

Energieffektiva djurstallar

En handbok



*Ett resultat av förstudien:
Energieffektivisering av djurstallar*

Max Jamieson, Energirådgivare, LRF Konsult

Introduktion

Lantbruk med djurhållning står för en betydande del av lantbrukets totala energibehov. I synnerhet mjölkgårdar är energiintensiva.

Hur mycket energi som används påverkas av hur ventilationen är utformad, hur varmvattnet värms, mjölkkylningens utformning samt hur utfodring och utgödning försörjs med energi. Mjölknings-, inklusive mjölkkylnings- och varmvatten-, står oftast för den största delen av energianvändningen.

Skillnaden i energianvändning är dock betydande från gård till gård. Ett välanpassat system ger stor besparingspotential – i genomsnitt skulle svenska mjölkgårdar kunna spara cirka 15 procent av sin energianvändning.

Denna handbok är framtagen för att underlätta energieffektiviseringsåtgärder vid om- och nybyggnation av lantbruksfastigheter. I synnerhet berör projektet energieffektivisering hos mjölkproducenter, vilka tillhör en grupp lantbruk med högst energianvändning idag och som kämpar med låg lönsamhet.

Handboken ger en god bild av de olika energirelaterade komponenterna på en mjölkgård och avslutar med ett konkret förslag på hur en modern, optimerad mjölkgård kan se ut.

Medverkande:

Max Jamieson, Erik Gotborn, Filip Celander, Helene Oscarsson, Ingela Appelsved, Bo Wigren, Per Jensen, Anders Herlin, Knut Håkan Jeppsson, Torsten Hörndahl och Sven Nimmermark.

Innehåll

Nyckeltal.....	4
–Ventilation.....	4
–Tillskottsvärme.....	4
–Värmeåtervinning.....	5
–Produktionssystem.....	7
–Logistik inomgårds.....	8
–Belysning.....	10
–Uppföljning av data.....	11
–Fossilfritt jordbruk.....	11
Fallstudie.....	13
Slutsatser av nyckeltal och fallstudie.....	16
Ekonomi och energieffektiviseringar.....	18
–Mjolkning – värmeåtervinning och förkylning.....	18
–Ventilation – självdrag.....	23
–Utgödsling – skrapa och naturligt fall.....	23
–Belysning – LED och styrning.....	24
–Total energieffektiviseringspotential för föreslagna åtgärder.....	24
Den moderna, energieffektiva mjölkgården.....	26
Vill du veta mer?.....	27

Nyckeltal

Ventilation

Syftet med ventilationen i ett kostall är att hålla nere innetemperaturen och ventileras bort fukt och föroreningar som ammoniak och koldioxid. En ko trivs i en lägre temperatur jämfört med en människa, och det finns därför ett större behov av ventilation i ett kostall jämfört med ett bostadshus. Ventilationens huvudsyfte blir att hålla nere temperaturen i stallet. När temperaturen hålls nere kommer även vattenånga ventileras ut i tillräcklig takt samt luftföroreningar ventileras ut så att gränsvärden inte överskrids.

Luften kan antingen komma in genom sidan och ut genomnocken, alternativt rör sig luften rakt igenom byggnaden med hjälp av vinden. När vinden blåser på ena sidan skapas ett undertryck på motsatta sidan och luften sugas igenom stallet.

Dagens stall är oftast inte exklusivt sidoventilation ellernockventilation utan använder sig av båda typerna. Och för att uppnå rätt inneklimat används antingen manuell eller automatisk styrning av sidorna ochnocken. Styrningen styr hur mycket luckor eller gardiner på sidan och luckor eller spjäll på taket ska vara öppna för att hålla rätt klimat inne i stallet.

Tillskottsvärme

I ett stall för mjölkkor behövs generellt inte tillskottsvärme i delen av stallet där korna uppehåller sig. Beroende på vart i landet stallet befinner sig och om stallet är ett varmt eller kallt stall kan det komma att behövas frostsäkring för dricksvatten och möjligen i gödselrännor.

I ett standardstall med personalutrymmen och teknikrum kan dessa delar behöva tillskottsvärme. Normalt idag löses detta med elradiorer eller ett vattenburet värmesystem. Dock finns det andra värme-

källor på gården som kan utnyttjas i ett kostall för att undvika direktverkande el, till exempel värmeåtervinning på kylkretsen, tryckluften, vakuumpumpen och korna.

Värmeåtervinning

Värmeåtervinning är ett effektivt verktyg för att nyttja befintlig energi i större grad, och idag är det allt vanligare på svenska mjölkgårdar att montera värmeåtervinning på mjölkkyllkretsen. På en "vanlig" gård behöver det tillföras cirka 23 kWh per ton mjölk som ska kylas. I kylkretsen finns det efter kylningen runt 31 kWh per ton värmeenergi som kan återvinnas.

En snittgård (70 kor i produktion) ligger på runt 2 ton mjölk per dygn vilket ger 62 kWh värmeenergi som kan återvinnas. Dock blir vattnet sällan mycket varmare än 45 grader. Den återanvända energin räcker och blir över för att täcka upp behovet för att diska i mjölkstallet, men inte för den varma diskcykeln som behöver 80 grader varmt vatten. Det innebär att det finns ett överskott på värme från återvinningen.



Om mjölken istället kan förkylas från 35 grader till 20 grader med tappvatten sjunker behovet av tillförd energi i kylprocessen från 23 kWh per ton till 12 kWh per ton.

Detta ger en energibesparing med 11 kWh per ton mjölk som kyls.

Den tillgängliga energin som går att återvinna sjunker till 16 kWh per ton men detta räcker fortfarande till att värma upp vatten för diskning på mjölkgården. Det förvärmade tappvattnet kan ges som dricksvatten till korna, vilket har fördelen att korna ej själva behöver ta egen energi för att värma upp vattnet.

För återvinning från tryckluft, vakuumpump och djuren själva finns det ingen utbredd återvinning eller utnyttjande av tillgänglig värme. För elenergin som tillsätts tryckluften omvandlas cirka 90 % till värmeenergi som avges till omgivningen. Här finns det stora möjligheter att använda sig av denna värme.

På vissa gårdar befinner sig kompressorn i utrymmen som behöver hållas varma som växtskyddsrum eller utrymmet där färg och liknade förvaras som behöver hållas frostfritt. Samma sak skulle kunna göras med vakuumpumpen men detta görs oftast inte då vakuumpumpen skapar mera smuts i luften i form av olja.

En möjlighet är att montera ett spirorör mellan utrymmet med vakuumpump och kompressor och sedan med en fläkt leda över värmen till personalutrymmen och liknande utrymmen som har behov av tillskottsvärme.

200 kor plus rekrytering alstrar värme till en effekt av 200 kW. Detta är en ansevärd värmeeffekt men då dagens stallar byggs så att det är självdrag blir det svårt att ta vara på denna värmeenergi. Detta då ventilation sker av sig själv och inte sker genom spirorör som äldre stall.

I ett äldre stall finns det möjlighet att återvinna värmen från korna då den varma luften leds genom spirorör med hjälp av fläktar.

Det finns ett stort hinder när det gäller återvinning av värme i luft för samtliga produktionsinriktningar. Hindret är hur man håller upp verkningsgraden av värmeväxlaren då frånluften från djurstall har väldigt mycket föroreningar, till exempel ammoniak, damm, och fukt.

Det innebär att värmeväxlarens verkningsgrad sjunker fort på grund av nedsmutsning, och korrosiva ämnen sänker livslängden på lamellerna i växlaren.

Produktionssystem

När nya kostall byggs idag finns det tre olika möjligheter till mjölkningssystem. Dessa tre är karusell-, robot- eller gropmjölkning.

Karusellmjölkning är inte speciellt vanligt i Sverige utan det är robot- eller gropmjölkning som installeras. Robotmjölkning och karusellmjölkning kräver mindre direkt arbete med mjölkningen, medan gropmjölkning kräver något mer direkt arbete.

Det finns många delade meningar om vilket system som är bäst och alla har intressanta ståndpunkter. Generellt handlar åsikterna om hur de olika alternativen erbjuder tillsyn av korna och därigenom uppföljning av djurhälsan och produktionen.

För de som förespråkar gropmjölkning så är det för att de då har bättre koll på korna och genom ökad handpåläggning. Robotförespråkarna anser att eftersom att de inte är direkt involverade i själva mjölkningen har de mer tid att följa upp data från roboten samt kan röra sig ute bland korna mera för att hålla koll på kornas hälsa.

För samtliga system krävs följande stödprocesser för mjölkningen: vakuumpump, disk och kylning av mjölken, samt kompressor för att manövrera grindar med mera.

Om man ser till den totala mängden energi som går åt per kilo mjölk använder sig robotmjölkningen mest elenergi per kilo mjölk. Dock

som tidigare beskrivet så skiljer det också mycket med mängd fysiskt arbete samt hur tungt det fysiska arbetet är.

Samtidigt är det värt att notera att i befintliga anläggningar har gårdar med robotsystem ofta modernare teknik när det gäller motorer som vakuumpump och kompressor. Dessa är ofta varvtalsstyrda för att optimera driften av stödprocesserna till mjölkningen. Det beror på att när det investeras i ett helt nytt system så investeras det samtidigt i bästa möjliga teknik för stödprocesserna.

Logistik inomgårds

I mjölkproduktion är det mycket som ska transporteras. Enbart grov- och kraftfodret till en mjölkko (inklusive rekrytering) utgör minst 50 kg per dag. Till det kommer gödsel, disk- och dricksvatten samt mjölk.

Transport med eldrift är alltid energieffektivare än dieseldrift. Det är dock inte alltid företagsekonomiskt lönsamt. Planeringen av anläggningen påverkar energiförbrukningen mycket. Korta transporter bör självfallet eftersträvas.



De produkter där stora mängder hanteras bör ligga nära stallet, men här måste man i planeringen ofta kompromissa.

För att klara en nybyggnad ekonomiskt måste man utnyttja befintliga byggnader och lager till stor del. En annan nackdel är att om anläggningen total optimeras för just denna storlek (=antal kor) kommer det att bli besvärligt att expandera.

Inomgårdslogistiken löses på många olika sätt på en mjölkgård idag. Det går att antingen ha en logistik som är uppbyggd runt diesel, alternativt runt el för att lösa alla transporter av foder och gödsel. För arbeten som ska utföras inomgårds har elmaskiner ett bättre energitnyttjande jämfört med dieselmotorer.

Generellt kan man säga att per insatt kWh i diesel energi så går cirka 25 % att utnyttja till nyttigt arbete och resterande 75 % blir förluster, vilket till stor del är värmeförluster. I en elmotor utnyttjas cirka 80 % per insatt kWh istället och de resterande 20 % är värmeförluster. Fördelen med elmotorer är alltså ett bättre utnyttjande per kWh.

En gård som är uppbyggd kring diesel som huvudsaklig energi för att lösa logistiken inomgårds ser ut på följande sätt: för att sköta utfodringen används en traktor och en lastare för att blanda och förbereda grovfodret i en mixervagn. Fodret är blandat i mixervagnen och sedan kör traktorn med mixervagnen ut grovfodret till korna på ett körbart foderbord. Kraftfoder transporteras och förbereds i kvarn med elenergi och skruvas fram till foderautomater till korna i stallet. Flytgödseln skrapas eller trycks till en mellanlagringbrunn med eldrivna motorer men pumpningen från mellanlagringen till gödselbrunnen sker med en traktordriven pump.

Även omrörningen och sedan pumpningen till satellitbrunn eller tunna för spridning sker med pumpar och mixers som drivs med traktor.

En gård som har satsat på eldriven inomgårdslogistik ser annorlunda ut på flera olika sätt. Gården som helt och hållet sköter fodertransporten

med el har fodersilos där grovfodret tas ur silo med stora kastfläktar som blåser fram grovfodret till antingen rivare eller mixers. Där bereds fodret och tas ut till korna med antingen rälshängd fodervagn eller bandfoderfördelare.

Kraftfoderberedning och transport fram till foderautomaten ser ut på samma sätt som på en gård som använder sig av dieselenergi. Hela systemet från gödsel i stallet till det att gödsel hamnar i gödselbrunn sker med pumpar, skrapor, tryckare och mixers som drivs med elenergi.

Idag är det väldigt få gårdar som är helt och hållet åt det ena eller andra hållet utan de har blandat el- och dieselenergi utifrån gårdens förutsättningar och vilket system som passar den enskilde lantbrukaren. Ett system som är på frammarsch är att grovfoder lagras i plansilos och en stationär mixer lastas med lastare vid fodring.

Fördelen med detta system är gården slipper de stora kastfläktarna som har en hög effekt, vilket kan bli kostsamt för en gård om det inte kombineras med någon typ av effektvakt.

Det finns även lösningar där en och samma maskin kan lasta de olika typerna av grovfoder, mixa och därefter fodra ut.

När man tittar på hur foder och gödsel transporteras på gårdsnivå är det också viktigt att fundera på hur körspåren ligger så att inte fodertransporter och gödseltransporter korsar varandra så att korskontamination sker. Det är också klokt att redan från början bygga så att distanser som ska köras minimeras så mycket som möjligt.

Belysning

Djuren bör ha ljus som motsvarar solljuset under minst 12 timmar per dygn. Rekommenderad ljusstyrka är 150 lux. Det finns ett lagkrav (SJ-VFS 2010:15) på att det ska finnas nattbelysning i stallar för nötkreatur. Dock finns inga krav på ljusstyrka i förordningen.

I dagsläget finns tre ljuskällor som är aktuella i djurstallar: lysrör, LED och metallhalogen. Dessa är jämförbara när det gäller energieffektivitet. Det verkar dock vara större skillnad i energieffektivitet mellan olika tillverkare än olika tekniker. Ur resurshushållningssynpunkt finns det mycket som talar för att LED är bättre då dess varaktighet är längre.

Uppföljning av data

Något som är lätt att försumma i diskussionen om energieffektivitet är uppföljning av energianvändningen. Det kan till exempel vara elmätare som visar exakt hur mycket kompressorn har gått under dagen/veckan/året och därmed hur mycket energi som har använts.

Med tillräckligt många mätare på de olika processerna och med ett smart program som sammanställer all data kan det visas hur mycket energi som går åt per mjölkning och per liter mjölk.

Här är det i princip bara fantasin som sätter stopp för vad som kan mätas och hur det kan visualiseras. Samt att med input från flera olika delar av mjölkproduktionen som mängd kraftfoder, temperatur i stallen, antal mjölkningar och mängd mjölk producerad.

Med all denna data skulle det vara möjligt att visa på olika energiflöden både el energi och även hur energin från foder blir mjölk. Detta ger en unik möjlighet att optimera verksamheten.

Fossilfritt jordbruk

Det finns flera olika steg idag som jordbruket kan ta för att bli fossilfritt. Ett första steg är att se över vilket bränsle som används i dagsläget. Idag går det att få diesel med inblandningar av antingen tallolja, HVO (hydrerade vegetabiliska oljor), eller RME (rapsmetylester). Ett första steg blir då att blanda in mer av dessa olika förnyelsebara bränslen.

Det är en god idé att kontrollera med sina maskintillverkare för att se vilken storlek av inblandning de tillåter. Miljödieseln som idag går att

köpa på olika tankställen har 40-50 % inblandning av förnyelsebart bränsle. Detta skulle då innebära att genom att börja köpa diesel med en högre inblandning av förnyelsebart bränsle skulle miljöpåverkan från användningen av diesel till traktorer halveras.

Det finns även möjligheten att byta till 100 % förnyelsebart bränsle i form av RME eller HVO.

En annan väg att bli fossilfri som jordbrukare är att se över för vilka moment det är möjligt att använda sig av eldrivna motorer istället för förbränningsmotorer. I dagsläget finns det inga välfungerande lösningar för att ersätta förbränningsmotorer som utför fältarbete.

För de arbeten som utförs inomgårds finns det idag flera olika möjligheter att ersätta förbränningsmotorer med eldrivna motorer. Dels kan det vara att flytta foder på band som exempel.

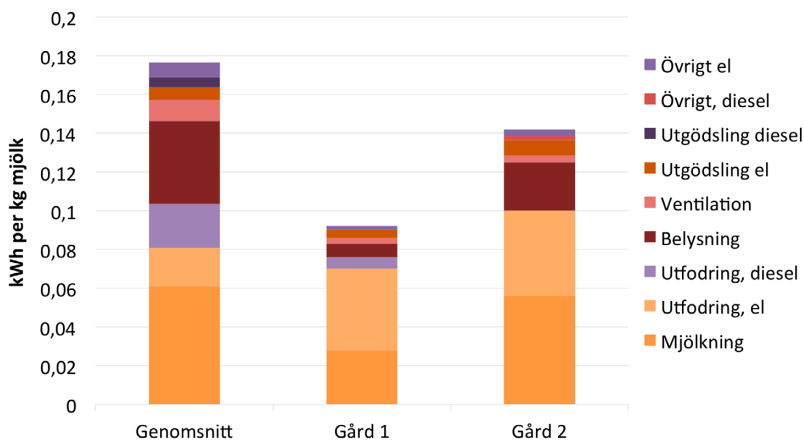
Det finns även eldrivna minilastare som kan utföra samma arbeten som en vanlig minilastare utför idag som att ta ut djupströbäddar flytta grovfoder med mera.

Fallstudie

För att påvisa vilka olika lösningar det finns har det gjorts en fallstudie av två mjölkgårdar. Gårdarna har liknande besättning och stallutformning men har löst delar av driften på olika sätt. Gård 1 producerar 1 500 ton mjölk per år. Lantbruket bedrivs konventionellt och har ett nyckeltal för produktionen på 0,09 kWh/kg mjölk. Gård 2 är också konventionell och producerar ungefär samma mängd mjölk, 1 400 ton per år. Nyckeltalet är dock 55% högre: 0,14 kWh/kg mjölk.

	Mjölkgård 1	Mjölkgård 2
<i>Stallsystem</i>	Lösdrift, tillbyggnad på befintlig ladugård som stod klar i slutet av 2000-talet. I den äldre delen finns rekryster och stationär fodermixer.	Korna går i lösdrift i stall som stod klart i slutet av 2000-talet och är fristående. Det äldre stallet finns kvar och där går rekryster samt amkor.
<i>Utfodring</i>	Kraffoder tas ur silo, krossas i hammarkvarn och skruvas vidare till foderautomater i stallet. Grovfodret förvaras i plansilo, tas ur med traktor till stationärmixer och transporteras till korna på band.	Grovfodret lagras i tornsilos, blåses med fläkt till foderbord med rivare och fördelas med bandfördelare. Kraffoder tas ur fickor och mals i en valskross och transporteras till foderautomater med skruv.
<i>Utgödsling</i>	I lösdriften finns det vajer spel och sedan självfall ner till gödselbrunn.	Utgödsling sker med skrapor och tryckare till gödselbrunn.
<i>Ventilation</i>	I lösdriften används naturlig ventilation styrd av en väderstation som sköter hur mycketnocken och sidorna ska vara öppna för att få rätt temperatur. Samt fläktar för naturlig ventilation under varma dagar.	I den äldre ladugården styrs ventilationen med innetemperaturgivare och i det nya stallet är det naturligventilation (självdrag) med styrning på taket. Samt fläktar för naturlig ventilation under varma dagar.
<i>Belysning</i>	Belysningen styrs av ljusrelä och gaveln är byggd att släppa in ljus samt väggar och tak är av ljusa material.	Belysningen sköts manuellt och är kopplat på slingor för att anpassa det artificiella ljuset. Det finns stora ljusinsläpp på gavlarna och ljusa väggar och tak.
<i>Mjölknings</i>	Två robotar betjänas av varvtalsstyrd vakuumpump och kompressor i samma rum som kondensorn. Det finns också värmeåtervinning på kylkretsen. Återvunnen värme används för disk. Mjölktanken finns i ett eget utrymme.	Amkorna mjölkas konventionellt vid behov och korna i lösdriften mjölkas med två robotar. Det finns frekvensstyrning på vakuumpumpen. Kondensorn finns i ett eget utrymme och det finns värmeåtervinning på kylkretsen. Återvunnen värme används till disk samt till tappvarmvatten i stallet.

LRF Konsult har utfört flera energikartläggningar på mjölkgårdar, och i diagrammet nedan jämförs de två mjölkgårdarna med varandra och med andra gårdar.



Stapeln till vänster om Gård 1 och Gård 2 visar en genomsnittlig mjölkgård. Från diagrammet kan man utläsa att båda mjölkgårdarna ligger väl under medelnyckeltalet.

På båda gårdar finns det relativt lite energiåtgång för ventilation och detta är antingen ventilation av överskottsvärme från teknik rum eller ventilation av personalutrymmen, samt fläktar att assistera den naturliga ventilation under sommaren då skorstenseffekten är som lägst.

Båda gårdar lyckas bra med att hålla de stora posterna mjölknings och belysning på låga nivåer.

Gård 1 lyckas hålla belysningen på en mycket låg nivå tack vare automatiserad styrning av belysningen. Delar av anledningen till att mjölkningsen hålls på en låg nivå beror på värmeåtervinning på kylkretsen till disk och på att mjölk tank och kondensator inte är i samma utrymme.

På Gård 2 används mer energi till mjölkningen då utrymmet med kondensorn var avsevärt varmare jämfört med Gård 1. Detta resulterar i att kompressorn får arbeta längre för att kyla bort mjölkvärmen.

Gård 2 med endast elmotorer för utfodringen lyckas bara precis använda sig av mindre energi för utfodringen jämfört med Gård 1. Detta då Gård 2 har tornsilos med kastfläktar, vilket innebär att det behövs väldigt stora elmotorer. För den första gårdens energianvändning vid utfodring är det den stationära fodermixern som använder mest energi per kilo mjölk.

Det är tydligt att energianvändningen skiljer sig markant mellan olika gårdar, och att det går att påverka energieffektiviteten genom att använda lösningar som länge funnits tillgängliga.

I slutändan handlar det om kronor och ören och hur mycket mer lönsam gården kan bli.

Slutsatser av nyckeltal och fallstudie

Utifrån nyckeltalen och fallstudien kan man dra ett antal slutsatser inför en nybyggnation av ett mjölkstall.

Det som generellt kostar över tid är arbetsinsats: antingen sin egen tid som lantbrukare eller anställda, vilket innebär att det kan vara av intresse att investera i teknik som minskar det dagliga arbetet för sysslor som utfodring och utgödsling.

Många gånger är den teknik som sparar dagligt arbete även samma typ av teknik som är energieffektiv. Det är till exempel att bygga ett stall som har självfall till gödselbrunn så att utgödslingen kan göras med en kombination av linspel och skrapor/tryckare.

Den stora vinsten med självfall är att det inte behövs en stor gödselpump för att flytta flytgödseln till gödselbrunnen. Många gånger så är även denna gödselpump driven med en traktor vilket då innebär att denna energi kommer från en fossil källa.

När det gäller belysning i ett modernt stall så är det viktigt innan ett val av typ av belysning görs att se över hur stallet kan byggas för att utnyttja naturligt ljus så mycket som möjligt med ljusinsläpp i både gavlar och tak samt välja inredning som är så ljus som möjligt för att minska på behovet för artificiellt ljus. Sedan ska ett styrsystem väljas för att styra det artificiella ljuset så att artificiellt ljus endast används när det inte räcker med det naturliga ljuset.

När det gäller ljuskällan som väljs rekommenderas att välja belysning som monteras i nock alternativt i två rader av metallhalogen eller LED. Det har under 2016 kommit ut belysningslösningar med LED från både Lely och Delaval som monteras högt i stallet och som enligt leverantörerna är anpassat för nötkreatur. Det traditionella har varit att använda sig av antingen T8 eller T5 belysning.

Nackdelen med denna belysningslösning är att det krävs ett väldigt stort antal armaturer med lysrör i som även behöver städas och bytas ut mycket mer frekvent än den belysning som monteras i nock.

Att använda sig av mekanisk ventilation är inget att rekommendera i ett modernt stall. Detta när alternativet är naturlig ventilation med försumbar driftsenergi för att sköta ventilationen i stallet.

I vissa stall kan det under sommarens varmaste dagar behövas mindre fläktar för att blanda om luften inne i stallet men inte för att evakuera luften.

Två stora energianvändare är utfodring och mjölkning. När det gäller mjölkning rekommenderas det att minst satsa på värmeåtervinning på kylkretsen och som extra att bygga med förkylning för att minska på energibehovet till mjölkkyllningen. För vakuumpumpar och kompressorer är det frekvensstyrning som gäller för att lösa dessa delar av mjölkningen.

När det gäller utfodringen är det viktigt att optimera foderutnyttjandet hos mjölkorna. Ur miljösynpunkt är det inte önskvärt att sköta utfodringen med traktordriven fodervagn när det finns alternativ som drivs med elenergi istället.

Fallgropen är att välja elmotorer som är väldigt stora och har en ”lång” drifttid per dag, till exempel ett utfodringssystem med silos som suger ut fodret ur silon och sedan blåser in fodret till stallet. Idag finns det istället lösningar som till största delen sköter utfodringen automatiskt.

Generellt så kräver dessa system framkörning ur foderlager till mixer med lastare, vilket görs med fossil energi.

Ekonomi och energieffektiviseringar

Nedan diskuteras och visas vissa energieffektiviseringar samt deras ekonomiska värde, med avseende på mjölkkyllning, belysning, ventilation och utgödsling. Utfodring har diskuterats men kommer inte tas upp i detta avsnitt.

För beräkningarna har ett elpris satts till 0,5 kronor per kWh. Priset för diesel energi har satts till 1 krona per kWh. Energipriset för el är förhållandevis lågt i detta exempel och kan vara lägre men också högre.

Det som ingår i elpriset är ett snitt-spotpris samt elöverföring på årsbasis. Det kan variera beroende på om en gård har effektabonnemang eller säkringsabonnemang.

Mjölknings – värmeåtervinning och förkylning

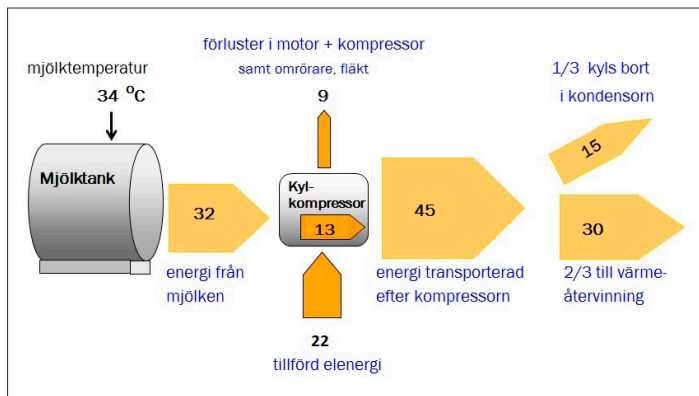
När det gäller mjölkningen är det i huvudsak värmeåtervinning i kylkretsen och förkylning som gör skillnad. Exemplet är baserat på en gård med 70 årskor med ett ECM på 9 800 kilo som mjölkas med robot, samt att diskvattenbehoven antagits efter schabloner.

Värmeåtervinning i kylkretsen fungerar på så sätt att en plattvärmeväxlare växlar värme från köldmediet i kylkretsen till vatten innan köldmediet avger värmen från mjölken till luft i kondensorn.

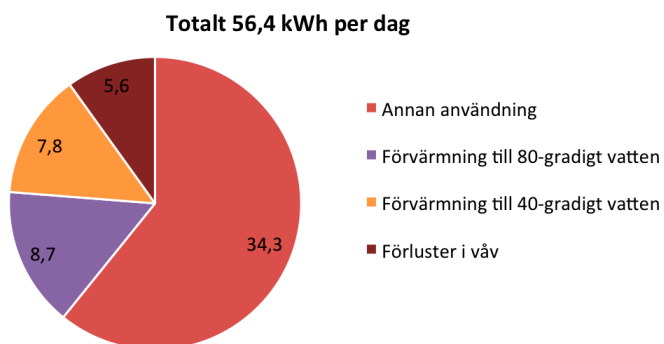
I denna typ av beräkningar brukar man räkna på att värmeväxlaren kan värma vattnet till minst 40 grader. Det är viktigt att returen till varmvattenberedaren är isolerad så att inte återvunnen värme förloras.

De två huvudsakliga fördelarna med värmeåtervinning är att den återvunna värmen från mjölken kan användas till diskning, och att kylprocessen går snabbare då mer värme kan transporteras bort snabbare jämfört med att inte ha värmeåtervinning. Figur 1 på nästa sida visar ett typiskt exempel på värmeåtervinning i kylkretsen.

temperatur före tanken	34	°C		
energi från mjölken	32	kWh		
tillförd energi utan förkylning	22	kWh		
<i>(Energiebehov för att kyla mjölk varierar från 12 till 25 kWh/ton beroende på omg.temperatur och skötsejl)</i>				
40 % förluster i motor + kompressor samt omrörare, fläkt	9	kWh		
resten tillförs kylmediet via kompressorn	13	kWh		
			energi efter kompressorn i kondensorn	45 kWh
			till värmeåtervinning	30 kWh



Figur 1. Energiflöde i mjölkkyllningen med värmeåtervinning på kylkretsen.



Figur 2. Visar hur värmeenergi som återvinns utan förkylning fördelas över olika användningsområden.

För detta exempel kan då 30 kWh per ton återvinnas i värmeväxlaren och per dag är det då 56,4 kWh värmeenergi.

Från figur 2 ser vi att cirka 34 kWh värmeenergi finns tillgängligt till annat än diskvatten. Värmeåtervinning täcker hela behovet av 40-gradigt vatten och en del av uppvärmningen av 80 gradigt vatten. Dessa 34 kWh som inte går till diskvatten är då energi som exempel kan användas till handdisk och personaldusch.

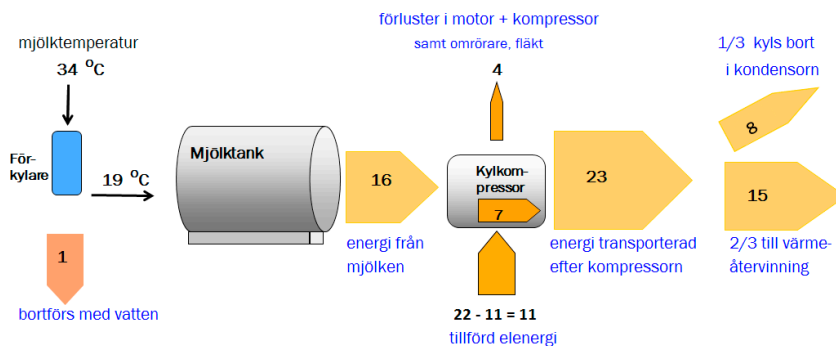
Detta innebär en besparing i elenergi för uppvärmning av vatten på 6 003 kWh per år, vilket är en energibesparing av 61 % och en minskning av 3 000 kronor per år.

Om värmeåtervinning kombineras med förkylning av mjölken (se figur 3 på nästa sida) går det att göra ytterligare energieffektiviseringar av energin som används till själva mjölkkyllningen.

I detta exempel räknar vi med att sänka temperaturen på mjölken med 15 grader med förkylning. Förkylningen sker med värmeväxlare av motströms typ eller plattvärmeväxlare. Då mjölken är kallare redan när den når mjölktanken behöver då kylkretsen jobba mindre för att kyla bort mjölkvärmen.

I förkylaren används vanligt vatten för att ta upp värme från mjölken. Detta vatten kan som exempel användas som förvämt dricksvatten till korna. Detta innebär också att det finns mindre värme i mjölken att återvinna till diskvatten.

Den ytterligare besparingen är att kompressorn i kylkretsen behöver arbeta mindre och i detta fall är effektiviseringen 50 % vilket i exemplet är 7 548 kWh per år.



ENERGIFLÖDE VID FÖRKYLNING OCH KYLNING, kWh/ton

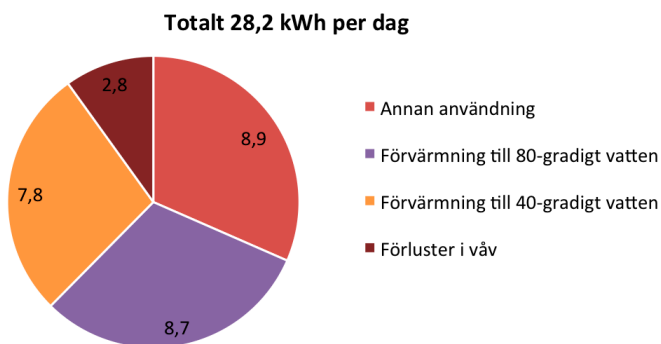
Antaganden:

- | | |
|---|------------|
| 1. Utan förkylning använder kylkompressorn | 22 kWh/ton |
| 2. Mjolktemperatur före förkylare | 34 °C |
| 3. Förkylaren sänker mjölkens temperatur m. | 15 °C |

Resultat

Kompressorns energianvändning minskar från	22 till 11 kWh/ton, alltså en besparing på 11 kWh/ton
Genom värmeåtervinning kan ändå utnyttjas	15 kWh/ton

Figur 3. Energiflöde i mjölkkyllningen med förkylning och med värmeåtervinning på kylkretsen.



Figur 4. Visar hur värmeenergi som återvinns med förkylning fördelas över olika användningsområden.

Trots att så mycket av mjölkvärmen har kylts bort i förkylningen så finns det fortfarande tillräckligt med värme kvar i kylkretsen till värmeåtervinningen. Istället för att det finns 56,4 kWh i kylkretsen tillgängligt för återvinning till vatten är det nu istället 28,2 kWh värmeenergi, se figur 4 på föregående sida.

Det innebär att det finns mindre energi kvar till annan användning än diskvatten. De 8,9 kWh som finns tillgängliga till annan användning räcker gott till handdisk, handtvätt per dag men inte mycket mer på en vanlig gård.

Den totala energieffektiviseringen med förkylning och värmeåtervinning blir nu 13 551 kWh per år och har ett värde av 6 775 kronor per år.

Om gården vill satsa på att ha så låg energianvändning som möjligt är förkylning och värmeåtervinning att föredra. Detta gäller då endast sett till mjölkproduktionen men i de fall det också finns avsättning för 34 kWh värmeenergi kan endast värmeåtervinning vara att föredra.



Ventilation - självdrag

När ett helt nytt stall byggs idag är det självdrag som används då det är mest energieffektivt och ger bästa möjliga inneklimat för korna.

Jämför man detta med genomsnittet för svenska mjölkgårdar innebär det att man undviker en energipost för ventilation, som har ett genomsnittsvärde på 14 406 kWh per år och motsvarar 7 203 kronor per år.

En annan ekonomisk vinning är att det inte heller behöver införskaffas fläktar samt att det inte finns någon kostnad för underhåll av ventilationsfläktar. Driftenergin av självdragsventilationen är försumbar i det stora hela.

Utgödsling – skrapa och naturligt fall

För att göra ett så energieffektivt utgödslingssystem som möjligt föreslås det att skrapor och eller linspel används tillsammans med möjligen tryckare och sedan självfall ner till gödselbrunnen.

Om mellanlagring sker av flytgödseln behövs brukar denna gödsel behövas pumpas vidare till slutlagring i den stora gödselbrunnen.

Energikartläggningar har visat att eldrivna pumpar använder sig av runt 6 000 kWh per år motsvarande en kostnad på cirka 3 000 kronor.

Traktordrivna pumpar använder sig av mellan 300 och 600 liter diesel per år med ett energivärde 2 930 - 5 860 kWh per år och därmed en årlig kostnad mellan 2 930 och 5 860 kronor.

Precis som med självdrag som ventilation innebär även självfall av flytgödsel att det inte behöver investeras i pump som ska underhållas. För det fall då traktor används blir inte traktorn uppbunden för att användas till pumpning.

Belysning – LED och styrning

För att få en energieffektiv belysningslösning i ett modernt mjölkko-stall behöver tre olika faktorer tas till hänsyn till: möjligheten att utnyttja naturligt ljus så mycket som möjligt i stallet, belysningsstyrning och att välja den belysning som har högsta möjliga lumen per watt.

När det gäller naturligt ljus så behöver detta beaktas i början av projekteringsfasen för att välja en orientering av byggnaden för att maximera utnyttjandet av naturligt ljus i stallet. Styrningen byggs sedan upp så att det artificiella ljuset endast används då naturligt ljus inte räcker till i stallet.

Med fördel kan belysningen också dimmas och styra på enskilda slingor i stallet för att se till att det alltid finns tillräckligt ljus i stallet till minsta möjliga energianvändning.

När det gäller faktiska belysningsarmaturer så är det idag LED eller metallhalogen som har bäst lumen per Watt. LED har något högre lumen per Watt samt fördelen att det är ett mera riktat ljus.

Vilken typ av belysning som väljs beror mycket på investeringskostnad och sedan ska även livscykelkostnaden beaktas för att se vilken lösning som blir billigast över tid. Med ett belysningssystem som beaktar dessa tre parametrar har det uppskattats till att det skulle behövas cirka 4 000 kWh per år för att förse ett modernt stall med belysning.

Om detta ställs i jämförelse med medelvärdet för belysning i stallar med runt 70 årskor så är det en energieffektivisering av 13 836 kWh per år och en lägre kostnad på 6 918 kronor per år.

Total energieffektiviseringspotential för dessa åtgärder

Om energieffektiviseringspotentialen slås samman för de föreslagna åtgärderna blir det en ansevärd mängd energi som kan effektiviseras bort i jämförelse med genomsnittlig mjölkgård med 70 årskor.

ÅTGÄRD	KWH PER ÅR	KRONOR PER ÅR
Värmeåtervinning mjölk	6 003	3 001
Förkylning mjölk	7 548	3 774
Ventilation	14 406	7 203
Utgödsling	3 000	1 500 till 3 000*
Belysning	13 836	6 918
Totalt	44 739	22 370 – 23 870

**Att det är en skillnad mellan hur många kronor som har sparats per år för utgödslingen beror på om man anser att man har sparat på antingen diesele energi eller elenergi då dessa har olika kostnader per kWh.*

Den energieffektiva mjölkgården

Detta är ett förslag på hur en modern mjölkgård kan se ut, och utgör också det system en demonstrationsgård skulle utformas efter.

VENTILATION

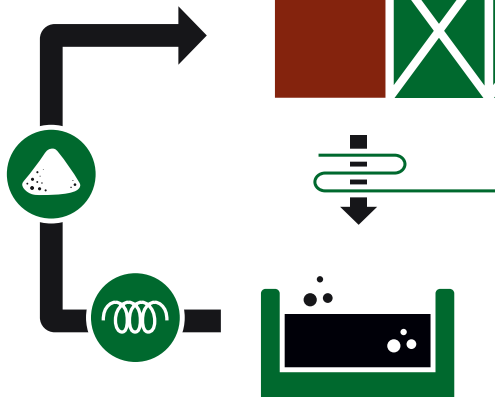
Naturlig ventilation med öppet i nocken, gardiner på sidorna och automatisk styrning samt takfläktar för varma dagarna. Självdrag är mer energieffektivt än mekanisk ventilation då det går att tillföra mekanisk ventilation till självdrag, dock svårare tvärtom.

ELEKTRICITET

Solceller är en god investering. Som mikroproducent av solceller får man skattereduktion för det som säljs ut på nätet. Intäkten per såld kWh är 60 öre i skattereduktion, elcertifikat ca 14 öre, 5 öre i nätnytta, spotpriset samt ev tillägg för att elen är förnybar. De första 30 MWh som levereras ut på nätet har då ett värde av cirka 80 öre/kWh.

UPPFÖLJNING

Ett intelligent system samlar data om nyckelprocesser i det dagliga arbetet och tolkar informationen i realtid. Genom att även kommunicera med övriga tekniska system kan systemet optimera verksamheten. Det kan gälla att minimera belysningen eller upptäcka avvikande rörelsemönster hos djuren.



UTGÖDSLING

Skrapor i stallet och självfall till gödselbrunn. Separering av flytgödseln för att återanvända strömedel och få ett mer lätthanterligt gödsel.

Vill du veta mer?

Mer information om energieffektivisering finns i *Handbok i Energieffektivisering*, LRF Konsult (2013).

BELYSNING

Mycket ljusinsläpp i stallet minskar behovet av artificiellt ljus. LED-belysning med styrning på ljusmängd i stallet, för övriga ytor används LED-belysning med närvarostyrning. Minimerad skuggning genom strategiskt utplacerad belysning och rundade hörn.

FODERLAGRING OCH UTFODRING

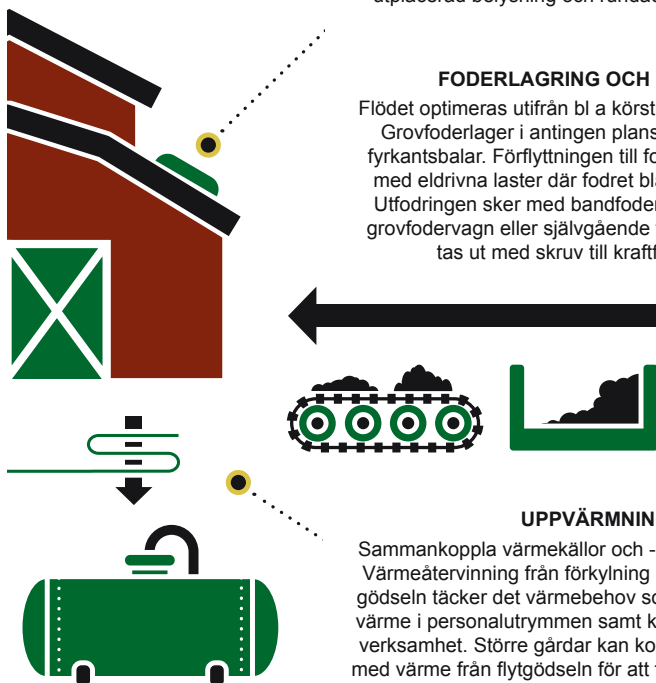
Flödet optimeras utifrån bl a körsträckor och smittskydd. Grovfoderlager i antingen plansilo, slang eller stora fyrkantsbalar. Förflyttningen till foderberedningen görs med eldrivna laster där fodret blandas med elmixers. Utfodringen sker med bandfoderfordelare, rälshängd grovfodervagn eller självgående foderrobot. Kraftfoder tas ut med skruv till kraftfoderautomat.

UPPVÄRMNING

Sammankoppla värmekällor och -sänkor på bästa vis. Värmeåtervinning från förkylning av mjölken och från gödseln täcker det värmebehov som finns för disk och värme i personalutrymmen samt klimatzoner och övrig verksamhet. Större gårdar kan koppla på värmepump med värme från flytgödseln för att förvärma returvattnet till värmeväxlaren.

MJÖLKNING

Robot eller grop med förkylning av mjölken och värmeåtervinning på kylkretsen. Frekvensstyrning av vakuumpump och kompressor.



Förstudien ”Energieffektivisering av djurstallar” genomfördes mellan 2015-10-01 och 2016-09-30. Syftet var att utreda förutsättningarna för att bygga upp demonstrationskapacitet, och för att genomföra innovativa demonstrationsinstallationer, avseende ny energieffektiviseringsteknologi och nya lågenergilösningar vid renovering och nybyggnation av djurstallar.

Huvudfinansier



Projektägare



Administrativ projektledning



Operativ projektledning



Projektaktörer



För mer info om projektet, kontakta Energikontoret Östra Götaland.