgrenar:

- Belysning
- Ventilation
- Elmotorers verkningsgrad
- Eldrift istället för traktordrift.
- Uppvärmning och val av energikälla

Därefter behandlas produktionsgrenarna mjölk, nötkött, smågris, slaktsvin, ägg och slaktkyckling och med de aspekter på energieffektiv teknik som är aktuella för varje gren.

6.1. Belysning

Viktiga vägar för att minska energi till belysning är:

- att utnyttja dagsljus
- att installera bättre styrning utifrån belysningsstyrka, tid eller närvaro
- att byta ljuskällor

Dagsljus kan användas i viss utsträckning beroende på djurslag och hur djuren reagerar på ljus. Störst möjligheter finns i nötkreatursstallar. När dagsljus utnyttjas är det ofta viktigt att installera styrning som håller önskad belysningsstyrka. Den mäts i lux (lx), vilket är detsamma som lm/m^2 , alltså ljusflöde i lumen i på en angiven yta. Med sådan styrning kan belysningen tändas och släckas helt eller i flera steg eller regleras med en så kallad dimmer. Att styra med tändning och släckning på vissa klockslag är en annan möjlighet. I utrymmen som förbindelsegångar, foderrum och maskinrum kan man använda närvarostyrning. Den kan gärna kombineras med att man har ständigt ledljus med små LED-lampor i sådana utrymmen. LED är en förkortning av Light Emitting Diode, d.v.s. lysdiod.

För djurslag som värphöns och slaktkyckling används mycket energi till belysning och ventilation. Om man kan minska tillförsel av energi genom belysningen, så bör det vara positivt även för ventilationen, åtminstone sommartid. Belysningen bidrar ju till värmebelastningen i stallen. Det kan finnas anledning att närmare studera hur belysningen påverkar ventilationsbehovet liksom hur den påverkar uppvärmningsbehovet. I fråga om belysningens bidrag till uppvärmning kan man nog likställa det med direktverkande elvärme och då finns det bättre alternativ.

I jämförelse mellan ljuskällor och olika teknik tittar man gärna på ljusutbytet som mått på energieffektiviteten. Ljusutbytet anges i lm/W . I energihänseende är det viktigt att effekten i W är den elektriska effekt som tillförs armaturen. I stora drag kan man då ange energieffektiviteten för olika ljuskällor med talen i tabell 2 nedan. Beroende på armaturens utformning kan dock ljusflödet reduceras en del och därmed ljusutbytet från armaturen.

Tabell 2. Ljusutbyte (lumen per Watt, lm/W) för olika lampor medberäknat förluster i driftdon. W avser här effektuttaget från elnätet. Källa: Hårsmar, 2013.

Lamptyp	Ljusutbyte
glödlampor	10 - 15 lm/W
kvicksilverlampor	20 - 50 lm/W
metallhalogenlampor	50 - 65 lm/W
högtrycksnatriumlampor	50 - 100 lm/W
lysrörslampor	50 - 80 lm/W
T8-lysrör	60 - 80 lm/W
T5-lysrör	80 - 95 lm/W
LED-lampor, LED-lysrör	80 -110 lm/W

Traditionellt används i djurstallarna mest lysrör som har glimtändare och ett driftdon med en spole. I spolen bildas värme som alltså är en ren förlust, dock betydligt mindre än i vanliga glödlampor. Detta innebär att ett lysrör av typ T8 som är märkt 36 W i själva verket drar ca 45 W elektrisk effekt. Ett T8-lysrör märkt 58 W drar ca 70 W. Förlusterna är ca 15 - 20 procent. En nyare teknik är armaturer med elektroniska HF-don, som arbetar med högre frekvens i urladdningarna än elnätets frekvens, vilket också ger mindre förluster.

Ljusutbytet för lysrör påverkas av rumstemperaturen och detta bör man ta hänsyn till. Man får välja lysrör som har utbytesmaximum kring aktuell stalltemperatur, annars kanske ett byte inte innebär någon energibesparing.

Lysrörsteknik med urladdningsrör får konkurrens av den ännu energieffektivare LED-tekniken. Denna har utvecklats mycket snabbt och det är sannolikt att den kommer att ersätta både lysrör och det vi nu kallar lågenergilampor, lysrörslampor. Det är dock mycket stor spridning i LED-lampornas energieffektivitet. Det visar data (bild 3) från det amerikanska energidepartementets undersökningar i detaljhandelns LED-sortiment.

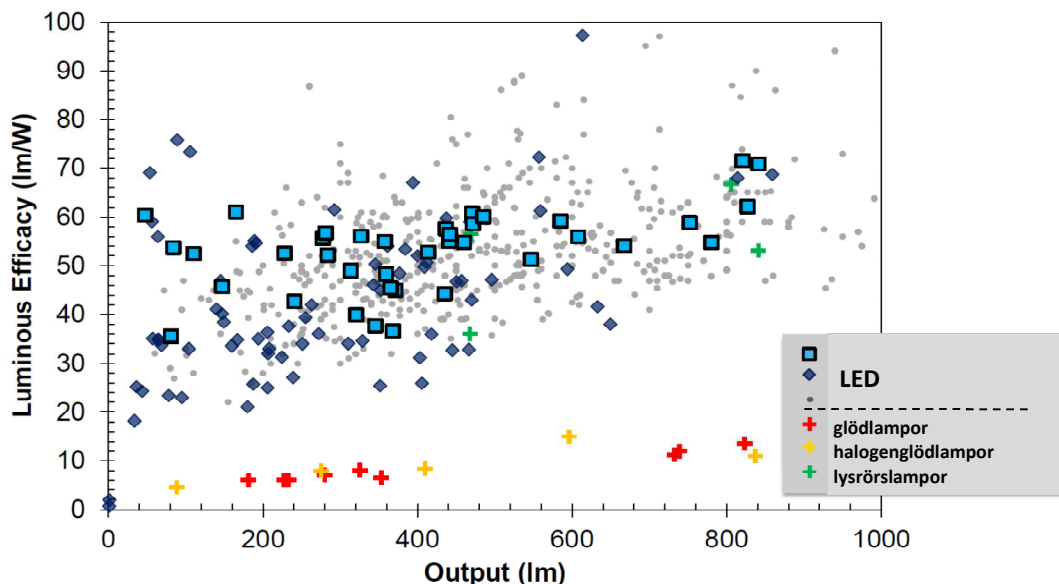


Bild 3. Diagrammet visar på spridning i LED-lampors energieffektivitet, mätt i lm/W. I USA har man samlat in lampor av detaljhandelns alla märken. Notera effektiviteten hos glödlampor och lysrörslampor som markeras med +. (Källa: Royer, M. 2012)

Det är alltså viktigt att ta reda på lampans ljusflöde i lumen och effekten i W, innan man kan avgöra hur mycket energi en viss lampa kan spara in.

Att LED-teknikens effektivitet utvecklas snabbt visar ett annat diagram (bild 4) från den amerikanska undersökningen (Royer, 2012). Handelns effektivaste LED-lampa år 2007 gav 55 lm/W men 2011 var den effektivaste uppe i 100 lm/W. Trenden har fortsatt och under 2013 finns det i svenska handeln så kallade LED-lysror, där ett ljusutbyte på 115 lm/W finns angivet.

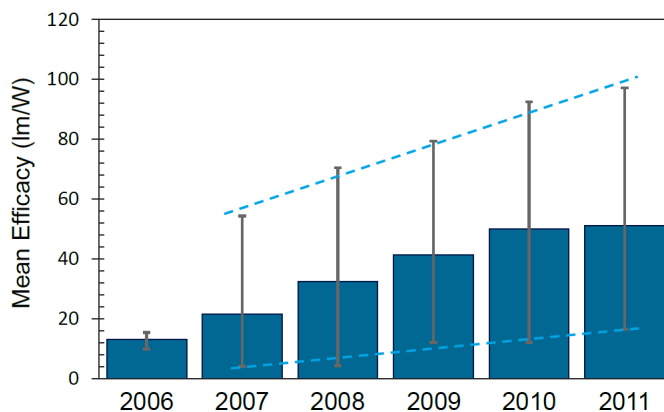
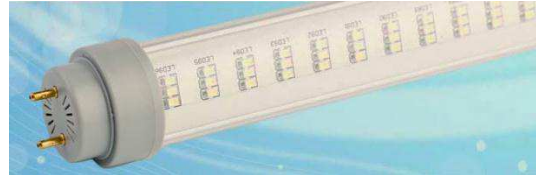


Bild 4 visar hur LED-lampors energieffektivitet i lm/W har utvecklats till och med 2011. Man har samlat in lampor av detaljhandelns alla märken. Höjden på stapeln visar medeltal. Den övre streckade linjen visar trenden för de effektivaste lamporna. (Källa: Royer, M. 2012)

LED-lysrör säljs med särskilda armaturer och det finns även rör som är avsedda att ersätta T8-rör i befintlig armatur, ibland kallat retro-fit. LED-lysröret är ett rör med ett antal lysdioder monterade på rad och ofta med ett klart eller frostigt plasthölje. Vid retro-fit ersätter man glimtändaren med en säkring. Det gamla driftsdonet används inte.

Bild 5. LED-lysrör har en platta med ett antal lysdioder. LED-rören finns med färdiga armaturer, men det finns också modeller för att ersätta T8-lysrör i befintliga armaturer.



Att sätta LED-lysrör i befintlig lysrörsarmatur kan eventuellt strida mot reglerna för CE-märkning, vilket alltså bör undersökas före ett utbyte.

LED-rören ger inte bara ett bättre ljusutbyte, högre lm/W, än T8- och T5-rör. Lysdioderna är monterade så att ljuset riktas neråt. Det är normalt att de ger en ljusspridning i 120 graders vinkel eller något mer. Därmed utnyttjas det alstrade ljuset och den tillförda energin bättre. Urladdningslysrören sprider däremot ljuset runtom, i 360 graders vinkel, och då utnyttjas inte allt ljus på de ytor man vill ska belysas. I bästa fall har armaturen en reflektor som riktar ljuset, men om denna inte hålls ren, så utnyttjas ändå ljuset dåligt. Om man har en dålig armatur så kommer förbättringen att bli än större genom utbytet. Dessa förhållanden gör att skillnaden på den belysta ytan mellan LED-rör och urladdningsrör är större än vad som anges av ljusutbytet lm/W för ljuskällan som sådan.

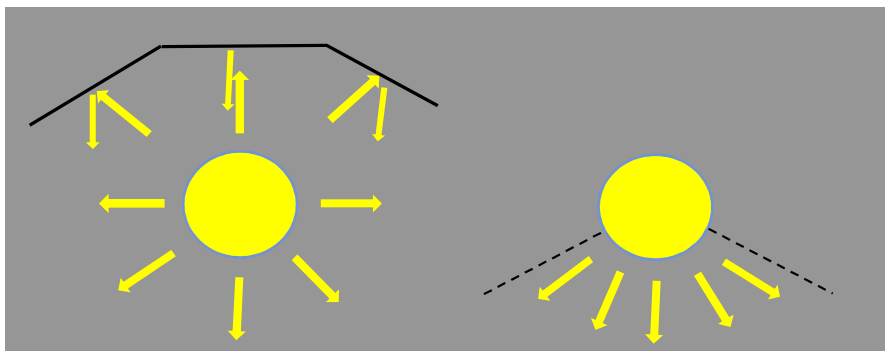


Bild 6. Urladdningslysröret till vänster sprider ljusflödet runtom. Med en bra och ren reflektor kan det mesta ljuset ändå utnyttjas. Utan reflektor blir utnyttjandet sämre. LED-röret till höger samlar ljusflödet i en vinkel neråt och ljusflödet utnyttjas bättre. Många fabrikat har en spridningsvinkel på 120 - 140 grader.

Variationen i energieffektivitet hos LED (bild 3) säger oss hur viktigt det är att kolla prestanda i produktblad och på förpackningar. Skillnaden i både ljusutbyte och spridningsvinkel gör att bra LED-rör bör kunna spara så mycket som 40-55 procent jämfört med lysrör typ T8. Om det är T5-lysrör som ersätts, blir besparingen 20 - 40 procent. Eftersom utvecklingstrenden ser ut att fortsätta, kan framtida byten ge ännu större besparingar.

En faktor att ta hänsyn till är hur stort ljusflödet är från varje armatur. En armatur med två 120 cm T8-lysrör, som är märkta 36 W, bedöms ge ett ljusflöde på 4600 - 6000 lm. Effektbehovet är ca 90 W. Om man sätter två 120 cm LED-rör i samma armatur bör man få ett ljusflöde på ca 4000 lm vid effektbehov av ca 40 W. Eftersom ljusflödet vid ett byte blir lägre från varje armatur, så måste man alltså ha fler armaturer vid bibehållen belysningsstyrka i lux (lm/m²).

Tabell 3. Exempel på beräkning av erforderligt antal 2-rörs armaturer, när 120 cm T8-lysrör jämförs med 120 cm LED-rör.

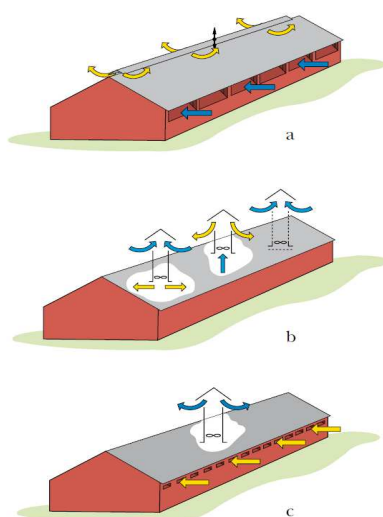
Ljuskälla	T8	LED
Effektbehov, el	90 W/armatur	40 W/armatur
Ljusflöde från rör	3350 lm/rör	2 000 lm/rör
Ljusflöde från armatur	5 300 lm	4 000 lm
Ljusutbyte armatur	59 lm/W	100 lm/W
Belysningsstyrka, behov	100 lx	100 lx
Antal armaturer per 1000 m ²	19 st	25 st

Kvicksilverlampan är mycket vanlig som ytterbelysning, men den är inte så energieffektiv. Dessutom är kvicksilvret ett problem och kvicksilverlampan kommer att försvinna (2015) från tillverkning och handel liksom glödlampan. Byte till en gårdsarmatur med LED har potential att halvera ytterlampans elförbrukning.

6.2. Ventilation

Ventilationssystemets uppgifter är att föra bort fukt och gaser från stallet och bidra till den termiska komforten genom att ventilationsflödet kan styras. Det tryck som driver ventilationsflödet kan antingen skapas av eldrivna fläktar eller bygga på naturlig ventilation genom självdragseffekt och vindpåverkan. Den naturliga ventilationen använder ingen eller mycket lite elenergi och skulle från den synpunkten alltid vara att föredra. Men för flera djurslag klarar inte naturlig ventilation att utföra ventilationssystemets uppgifter med de krav på termisk komfort som djuren ställer. Flödet är svårare att styra och vädret kan medföra antingen för högt eller för lågt drivtryck. När det är stor skillnad i flöde mellan minimi- och maximiventilation, som fallet är i slaktsvins- och i kycklingsstallar, så krävs det fläktar.

Neutraltrycksventilation använder mer energi än undertrycksventilation, eftersom fler fläktar används. Därför är undertrycksventilation att föredra från energisynpunkt, men i breda stallar kan luftfördelningen bli sämre, varför man då väljer neutraltrycksventilation istället.



a. Naturlig ventilation

Ventilationen drivs av vinddrag eller skorstenseffekten.

b. Neutraltrycksventilation

Fläktar används för både tilluft och frånluft.

c. Undertrycksventilation

Frånluftsfläktar skapar ett undertryck så att luft förs in via luftintagen.

Bild 7. Tre system för ventilation.

Ventilationssystemets energieffektivitet kan mätas i hur mycket luft som transporteras per enhet tillförd elenergi. Ett sådant mått är 1000 m^3 per kWh. Uttryckt i effekttermer blir det $1000 \text{ m}^3/\text{tim}$ per kW och med samma siffervärde. Ju högre den siffran är, desto bättre är systemet från energisynpunkt.

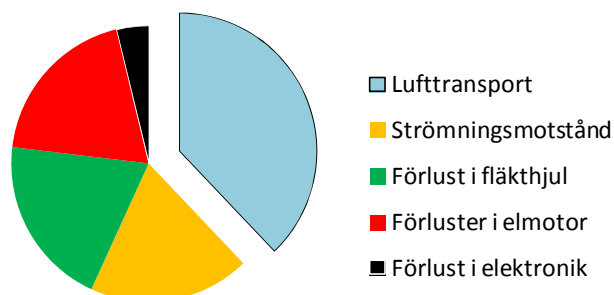


Bild 8. Exempel på fördelningen av den elektriska energi som tillförs i en ventilationsanläggning. Lufttransport är det nyttiga arbete som fläktarna utför. De övriga delarna utgörs av olika förluster, som i detta fall är mer än hälften av den tillförda energin. (Källa: Ehrlemark 2013.)

Som i all annan energieffektivisering handlar det om att förbättra verkningsgraden, att minska förlusterna. Att minska strömningsförlusterna handlar bland annat om att utforma kanalerna med inlopp och utlopp rätt och med en dimension så att luftens hastighet inte blir för hög. Av den elektriska energin som tillförs fläktmotorn vill man ha ut så mycket som möjligt till lufttransport. En viss effekt bör ge så högt flöde som möjligt vid ett visst mottryck. Strävan hos tillverkarna är att öka verkningsgraden i fläktmotorn och att öka verkningsgraden i fläkthjulet.

Enligt Ehrlemark (2013) är följande verkningsgrader typiska för bra axialfläktar och motorer i stallventilation:

Fläkthjul i bästa arbetsområde	50 - 75 procent
Enfas asynkronmotor	60 - 70 procent
Trefas asynkronmotor	65 - 75 procent

Det betyder att normala lantbruksfläktar har en sammantagen fläktverkningsgrad som spänner från 30 procent ($0,50 \times 0,60 = 0,30$) till 56 procent ($0,75 \times 0,75 = 0,56$). Detta gäller vid fullfartsdrift utan strypspjäll eller hastighetsreglering. Skillnaden i verkningsgrad innebär att de effektivaste fläktarna transporterar nästan dubbelt så mycket luft per kWh som de minst effektiva! Äldre fläktar kan ha ännu sämre verkningsgrad. Små fläktar har sämre verkningsgrad än större. Högvarviga fläktar har sämre verkningsgrad än de med läge varvtal. Valet av fläkt betyder alltså mycket.

Sättet att styra varvtalet i fläktar betyder också en del. När varvtalet regleras ned, har triac-styrda (spänningsreglerade) fläktar större energiförluster än frekvensreglerade.

Önskvärt är naturligtvis att utveckla fläkthjul och fläktmotorer så att verkningsgraderna förbättras. En nyare typ av motorer har permanentmagneter i rotn och en elektronik som skapar ett roterande magnetfält med reglerbart varvtal. Dessa motorer har visat sig effektivare än asynkronmotorerna, men de är dyrare att tillverka. De måste alltid ha en elektronisk styrning, oavsett om de varvtalsregleras eller inte. PM-motorer (permanentmagnetmotorer) är en benämning, en annan är EC-motorer (Electronically Commutated, d.v.s. borstlösa).

Danska Teknologisk Institut m.fl. visar i en rapport (Svendsen m.fl.) jämförelser mellan asynkronmotorer och EC-motorer till fläktar i djurstallar. Asynkronmotorernas bästa verkningsgrader låg mellan 55 och 62 procent, medan EC-motorerna låg på en verkningsgrad mellan 80 och 90 procent. Vid sjunkande belastning sjönk asynkronmotorernas verkningsgrad ner mot 30 - 40 procent medan verkningsgraden för PM-motorerna var i stort sett oförändrad. Asynkronmotorernas sämre verkningsgrad hänger delvis samman med induktionen av magnetfält i rotn, vilket ger värmeförluster.

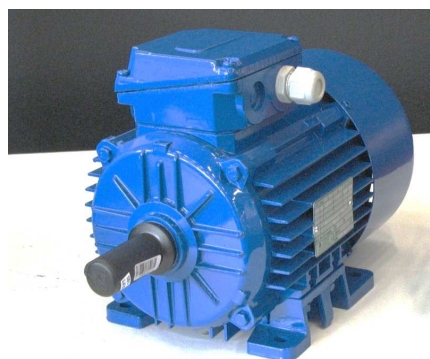
Om en asynkronmotor med 50 procent verkningsgrad byts mot en EC-motor med 85 procent verkningsgrad så gör man en besparing på 40 procent av energin till fläkten. I det danska projektet kunde man vidare designa ett fläkthjul som var effektivare än de tidigare och det medför ytterligare besparing. Hur mycket energi man kan spara i en viss anläggning genom att byta till PM-motorer beror sedan på utgångsläget, hur effektiva de befintliga fläktarna är, hur de är styrda och hur många av fläktarna som är varvtalsreglerade. Det är sannolikt att man med den nyare tekniken kan modernisera många äldre ventilationssystem så att energianvändningen reduceras med 50 procent, medan det i andra system inte går att effektivisera fullt så mycket.

Förutom förlusterna i själva ventilationssystemet så kan ventilationen förorsaka onödiga värmeförluster genom dålig styrning. Det är när man blåser ut för mycket varm luft och håller onödigt låg luftfuktighet. Det gäller särskilt i stallar med hög luftomsättning. En tumregel för t.ex. slaktsvinsstallet är att summan av temperatur i °C och relativa luftfuktigheten i procent ska vara 90. Vid 20 °C bör rel. luftfuktigheten alltså inte överstiga 70 procent.

När tilläggsvärme används i stallet är det alltså viktigt att den samregleras med ventilationen, så att värmen bara är på när ventilationen går på minimikapacitet. Annars leder ett för stort ventilationsflöde till onödig värmeförlust. Om det till exempel är +15 °C inne och -15 °C ute, så medför 1000 m³/tim onödig ventilation att man måste tillföra 10 kW extra värme för att hålla samma stalltemperatur. Det gör alltså 240 kWh på ett dygn. Riktvärde: Det åtgår 0,33 kWh för att höja temperaturen 1 grad i 1000 m³ luft. Om man har en fuktsensor kan värmen istället sättas på när det blir för fuktigt i stallet.

Bild 9.

Elmotorers elektriska effektuttag är större än den märkeffekt, axeleffekten, som står på märkplåten.



6.3. Elmotorers verkningsgrad

Elmotorers effektangivelser på märkplåtar och i broschyrer är axeleffekt. Märkeffekten är den nyttiga effekt som direkt kan omvandlas till arbete, när motorn matas med märkström och märkspänning. Ett kriterium är att denna effekt ska kunna avges på axeln under en viss tid utan att motorn överhettas. Den elektriska effekten, som tillförs motorn, är högre än axeleffekten på grund av förluster i motorn. Förlusterna består mest av värme som bildas genom resistans i motorlindningarna, men de påverkas av andra faktorer som induktion, kylfläkt m.m.

$$\text{Verkningsgrad (procent)} = 100 * \frac{\text{Avgiven effekt på motoraxeln (kW)}}{\text{Tillförd elektrisk effekt (kW)}} = 100 * \frac{\text{Avgiven energi på axeln (kWh)}}{\text{Tillförd elektrisk energi (kWh)}}$$

I jämförelse med förbränningsmotorer har elmotorer höga verkningsgrader. Ändå måste elmotorernas verkningsgrader bli bättre och EU har direktiv för detta. Under perioden 2011 - 2015 ska de vanliga trefasiga asynkronmotorerna, som säljs eller tas i bruk inom EU, uppfylla minst klass IE 2. Några undantag finns, bland annat för motorer som varvtalsregleras med frekvensomriktare. 2015 ska motorer över 7,5 kW klara IE3 och 2017 även motorer mindre än 7,5 kW. Se tabell 4. Direktiven säger också att verkningsgradsklassen ska anges på motorn. Tidigare har man inte kunnat få uppgifter om verkningsgrad annat än genom tillverkaren och produktblad.

Större motorer har relativt höga verkningsgrader, medan mindre motorer har låga verkningsgrader. Det framgår också av tabell 4.

Tabell 4. Minsta verkningsgrader för 4-poliga motorer (synkront varvtal på 3000 r/m) som säljs eller tas i bruk inom EU.

Märkeffekt	Klass IE1	Klass IE2	Klass IE3
kW	procent	procent	procent
		2011-2015	Från 2017
1,5	77,2	82,8	85,3
2,2	79,7	84,3	86,7
4	83,1	86,6	88,6
5,5	84,7	87,7	89,6
7,5	86,0	88,7	90,4
			Från 2015
11	87,6	89,8	91,4
15	88,7	90,6	92,1
22	89,9	91,6	93,0

Vad innebär en motor med en högre verkningsgrad för energieffektiviseringen? Svaret på den frågan beror på antalet driftstimmar.

Exempel. En kvarn har ett effektbehov på 15 kW och den drivs med en 15 kW elmotor. Kvarnen går fyra tim/dag, alla dagar på året. Om motorn motsvarar minimivärdet i klass IE2 i tabellen så kommer den på ett år att förbruka $100 \cdot 15/88,7 \cdot 4 \cdot 365 = 24\,690$ kWh.

En motor i klass IE3 med verkningsgrad 92,5 procent kommer att förbruka $100 \cdot 15/92,5 \cdot 4 \cdot 365 = 23\,676$ kWh/år. Besparingen i detta fall är ca 1000 kWh/år. Besparingen kanske är så lönsam att den motiverar ett motorbyte, men man vill nog utreda det i en livskostnadskalkyl.

Det står klart att motorer med få driftstimmar inte är lönsamma att byta ut.

Elektroniken ger nya möjligheter att effektivare omvandla elektrisk effekt till nyttigt arbete. Små asynkronmotorer, t.ex. sådana som används i ventilationsfläktar, har oftast verkningsgrader i området 50 - 70 procent. Den nya teknikens EC-motorer (PM-motorer) har mycket bättre verkningsgrad, 80 - 90 procent. Se föregående avsnitt om ventilation.

6.4. Att driva maskiner med traktor eller med elmotor?

Inom djurproduktion används traktor ofta till vissa arbeten såsom:

- intransport av foder
- mixning av foder
- utfodring (främst grovfoder)
- gödselskrapning
- utgödsling ströbädd
- ströning
- spannmålskrossning

Tyvärr är inte dieseltraktorn en bra energiomvandlare och man vinner stort i energieffektivitet i de fall där man kan ersätta dieseldrift med eldrift. Det är dock inte möjligt i alla situationer. I vissa fall kan man ha en utrustning med stationär elmotor som ersättning till traktordrift. Utfodring och utgödsling är sådana exempel. Men i valet mellan drivkällor finns många andra hänsyn än energieffektivitet: rationalitet, byggnaders utformning och belägenhet, tillförlitlighet, ekonomi m.m.

Det finns utsikter att i framtiden kunna använda mindre batteridrivna traktorer för inomgårdsarbeten, där traktorn används kort tid och sedan kan stå på laddning. Studier på detta område har satts igång.

Arbeten med större effektbehov såsom att blanda foder och utfodra med en mixervagn kan knappast energieffektiviseras med en eldriven traktor. En bit på vägen tar dock den lantbrukare som kompletterar sin mixervagn med en elmotor, som då får svara för energin till själva mixningen. Då står ändå vagnen stilla och det är lätt att ansluta till ett eluttag för denna del.

Jämförelse i verkningsgrad, dieseldrift och eldrift

Definitionsmässigt gäller:

$$\text{verkningsgrad} = \frac{\text{nyttig energi (ex. till kraftuttagsarbete)}}{\text{tillförd energi (energi i bränslet)}} = \frac{\text{nyttig effekt}}{\text{tillförd effekt}}$$

Den del av den tillförda energin som inte blir nyttig energi är förluster, i regel värmeförluster:

$$\text{nyttig energi} = \text{tillförd energi} - \text{förluster}$$

Det skiljer mycket i verkningsgrad mellan en elmotor och en dieseltraktor. Verkningsgraden för större elmotorer ska ligga över 90 procent (se föregående avsnitt om elmotorers verkningsgrad).

Dieselmotorns verkningsgrad når inte högre än lite över 40 procent med den bästa tekniken och vid optimal drift. I praktiken kör man sällan optimalt utan varierar varvtal och belastning och då blir den genomsnittliga verkningsgraden lägre. Av all den energi som finns i bränslet, ca 9,8 kWh per liter för dieselolja, förloras en stor del värme i kylsystemet och i rökgaserna samt en del i strålningsvärme. Hjälpapparater som kylfläkt, vattenpump och generator kräver viss effekt och bidrar därmed till att minska effekten ut på motoraxeln.

Det är ännu intressantare att tala om traktorns verkningsgrad än om motorns. Arbetsmaskiner har också förluster i transmissioner och en del effekt går åt till hydraulik, luftkonditionering och belysning. På testcentret hos tyska Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft (DLG) har man utvecklat en metod för att testa traktorer på ett standardiserat sätt, DLG PowerMix. Där testas traktorer i 12 standardiserade arbetscykler som efterliknar lika många typarbeten, från plöjning till pressning. Det skiljer då bland annat i motorbelastning och motorvarvtal och i hur effekten tas ut via kraftuttag, drivhjul och hydraulik.

Den specifika bränsleförbrukningen i g/kWh beräknas i var och en av arbetscyklerna och beräknar sedan medeltalet. Detta ger en mycket bra bild av traktorns verkningsgrad i praktisk och varierad drift. Bild 10 är ett exempel från en av det 30-tal traktorer som hittills testats med denna metod. Traktormo-

torn har en nominell effekt på 129 kW och en maxeffekt på 139 kW enligt standarden ECE R120. På kraftuttaget uppmättes som mest 124 kW.

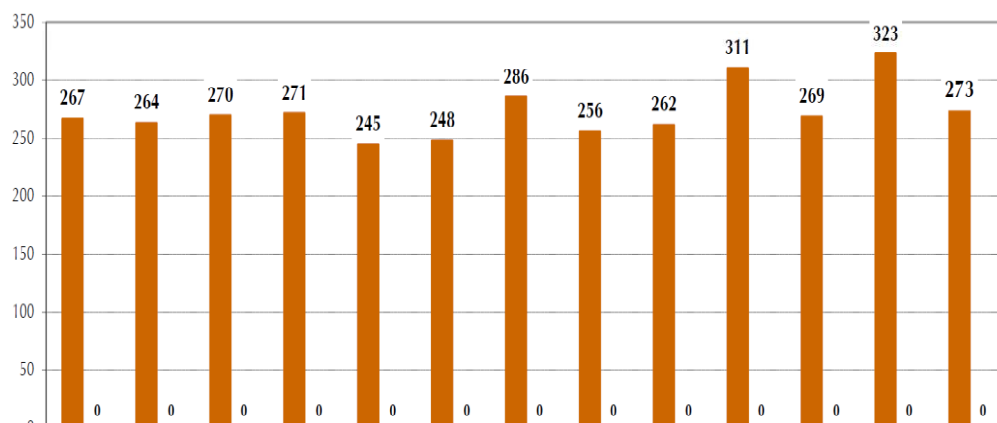


Bild 10. Diagrammet från DLG visar en testad traktors specifika bränsleförbrukning, g/kWh, i de 12 standardiserade arbetscyklerna. Stapeln längst till höger anger medelvärdet, 273 g/kWh. DLG mäter även förbrukningen av AdBlue i traktorer med SCR-teknik. Traktorn i denna test har inte den tekniken för avgasrening och därför visas ett antal nollor i diagrammet.

En låg specifik bränsleförbrukning innebär en hög verkningsgrad. Medeltalet i bild 10 på 273 g/kWh kan räknas om till verkningsgrad, vilket blir 31 procent. I en arbetscykel simulerades körning med press och då uppmättes både dragarbete, kraftuttagsarbete och hydrauliskt arbete. Det är stapeln näst längst till höger med 323 g/kWh. Detta motsvarar en traktorverkningsgrad på 26 procent.

Den bästa traktorn i DLGs testserie fram till februari 2014 nådde 35 procent i genomsnittlig verkningsgrad. Ute i praktiken får man nog räkna med att många traktorer med sämre teknik och bristande underhåll till och med arbetar med verkningsgrader under 20 procent. Föraren kan påverka detta genom ett sparsamt körsätt som främst innebär rätt kombination av växel och varvtal samt planerad körning.

En slutsats av detta är alltså att traktorer med sina verkningsgrader på ca 20 - 30 procent är dåliga energiomvandlare i jämförelse med större elmotorer vars verkningsgrader ligger på över 90 procent.



Bild 11. Omvandlingen till arbete av den energi i dieselbränsle som tillförs dieselmotorn har mycket större förluster än omvandlingen av elenergi till arbete i elmotorn.

6.5 Uppvärmning och val av energikälla

Vid sidan av att effektivisera energianvändningen har vi som mål att ersätta t.ex. fossila bränsleslag med biobränslen. En övergång till biobränslen innebär inte någon energieffektivisering i ordets rätta bemärkelse, eftersom man då går till en sämre verkningsgrad i uppvärmningen. Vid ett visst värmebehov i kWh/år behöver biobränslepannan tillföras mer energi i bränslet än vad oljepannan eller gaspannan behöver. Det visas i tabell 5, när värmebehovet är 100 000 kWh/år.

Tabell 5. Nödvändig tillförsel av energi från olika energislag vid ett värmebehov av 100 000 kWh/år, 100 MWh/år. Skillnaderna beror på olika årsmedelverkningsgrader för olika system.

Energislag, teknik	Verkningsgrad * procent	Tillförsel i bränsle MWh/år	Jämförelse el, direktverkande		Jämförelse el, värmepump	
			MWh/år	procent	MWh/år	procent
El, direktverkande	100	100	----	----	+ 60	+ 150
El, elpanna	95	105	+ 5	+ 5	+ 65	+ 163
El, värmepump	250	40	- 60	- 60	----	----
Eldningsolja	85	118	+ 18	+ 18	+ 78	+ 194
Flis	75	133	+ 33	+ 33	+ 93	+ 233
Spannmål	75	133	+ 33	+ 33	+ 93	+ 233
Pellets	80	125	+ 25	+ 25	+ 85	+ 213
Halm, kont. eldn.	75	133	+ 33	+ 33	+ 93	+ 233
Halm, satsvis eldn.	70	143	+ 43	+ 43	+ 103	+ 257

*) Ungefärligt värde på årsmedelverkningsgrad som kan variera stort på grund av flera faktorer.

Om värmebehovet i ett djurstall är 100 MWh/år, så behöver en oljepanna med 80 procents verkningsgrad (årsmedel) tillföras 118 MWh/år i eldningsolja. Byte till en flispanna med 75 procents årsmedelverkningsgrad ökar energitillförseln till 133 MWh/år, en ökning med 13 procent. Alltså kommer nyckeltalet kWh/enhet att öka, vilket man får acceptera, eftersom det är viktigt att lämna fossilberoendet.

Det som ger lägsta nyckeltal är att värma med värmepump. I teorin skulle man då alltid välja värmepump för all uppvärmning om man bara strävar efter lägsta möjliga nyckeltal. Det viktigaste argumentet mot detta är att man inte bör använda så högvärdig energi som elenergi för uppvärmning, även om värmepumpen ger god utväxling av tillförd energi. Elanvändning är också behäftad med koldioxidutsläpp, dock låga vid så kallad grön el. För lantbrukaren är det ju också viktigt att beakta kostnaderna för värmen.

Se även gårdsexempel G.

7. Teknik och energianvändning i djurproduktionsgrenar

I det följande behandlas teknik som har särskild betydelse för energianvändningen i djurproduktion. För varje djurslag beskrivs teknik och potential att energieffektivisera. Utifrån gårdsexempel, gårdar i praktiken, görs en bedömning av hur energieffektiv produktionsgrenen kan tänkas bli. Det beskrivs med potentiella värden på respektive nyckeltal.

7.1 Mjölproduktion

Kartlagda mjölkgårdar uppvisar stor variation i nyckeltalet kWh/kg mjölk. Inom de fastställda systemgränserna finns en variation från ca 0,100 till över 0,300 kWh/kg mjölk. Variationen är i sig ett tecken på att man kan bli energieffektiv med hjälp av valt system, utrustning samt med skötsel och rutiner.

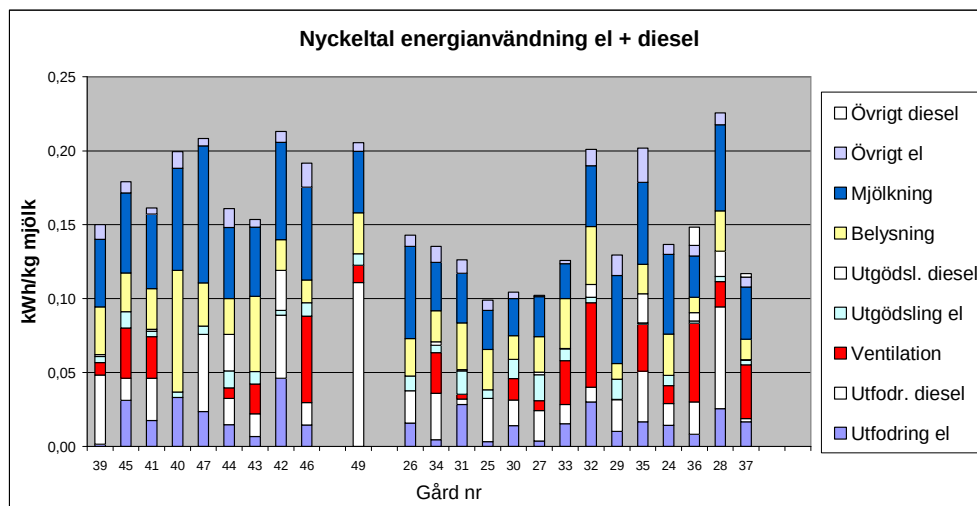


Bild 12. Energianvändning på 24 gårdar med lösdrift från en studie som gjordes 2008 (Neuman m.fl., 2009). De 9 gårdarna i gruppen längst till vänster i diagrammet mjölkar med robot och de är ordnade i fallande storleksordning från 250 till 57 kor. Därefter kommer en ensam gård på 180 kor med karusell. Gruppen till höger är 14 gårdar som har mjölkningssrop. De är ordnade i fallande storleksordning, från 300 till 70 kor.

Gårdarna i bild 12 har nyckeltal som varierar från 0,099 till 0,226 kWh/kg. I denna studie ingick i de flesta fall även rekryteringens energianvändning. Rådgivarnas beräkningsverktyg har sedan omarbetats så att kvigors och eventuella tjurkalvars energianvändning rensas bort och därmed renodlas nyckeltalet kWh/kg mjölk. Bild 12 skulle alltså behöva omarbetas. Variationen talar dock ett tydligt språk.

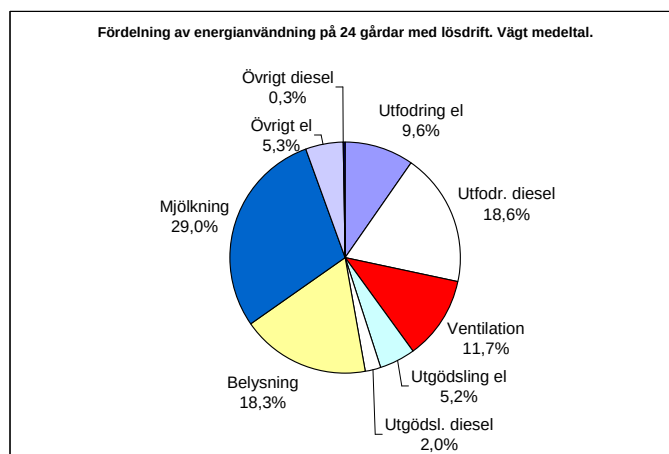


Bild 13. Energianvändning från bild 12 fördelad på olika moment. Vägda medeltal beräknade på de 24 gårdarna med tillsammans 3200 kor. Utfodring och mjölkning (mjölkning, mjölkkyllning, diskning m.m.) står för stora andelar. Ventilation och belysning skulle haft lägre andelar om inte rekryteringens energianvändning varit med i den studien. På många av gårdarna håller man kvigor i en gammal lagård med behov av fläktventilation och mer belysning. (Källa: Neuman, m.fl. 2009)

7.1.1. Teknik som påverkar energin i mjölkproduktion

Byggnaden, isolerad eller oisolerad?

Det byggs både isolerade och oisolerade mjölklagårdar. Vilket val man gör kan ha olika motiv. Det finns ännu inte belagt, men troligt är att energianvändningen blir större i de oisolerade stallarna. Normalt används ingen extra uppvärmning i kolagårdar, så det är inte där skillnaden ligger. Istället bör det vara så att det används mer energi för att värma dricksvatten och för värmekabel i skrapade gödselgångar, vilket ska hindra att skraporna fryser fast. Man kan dessutom behöva tillfällig eller mer kontinuerlig uppvärmning vid en mjölkrobot eller i en mjölkgrup.

Uppvärmning av dricksvatten kan uppgå till ganska mycket. Ett överslag visar att i en 75-korsbesättning går det åt ca 10 kWh/dag för att värma dricksvattnet 1°C. Om man då värmer 5 °C i 3 månader så används 4500 kWh/år bara för detta.

En extra elvärmefläkt på 9 kW, som är igång under en månad, använder 6500 kWh.

Utfodring

Utfodringen kan ordnas på många sätt, bl.a. beroende på hur fodret lagras, vilken utfodringsstrategi man har och hur byggnadernas planlösningar och utformning ser ut. Det finns många olika kombinationer av utrustning och det finns ingen möjlighet att i detta arbete jämföra alla med avseende på energianvändningen. Några viktiga saker ska tas upp.

Utfodring vallfoder

Intagning av ensilage från plansilo, slang och rundbalar sker med traktor eller lastmaskin. Från tornsilor, som förekommer men som har blivit mindre vanliga, tas ensilaget ut med en eldriven tömmare och blåses in till lagård eller foderkök med en eldriven fläkt.

Många gårdar använder sig av fullfoder eller blandfoder, där alla foderslag blandas före utfodring. Andra gårdar har en annan strategi, där grovfoder och kraftfoder utfodras var för sig. Balar och ensilageblock rivs isär före utfodringen. Sådana rivare använder mindre energi än blandaren/mixern, där stora volymer flyttas runt i blandaren.

Minst energi används om sönderrivning och blandning drivs elektriskt och om även utfodringen gör det. En traktordragen blandarvagn för utfodringen använder betydligt mer energi än eldrivna lösningar som kan vara eltruckar, eldrivna rälshängda utfodringsvagnar eller bandfoderfördelare. Det finns ett antal varianter och kombinationer, men från energieffektivitetssynpunkt är de eldrivna alternativen bättre än de dieseldrivna.

Den traktordragna blandar- och utfodringsvagnen kan dock försvara sin plats på en gård där utfodring ska ske i två byggnader eller fler och då dessa har körbara foderbord. När traktor används, till uttagning/intransport och till utfodring, kan dieselförbrukningen hållas nere genom att:

- använda en bränslesnål och väl underhållen traktor
- tillämpa sparsamt körsätt, som innebär att motorn belastas på ett lågt varvtal
- undvika tomgångskörning
- använda elektrisk motorvärmare med tidur

Logistiken i intransporten av vallfoder är viktig för energianvändningen. Ju närmare ”intaget” som foderlagret ligger, desto energieffektivare. Det idag vanligaste sättet att skörda vallen som rundbalsensilage innebär att balarna pressas och plastas i samma maskin. Ofta flyttas då balarna direkt till fältkanten för att lagras där. Det är inte rationellt och energieffektivt att därifrån hämta balarna en eller två i taget. Man spar energi och tid genom att lasta flera balar på vagn för hemtransport, särskilt vid lite

större avstånd mellan lager och gård. Om man har möjlighet bör man planera så att man har korta körsträckor från plansilor och ballager till intaget i lagården.

Utfodring kraftfoder

Kraftfoder kan ges i blandfodret, i särskilda kraftfoderstationer i lösdriften och/eller i samband med mjölkningen. Energianvändningen för kraftfoderutfodring är inte särskilt hög och transporten sker i allmänhet mekaniskt, oftast med skruvar. Spannmål till nötkreatur sönderdelas mestadels i en spannmålskross. Kravet på sönderdelning till nötkreatur är lågt, det är tillräckligt att spannmålskärnan kläms sönder för att den kan ska brytas ner i våmmen. Energianvändningen är för en kross mellan 3 och 9 kWh/ton, beroende på spannmålsslag och vattenhalt. Torra kärnor kräver mer energi. Skivkvarn kan också användas, vilket inte är ovanligt när ärtor och bönor ska krossas. Den är ett alternativ till tvåstegskrossning och dess elförbrukning är då jämförbar med krossens.

Viktigt i foderberedningen är att fodret transporteras med mekaniska transportörer, oftast skruvar, och att man undviker transport med luft. Elförbrukningen vid lufttransport är 2-3 gånger så hög som vid skruvtransport.

Ventilation

I nya lösdriftslagårdar sker ventilationen genom naturlig ventilation, med hjälp av självdrag och vind. I princip skulle ventilationens energianvändning kunna vara noll i moderna mjölklagårdar, undantaget den lilla mängd energi som behövs för att manövrera luckor, gardiner och nockar.

Det kan inträffa i de fall, där djuren vistas inne i ligghallarna även på sommaren, att den naturliga ventilationen är otillräcklig. Om man då måste förbättra inneklimatet med cirkulationsfläktar blir det ett tillskott till energianvändningen. Varje sådan fläkt med 75 cm diameter och 400 W motor ökar dygnsförbrukningen av el med 16 kWh eller 500 kWh/månad.

Ett exempel från en lösdriftslagård med 92 kor, som har naturlig ventilation. Regleringen sker med uppblåsbara gardiner längs långväggarna och för komplettering sommartid finns en cirkulationsfläkt. Vid energikartläggning har ventilationens elförbrukning uppskattats till 3600 kWh/år. En annan reglering av intagen på långsidorna hade kunnat sänka elförbrukningen, men marginellt. Ventilationen utgör dock en liten del av energin, 3,5 procent av mjölkproduktionens energianvändning.

Belysning

Väsentligt är att utnyttja dagsljus så mycket som går i nya lösdriftshallar. Stora glas- eller plastytor för dagsljusinsläpp kan dock medföra problem sommartid med för stark uppvärmning och problem med kondens i kallare väder. Här måste man alltså göra en avvägning.

Viktigt är att kombinera inflödet av dagsljus med någon form av automatisk tändning och släckning. Automatiken kan baseras på belysningsstyrkan genom dagsljuset, så att den elektriska belysningen tänds när det skymmer. Belysningen bör vara indelad i grupper som tänds och släcks efterhand, så att inte allt måste vara tätt samtidigt.

Vid inställning av automatiken eller personalens rutiner ska man beakta den dagsljusrytm som korna behöver. Rekommendationen är en dagslängd på 16 timmar samt att det ska vara natt 8 timmar för bästa dygnsrytm, vilket då påverkar avkastningen positivt. Studier visar att nattbelysningen bör begränsas till 5-10 lux. Vid mjölkningsrobotarna brukar man ha konstant belysning. Eftersom brinntiderna är långa finns det särskilt stor anledning att ha energieffektiva ljuskällor här, fastän investeringen blir större. LED-belysning skulle ha en plats här.

Traditionellt har mest lysrör använts i hallarna. Nyare teknik med T5-rör och elektroniska driftdon har mindre förluster och de ger därför mer ljusflöde i förhållande till tillförd elenergi, under rätt förhåll-

landen. Vid de lägre temperaturerna, som är vanliga i moderna mjölklagårdar, ger inte T5-rören någon större energibesparing jämfört med T8-rör. 20 °C kan vara en undre temperaturgräns för T5-rör.

Lysrör kan ersättas av energieffektivare ljuskällor. Metallhalogenlampor, som sedan en tid använts vid nybyggnation, är inte energieffektivare men har andra fördelar. Med de högre effekterna behövs inte så många ljuspunkter som med lysrör. Det underlättar installation och även underhåll med lampbyten. Eftersom antalet ljuspunkter är mindre, så är det viktigt att fördela ut dem över ytan, så att ljusfördelningen blir bra. Man vill gärna undvika mörkare vrår och särskilt där kotrafiken ska passera till och från mjölkning, utfodring och liggavdelning. Det kan då bli aktuellt att efterkompletera med fler ljuspunkter. Eftersom metallhalogenlampor inte är tillräckligt energieffektiva, ska de fasas ut från marknaden och tillverkning (Hårsmar 2013).

LED-tekniken utvecklas snabbt och det är sannolikt att den kommer att ersätta både lysrör och lysrörs-lampor, s.k. lågenergilampor. Förutom hela armaturer med LED finns det så kallade LED-lysror som man placerar i den befintliga armaturen för lysrör. Uppgifter om sparpotentialen växlar. Med rätt förutsättningsskallan LED-rör spara upp till 50 procent av energin jämfört med lysrör typ T8.

Om man inte har bra rutiner för tändning och släckning bör man absolut sätta in automatik som styr belysningen efter dagsljus och som tänder när dagsljuset underskrider en viss belysningsstyrka. I en besättning (1 robot) med t.ex. 25 metallhalogenstrålkastare på vardera 250 W sparar man 7 kWh för varje timme man kan ha alla släckta.

Utgödsling

Utgödslingen svarar normalt för en liten del av energianvändningen i mjölkproduktionen, mindre än 5 procent. Vid mekanisk utgödsling är elförbrukningen minst när gödselskraporna drivs med linspel. Hydrauliskt drivna skrapor använder mer energi och det beror på de förluster som alltid uppstår i hydraulisk kraftöverföring.

Att skrapa gödsel med traktor är inte så vanligt. Många sådana system har byggts om till eldrivna skraputgödslingar. En orsak är lägre energianvändning och en annan är lägre arbetsinsats.

Det mest energieffektiva sättet att flytta lättflytande gödsel är att den får flyta dit den ska med tyngd-lagen som enda kraft. Då slipper man den mekaniska utgödslingen och den energi som behövs för drivningen. För att det ska fungera måste man bygga rätt från början. Djupet under spaltgången bör vara minst 80 cm, att jämföra med normala 60 cm vid mekanisk utgödsling. Då finns utrymme för att göra en tröskel vid anslutningen till tvärkulverten, en tröskel som bör vara minst 15-20 cm hög. Med en sådan tröskel och en helt plan botten, utan lutning, bildas en vattenyta som gödseln kommer att flyta på. Man ska planera för raka flöden så att inte gödseln behöver flyta i svängar. Det ska inte finnas några kanter eller utskjutande hörn där gödseln kan "hänga sig" och inga förträngningar. Risker är att långsträigt foder ändå kan orsaka stopp samt att kanalen så småningom grundas upp av sand m.m. som djuren drar in.

Man har inte sett att luftkvaliteten blivit sämre med självflytande gödsel. Det största hindret är de ökade byggkostnaderna som en djupare gödselkulvert medför.

Gödselrobot eller robotskrapa är ett ganska nytt tillskott i utrustningen. En batteridrivna robot vandrar omkring på spaltgolvet och skrapar ner gödsel. Det bör vara bra både för djurhälsan och stallmiljön. Tillskottet i energianvändningen är ringa. Uppgift finns från energikartläggning på en gård att robotskrapan använde 1,25 kWh/dygn, så det blir ganska måttliga 450 kWh på ett år.

Pumpning av gödseln sker med hög effekt, men eftersom driftstiderna blir korta blir också energianvändningen låg. I många fall leds gödseln till en pumpbrunn och därifrån ska den pumpas vidare till en lagringsbehållare. Mest energieffektivt är att använda en eldriven pump, inte en traktordriven.

Mjölkning

I momentet mjölkning används mycket energi av vakuumpump, uppvärmning av varmvatten och diskvatten samt kylning av mjölken.

Vakuumpumpen bör vara varvtalsstyrd genom frekvensreglering. Därmed kan varvtal och effektuttag styras efter det växlande kapacitetsbehovet. Den äldre formen av vakuumreglering, som skedde med ventiler och med motorn på fullvarv, innebär ett onödigt energislöseri. Alla former av strypreglering med spjäll och ventiler och motorn på fullvarv bör ju undvikas. Vid mjölkning är det inte själva mjölkutvinningen som kräver högst kapacitet av vakuumpumpen, utan det är när man diskar anläggningen. Diskning kräver ungefär dubbelt så hög pumpkapacitet som mjölkning. Det är alltså en fördel att man kan reglera ner varvtalet och därmed effektuttaget och ändå hålla vakuumnivån.

Besparingen vid mjölkning morgon och kväll beror på gårdens förhållande mellan diskningstid och mjölkningstid + väntetid. Om man utgår från att mjölkningen bara behöver 50 procent av pumpens kapacitet medan diskningen behöver 100 procent, så kan man beräkna besparingen i procent så här:

$$\text{Besparing (\%)} = 50 \times \frac{\text{mjölkningstid} + \text{väntetid}}{\text{mjölkningstid} + \text{väntetid} + \text{diskningstid}}$$

Besparingspotentialen kan nog i de flesta fall ligga omkring 50 procent av vakuumpumpens elförbrukning

Ett exempel på besparing kommer från en mjölkgård i Marks kommun med 100 kor i lösdrift och mjölkning i grop. Här har man mätt upp en tydlig besparing genom installation av frekvensstyrning, 50 procent. Före installation av frekvensstyrning använde vakuumpumpen 24,9 kWh/dag och efter installationen användes 12,5 kWh/dag. Tiden fördelades med 3,5 tim/dag för mjölkning och 0,8 tim/dag för diskning. På ett år sparas 4500 kWh, en besparing på 50 procent.

Det är ännu viktigare vid robotmjölkning att vakuumpumpen är frekvensstyrd, eftersom den går kontinuerligt och kapacitetsbehovet svänger mycket upp och ner. Med varvtalsreglering vinner man också den fördelen att inte slitaget blir så stort, underhållet minskar och livslängden ökar.

Frekvensregleringen sker vanligen med elektronik som omformar växelströmmen, först till likström och sedan till ett antal pulser med olika bredd. Detta kallas pulsbreddsmodulering. Pulserna skickas ut på sådant sätt till motorn så att den reagerar som på en växelström med lägre (eller ibland högre) frekvens. Pulserna ger problem som att de skickar ut övertoner på elnätet som kan störa elektronik. Motorkabeln sänder ut radiosignaler, som kan störa radiokommunikation, och måste därför skärmas.

Pulserna ger också upphov till s.k. lagerströmmar, som tar sig från motorn via lagren till jord och som gör att lagren slits. Det finns dock nyare teknik som skapar en rent sinusformad spänning, och som inte ger sådana problem som pulsbreddsmoduleringen ger.

En stor del av den energi som tillförs vakuumpumpmotorn omvandlas till värme. Mycket av den transporteras bort med den luft som lämnar vakuumpumpen. Som regel får värmen blåsa ut i det fria, men det skulle vara till fördel med utveckling av teknik som tar tillvara spillvärmen.

Läckage i systemet som gör att luft sugas in på fel ställe medför att vakuumpumpen får arbeta mer för att hålla rätt vakuumnivå. Det är alltså viktigt att kolla för läckage, att se över kopplingar och tätningar.

Mjölktanken

Mjölken ska inom 3 timmar efter mjölkning kylas till en temperatur på 4 °C eller lägre. Vid den temperaturen stoppas mikrobernas aktivitet, men de dör inte. Det finns två grundkonstruktioner av mjölkkyltankar. Den vanligaste arbetar med direkt kylning av mjölken, d.v.s. mjölkens värme växlas över direkt till köldmediet i kylkretsens förångare.

Vid indirekt kylning är det en kall isvattenblandning som kyler mjölken. Mellan mjölkningarna har isvattenblandningen kylts ner av kylkretsen och på det sättet kan man lagra kyla mellan mjölkningarna. Kylkompressorn kan därför arbeta under längre tid och kan ha en lägre motoreffekt på kylkompressorn än vid direkt kylning. Det har visat sig att indirekt kylning använder mer energi än direkt kylning, enligt flera källor ca 20 procent mer. Detta beror dels på kylförluster till omgivningen och dels på energi till den pump som pumpar isvattnet.

Från effektivitetssynpunkt bör man ju använda så lite energi som möjligt för att kyla ner varje ton mjölk. Vid gynnsamma förhållanden kan man komma ner till ca 12 kWh per ton mjölk. Slutsatsen från studier och tester är att det finns en stor variation, som till allra största del beror på varierande temperaturer vid kondensorn. Kylkretsen/värmepumpen ska flytta värme från mjölkens temperaturnivå till kondensorns temperaturnivå. Ju större temperaturskillnaden är mellan förångare och kondensor, desto mer arbete måste utföras av kompressorn, en regel som gäller alla slag av värmepumpar. Det är helt analogt med en vattenpump, som ju måste arbeta mer om den pumpar vatten till en högre nivå. Tabell 6 utgör en sammanställning av data hämtade från olika studier och tester. Siffrorna kan ses som riktvärden vid god funktion och rengjord kondensor samt två mjölkningar per dag. I praktisk drift bör man nog räkna med att siffrorna är något högre.

Tabell 6. Inverkan på mjölkkyllningens energibehov av omgivningstemperaturen.

Kylteknik, grundkonstruktion	Temperatur i tankens (kondensorns) omgivning, °C				
	5	12	22	25	32
- direkt kylning	12-14	15-17	19-21	20-22	23-25
- indirekt kylning	14-16	18-20	23-25	24-26	28-30

Den varma luft som fläktas bort vid kondensorn måste transporteras vidare så att inte temperaturen höjs. Det behövs en god ventilation, men det är en erfarenhet från energikartläggningarna att detta är ett förbisett kapitel. Insikt om detta saknas nog hos både lantbrukare, projektörer och tillverkare. Kartläggningarna har visat på många fall, där kondensorn inte ventileras tillräckligt och till och med att den värms av andra maskiner såsom kompressor och vakuumpump.

Det finns å andra sidan goda exempel på där man frigjort kylaggregatet från tanken och placerat det i ett utrymme som är bättre ventilerat än tankrummet. En annan orsak till flyttningen kan vara att man vill flytta maskinbullret till ett särskilt rum. Men om man då i samma rum placerar andra bullrande och tillika värmealstrande maskiner som vakuumpump och kompressor, så ställs det ännu högre krav på ventilation.

Förkylning av mjölken

Genom att förkyla mjölken innan den kommer till mjölktanken för lagring har man lättare att hålla nere bakterietillväxten och därigenom hålla en bra mjölkvalitet. Det gäller särskilt vid robotmjölkning, då det ju är ett flöde av varm mjölk hela dygnet. Om förkylaren är kopplad till tankens kylaggregat är det inte troligt att man får en förbättrad energieffektivitet. Det finns inga uppgifter om detta. Det intressanta från energisynpunkt är tekniken att förkyla med kallvatten. I andra länder är tekniken utbredd och accepterad och det kan bero på att man betalat mer för elenergin. Det verkar som om intresset ökar i Sverige.

En värmeväxlare kopplas in på mjölkledningen före tanken och ansluts till kallvattenledningen. Värme växlas då över från den varma mjölken till det kalla vattnet. Värmeväxlaren är i regel av motströmstyp, vilket innebär att vattenflödet är motriktat mjölkflödet. Det medför att kyld mjölk möter kallt vatten och det medför en bättre kylning. Temperaturen i mjölken kan sänkas till 2-5 grader över det inkommande vattnets, beroende på konstruktion och flöde. Vattenflödet är normalt 2 - 2,5 gånger mjölkflödet.

När mjölken kyls i tanken är kylkompressorns arbete direkt relaterat till hur mycket värme som ska transporteras bort. Med andra ord, det är relaterat till temperatursänkningen i tanken. I grova drag kan man då säga att om mjölken förkyls till 20 °C (ca 50 procent av temperatursänkningen ner till 4 °C), så reduceras kylkompressorns arbete med ca 50 procent.

Med en enkel formel kan man beräkna hur mycket mjölk tankens elförbrukning kan komma att minska eller hur stor del av kylbehovet som förkylaren svarar för. Vi tar för givet att mjölken tidigare har kylts ner till 4 grader i tanken. Ingående mjölktemperatur i förkylaren är T_M och utgående mjölktemperatur T_U .

$$\text{Förkylningens andel av totala kylbehovet} = 100 * \frac{T_M - T_U}{T_M - 4}$$

Erfarenhet finns bland annat från en gård i Marks kommun i Västra Götaland, där man installerat en nederländsk förkylare typ rörvärmeväxlare. Mjölkning sker i grop, alltså två gånger per dygn. Brunnsvattnet som leddes in i förkylaren hade en temperatur på 7 °C och det lämnade förkylaren med 17 °C. Mjölken kylades samtidigt från 35 till 15 °C. Använder vi formeln ovan får vi:

$$\text{Förkylningens andel av totala kylbehovet} = 100 * \frac{35 - 15}{35 - 4} = 64,5 \text{ (procent)}$$

Det gjordes ingen mätning av tankens elförbrukning före och efter installation av förkylaren, men 65 procent stämmer bra med lantbrukarens observationer av kylkompressorns gångtid före och efter installationen. Om man antar att det tidigare krävdes 20 kWh att kyla 1 ton mjölk, så kan vi konstatera att förkylningen minskar elförbrukningen med $20 * 0,65 = 13$ kWh per ton mjölk. Med gårdens produktion på genomsnittliga 2,47 ton/dag eller 900 ton/år så sparar förkylningen nästan 12 000 kWh/år och nyckeltalet förbättras med 0,013 kWh per kg mjölk.

Man får ytterligare fördelar av förkylningen genom att använda det uppvärmda vattnet till korna. Det vatten som kon dricker ska ju på något sätt värmas till kroppstemperatur och det får ju ske med hjälp av värdefull foderenergi. Svenska undersökningar gjorda på 1980-talet har visat att mjölkproduktionen förbättrades med storleksordningen 1 kg per dag, då dricksvattnets temperatur höjdes från 3 till 17 °C. Andra forskare har kommit fram till att vattentemperaturen inte bör överstiga 17 °C. Varmare vatten kan nämligen minska kornas vattenkonsumtion och därmed mjölkproduktionen. Vattenkonsumtionen påverkas också med alltför kallt vatten och då nämns 6 °C som en undre gräns. I de fall där man har elektrisk uppvärmning av vatten, exempelvis i oisolerade stallar, kan man utnyttja tekniken till att spara in på elenergi till den uppvärmningen.

Värmeåtervinning från mjölken

Det är en väl etablerad teknik att återvinna mjölkvärmen och att använda den till främst förvärmning av varmvatten. En plattvärmeväxlare kopplas in på kylkretsen mellan kompressor och kondensor.

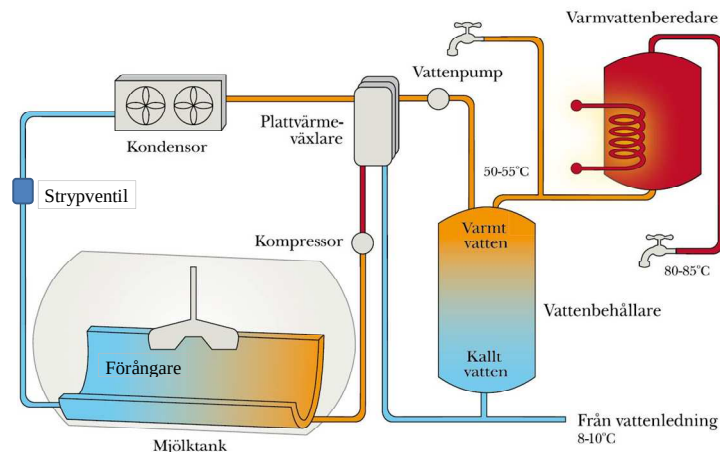


Bild 14. I plattvärmeväxlaren avges en del värme från den komprimerade heta köldmediegasen till vatten, som då värms till 50 - 55 grader. Den återstående värmen fläktas bort från kondensorn. Från värmewäxlaren leds vattnet till en lagringstank. Installation och inkoppling kan skilja mellan olika fabrikat. Varmvattenberedaren kommer sedan att förbruka mindre elenergi, när den matas med förvämt vatten istället för med brunnsvatten. (Källa: DeLaval)

Bästa sätt att använda mjölkvärmen är att förvärma vatten före varmvattenberedare och diskautomat som i bild 14. Det gör mycket för varmvattenberedarens energibehov om den därmed kommer att matas med vatten av exempelvis 50 °C istället för 8 °C.

För att värma en kubikmeter vatten från 8 °C till 80 °C behövs $1 \times (80-8) \times 1,16 = 83,5$ kWh.

För att värma en kubikmeter vatten från 50 °C till 80 °C behövs $1 \times (80-50) \times 1,16 = 34,8$ kWh.

Besparingen i elenergi till beredaren är alltså ca 50 kWh per m³ vatten.

Systemet tillförs dels energi från mjölken och dels energi från kylkompressorn. En del av energin bör man fläktas bort i kondensorn. Orsaken till det är att om gasen helt kondenseras i växlaren, så hindrar det flödet. Man brukar räkna med att 2/3 kan återvinnas i värmewäxlaren (Karlsson, m.fl., 2012) och att då 1/3 fläktas bort i kondensorn. Det är visserligen tekniskt möjligt att bygga ett system som utesluter den fläktkylda kondensorn och växlar över all tillgänglig värme till vatten, men sådana system är mindre vanliga.

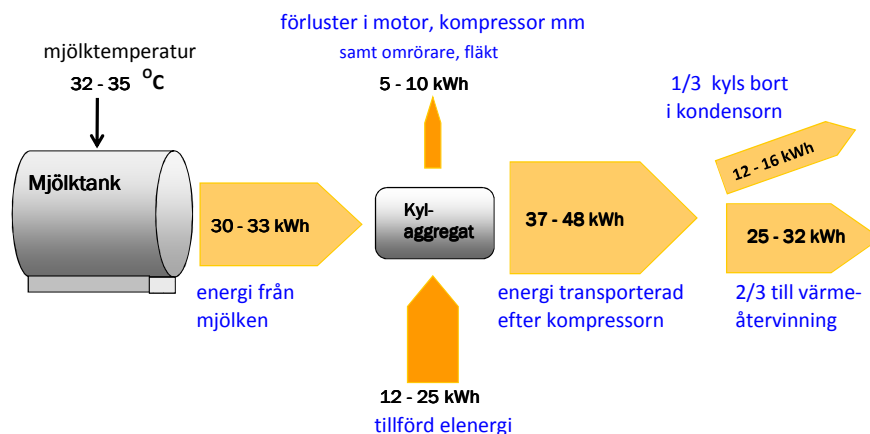


Bild 15. Principbild över energiflöde vid kylning och värmeåtervinning. Mjölken som kommer till tanken håller en temperatur mellan 32 °C och 35 °C och då är det mellan 30 och 33 kWh/ton som kyls bort. Det tillkommer från kompressorn ytterligare mellan 7 och 15 kWh/ton, den lägre siffran om temperaturen vid kondensorn är låg. Efter kompressorn finns mellan 37 och 48 kWh/ton, varav 1/3 bör fläktas bort i kondensorn. Då kan mellan 25 och 32 kWh per ton mjölk användas till att värma vatten.

Det finns en potential att utnyttja 25 - 32 kWh per ton mjölk. Men det är inte alltid som man utnyttjar hela den potentialen. En mjölgård med ca 75 kor och en mjölmängd på 2 ton/dygn kan återvinna ca 50 - 60 kWh/dygn. Ungefär hälften behövs till att förvärma vatten, storleksordning 25 - 30 kWh/dygn på en sådan gård. Lika mycket återstår att användas för annan uppvärmning, som till exempel ett personutrymme med dusch. Att utnyttja mjölkvärme till bostadshuset är sällan gynnsamt förutom vid större besättningar.

Att tänka på

Förbättrad ventilation och lägre temperatur vid kondensorn gör att kompressorn inte behöver arbeta så mycket. Det spar naturligtvis energi men innebär samtidigt att kompressorn tillför mindre energi till systemet och det minskar potentialen i värmeåtervinningen.

Förkylning av mjölken före tanken minskar den mängd värme som kan återvinnas från systemet. Det minskar också kylkompressorns gångtid och den energi som kompressorn tillför systemet. Det minskar alltså potentialen i värmeåtervinningen.

Om man ska utnyttja potentialen i värmeåtervinningen fullt ut är det viktigt att isolera såväl värmexchånglare som vattenledningar i systemet.

En slutsats är att man behöver räkna på energimängderna innan man gör något åt förkylning och ventilation vid kondensorn.

Isolering i värmeåtervinningen

Vanliga erfarenheter från utförda energikartläggningar är att man inte har så bra kontroll på värmeåtervinning från mjölk tanken att man kan utnyttja dess potential. Det viktigaste är att isolera varmvattenrören. Det är en enkel åtgärd och man bör givetvis också isolera plattvärmexchånglaren. Dessutom är det en bra idé att placera termometrar på rören så att man har bättre kontroll.

Isolering av mjölk rören

Det finns flera motiv till att isolera mjölkledningen. Mjölken bör inte kylas av på sin väg till tanken. I långa ledningar kan mjölken kylas så mycket att fettkulorna lättare skadas, vilket kan ge smakfel. Visserligen kan man uppnå lite av förkylningens fördelar, men det är bättre att ordna med riktig förkylning. Om man behåller vad man kan av mjölkvärmeså ökar potentialen i värmeåtervinningen.

Ett annat gott skäl är att diskvattnet inte ska kylas av. Dels får inte temperaturen understiga 42 - 45 °C och dels bör diskningen med kemikalier ske med minst 60 - 70 °C under 8 - 10 minuter. Med bättre kontroll på temperaturen genom isolering och en kontaktermometer i slutet på mjölkledningen kanske man kan sänka ingångstemperaturen på diskvattnet.

7.1.2. Gårdsexempel A. Gård belägen i Västra Götalands län.

Ekologisk mjölkproduktion i en lösdriiftslagård som togs i bruk hösten 2009. Man mjölkar drygt 150 kor med robot i ett så kallat 3-boxsystem. I beräkningen nedan ingår inte rekryteringen, som finns i en annan lagård. Beräkningen omfattar mjölkkorna inkl. småkalvar och sinkor.

Beskrivning

Utfodring. Ensilage tas in från näraliggande plansilor med lastmaskin till ett rivarbord. Detta matar en rälsgående, batteridrivna automatisk utfodringsvagn. Kraftfoder ges dels vid mjölkroboten och dels i foderstationer i lösdriften. Spannmålen i kraftfodret är egenproducerad. Spannmålskrossens energianvändning är inräknad liksom transporten till lagården som sker med lastmaskin.

Utgödsling. Skrapad gödselgång längs åt- och liggbås. Skrapor under spalt.

Ventilation. Naturlig ventilation med öppennock och uppblåsbara ventilationsgardiner utmed långväggarna.

Belysning. Det finns stora insläpp av dagsljus genom gavelväggen, genom långsidornas uppblåsbara gardiner och genom taknocken. Strålkastare i lösdriften med metallhalogenlampor i tre grupper med styrd tändning och släckning.

Mjölknings. Robotmjölknings. Vatten för diskning förvärms till 40 - 50 grader med värmeåtervinning från mjölkkyllningen. Kylaggregatet med kondensor har placerats i ett kallt, välisolerat utrymme, skilt från mjölktrummet. Vakuumpumpen är varvtalsstyrd med frekvensomvandlare.

I tabell 7 visas nyckeltal och viktigare data.

Energianvändning, nyckeltal

Tabell 7. Gårdsexempel A, nuläge. Energianvändning, avkastning och nyckeltal.

	enhet	2009/2010	2011	2012
Mjölproduktion	ton/år	1 135	1 318	1 361
Mjölproduktion	kg/ko,år	7 420	8 600	8 900
El totalt	kWh/år	128 240	128 020	127 020
Diesel	l/år	4 380	4 380	4 380
Diesel	kWh/år	34 280	34 280	34 280
Energi summa	kWh/år	162 520	162 300	161 300
Nyckeltal	kWh/ko ,år	1 062	1 061	1 054
Nyckeltal	kWh/kg mjölk	0,143	0,123	0,118
- varav el	kWh/kg mjölk	0,113	0,097	0,093
- varav diesel	kWh/kg mjölk	0,030	0,026	0,025

Nyckeltalet har utvecklats bra från första årets 0,143 kWh/kg till 2012 års 0,118 kWh per kg mjölk.

Energianvändningen är förvånansvärt lika över de tre åren. Förbättringen med sjunkande nyckeltal beror framför allt på den förbättrade mjölkavkastningen. Ökad mjölmängd bör leda till ökad energianvändning i en del avseenden, men samtidigt har utrustningen trimmats in. Det är inte ovanligt vid nya anläggningar att avkastning och funktioner förbättras efter något år.

Bidragande till bra nyckeltal är flera faktorer. En är den naturliga ventilationen, där endast manövrering av gardinerna på långsidorna använder elenergi, dock inte mer än 2500 - 3000 kWh/år. Bra dagsljusinsläpp minskar behovet av belysning och den är för övrigt automatiserad. Det är möjligt, men inte

belagt, att ett robotsystem med tre boxar använder något mindre energi än tre separata robotar. Kylkompressornas gångtid hålls nere genom en låg temperatur vid kondensorn, som dessutom är avskild från andra, värmealstrande, maskiner. Från mjöltkanken återvinns värme för att förvärma varmvatten.

Då man inte har valt ett system med blandfoder eller fullfoder undviker man den extra energianvändningen som en blandare svarar för.

Plansilorna har placerats nära lagården och rivarbordet som river och matar utfodringsvagnen. Ett kort avstånd minskar denna del av dieselanvändningen. Men på denna gård förbrukas ändå ganska mycket dieselolja, eftersom man också använder lastmaskinen till att flytta spannmålskross och att flytta djur.

Möjliga förbättringar, gårdsexempel A.

Förkylning med kallvatten. Befintlig förkylare för kylning av mjölken med kallvatten bör kopplas in. Besparingen på kylkompressornas energianvändning bör uppgå till minst 6 000 kWh/år.

Isolering av värmeväxlare och vattenrör i värmeåtervinningen minskar varmvattenberedarens elförbrukning med ca 600 kWh/år.

Isolering av mjölkroren och bra kontroll på vattentemperatur bör kunna spara minst 1 000 kWh/år.

Belysning. Byte av ljuskällor från metallhalogen till LED bör kunna spara 6 000 kWh/år.

Fodertransporter. Dieselförbrukningen vid uttagning och intransport av ensilage bör kunna minskas genom ett sparsamt körsätt m.fl. åtgärder, uppskattning 3000 kWh/år.

Rutiner. Troligen kan förbättrade rutiner utöver ett sparsamt körsätt spara en del, osäkert hur mycket. Försiktig bedömning är 1000 kWh/år.

Sammantaget för ovanstående åtgärder på nivå 2 bör man kunna sänka årliga energianvändningen med ca 18 000 kWh/år, från 161 300 till 143 300 kWh/år. Det minskar nyckeltalet från 0,118 till 0,105 kWh per kg mjölk. Som ofta är fallet i ekologiska besättningar så ligger inte mjölkavkastningen i nivå med konventionell mjölkproduktion. Om mjölkavkastningen per ko fortsätter trenden uppåt, så bidrar det till att minska nyckeltalet ytterligare och 0,100 kWh/kg ligger inom räckhåll.

7.1.3. Gårdsexempel B. Gård belägen i Örebro län.

Energikartläggning gjordes hösten 2012 som Energikollen i Greppa näringen. Gården har konventionell mjölkproduktion i en oisolerad lösdriiftslagård, som togs i bruk 2009. Man har ca 80 kor + rekrytering. Beräkningen nedan omfattar mjölkorna inkl. småkalvar och sinkor.

Beskrivning

Utfodring. Ensilage hämtas från plansilor med lastmaskin till en rivarficka, som via en bandelevator matar en bandfoderfordelare. Kraftfoder utfodras i kraftfoderstationer i lösdriften.

Utgödsling. Utgödsling med skrapspel i gångarna samt hydraulisk tryckare för tvärkulverten. Elektrisk värmekabel finns nedgjuten i gödselgången.

Ventilation i ligghallen är självdragsventilation. I den gamla lagården finns även fläktventilation.

Belysning. Lysrör av traditionell typ T8 används.

Mjölkning sker i huvudsak med robot men några kor mjölkas i den gamla lagården. Mjölkkledningarna är isolerade. Tanken är försedd med värmeåtervinning.

Energianvändning, nyckeltal

Tabell 8. Gårdsexempel B, nuläge. Energianvändning, avkastning och nyckeltal.

	enhet	2012
Mjölkproduktion	ton/år	720
Mjölkproduktion	kg/ko,år	9 000
El totalt	kWh/år	73 700
Diesel	l/år	1 135
Diesel	kWh/år	11 100
Energi summa	kWh/år	84 800
Nyckeltal	kwh/ko,år	1 060
Nyckeltal	kWh/kg mjölk	0,118
- varav el	kWh/kg mjölk	0,103
- varav diesel	kWh/kg mjölk	0,015

Nyckeltalet är 0,118 kWh per kg mjölk. Bidragande till bra nyckeltal är flera faktorer. En är den naturliga ventilationen. Från mjöltkanken återvinns värme för att förvärma varmvatten. Då man inte har valt ett system med blandfoder eller fullfoder undviker man den extra energianvändningen som en blandare svarar för. Plansilorna har placerats nära lagården och rivarbordet som river och matar bandfoderfordelaren. Korta köravstånd minskar denna del av dieselanvändningen.

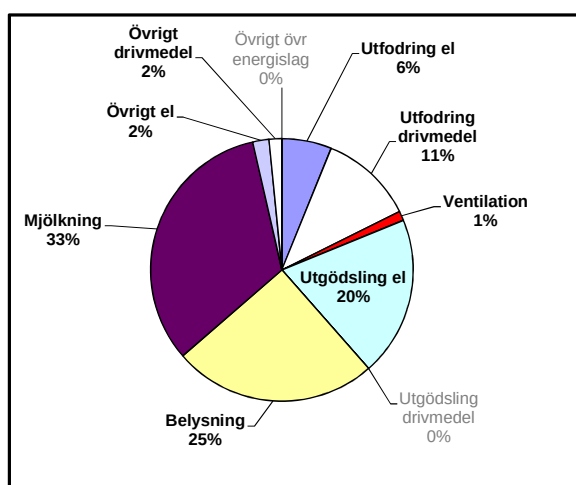


Bild 16. Energianvändningens fördelning på olika moment, gårdsexempel B, nuläge.

Möjliga förbättringar, gårdsexempel B.

Förkylning med kallvatten kan minska kylkompressorns elförbrukning med minst 5 000 kWh/år. Samtidigt kan det uppvärmda vattnet gå till kornas dricksvatten. Det kan minska behovet av el vintertid för att hindra frysning i vattenledning och vattenkoppar.

Ventilation av kondensor. Förbättrad ventilation så att temperaturen vid mjöltkankens kondensor sänks med 5°C minskar kylkompressorns elförbrukning med ca 1 500 kWh/år.

Isolering av värmeväxlare och vattenrör för att utnyttja potential i värmeåtervinningen. Om temperaturen i det förvärmade vattnet kan höjas 2 °C genom isolering och förbrukningen är 600 l/dygn, så sparas 500 - 600 kWh på ett år.

Byte av ljuskällor från lysrör till LED. Belysning med vanliga lysrör i mjölkproduktionen drar 21 000 kWh/år. Potentialen i byte till LED-rör är en halvering av behovet. Tillsammans med bättre styrning av belysningen bör det kunna spara omkring 10 000 kWh/år.

Fodertransport. Dieselförbrukningen vid uttagning och intransport av ensilage bör kunna minskas genom ett sparsamt körsätt m.fl. åtgärder, uppskattning 700 kWh/år.

Rutiner. Troligen kan förbättrade rutiner utöver ett sparsamt körsätt spara en del, osäkert hur mycket. Försiktig bedömning är 500 kWh/år.

Sammantaget för dessa åtgärder bör man kunna sänka årliga energianvändningen med ca 18 000 kWh, vilket minskar nyckeltalet till 0,095 kWh/kg mjölk.

7.1.4. Gårdsexempel C. Gård belägen i Örebro län.

Energikartläggning gjordes hösten 2012 som Energikollen inom Greppa näringen. Gården har konventionell mjölkproduktion med 110 kor i en lösdriktshall byggd 1998. Sedan 2004 har man robotmjölkning. De äldre lagårdsbyggnaderna används för rekrytering, sinkor och kalvar. Beräkningen nedan omfattar mjölkarna inkl. småkalvar och sinkor.

Utfodring. Ensilage lagras i tornsilo, varifrån det blåses in till ett matarbord som matar en bandfoderfördelare. Kraftfoder till korna, vilket köps in som färdigfoder, utfodras i kraftfoderstationer i lösdriktshallen. Gården har alltså ingen elförbrukning för spannmålskrossning.

Ventilationen utgörs av självdragsventilation. I gamla lagården finns även fläktventilation.

Utgödsling med skrapspel i gångarna samt hydraulisk tryckare för tvärkulverten.

Belysning I kolagården används lysrör, som sektionerats.

Mjölkning sker med 2 robotar. Vakuumpumparna är frekvensstyrda. Mjölkkledningar till tanken är isolerade. Tanken är försedd med värmeåtervinning som utnyttjas till att värma vatten.

Energianvändning, nyckeltal

Tabell 9. Gårdsexempel C, nuläge. Energianvändning, avkastning och nyckeltal

	enhet	2012
Mjölkproduktion	ton/år	1 144
	kg/ko,år	10 400
El totalt	kWh/år	124 000
Diesel	l/år	510
Diesel	kWh/år	5 000
Energi summa	kWh/år	129 000
Nyckeltal	kwh/ko,år	1 172
Nyckeltal	kWh/kg mjölk	0,112
- varav el	kWh/kg mjölk	0,108
- varav diesel	kWh/kg mjölk	0,004

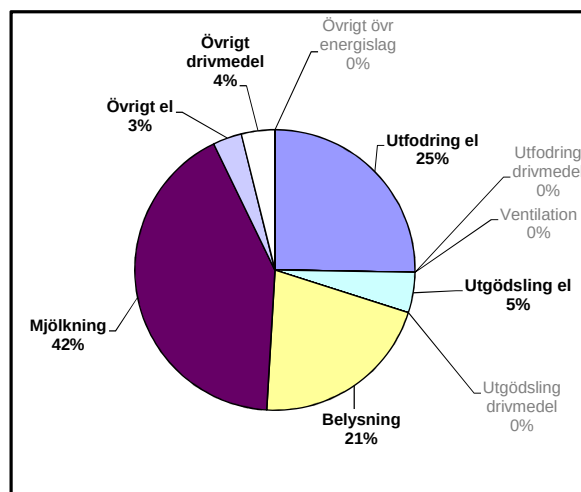


Bild 17. Energianvändningens fördelning på olika moment, gårdsexempel C, nuläge.

Möjliga förbättringar, gårdsexempel C.

Bättre ventilation av kondensorn bör kunna minska kylkompressorns elförbrukning med minst 2 000 kWh/år.

Förkylare till mjölken har installerats efter kartläggningen. Besparingen i kylkompressorns elförbrukning bör uppgå till ytterligare minst 8 000 kWh/år.

Värmeåtervinningen bör utnyttjas bättre. Värmeväxlare och varmvattenrör bör isoleras. Förbättringspotentialen uppskattas till 3 000 kWh/år.

Det finns en möjlighet att byta ljuskälla från lysrör till LED-belysning, om man vill ta den investeringen. Styrningen kan också förbättras. Bedömningen är att det är möjligt att spara minst 12 000 kWh/år på belysningen.

Transporter med traktor. Dieselförbrukningen vid uttagning och intransport av ensilage bör kunna minskas genom ett sparsamt körsätt m.fl. åtgärder, uppskattning 500 kWh/år.

Rutiner. Troligen kan förbättrade rutiner utöver ett sparsamt körsätt spara en del, osäkert hur mycket. Försiktig bedömning är 500 kWh/år.

Sammanlagt för dessa åtgärder bör man kunna sänka årliga energianvändningen med ca 25 000 kWh och därmed komma ner i ett nyckeltal nära 0,90 kWh/kg mjölk. I jämförelse med de andra gårdarna ska beaktas att gården C inte krossar sin egen spannmål, vilket betyder ungefär 0,002 kWh/kg mjölk.

7.2. Köttproduktion

Det finns inget stort underlag om energianvändningen på gårdar med köttproduktion. Några gårdar med köttproduktion har kartlagts bl.a. genom Energikollen i Greppa näringen, men data därifrån har ännu inte sammanställts. För köttproduktion används ibland enkel teknik och enkla byggnader. Nöt-köttproduktionen ställer inte så stora krav som mjölkproduktionen fast det finns vissa gemensamma drag i tekniken. Produktionen brukar heller inte tåla så stora investeringar.

Man får vara observant på att det förekommer många uppfödningssystemer och därför blir det svårt med nyckeltal och svårt att göra jämförelser mellan gårdar.

Skilnader ligger bland annat i

- mjölkras eller köttas
- insättningsålder
- endast vallfoder eller vallfoder + kraftfoder
- tjurar, stutar, kvigor eller blandat

Dessutom kan uppfödningen vara baserad på betesdrift i olika grad och byggnaderna kan variera från särskilda köttstallar, isolerade eller oisolerade till enkla ligghallar med utgång året runt.

Slutsatsen är att det med den stora variationen i köttproduktionen är svårare än i annan djurproduktion att visa på bra teknik och hur långt man kan komma i energieffektivisering. De följande gårdsexemplen ska därför ses som just exempel.

7.2.1. Teknik som sparar energi i köttproduktion

Utfodring

Utfodringen av vallfoder kan ordnas på många sätt och den anpassas till uppfödningssystemen. Därför är det svårt att generellt lyfta fram energisnål teknik. Den enklaste formen är en utfodringshäck för rundbalar ute på betet eller i rasthagen. Balarna körs ut med traktor eller lastmaskin och enda energislaget är då dieselenergi. Rundbalar kan också utfodras inne på stall med ex. en rälshängd upprullare. Det förekommer att man har ligghallar med en öppen långsida med foderbord. Utfodringen är då baserad på traktor med någon form av upprullare eller rivare. Traktordragen blandarvagn förekommer också.

I all körning är ett sparsamt körsätt viktigt för energianvändningen. Viktig är också logistiken, hur man lagrar vallfodret och transportavstånd från lager till utfodring. När man lagrar ex. ensilagebalar på fältet efter skörd så är det viktigt att inte transportera hem dem en och en utan lasta ett lass och köra hem.

Se även avsnittet om mjölkproduktion.

Belysning

Kött djuren ställer inte stora krav på belysning. Ibland är brinntiderna så korta att det inte är ekonomiskt motiverat att byta ljuskällor. Har man traditionella lysrör så finns det en stor besparing i byte till LED. Byte till de elektroniskt styrda T5-rören kan ge besparing men inte i kalla stallar.

Ventilation

Särskilda byggnader för köttdjur har oftast naturlig ventilation. Undantag kan vara när uppfödningen sker i äldre lagårdar, där man behöver använda fläktar. I så fall är styrningen viktig. Man kan behöva titta på möjligheten att byta till energieffektivare fläktar.

Utgödsling

En mekanisk, eldriven skraputgödsling svarar för en låg energianvändning. Energi till utgödsling betyder inte särskilt mycket. Undantaget är där utgödslingen baserats på traktor med skrapa. Djupströ-bädd kräver alltid en insats av traktor eller lastmaskin.

7.2.2. Gårdsexempel D. Gård belägen i Västra Götalands län.

Energikartläggning gjordes våren 2013. Gården producerar 60 tjurar per år med levande vikt 700 kg, totalt 42 000 kg levande vikt. Djurstallarna består av en gammal del där tjurarna går på spaltgolv i boxar och en nyare del med liggbås och lösdraft.

Gården har två uppfödningssystemer.

a) Mjölkrastjurar. Omkring 1 oktober köper man in 40 st 2 mån gamla mjölkrastjurar, som tillbringar första vintern i den gamla delen och en andra vinter i den nya delen för att sedan börja slaktas ut i mitten på maj. De går på bete under sommaren, ca 4 månader.

b) Kötttrastjurar. Omkring 1 oktober varje år köper man in 20 st 7 mån gamla kötttrastjurar som hålls i den nya delen för att sedan börja slaktas ut i mitten på maj. Elförbrukningen i gamla delen ligger helt på a) mjölkrastjurar.

Beskrivning

Utfodring. Vallfodret är ensilage i rundbalar, som tas in med traktor och sedan utfodras med en eldriven rälsgående balrivare. Egenproducerad spannmål krossas och utfodras.

Ventilation. Den nyare delen har naturlig ventilation. I den gamla delen finns två fläktar.

Utgödsling. I den nya delen skrapas gödselgången med linspel och nedgjutet finns en värmekabel att användas vid frysrisk. Den gamla delen har tryckutgödsling.

Belysning. Den nya delen ha bra insläpp av dagsljus, som kompletteras endast lite med lysrör. Den gamla delen har också lysrör, men tiden per dag är kort.

Energianvändning, nyckeltal

Tabell 10. Energianvändning med fördelning på två uppfödningssystemer. Gårdsexempel D, nuläge.

	Enhet	Mjölkras	Kötttras	Summa
Summa el	kWh/år	12 470	3 190	15 660
Dieselförbrukning, ta fram ensilage samt tvätta				
Dieselolja	l/år	300	75	375
Dieselolja (9,8 kWh/l)	kWh/år	2 940	735	3 675
Summa el och diesel	kWh/år	15 410	3 925	19 335
Antal prod.	tjurar	40	20	60
Energi per tjur	kWh/tjur	385	196	-
Levande vikt	kg/tjur	700	700	-
Energi per kg levande vikt	kWh/kg levande vikt	0,55	0,28	-

Nyckeltalet för mjölkkrastjurarna är mest intressant, eftersom den uppfödningen är från 2 månaders ålder till ca 20 - 21 månader. Nyckeltalet är 0,55 kWh/kg levande vikt.

Nyckeltalet för köttkrastjurarna är mindre intressant i detta fall, eftersom det inte omfattar hela uppfödningen, utan bara delen från 7 till 15 - 16 månaders ålder. Nyckeltalet 0,28 kWh/kg levande vikt gäller alltså bara från 7 till 15-16 månaders ålder.

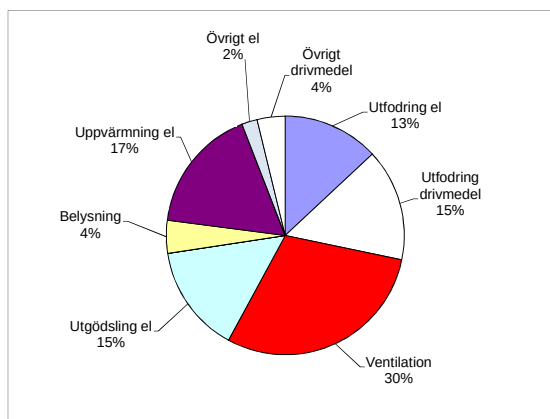


Bild 18.

Fördelning av mjölkkrastjurarnas energianvändning. Gårdsexempel D, nuläge.

Möjliga förbättringar, gårdsexempel D.

Belysning. Ett byte av ljuskällor är inte aktuell på grund av låga brinntider. Som framgår av diagrammet i bild 18 skulle det inte heller påverka nyckeltalet mycket.

Ventilationen svarar för nästan en tredjedel av energianvändningen. Om fläktventilation ersätts med naturlig ventilation bör nyckeltalet för mjölkkrastjurarna kunna minskas från 0,55 till 0,40 kWh/kg levande vikt. Det innebär dock ombyggnad och är en åtgärd som räknas till nivå 3.

Åtgärder på nivå 1 och 2 är byte till effektivare fläktar, kontroll av fläktstyrningen och byte till en effektivare spannmålskross. Uppskattningsvis kan dessa åtgärder minska nyckeltalet från nuvarande 0,55 till ca 0,50 kWh/kg levande vikt.

Dieselförbrukning. Gårdens ägare och medhjälpare tillämpar sparsamt körsätt efter en kurs i sparsam körning.

7.2.3. Gårdsexempel E. Gård belägen i Västra Götalands län.

Energikartläggning gjordes vintern 2013-2014. Produktionen är uppfödning av stutar av mjölkkras. Man har ett lösdriftsstall, byggt 2001, med plats för 200 djur. De finns i stallet mellan 5 och 22 månaders ålder. Före insättning där vid 5 månaders ålder håller man kalvarna i ett särskilt kalvstall, som är en ombyggd mjölklagård. Under stallperioden om 7 månader är stallet fullbelagt, men under betesperioden på 5 månader är hälften av platserna belagda.

Beskrivning

Utfodring. Från plansilor lastas ensilage och HP-massa i en traktordragen blandarvagn av märket Keenan och utfodring sker på lösdriftsstallets körbara foderbord.

Ventilation. Stallet är oisolerat och har naturlig ventilation. I kalvstallet finns fläktventilation.

Utgödsling. Stallet har liggbås och skrapad gång. Lindragna skrapor tar gödseln till en tvärkulvert med hydraulisk tryckare och sedan pumpas gödseln till lagringsbehållaren. Kalvstallet har en hydraulisk utgödsling.

Belysning. Både lösdriftsstall och kalvstall har belysning med lysrör av typ T8. Några av dem används till nattbelysning.

Övrigt. Dricksvatten till djuren i lösdriftsstallet värms under ca 3 månader vintertid med el.

Energianvändning, nyckeltal

Tabell 11. Energianvändning och nyckeltal. Gårdsexempel E, nuläge.

	enhet	2013
Produktion	kg levande vikt/år	95 000
El totalt	kWh/år	31 940
Diesel	l/år	3 450
Diesel	kWh/år	33 810
Energi summa	kWh/år	65 750
Nyckeltal	kWh/kg levande vikt	0,69
- varav el	kWh/kg levande vikt	0,33
- varav diesel	kWh/kg levande vikt	0,36

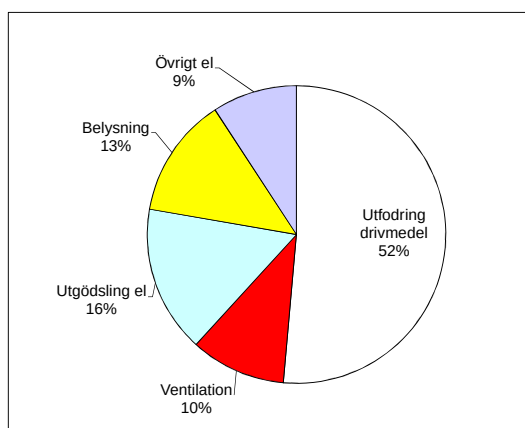


Bild 19. Fördelning av energianvändningen. Gårdsexempel E, nuläge.

Möjliga förbättringar, gårdsexempel E.

Utfodringen är baserad på dieseldrift. Som i all traktorkörning finns en besparingspotential genom ett sparsamt körsätt. Om man därmed kan spara 10 procent av diesel förbrukningen, så betyder det 345 l/år. Vidare bör traktorer förses med elektriska motorvärmare som styrs med tidur. Besparingen bör kunna bli 3500 kWh/år.

Erfarenheter från tidigare energikartläggningar visar att utfodring på körbart foderbord med traktor-dragen mixervagn ger en hög energianvändning. Verkningsgraden i en traktor är låg i jämförelse med i en elmotor. En övergång till stationär eldriven mixer och sedan utfodring med bandfoderfördelare eller elektisk rälsvagn är något som minskar energianvändningen. Den omställningen är inte möjlig över-

allt, därför att byggnaderna inte medger det. En kompromiss, som några lantbrukare infört, det är att komplettera mixervagnen med en elmotor så att mixningen görs med el och utfodringen görs med traktor. Den konstruktionen tillsammans med sparsamt körsätt skulle minska utfodringens energianvändning från 33800 kWh/år med 8400 kWh/år.

Ventilation. Eftersom fläktarna är av en äldre konstruktion så är det troligt att ny teknik med EC-motorer och bättre fläkthjul kan halvera förbrukningen, en minskning med över 3000 kWh/år.

Belysning. Det finns potential att halvera förbrukningen om lysrören byts mot moderna LED-rör, en minskning med över 4000 kWh/år.

Sammantaget finns alltså möjlighet att minska energianvändningen med 15 000 kWh/år. Det minskar nyckeltalet från 0,69 till 0,53 kWh/kg.

7.2.4. Gårdsexempel F. Gård belägen i Örebro län.

Energikartläggning gjordes hösten 2012 som Energikollen i Greppa näringen.

Besättningen består av ca 100 dikor av raserna Highland Cattle och Hereford. Kalvarna föds upp till slakt, ca 100 djur per år. Om man antar en levande vikt på 600 kg vid slakt i medeltal, så produceras 60 000 kg i levande vikt per år.

I det följande görs en ungefärlig uppdelning av energianvändningen på diko+kalv och slaktdjur.

Beskrivning

Djuren går ute hela året, men de har tillgång till ligghallar och vindskydd. Vinterfodret består av rundbalsensilage, som transporteras ut med traktor.

Elenergi

Systemet ger en mycket låg elförbrukning, som bara utgör ca 6 procent av energianvändningen i djurproduktionen. Elenergi används till viss belysning, till vattenpump och till att frostsäkra vattenkoppar. Det används därför inte mer än 3800 kWh el per år, som här fördelas lika på diko+kalv och slaktdjur.

Diesololja

Dieselförbrukningen i djurproduktionen är 5700 l/år. Framtagning av ensilagebalar till foderhäckarna står för största delen. Resten är utgödsling, ströning och en del övrigt. En ungefärlig fördelning är 60 procent på slaktdjuren och 40 procent på dikor med kalvar.

Tabell 12. Fördelning av energianvändningen, kWh/år. Gårdsexempel F, nuläge.

	Totalt	Dikor 100 kor	Slaktdjur 60 000 kg
El	3 800	1 900	1 900
Diesel, 5700 l/år	55 860	22 540	33 320
Summa	59 660	24 440	35 220
Nyckeltal		244 kWh/diko	0,59 kWh/ kg levande vikt

Möjliga förbättringar, gårdsexempel F.

Utfodring och transporter. Dieselförbrukningen i djurproduktionen är 5700 l/år och den svarar för mer än 90 procent av energianvändningen. Det viktigaste är ett sparsamt körsätt och andra åtgärder som rör arbeten med traktor. Vid kartläggningstillfället fanns planer på att utbilda de anställda förarna i sparsam körning. Det är rimligt att anta att det kan spara 10 procent, 570 l/år eller ca 5700 kWh/år. Vidare bör traktorer förses med elektriska motorvärmare som styrs med tidur. En bättre planering och logistik kring ensilagetransporterna bör kunna spara ytterligare och totalt bör 700 l/år eller ca 7000 kWh/år kunna sparas.

Den besparingen medför att nyckeltalen minskas från 244 till 216 kWh/diko+ kalv respektive från 0,59 till 0,52 kWh/kg levande vikt.

7.3. Grisproduktion

Genom ett antal energikartläggningar på gårdar med grisproduktion har vi fått en bild av var och hur energin används och vad man kan göra för att spara energi.

Bild 20 visar medeltal från en sammanställning i Kartläggning av energianvändning på Lantbruk 2008 (Neuman, m.fl. 2009). I studien beräknades nyckeltal inom de fastställda systemgränserna. Det användes då ca 46 kWh per producerad smågris och ca 30 kWh per producerat slaktsvin. En betydande variation mellan enskilda gårdar har sin grund i skillnader i såväl system som i teknik och hantering. Det tas som en indikation på potential att effektivisera och spara energi. Vid energikartläggningarna noterades sådana möjligheter och en åtgärdsplan är en given del i energikartläggningen.

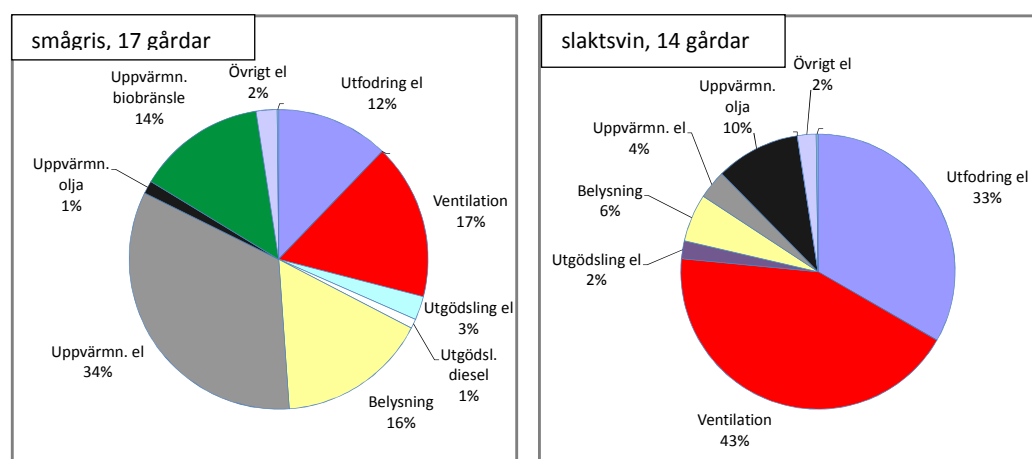


Bild 20. Energianvändning i grisproduktion. Vägda medeltal från alla gårdar i den kartläggning som gjordes 2008 (Neuman, m.fl. 2009).

7.3.1. Teknik som sparar energi i grisproduktionen

Foderberedning

Sönderdelningen av spannmål och rätt malfinhet är viktig i slaktsvinsproduktionen. Traditionellt används hammarkvarn och det har tidigare varit vanligt att den också svarat för transportarbetet eftersom den kan suga till sig spannmålen och blåsa mjölet vidare. Transport med luft är inte energieffektiv. Elförbrukningen vid lufttransport är 2-3 gånger så hög, räknat per ton, som vid skruvtransport. Därför är det bättre att komplettera hammarkvarnen med skruvar och inte använda kvarnen för transportarbete.

Ett alternativ till hammarkvarn är skivkvarn. I en dansk studie (Holm, M. Mortensen, K. 2012) med praktiska försök använde skivkvarnen 2 - 4 kWh mindre per ton malgods än hammarkvarnen. Mätningarna gjordes på själva malningen och transportarbetet ingick inte.

Tabell 13. Elförbrukning vid malning av vete och korn, jämförelse mellan hammarkvarn och skivkvarn. Transport till och från kvarnarna ingår inte.

Typ av kvarn	vete 14 % vattenhalt	korn 14 % vattenhalt
Hammarkvarnar medeltal	10,3 kWh/ton	16,7 kWh/ton
Skivkvarn	8,2 kWh/ton	12,0 kWh/ton

(Källa: Holm, M. Mortensen, K. 2012)

I samma studie mättes energianvändningen vid olika malfinhet. Kvarnarna använde i medeltal 15 kWh/ton när 80 procent av partiklarna var mindre än 1 mm och 10 kWh/ton när 65 procent av partiklarna var mindre än 1 mm. Det är en stor skillnad, men som författarna kommenterar, det är inget argument för mera grovmalet foder, eftersom det försämrar grisarnas foderupptagning för mycket.

Hammarkvarnar använder mindre energi om spannmålen är torr. I den danska studien mättes även energibehovet vid varierande vattenhalt. Jämfört med torr spannmål stiger energibehovet i genomsnitt med 2 kWh/ton för varje procentenhets ökning av vattenhalten. Det kan i någon mån påverka valet mellan exempelvis lufttät lagring och torkning. Ändringen i vattenhalt påverkar dock energin för torkning mycket mer än energin för malning. Man har en tumregel som säger att varje procentenhets sänkning av vattenhalten gör 18 - 19 kWh/ton.

Utfodring

Det finns två huvudsakliga utfodrings tekniker, blötutfodring och torrutfodring. Den energieffektivaste är torrutfodringen. Blötutfodringen använder mycket energi till omrörning och pumpning men har ändå blivit dominerande på slaktsvinssidan, av flera skäl. Man blir mer flexibel och kan lätt använda alternativa fodermedel (även blöta), som är prismässigt intressanta. Det blir möjligt vid större anläggningar att ha ett centralt foderkök som serverar flera stallar.

Det finns två typer av foderpumpar, centrifugalpump och skruvpump, som båda har sina fördelar och nackdelar.

I äldre danska rekommendationer (Pedersen & Hinge 2002) har man förordat centrifugalpumpen på grund av lägre elförbrukning än skruvpumpen. Detta stämmer väl vid lättflytande blandningar och vid lågt motstånd. Hos skruvpumpen, som är en deplacementpump, sjunker inte kapaciteten nämnvärt med ökat motstånd. Därför blir den energieffektivare vid stort motstånd i pumpledningen som vid långa ledningar till flera stallar. Start av pumpning med stillastående foder i ledningen kräver oftast skruvpump.

För att få en bra kapacitetsreglering kan motorn till pumpen med fördel vara frekvensstyrd och det medför också en energibesparing.

Ventilation

För växande grisar är det ventilationen som använder mest energi (bild 20). Den svarar för 40 - 50 procent av slaktsvinsproduktionens energianvändning eller mellan 9 och 12 kWh per färdig gris. Med grisarnas behov av stallklimat är det inte möjligt att ordna ventilation till växande grisar på något annat sätt än med fläktar. Undantaget kan vara i de system med djupströbbädd som används vid ekologisk produktion.

Undertrycksventilation använder mindre energi än neutraltrycksventilation, där fläktar används både för tilluft och för frånluft. I breda stallar vill man inte frånga neutraltrycksventilation, som där ger bättre fördelning av friskluften.

Luftomsättningen är hög och om styrningen är dålig kan man få betydande värmeförluster via ventilationen. Bra styrning innebär att luftflödet regleras efter temperatur och luftfuktighet samt att ventilation och uppvärmning samregleras. Fläktarna har utvecklats och det är vanligt att nyare fläktar transporterar mer luft per insatt kWh elenergi än äldre fläktar. Det är vanligt att ha en kombination av varvtalsreglerade fläktar och fläktar med bara start och stopp. Med s.k. smart-styrning startas, stoppas och regleras fläktarna på ett sätt så att man får en praktiskt taget steglös reglering av hela fläktsystemet. Ett utbyte av triac-styrda fläktar, som länge använts för varvtalsreglering, mot frekvensstyrda fläktar innebär en effektivisering och besparing. Ännu större besparing, kanske 50 procent kan uppnås om man sätter in fläktar med EC-motorer, även kallade PM-motorer.

Utgödsling

Energisnålaste sättet att transportera gödsel är med gravitationens hjälp, självflyt. För slaktsvinsstallar har utvecklats en variant som kallas vakuumutgödsling. Under spaltgången lagras gödseln i kanalen för att sedan tömmas genom att man öppnar till de rör som ligger nedgjutna i betongen. Rören leder via ett vattenlås till en pumpbrunn. Utgödsling sker med högst två veckors intervall och det tar endast ett par minuter att lyfta varje tömningspropp. Vakuumutgödslingen fungerar bäst när inget strö alls används, men de svenska reglerna föreskriver strö. Det kan ge problem i självflytande gödsel, särskilt om halmen inte är tillräckligt finhackad.

Många producenter upplever det som säkrare med mekanisk utgödsling, att ha skrapor under spalten. Ett linspel med skrapor använder inte särskilt mycket energi och utgödslingens andel av energianvändningen i slaktsvinsproduktionen är inte mer än någon procent. Linspel är vanliga i suggavdelningarna, medan tvärkulverten ofta har hydraulisk tryckare.

Belysning

Belysningen är inte tänd särskilt mycket i slaktsvinsstallarna och därför är frågan om belysningsteknik där av liten betydelse. Investeringar i effektivare och dyrare ljuskällor kräver långa driftstider. Hos suggorna finns större anledning att titta på tekniken, eftersom belysningen utgör en större andel. Exempelvis LED-lysrör kan här vara ett alternativ till de vanliga ljusrören, särskilt vid långa brinntider. De kan i många fall ge en energibesparing på ca 50 procent.

Uppvärmning

Uppvärmning med olja och direktverkande elvärme har till stor del ersatts med annan uppvärmning. Det har blivit vanligt med värmepump, där man lagt kollektorslang i gödselkanaler för att ta till vara värmen i gödseln och där värmepumpen levererar värme till golvvärme. Samtidigt vinnas den fördelen att gödseln kyls så att en mindre mängd ammoniak avgår till stalluften. Stallmiljön blir bättre och likaså kvävehushållningen.

I smågrisproduktionen är utmaningen att förse smågrishörnan med värme för bästa komfort och överlevnad. Traditionell metod är att använda värmestrålning från värmelampor. Även om man har en golvvärmeslinga, som kan regleras separat för smågrishörnorna, förekommer komplettering med värmelampor. En orsak är trögheten i golvvärmen. Det kan ta flera timmar att justera golvet ytemperatur ett par grader. I studien 2008 (Neuman, m.fl.2009) användes hälften av smågrisproduktionens energi till uppvärmning, och närmare 40 procent av denna svarade värmelampor för. Detta var då medeltal för flera anläggningar med olika standard.

Smågrisarnas temperaturbehov förändras från 32 - 33 °C för nyfödda till 24 °C för nyavvanda. Omgivningstemperaturen för suggan bör däremot ligga på högst 18 - 20°C. Man bör kunna ställa följande krav på värmen i smågrishörnan:

- rätt temperatur och möjlighet att reglera temperaturen efter smågrisarnas behov
- bra temperaturfördelning över smågrisarnas liggyta
- dragfritt

I en del stallar har man endast ett tak över smågrishörnan som då håller kvar värme från golvvärmeslingan. Detta ser ut att kanske vara den energisnålaste lösningen, men temperaturregleringen sker långsamt i golvvärmen.

Tak används också för att komplettera en värmelampa genom att det då håller kvar värmen bättre. Om taket är transparent, kan värmelampan hänga ovanför och stråla igenom taket. Med ett transparent tak underlättas tillsynen också. Det ger god möjlighet till ett tättslutande tak, vilket minskar risken för drag.

Reglering av temperaturen är ett område där det bör gå att spara energi. Höjdreglering av värmelampan är det sämsta sättet, eftersom det inte spar energi. Därtill kanske man använder värmelampor med onödigt hög effekt. Ett bra hjälpmedel är en så kallad sparknapp i armaturen. Med denna kopplar man

in en diod, som stänger av strömmen till hälften och därmed halveras effekten. Efter grisens första, känsligare, dagar kan man slå på sparknappen. Det har också visat sig fungera att koppla in en helt vanlig dimmer, en så kallad sladd-dimmer mellan uttag och värmelampa. Då kan grisskötare reglerar effekten steglöst efter behov. En modern dimmer har samma typ av triac-koppling som länge använts på varvtalsstyrda fläktar. Funktionen beskrivs lite närmare i Handbok för energieffektivisering, del 3. Dimmern kan också vara placerad centralt och reglera ex. en hel boxrad.

På marknaden finns sedan en tid så kallade lågenergilampor, som enligt tillverkarna ska ge mer värme i förhållande till märkeffekten. Begreppet "lågenergi" är något tvivelaktigt i sammanhanget, då det inte betecknar samma sak som i belysning, d.v.s. lysrörslampor. Dessa har ju den fördelen att de avger lite värme i förhållande till ljus. Med värmelampor vill man ju istället ha så mycket värme som möjligt. Förbättringen i värmelamporna ligger i den inbyggda reflektorn, som då riktar mer av värmestrålningen åt rätt håll. Dessa lampor har tilläggsbeteckningen PAR, Parabolic Aluminized Reflector. Vid inköp av värmelampor har man tyvärr inte mycket information att gå efter. Det borde finnas tester av värmelampor som visar på elförbrukning, temperaturer och inte minst temperaturfördelningen. Med hjälp av en IR-termometer kan man konstatera att temperaturerna fördelar sig ojämnt under värmelamporna.

Automatisk värmestyrning, som ser till att det varken är för varmt eller för kallt, bör kunna optimera energianvändningen. En sådan utrustning, som finns på marknaden, består av ett tak med värmelampa och en elektronik med en IR-sensor, som känner av temperaturen, och en dimmer som ändrar lampans effekt.

En utrustning har dessutom möjligheten att vinkla en del av taket för värmereglering. Tester av sådana utrustningar visar på goda möjligheter att minska energianvändningen i smågrishörnan.

Eftersom en så stor del av smågrisproduktionens energibehov rör smågrishörnan, kunde man vänta sig att det satsas mer på forskning och utveckling på detta område.

7.3.2. Gårdsexempel G. Gård belägen i Västmanlands län.

Gården har integrerad produktion med tillväxtboxar. Anläggningen togs i bruk 2008.

Slaktsvinsavdelningen har totalt 1800 platser och producerar ca 5000 slaktsvin/år. I smågrisproduktionen, med 254 sugor, producerar gården ca 5920 smågrisar/år.

En energikartläggning gjordes sommaren 2012 i samarbete med Torsten Hörndahl, SLU. Vissa delar av elförbrukningen undersöktes noggrannare genom separata mätningar, dels genom installerade elmätare och dels med särskild mätning på utfodringsdelen.

Beskrivning

Foderberedning och utfodring. Malning av egen spannmål görs med hammarkvarn. Till och från kvarnen sker transporten med skruvar. Blötutfodringsystemet är av typ rundpumpning, där centrifugalpump används. Den är inte varvtalsreglerad.

Ventilation. Alla avdelningar har mekanisk undertrycksventilation. Fläktarna är stegfläktar kompletterade med varvtalsreglerad fläkt. Styrningen sker på temperatur och personalen har koll på relativa luftfuktigheten.

Utgödsling. I slaktsvins- och tillväxtavdelningar finns s.k. vakuumutgödsling, som ju inte använder någon energi. I betäcknings- och grisningsavdelningar finns mekaniska skrapor med linspel. I tvärkul-

verten för en hydraulisk tryckare gödseln till en pumpbrunn. Efter omrörning i pumpbrunnen pumpas gödseln med en 18,5 kW pump till lagringsbehållaren.

I sinsuggavdelningen finns en ströbädd, som gödslas ut med lastmaskin. Här finns alltså ett litet inslag av dieselolja i energianvändningen.

Belysningen har traditionella T8-rör och i avdelningarna är den försedd med tidsstyrning. Styrningen är speciellt viktig i sinsuggavdelningen.

Uppvärmning sker i huvudsak med två värmepumpar, som hämtar värme från kollektorslangar i gödselkilver och gödselgångar och även under sinsuggornas ströbädd. Det finns också en 30 kW elpanna, som kopplas in vid behov.

Tillväxt-, betäcknings- och grisningsavdelningarna har golvvärme. I grisningsavdelningarna är golvvärmen sektionerad så att en särskild värmeslinga är avsedd för smågrisarna. Där användes vid kartläggningen inga värmelampor, men det är tak över smågrishörnan. För övrigt hålls en rumstemperatur på 17 - 18 °C.

I slaktsvinsavdelningarna leds värme i frontrören. Vid upptorkning efter tvätt sätts elektriska arotemprar in.

Gården planerar för en fliseldad värmecentral som värmer stallar, spannmålstork och bostäder.

Energianvändning, nyckeltal

Tabell 14. Sammanställning av energianvändning, kWh/år. Fördelning på moment och beräkning av nyckeltal. Gårdsexempel G, nuläge. Sammanställt med reservation för uppdelning mellan smågris- och slaktsvinsproduktion.

	Smågris	Slaktsvin
Utfodring	18 630	42 900
Ventilation	34 400	31 200
Utgödsling, el	2 382	1 400
Utgödsling, diesel	2 000	0
Belysning	53 000	23 280
Uppvärmning, el	64 392	20 000
Övrigt, el	1 500	1 500
Summa el och diesel	176 304	120 280
Produktion	5920 smågrisar/år	6000 slaktsvin/år
Nyckeltal	29,8 kWh/smågris	20,0 kWh/slaktsvin

Nyckeltalet 29,8 kWh/smågris är mycket bra jämfört med gårdarna i kartlägningsstudien 2008 (Neuman m.fl. 2009), där de bästa 5 gårdarna med integrerad produktion låg på ett medeltal av ca 41 - 42 kWh/smågris.

Nyckeltal för slaktsvinen är 20 kWh/slaktsvin. Det är i nivå med de bästa vid kartlägningsstudien 2008 (Neuman m.fl. 2009) och betydligt lägre än studiens medeltal på ca 31 kWh/slaktsvin.

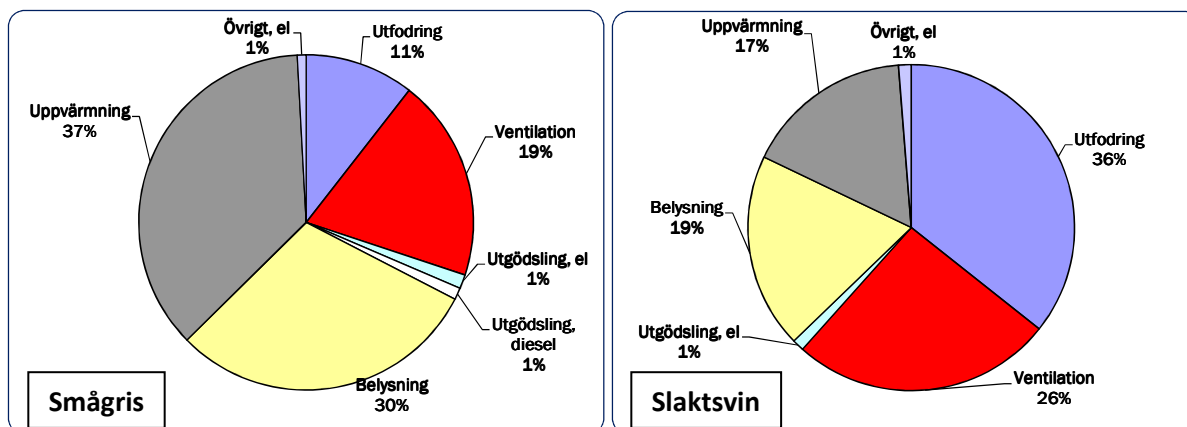


Bild 21. Procentuell fördelning av energianvändningen. Gårdsexempel G, nuläge.

Möjliga förbättringar, gårdsexempel G.

Nyckeltalen är låga. Anläggningen fungerar väl och är välskött. Om man vill inrikta sig på att energieffektivisera ytterligare, kan man dock göra några åtgärder. Det finns möjlighet att nå lägre nyckeltal.

Anläggningen är relativt ny, varför det inte är aktuellt att byta ut fungerande utrustningar ännu på några år med mindre än att kalkyler kan visa på lönsamhet i byten. Det är ändå intressant att göra en uppskattning av hur mycket energieffektiviteten och nyckeltalen skulle kunna förbättras med vissa åtgärder.

Det är värt att notera att denna gård klarade smågrisarna utan användning av värmelampor under det år som energikartläggningen gjordes. Värmetak över smågrishörnan kompletterar golvvärme, men nackedelen med detta är en stor tröghet i värmeregleringen. Därför började man mindre omfattning komplettera med värmelampor under 2013 för att öka antalet överlevande smågrisar. Om detta antal ökar, så kommer en mindre komplettering med värmelampor inte att påverka nyckeltalet nämnvärt, om ens något.

Belysning i smågrisproduktionen svarar för över 50 000 kWh/år. Att byta ut ett antal lysrörsarmaturer för T8-rör till T5-rör bedöms spara 5000 kWh/år. Byte till LED-rör sparar mer, troligen minst 20 000 kWh/år. Byte av lysrören i slaktsvinsavdelningen kan tyckas mindre aktuell på grund av korta brinntider där. Ändå kan man konstatera en stor sparpotential. Byte till LED-rör skulle kunna halvera energibehovet på 23 000 kWh/år, alltså spara ca 11 000 kWh/år.

Belysningen i korridorer är tänd många timmar och använder ca 7000 kWh/år. Här kan man ha ledljus samt närvarodetektorer som tänder upp vid behov, kombinerat med timer som släcker efter viss tid. Ett alternativ kan vara att byta till LED-belysning. Med lämpliga åtgärder bör man kunna spara 2000 kWh/år, fördelade med 1000 kWh/år på smågris och 1000 kWh/år på slaktsvin.

Motsvarande i personalutrymmen bör kunna spara ca 1000 kWh/år, fördelade med 500 kWh/år på smågris och 500 kWh/år på slaktsvin.

Utfodring. Frekvensstyrning av foderpumpen bör kunna spara 1000 kWh/år, fördelade med 500 kWh/år på smågris och 500 kWh/år på slaktsvin.

Ventilationen i smågrisavdelningen använder över 34 000 kWh/år. EC-fläktar kan enligt vissa källor spara upp till 50 procent av energin till ventilationen. Det betyder i så fall 17 000 kWh/år.

Ventilationen i slaktvinsavdelningen använder över 30 000 kWh/år. Om EC-fläktar kan spara upp till 50 procent av energin till ventilationen så betyder det 15 000 kWh/år.

Sammantaget bör åtgärderna medföra en minskning totalt av energianvändningen med ca 67 000 kWh/år. Nyckeltalen sänks då till ca 23 - 25 kWh/smågris och ca 16 - 17 kWh/slaktvin.

Planerad uppvärmning med flis påverkar nyckeltalen uppåt.

Uppvärmning med flis kommer att ersätta värmepumparna, åtminstone delvis. Att även i fortsättningen hämta värme till värmepumparna från gödseln är ju positivt för såväl djurmiljö som kvävehushållning. Ett byte till uppvärmning med biobränsle är inte någon egentlig energieffektivisering, beroende på pannans och värmesystemets lägre verkningsgrad. Det är ändå en angelägen åtgärd från klimat- och miljösynpunkt.

Vid energikartläggningen beräknades elanvändningen för uppvärmning till ca 84 000 kWh/år. Om kombinationen av värmepumpar och elpanna antas ha en värmefaktor på 2,5 så levereras $2,5 \cdot 84\,000 = 210\,000$ kWh värme per år. När flispannan och kulvertsystemet sätts in så minskas värmesystemets verkningsgrad. Om den är 80 procent, så måste bruttotillförseln av energi i flisen vara 262 500 kWh/år. Det är en stor ökning av energitillförseln.

Tabell 15. Nyckeltal i kWh/smågris. Nuläge är vid kartläggningen. Åtgärd steg 1 innebär effektiviseringar enligt ovan. Åtgärd steg 2 innebär dessutom att uppvärmningen ändrats från värmepump till fliseldning.

Moment	Nuläge		Åtgärd steg 1		Åtgärd steg 2	
	värmepump	- varav el	värmepump	- varav el	fliseldning	- varav el
Utfodring	3,1		3,1		2,9	
Ventilation	5,8		2,9		2,8	
Utgödsling, el	0,4		0,4		0,4	
Utgödsling, diesel	0,3		0,3		0,3	
Belysning	9,0		5,3		5,1	
Uppvärmning el	10,9		10,9		2,3	
Uppvärmning flis					32,7	
Övrigt, el	0,3		0,3		0,2	
Nyckeltal	29,8	29,4	23,2	22,9	46,9	13,9

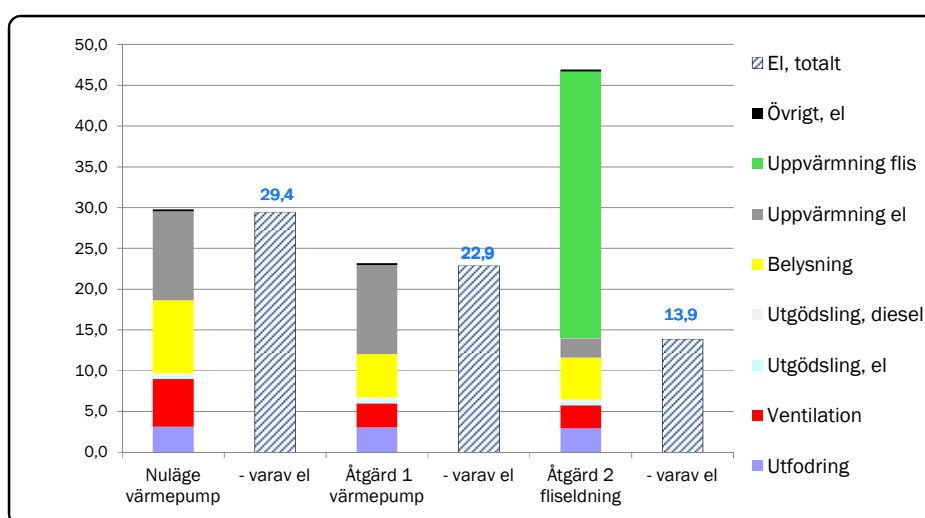


Bild 22. Diagrammet åskådliggör skillnaderna enligt tabell 14.

Efter åtgärder för energieffektivisering samt byte till fliseldning stiger nyckeltalet till 46,9 kWh/smågris. Samtidigt sjunker andel elenergi i nyckeltalet, först från nulägets 29,4 till 22,9 kWh/smågris. Byte till fliseldning minskar den sedan till 13,9 kWh/smågris.

Detta är ett talande exempel på att man inte ensidigt ska sträva efter ett lågt nyckeltal utan att se på dess innehåll, vilka energislag som ingår.

7.3.3. Gårdsexempel H. Gård belägen i Västra Götalands län.

Gården har slaktsvinsproduktion i en anläggning från 2004. Det finns 1600 platser i fyra avdelningar. Gården producerar 5200 slaktsvin/år.

En energikartläggning i svinproduktionen gjordes 2013 i samband med testning av Vattenfalls EnergyWatch Pro. Egna mätningar har också bidragit till underlaget.

Beskrivning

Foderberedning och utfodring. Fodret utfodras som blötfoder. Malning av egen spannmål görs med en skivkvarn, placerad i ett rum intill spannmålstorken. Till kvarnen sker transporten med skruvar, liksom från kvarnen till blandningstanken. Efter en första omrörning pumpas blandningen till svinstallets foderkök, en sträcka på ca 75 m. I foderkökets blandningstank tillsätts premixer och vassle. Utfodring sker 12 gånger per dygn. Både transportpumpen och utfodringspumpen är centrifugalpumpar.

Ventilationen är av typ undertrycksventilation. Varje avdelning har två varvtalsreglerade fläktar som går kontinuerligt samt två stegfläktar som kopplas in vid behov.

Utgödsling sker med skrapor på linspel under spalt och sedan pumpas gödseln till lagringsbehållare i anslutning till stallet.

Belysningen har traditionella T8-rör och den är försedd med tidsstyrning så att ljuset tänds en halvtimme vid varje utfodring.

Uppvärmning sker med två värmepumpar, som hämtar värme från kollektorslangar i gödselkultivertarna. Detta är en teknik som genom kylning av gödseln bidrar till att förbättra djurmiljö och kväveushållning. Då har det även betydelse för indirekt energi. Emellertid är betydelsen liten i detta fall, eftersom värmepumparna i medeltal går 870 resp. 700 tim/år, d.v.s. mindre än 10 procent av tiden. Det hänger samman med lågt värmebehov hos slaktsvinen. Tillförsel av elenergi till värmepumparna är inte mer än ca 12 000 kWh/år. Värmebehovet kan vid en värmefaktor 2,5 uppskattas till ca 30 000 kWh/år.

Tabell 16. Sammanställning av energianvändning, kWh/år. Fördelning på moment och beräkning av nyckeltal. Gårdsexempel H, nuläge.

	kWh/år	kWh/gris
Utfodring	47 100	9,1
Ventilation	42 800	8,2
Utgödsling, el	2 500	0,5
Belysning	31 100	6,0
Uppvärmning, el	13 200	2,5
Övrigt, el	8 300	1,6
Summa	145 000	27,9

Nyckeltal för slaktsvinen är 27,9 kWh/slaktsvin. Det är något under medeltalet på ca 31 kWh/slaktsvin i kartläggningsstudien 2008 (Neuman m.fl. 2009).

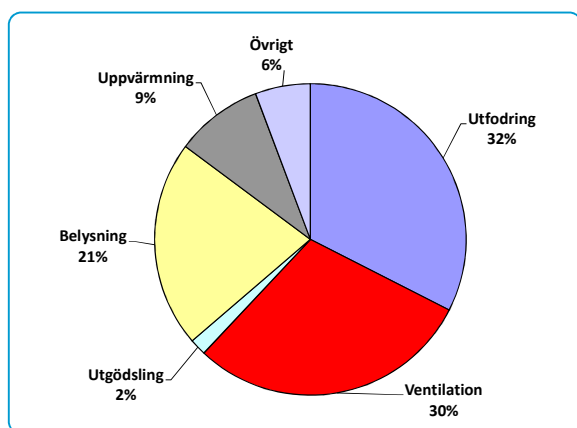


Bild 23. Procentuell fördelning av energianvändningen. Gårdsexempel H, nuläge.

Möjliga förbättringar, gårdsexempel H.

Anläggningen fungerar väl och är välskött. Nyckeltalet är dock inte så lågt som man skulle önska. Positivt från effektivitetssynpunkt är till exempel att man tidigt valde en skivkvarn och valde bort lufttransport till och från kvarnen. Det ger en skillnad på ungefär 4000 - 5000 kWh/år. Uppvärmningen med värmepumpar är i sig energieffektiv. Värmebehovet inte är mer än 30 000 - 35 000 kWh/år, så det är inte aktuellt att byta till värme baserad på biobränsle. Gården har inte heller rätt förutsättningar för en biobränsleeldad värmecentral. Det skulle för övrigt höja nyckeltalet, vilket diskuteras på andra platser i rapporten.

Det finns en potential till förbättringar. Om man vill byta ut fungerande utrustningar kan det vara värt att räkna på lönsamheten, alternativt invänta utträngning. Det kan ofta finnas andra skäl än energieffektivisering till att man vill vänta med utbyten.

Foderberedning och utfodring. Fodret blandas och pumpas två gånger. Det kan vara en praktisk lösning, men den är inte energieffektiv. Om malning kan ske i anslutning till en tank i foderköket skulle energin till en tank och en pump sparas in. Det betyder minst 14 000 kWh/år. Då måste det samtidigt till en transportör från torken till foderköket. Även om fläkttransport har ett stort energibehov i jämförelse med andra transportörer, så bedöms det som mest rationellt vid det stora avståndet. Energibehovet för den transporten kan beräknas till ungefär 2000 kWh/år. Nettobesparingen blir alltså 12 000 kWh/år. Frekvensstyrning av foderpumpen bör kunna spara 1000 kWh/år.

Ventilationen använder över 40 000 kWh/år. Om EC-fläktar kan spara så mycket som 50 procent av energin till ventilationen så betyder det 20 000 kWh/år. En översyn av styrningen kan kanske bidra till besparing. Besparingspotentialen kan vara mer än 18 000 kWh/år.

Belysning svarar för över 30 000 kWh/år. Att byta ut ett antal lysrörsarmaturer för T8-rör till T5-rör bedöms spara 4000 kWh/år. Byte till LED-rör sparar mer, kanske 40 - 50 procent. Det sparar i så fall 12 000 - 15 000 kWh/år.

Sammantaget bör åtgärderna medföra en minskning totalt av energianvändningen med ca 43 000 kWh/år. Nyckeltalet sänks då från 27,9 till närmare 19 kWh/slaktsvin.

7.4. Äggproduktion

Det finns inte mycket underlag om energianvändningen i äggproduktion och kunskapen om möjligheter till energieffektivisering är begränsad. Det kan vara ett område för framtida undersökningar.

7.4.1. Teknik som sparar energi i äggproduktion

Belysning

Dagsljus har inte utnyttjats mycket till fjäderfä, beroende på att fåglarna ska ha ett jämnt ljus, inte direkt sol och inga skuggor. Det har varit vanligast med fönsterlösa stallar och enbart artificiell belysning. Med stigande energipriser och med nya certifieringsregler ökar intresset för byggnadslösningar som släpper in dagsljus och gör det på ett sätt som inte stör hönorna. Ljusinsläppen bör då ha möjlighet att regleras.

Belysningen utgör en stor del av energianvändningen i äggproduktionen, särskilt i äldre anläggningar med vanligt glödljus. Skälet till glödlampor är att djuren kan störas av flimmer från de vanliga lysrörren av typ T8, som hade varit en tänkbar ersättning. Det är bättre med lysrör typ T5, som har en elektronisk styrning och högre blinkfrekvens. Under de senaste åren har LED-tekniken och LED-lamporna utvecklats starkt och det finns nu bra sådana alternativ till glödlamporna. Inledandeförsök med LED har visat på goda resultat, men man ska vara uppmärksam på om det går att dimma ner.

Ventilation

En väl fungerande ventilation är av stor betydelse för produktionen. Mekanisk ventilation är i dagsläget enda alternativet, men den står för mer än 50 procent av elförbrukningen. Den nya tekniken med EC-motorer har tillsammans med bättre utformade fläkthjul en potential att avsevärt sänka ventilationens elförbrukning, kanske en halvering om befintlig ventilation är gammal.

7.4.2. Gårdsexempel I. Gården belägen i Kalmar län.

I samband med testning av EnergyWatch Pro har en anläggning med äggproduktion kartlagts sommaren 2013. Äggproduktionen bedrivs med 15 000 frigående hönor i fyra olika avdelningar. Årsproduktionen är 280 ton ägg. En elmätare mäter anläggningen med värphöns i fyra avdelningar samt en packeriavdelning. Det finns inga andra enheter eller bostäder under elmätaren och därför får man säkra värden på elförbrukningen i äggproduktion + packeri. År 2012 var förbrukningen 52 500 kWh.

Beskrivning

Utfodring. Fodret, som köps färdigblandat, skruvas från utomhussilor och förs ut i avdelningarna med en foderkedja. Elförbrukningen i utfodringen är låg.

Ventilation sker med varvtalsstyrda fläktar och effektiv styrning. Tidigare, 2011, byttes ventilationen ut, så den har redan effektiviserats till viss del.

Utgödsling. I varje avdelning finns en gödselskruv + en elevator för att lasta en traktortransport. Till detta moment räknas också transport med traktor från anläggningen till ett gödsellager.

Belysning. Belysningen styrs av ett ljusprogram, vilket är viktigt. I avdelningarna har en del glödlampor bytts ut mot LED-lampor, vilket reducerat elförbrukningen betydligt. Detta fullföljs under 2013.

Förbrukning och nyckeltal

2012 använde anläggningen 0,200 kWh/kg ägg, mest elenergi, men 6 procent är dieselolja i samband med utgödsling. Ca 0,025 kWh/kg ägg används i packeriet.

Energianvändning, nyckeltal

Tabell 17. Energianvändning och nyckeltal. Gårdsexempel I, nuläge.

	enhet	2012
Produktion	kg ägg	280 000
El totalt	kWh/år	52 500
Diesel	l/år	350
Diesel	kWh/år	3 430
Energi summa	kWh/år	55 930
Nyckeltal	kWh/kg ägg	0,200
- varav el	kWh/kg ägg	0,188
- varav diesel	kWh/kg ägg	0,012

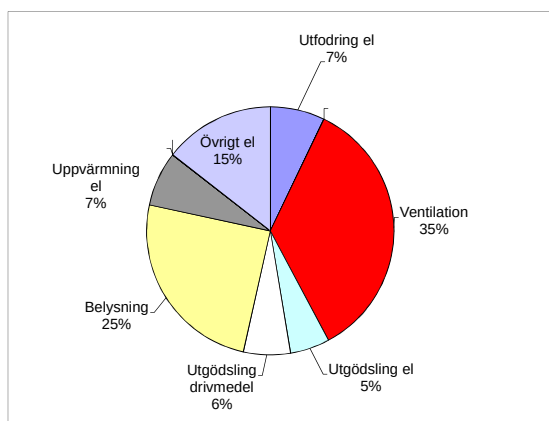


Bild 24. Fördelning av energianvändningen. Under Övrigt ligger den el som används i packeriet. Gårdsexempel I, nuläge.

Möjliga förbättringar, gårdsexempel I.

Belysning. Utbyte av glödlampor till LED i den sista avdelningen minskar elanvändningen med ca 7000 kWh/år.

Ventilation. I nuläget är det svårt att se vilka ytterligare effektiviseringar som är möjliga. I ventilationen är fläktarna utbytta under 2011 och det är traditionellt varvtalsstyrda fläktar. Vid nästa byte kan det vara aktuellt att byta till fläktar med de dyrare men effektivare EC-motorerna. Det kan vara möjligt att de sänker ventilationens energianvändning med 30 procent eller ännu mer. Om sänkningen är 30 procent, skulle årsförbrukningen reduceras med 6500 kWh/år.

Dieselförbrukning. Dieseln är ett litet inslag i energianvändningen, men det är ändå värt att beakta vad ett sparsamt körsätt medför. Erfarenheten säger att minskningen av dieselförbrukningen brukar vara 10 - 15 procent. 10 procent minskning i detta fall betyder ca 350 kWh/år.

Sammantaget finns en potential till energieffektivisering, att minska med 13 000 - 14 000 kWh/år. Om energianvändningen minskar med 13 000 kWh/år, så minskar nyckeltalet till 0,153 kWh/kg ägg. Då ingår även energi för packeri och kyllager med ca 0,025 kWh/kg ägg. Stallarna i exemplet har inget behov av tillskottsvärme, vilket måste beaktas. Behovet är olika i olika delar av landet, vilket påverkar nyckeltalet.

7.5. Slaktkycklingproduktion

Det finns inget stort underlag om energianvändningen i produktion av slaktkyckling och kunskapen om möjligheter till energieffektivisering är begränsad. Inom branschorganisationen Svensk Fågel försorg har det under 2013 startats ett mätprojekt, där man ska skaffa kunskap om energianvändningen på några anläggningar.

7.5.1. Teknik som sparar energi i slaktkycklingproduktion

Allra mest energi går till uppvärmning, 85 - 90 procent. Jämför gårdsexempel J nedan. Den mesta elenergin, utöver uppvärmning, går till ventilation. Belysningen är också viktig.

Uppvärmning

Idag är det vanligt att kycklingstallarna värms med bibränsle, ofta flis eller halm. Som tidigare diskuterats är det inte den uppvärmning som ger lägsta möjliga nyckeltal, men å andra sidan är det från miljösynpunkt ett mycket bättre alternativ än att värma med el. Energi kan sparas om bränslet är torrt, pannan har hög verkningsgrad, om det finns en bra temperaturstyrning, välisolerat kulvertsystem och bra pumpsystem. Flödesregleringen i värmesystemet bör ske med effektiva och varvtalsstyrda cirkulationspumpar.

Ventilation

En väl fungerande ventilation är av stor betydelse för produktionen. Mekanisk ventilation är i dagsläget enda alternativet, men den står för mer än 50 procent av elförbrukningen (dock inte vid elbaserad uppvärmning). I gårdsexempel J nedan svarar den för 56 procent. Den nya tekniken med EC-motorer verkar lovande, som nämnts tidigare. Tillsammans med bättre utformade fläkthjul tycks den ha en potential att halvera ventilationens elförbrukning.

Belysning

Hittills har inte dagsljus utnyttjats mycket till fjäderfä. Kycklingarna ska ha ett jämnt ljus och aldrig direkt sol och inga skuggor. Noggrann och jämn ljussättning i kycklingstallar är av största vikt för produktionen och därför är det vanligast med fönsterlösa stallar och enbart artificiell belysning. Det finns intresse för att utnyttja mer dagsljus, men det ska göras på rätt sätt. Goda exempel (Secher, S. 2009) finns från nybyggda stallar, där man valt att ha dagsljusinsläpp längs en hel långvägg och högst upp väggen. Ljusinsläppet regleras med gardiner. Detta har visat sig spara en stor del av elen till belysning. En sådan åtgärd kräver kostsam ombyggnad och den blir knappast aktuell i befintliga kycklingstallar. Den blir intressant vid nybyggnad, däremot.

Vanliga glödlampor har varit den traditionella ljuskällan. Utfasningen av glödlampor tvingar fram alternativ, som då sparar energi. Urladdningslysrör av typ T8 används inte, eftersom fåglarna uppfattar flimret och kan störas av det. Den elektroniska styrningen i s.k. T5-lysrör har medfört en förbättring, dels för att urladdningarna och därmed blinkningarna sker med högre frekvens och dels för att den tekniken har högre verkningsgrad. Den framtida belysningen kommer dock sannolikt att ske med LED-teknik, som utvecklas i snabb takt och redan valts som alternativ i kycklingstallar. Det kan vara i form av LED-slingor, -lampor eller -rör. Troligt är att den nya tekniken ger en lägre värmebelastning på stallarna och att det i sin tur påverkar ventilationens energibehov.

7.5.2. Gårdsexempel J. Gården belägen i Västra Götalands län.

Gården har slaktkycklingsproduktion i ett stall med två avdelningar från 2007. Här produceras 7 omgångar kyckling per år med ca 90 000 kycklingar i varje omgång. Årsproduktion är alltså ca 630 000 kycklingar. Data om energianvändning har inhämtats bland annat vid testning av Vattenfalls mätutrustning EnergyWatch Pro och i Svensk Fågels energiprojekt som genomförs av Rådgivarna i Sjuhärads AB.

Gården har en fliseldad värmecentral, byggd 2006, som förser spannmålstork, kycklingstallar, bostadshus och en gårdsverkstad med värme. Årlig förbrukning av flis är 1300 m³s. Därtill kommer ca 5 m³ olja per år till en oljepanna, vilken används för att öka effekten till torken samt till kycklingstallar under kalla vinterdagar.

Beskrivning

Utfodring. Egenproducerad spannmål skruvas från torken och blandas med inköpta fodermedel. Spannmålen behöver inte malas. Fodret förs ut i avdelningarna med en foderkedja.

Ventilationen är av typ undertrycksventilation och den samregleras med uppvärmningen. Frånluftsfläktarna är placerade i taktrummor är inte varvtalsreglerade utan körs av och på i intervaller. Sommartid särskilt ökas luftflödet vid behov med fläktar placerade i ena gaveln.

Utgödsling sker genom att badden skrapas ut med traktor, sedan stallet tömts efter varje omgång. Skrapning och sopning drar 40 l dieselolja för varje omgång, totalt 280 l/år = 2 750 kWh/år.

Belysning i avdelningarna utgörs av HF-lysrör (T5). Ett särskilt ljusprogram styr belysningen så att mest ljus ges några dygn efter insättningen av nya djur och sedan styrs belysningsstyrkan ner en del. Programmet släcker ner avdelningarna ungefär 4,5 timmar varje dygn.

Uppvärmning. Anläggningen får värme från gårdens fliseldade panncentral. Av en Årlig förbrukning av flis är 1300 m³s har kycklingstallet med biutrymmen beräknats svara för 1075 m³s. Tillkommer 3300 liter eldningsolja. Energitillförsel från flis och olja tillsammans är ca 1 054 00 kWh/år.

Övrig energianvändning omfattar personalutrymme och kontor samt elenergi till högtryckstvättning av stallar.

Dieselolja

Lantbrukaren uppskattar dieselförbrukningen för utgödsling och sopning mellan två omgångar till 40 l. Med 7 omgångar per år blir det 7 * 40 = 280 l/år eller 2 750 kWh/år.

Elenergi

Det finns ingen separat elmätare för kycklingstallet, bara en för helgården. Mätningar och beräkningar ger att elförbrukningen hos slaktkycklingarna är 140 900 kWh/år (2013 års förbrukning).

Tabell 18. Fördelning på energislag i kycklingstallet. Beräkning av nyckeltal. Gårdsexempel J, nuläge.

Energikälla	Enhet	Kvantitet	Energi kWh/år	Andel procent	Nyckeltal kWh/kyckling
Flis	m ³ s	1 075	1 021 250	85,3	1,621
Eldningsolja	l	3 300	32 670	2,7	0,052
Dieselolja	l	280	2 744	0,2	0,004
El	kWh	140 900	140 900	11,8	0,224
		Summa	1 197 564	100,0	1,901

Total energianvändning är 1 197 564 kWh/år och med en produktion av 630 000 kycklingar per år, blir det ett nyckeltal på $1\,197\,564/630\,000 = 1,90$ kWh/kyckling. Genom mätningar och beräkningar har elförbrukningen kunnat fördelas enligt tabell 17.

Tabell 19. Kycklingstallets användning av elenergi. Gårdsexempel J, nuläge.

Moment	Elenergi kWh/år
Utfodring	3 700
Ventilation	80 200
Belysning	19 600
Uppvärmning (panncentral, pumpar)	19 200
Övrigt (kontor, pentry, datorer, tvättning)	18 200
Summa	140 900

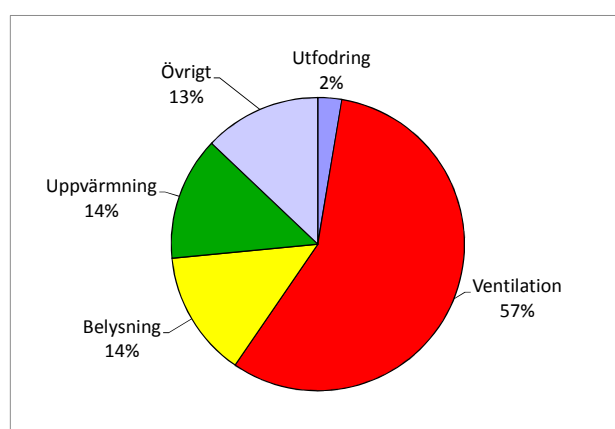


Bild 25. Fördelning av elförbrukning i kycklingstallet. Gårdsexempel J, nuläge.

Tabell 20. Sammanställning av kycklingstallets energianvändning. Beräkning av nyckeltal. Gårdsexempel J, nuläge.

Moment, energislag	kWh/år	kWh/ kyckling	Andel procent
Utfodring, el	3 700	0,006	0,3
Ventilation, el	80 200	0,127	6,7
Utgödsling, diesel	2 744	0,004	0,2
Belysning, el	19 600	0,031	1,6
Värme, flis	1 021 250	1,621	85,3
Värme, olja	32 670	0,052	2,7
Värme, el	19 200	0,030	1,6
Övrigt, el	18 200	0,029	1,5
Summa	1 197 564	1,901	100

Möjliga förbättringar, gårdsexempel J.

Uppvärmning tar en mycket stor del av energin, nästan 90 procent. Inom projektet har inte studerats hur effektiviteten skulle kunna förbättras. Detta kan bli föremål för ytterligare undersökning. Det är teoretiskt möjligt att återvinna en del värme från frånluften via värmeväxlare. Det skulle i så fall kräva

investeringar i värmeväxlare och i ombyggnad av luftkanaler. Det kan knappast bli ekonomiskt intressant, eftersom nuvarande bränslekostnad är låg.

Bättre styrning av cirkulationspumpar genom varvtalsreglering skulle kanske kunna spara 2 000 kWh/år.

Ventilation. Byte av fläktar till effektiva EC-fläktar antas kunna spara minst 40 procent av ventilationens ca 80 000 kWh/år, alltså en besparing på 32 000 kWh/år.

Belysning. Byte av lysrör till LED-ljuskällor kan vara en besparingsåtgärd. I befintliga armaturer kan sättas LED-rör, kanske kombinerad med LED-slingor eller -lampor. Ljuskällorna ska vara dimbara, eftersom det är viktigt att reglera belysningsstyrkan. LED-rör eller LED-lampor bör kunna spara 30 procent av belysningens ca 21 000 kWh/år (inkl. kontorsdelen), d.v.s. 6 300 kWh/år.

Sammanlagt borde det genom dessa åtgärder gå att spara ca 40 000 kWh/år eller nästan 30 procent av elförbrukningen. Det betyder att nyckeltalet sänks från 1,90 till 1,84 kWh/kyckling. Att inte minskningen blir större beror på att uppvärmningen utgör så stor del av nyckeltalet.

Tidigare har diskuterats formen av uppvärmning och inverkan på nyckeltal. Det är naturligtvis inte aktuellt med en omställning av uppvärmningen till elvärme eller värmepump, men det är intressant med en teoretisk beräkning. Tabellen visar fyra fall.

Tabell 21. Gårdsexempel J, fyra beräkningar av nyckeltal vid olika uppvärmning.

Fall	Nyckeltal kWh/kyckling	- därav el kWh/kyckling	- därav bränsle kWh/kyckling
A. Nuläge med fliseldning	1,90	0,22	1,67
B. Nuläge med fliseldning + åtgärder enligt ovan	1,84	0,16	1,67
C. Tänkt läge, elpanna	1,49	1,48	0,00
D. Tänkt läge, värmepump	0,67	0,66	0,00

Omställningen skulle sänka nyckeltalet rejält, samtidigt som elenergin i nyckeltalet ökar.

Tabellen ger ytterligare ett exempel på att man inte enbart ska sträva efter ett lågt nyckeltal utan även beakta vilken energi som ingår. Det är tabellens fall B, som är det mest önskvärda. Elförbrukningen är låg och uppvärmningen är baserad på biobränsle.

REFERENSER

DLG, Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft. Internetlänk till DLG PowerMix:

<http://www.dlg.org/tractors.html>

Ehrlemark, A. 2013. Handbok i energieffektivisering, del 5, Ventilation i djurstallar. LRF. Opubl.

Helmersson, N. och Neuman, L. 2013. Handbok i energieffektivisering, del 9, Grisproduktion. LRF. Opubl.

Holm, M. Mortensen, K. 2012. Formaling av korn. Erfaring 12 från Videntcenter for svineproduktion.

Hårsmar, D. 2013. Handbok i energieffektivisering, del 6, Belysning. Opubl.

Hårsmar, D. 2013. Handbok i energieffektivisering, del 7, Utgödsling. Opubl.

Hörndahl, T och Neuman, L. 2012. Energiförbrukning i jordbrukets driftsbyggnader. Rapport 2012:19. Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap, SLU Alnarp.

IVA (Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien). 2014. Onummerad rapport. Energieffektivisering av skogs- och jordbruk. Hinder och möjligheter att nå en halverad energianvändning till 2050.

Internetlänk: <http://www.iva.se/PageFiles/16003/Energieffektivisering-rapport8-J.pdf>

Karlsson, E. m.fl. 2012. Energiåtervinning från mjölkkyllning. JTI-rapport Lantbruk & Industri nr 401. JTI- Institutet för jordbruks- och miljöteknik.

Neuman, L. 2013. Handbok i energieffektivisering, del 1, Grunderna i energieffektivisering på lantbruk. LRF. Opubl.

Neuman, L. 2013. Handbok i energieffektivisering, del 3, Elmotorer. Elektricitet - lite grunder. LRF. Opubl.

Neuman, L. 2013. Handbok i energieffektivisering, del 8, Foderberedning och utfodring. LRF. Opubl.

Neuman, L. 2013. Handbok i energieffektivisering, del 10, Mjolkproduktion . LRF. Opubl.

Neuman, L. 2013. Användning av Vattenfalls EnergyWatch PRO på lantbruksföretag. LRF i samarbete med Vattenfall. Opubl.

Neuman, L., m.fl.. 2009. Kartläggning av energianvändning på Lantbruk 2008. LRF Konsult på uppdrag av LRF.

Pedersen, J. Hinge, J. 2002. Energisparekatalog i Landbruget, andra utgåvan. Landbrugets Rådgivningscenter, Århus.

Rasby, R.J. 2011. NebGuide G2060: Water Requirements for Beef Cattle. Univ. of Nebraska

Royer, M. 2012. Integrated LED Lamps. Testing Results: A Sampling of Products from Major Retailers. U.S Department of Energy.

Secher, S.2009. Utnyttjar dagsljuset till kycklingarna. Fjäderfä nr 4-2009

Svendsen, P., m.fl. 2010. Energieffektiv styringsvenlig staldventilator-unit. PSO 340-030. Teknologisk Institut, Danmark.

Personliga meddelanden

David Hårsmar, Rådgivarna i Sjuhärad AB

Anders Apleryd, Coala AB

Torsten Hörndahl, SLU

Ingemar Fransson, SKOV A/S

Bengt-Erik Löfgren, ÄFAB

Lantbrukare från exempelgårdarna