



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsplanering,
trädgårds- och jordbruksvetenskap

Varmluftstorktekniker och -funktioner inom lantbruket

Gustav Samuelson

Varmluftstorktekniker och -funktioner inom lantbruket

Convection Drying techniques and capabilities in agriculture

Gustav Samuelson

Handledare: Universitetsadjunkt Torsten Hörndahl, SLU, Lantbrukets byggnadsteknik.

Examinator: Universitetsadjunkt Lennart Bengtsson, SLU, Lantbrukets byggnadsteknik.

Omfattning: 10 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G1E

Kurstitel: Examensarbete för lantmästarprogrammet inom lantbruksvetenskap

Kurskod: EX0619

Program/utbildning: Lantmästare - kandidatprogram

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2012

Serietitel: nr: Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: varmluftstorksteknik, spannmålstork, varmluftstork, satstork, kontinuerligtork, värmeåtervinning.



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsplanering,
trädgårds- och jordbruksvetenskap

FÖRORD

Inom lantmästare- kandidatprogrammet är det möjligt att ta ut två examina en lantmästareexamen (120 hp) och en kandidatexamen (180 hp). En av utbildningens obligatoriska moment är att skriva ett självständigt arbete som skall redovisas som rapport och en muntlig presentation vid ett seminarium. Detta arbete har genomförts under andra året och motsvarar 6,7 veckors heltidsstudier (10 hp).

Idén till studien kom från universitetsadjunkt Torsten Hörndahl som även varit handledare för arbetet.

Ett varmt tack riktas till Tornum AB, AB Akron-maskiner och Torsten Hörndahl som har bidragit med information.

Alnarp maj 2012

Gustav Samuelson

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	4
SUMMARY	5
INLEDNING	6
BAKGRUND	6
MÅL OCH SYFTE	6
AVGRÄNSNING	6
MATERIAL OCH METOD	7
LITTERATURSTUDIE	8
TVÄRSTRÖMSFLÖDESTORK	9
MIXFLÖDESTORK	12
SATSTORKAR	13
<i>Dubbel satstork</i>	14
KONTINUERLIGA TORKAR	15
CIRKULERANDE SATSTORKAR	16
VÄRMEÅTERVINNING	16
<i>Kontinuerlig tork</i>	16
<i>Värmeåtervinning i dubbel satstork</i>	18
DISKUSSION	21
REFERENSER	23
SKRIFTLIGA	23
MUNTliga	23

SAMMANFATTNING

I examensarbetet behandlas ämnet varmluftstorktekniker som används i dagens moderna lantbruk. Varmluftstorktekniken är något som förändras och finjusteras konstant. Examensarbetet tar upp skillnader mellan olika tekniker och beskriver hur de fungerar. De tekniker som arbetet fokuserar på är de som är mest relevanta för norra Europa. Endast spannmålstorkar som torkar spannmål i tunna skikt behandlas. Studien behandlar inte de ekonomiska aspekter för spannmålstorkning, lagring eller olika energi källor.

Jämförelser mellan tvärströmsflödes- och mixströmsflödestorkteknik behandlas ingående. För- och nackdelar påvisas i examensarbetet mellan balk- och schakttorkar. Det beskrivs i arbetet hur dessa tekniker används samt dess för- och nackdelar. Vissa torktillverkares egna tekniska lösningar ingår i arbetet och förklaras.

För att få en spannmålstorkning som är energieffektiv och har en sån stor kapacitet som möjligt behövs torkning med höga temperaturer. Ökar man temperaturen från 40°C till 90°C halveras energiåtgången per ton torkad spannmål. En effektiv energikälla, rätt luftflöden i torken och energieffektiva komponenter i torken gör att man kan effektivisera torkningen och spara energi. Arbetet visar konstruktioner som sparar energi och lösningar på detta.

Examensarbetet visar skillnader mellan satstorkar och kontinuerliga torkar. Nyare tekniker med automatiserade satstorkar visar att de kan vara lika effektiva som mindre kontinuerliga spannmålstorkar.

SUMMARY

Hot-air drying techniques are important for modern agriculture and the technique is constantly developed and modified. The independent project addresses the differences between technologies and describes how they work. The drying techniques in this independent project focuses on what is relevant in agriculture for northern Europe. Only grain dryers that work with drying grain in thin layers are considered. The study does not address the economic aspects of grain drying, storage or different energy sources.

Comparisons are made between crossflow and mixed flow dryers and pros and cons of beams and shafts dry are discussed. It is described in the work of these techniques and their pros and cons. Some dryer manufacturers own technical solutions are explained.

For a grain drying that is energy efficient and has such a large capacity as possible needs drying at high temperatures, an effective energy source, the proper air flow and energy-efficient components in the dryer. For example if you rise the hot air from 40°C to 90°C it saves half of the energy needed for drying one tonne of grain. The work shows designs that saves energy.

The paper shows the differences between batch dryers and continuous dryers. Newer techniques with automated batch dryers is that they can be as effective as less continuous grain dryers.

INLEDNING

Bakgrund

I dagens lantbruk är det vanligast att man kontinuerligt torkar sin spannmål under skördeperioden. Varmluftstorkteknik är ett aktuellt och relevant ämne för växtodlingen. Det saknas idag en aktuell metodöversikt på området. En torkanläggning är en mycket kapitalkrävande investering för en växtodlingslantbrukare. Fördelen med en egen torkanläggning är att fritt kunna torka, lagra och sälja sin spannmål till högsta notering. Att torka sin spannmål drar i dagens läge en stor kostnad på grund av höga energikostnader. Ny och mer energieffektiv torkningsteknik kan motivera investeringar på området.

Torkning definieras som att avlägsna vätska från något, genom att låta den avdunsta eller sugas upp (SAOB, Svenska Akademiens ordbok, 2005). Artificiell spannmålstorkning - utan vindens och solens inverkan - har skett först i slutet av 1700-talet (NE, National Encyklopedin. 2009). Det moderna lantbruket använder sig av högt utvecklade varmluftstekniker för torkning. Torktekniken utgör ett centralt problem för lantbruket.

Torkteknik är ett relevant ämne för mitt examensarbete som bildar en specialstudie av aktuella varmluftstorktekniker och -funktioner. Det motiveras av bristen på en jämförande studie av tekniskt alternativa lösningar inom området.

Mål och syfte

Syftet med examensarbetet är att undersöka befintliga varmluftstorktekniker det finns för att torka spannmål i tunna skikt. Arbetet ska resultera i en jämförande studie av principer och torkningstekniker för lantbruksområdet. Målet är att ta fram aktuell information om och tekniska lösningar för varmluftstorkning. Även utvecklingen av tekniklösningar behandlas.

Avgränsning

Examensarbetet fokuseras på varmluftstorkar som torkar spannmål i tunna skikt så kallad varmluftstorkning. Torkzonens tjocklek (schaktet med spannmål) kan variera mellan olika märken men är mellan 0,25 och 0,45 m. Det koncentrerar sig på varmluftstorktekniker som är relevanta för norra Europa. Arbetet berör inga ekonomiska aspekter på spannmålstorkning och lagring, inte heller olika energityper som används för att värma upp luften. Arbetet behandlar tekniska lösningar i fråga tre stora torktillverkare som arbetar på den svenska marknaden. Examensarbetet gör inga jämförelser mellan olika fabrikat utan behandlar de tekniska lösningarna för spannmålstorkning i tunna skikt.

MATERIAL OCH METOD

Mitt huvudsakliga material har hämtats ifrån databaser som finns tillgängliga via SLU-biblioteket i Alnarp. Fakta har inhämtats ifrån relevant litteratur som finns inom området och personlig kontakt med några torktillverkare där jag har fått information om deras produkter samt diskuterat framtida tekniker. AB Akron-maskiner, Svenska Antti AB och Tornum AB är de tre största torktillverkarna som finns på den svenska marknaden. I arbetet fokuseras det på deras tekniker och lösningar för spannmålstorkning.

LITTERATURSTUDIE

En allt för hög vattenhalt i tröskad spannmål medför problem för lagringen (Brooker, et al 1992). För säker lagring bör spannmålen med olika metoder behandlas efter skörd. Spannmålen kan på olika sätt bli lagringsdugliga genom:

- Förseglad lagring dvs syret tas bort från lagrings behållaren och ingen biologisk nedbrytning kan ske.
- Kemisk behandling.
- Kylning/torkning.

Globalt sett är torkning av spannmål den mest utbredda metoden för konservering (Brooker, et al 1992).

Av Sveriges totala spannmålsproduktion (2006) torkas cirka 80-90% i varmluftstorkar (Jonsson, 2006). En varmluftstork arbetar med att torka spannmålen i höga temperaturer. I Sverige är det vanligt att lufttemperaturen i varmluftstorken ligger mellan 40°C och 70°C. Ju högre torkningstemperatur på varmluften desto mera vatten per timme kan torkas bort. Höjer man torkningstemperaturen från 50°C till 80°C sker nästan en fördubbling på torkens kapacitet. Den högsta tillåtna varmluftstemperaturen för svenska varmluftstorkar är 85°C (Lantbrukets brandskyddskommittè, 2012). Detta för att minimera brandrisken för byggnader inom lantbruket. Går man från 40°C till 90°C på varmluften, halveras nästan energiförbrukning per ton spannmål och kapaciteten på torken ökas fyra gånger (Jonsson, 2006). Väljer man att använda sig av gas uppvärmda torkar kan man räkna med en ökad energieffektivitet på mellan 10 och 15% jämfört med olja som uppvärmningskälla.

För att torkningsprocessen skall bli så energieffektiv som möjligt måste man använda höga temperaturer på varmluften (Jonsson, 2006). Samtidigt kan spannmålen skadas vid höga temperaturer. Beroende på vilken kvalitet man eftersträvar på sin spannmål skall man anpassa torkningstemperaturen.

Ska spannmålen användas till utsäde och malkorn bör inte varmluftstemperaturen i torken överstiga 60°C (Jonsson, 2006). Detta för att inte skada kärnans grobarhet och livskraft. Torkningstemperaturen för trindsäd bör inte vara högre än 60°C. Oljevaxter bör inte torkas med en temperatur över 65°C eftersom de är småfröiga och torkar snabbt. Ska spannmål användas till foder kan en mycket högre lufttemperatur tillåtas.

Vid temperaturer i kärnan:

- Mellan 60-65°C börjar en förlust av grobarheten i kärnan, för att enzymer inblandade i groningen börjar inaktiveras (Jonsson, 2006).
- Mellan 65-70°C sker förluster av bakningskvalité på brödvete vilket senare visar sig genom att degens elasticitet och gashållande förmåga försämras (Jonsson, 2006).

- Över 105°C börjar aminosyror som lysin ta skada. Använder man sin spannmål till foder kan detta leda till lysinbrist hos djuren. Som foder till idisslare kan detta leda till en höjd smältbarhet av stärkelsen. När kärntemperaturen kommer över 120°C så förkolnar spannmålen och kärnan får en mörkare färg (Jonsson, 2006).

Varmluftstorkar, som svenska lantbrukare använder sig av, kan delas in i: (1) satstork där spannmålen ligger stilla tills rätt vattenhalt är uppnådd, (2) cirkulationstork vilken, är en satstork som man cirkulerar spannmålen i under torktiden, (3) kontinuerliga torkar vilka torkar och kyler spannmålen medan den passerar torken (Jonsson, 2006). Dessa torkar kan arbeta med olika luftflöden, de två vanligaste är tvärströmsflöde och mixströmsflöde. Dessutom finns det två olika konstruktioner; balktork och schakttork. I tabell 1 nedan förklaras vilka olika arbetsprinciper, konstruktioner och typer av luftflöden som de olika typer av varmluftstorkarna använder sig av.

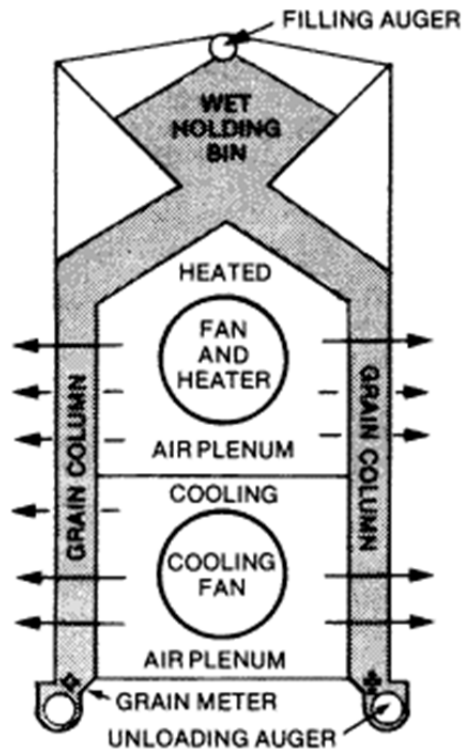
Tabell 1. Vilka olika luftflöden varmluftstorkar använder sig av beroende på konstruktion och arbetssätt.

	Satstork	Kontinuerlig	Cirkulerande satstork
Balktork	Tvärströmsflöde	Mixströmsflöde	Mixströmsflöde
Schakttork	Tvärströmsflöde	Tvärströmsflöde	Tvärströmsflöde

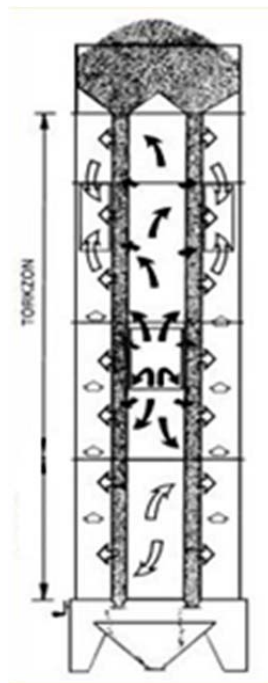
Tvärströmsflödestork

Det som kännetecknar en tvärströmsflödestork är att den spannmål som är närmast där varma luften blåses ut blir övertorkad och den spannmål som är längst ifrån får en högre vattenhalt (Brooker, et al 1992). Man torkar tills man får en medelvattenhalt på spannmålen som är önskad. Temperaturen på spannmålen varierar beroende på var kärnan hamnar i förhållande till varmluftskanalen. Kärnorna närmast varmluftskanalen blir väldigt varma och riskerar därför att bli skadade och gå sönder. Därför är det viktigt att ha kontroll på temperaturen i spannmålen så att den inte skadas.

Tvärströmsflödestorkar kan arbeta på två olika sätt med att fördela luften i torken (Brooker, et al 1992). De kan ha separata fläktar för kyl- och varmluft (se figur 1 och 2) eller gemensam fläkt för kyl- och varmluft (se figur 3). Torkarna i figur 1 och 3 använder sig av gas som värmekälla medans schakttorken i figur 2 använder sig av olja. Dessa torkar kallas schakttorkar. Den separata fläkten för in varmluften i en kanal som fördelar luften så att den blåses genom spannmålen och ut i våtluftskanalen. När spannmålen har sjunkit ner till kylzonen i schakttorken, blåser en separat fläkt kylluft på spannmålen för att den skall komma ner i temperatur och vattenhalt.



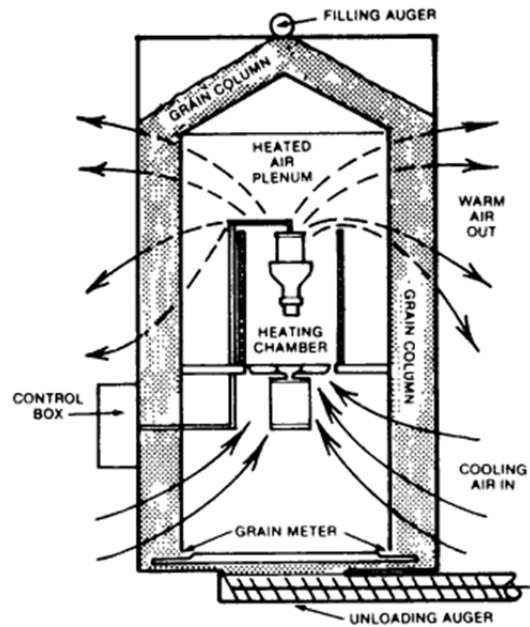
Figur 1. En schakttork som använder sig av tvärströmsflöde med separata fläktar för varmluft och kylning (NDSU 2012). CC: BY, NC, SA.



Figur 2. En schakttork som är oljeuppvärmd och pilarna illustrerar hur luften flödar i torken (Publiceras med tillstånd av AB Akron-maskiner).

Det andra sättet för en tvärströmsflödestork (se figur 3) är att suga in luften igenom kylsektionen och låta den luften kyla spannmålen och sedan leda luften till

brännkammaren (Brooker, et al 1992). Där hettas luften upp till önskad temperatur, för att ledas genom spannmålen och sedan ut genom våluftskanalen.



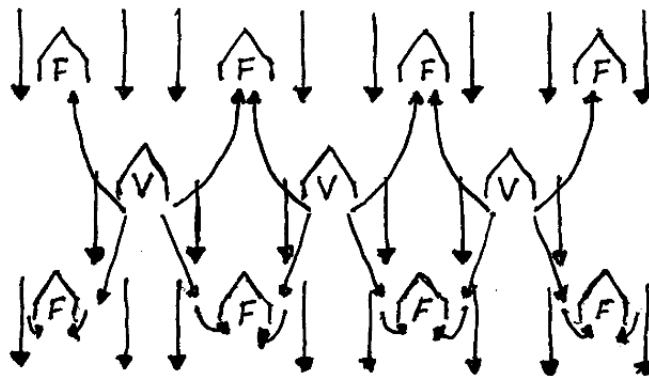
Figur 3. En schakttork med tvärströmsflöde som använder sig av reverserat kylflöde (NDSU 2012). CC: BY, NC, SA.

Dessa torkar är schakttorkar använder sig oftast av gas som värmekälla (Brooker, et al 1992). Schakttorkarna kan även värmas med energi som olja, då leds varmluften in med hjälp av rör i från oljepannan (AB Akron-maskiner, 2012). I Sverige är det vanligast med oljeuppvärmda torkar (pers medd., Lorin, 2012).

Mixflödestork

Mixflödestorkar är den vanligaste varmluftstorken i Europa, och de är även vanliga i Nord- och Sydamerika (Giner, et al 1996). För att en tork skall använda sig av mixflöde så måste det vara en kontinuerligtork med balkar. Dessa torkar är konstruerade så att spannmålen med hjälp av gravitationen och en kontinuerlig utmatning sjunker ner igenom torken där varmluften förs igenom spannmålen. Beroende på var spannmålen befinner sig i torken så växlar varmluften mellan mot- och medströmsflöde relativt spannmålskärnorna. Mixflödestorkens konstruktion ger en mera enhetlig torkning av spannmålen jämfört med en tork som använder sig av tvärströmsflödesteknik. Mixflödestorkar har rader av horisontella luftkanaler vilka är uppdelade i varmlufts- och våtluftskanaler som spannmålen rör sig mellan. Kanalerna är placerade så att varje varmluftskanal är omgiven av fyra våtluftskanaler och vice versa (se figur 4). Luften ifrån varje varmluftskanal strömmar åt fyra håll, på två håll uppåt mot spannmålen och på två håll nedåt med spannmålen riktning mot våtluftskanalerna.

Luftflöde/Spannmålsflöde i en balktork.



Figur 4. Luftkanalernas placering och hur luften rör sig. Varmluft kommer in genom varmluftskanalen V och rör sig sedan genom spannmålen, tar med sig vatten och går ut genom våtluftskanalerna F. Samtidigt rör sig spannmålen nedåt i torken.

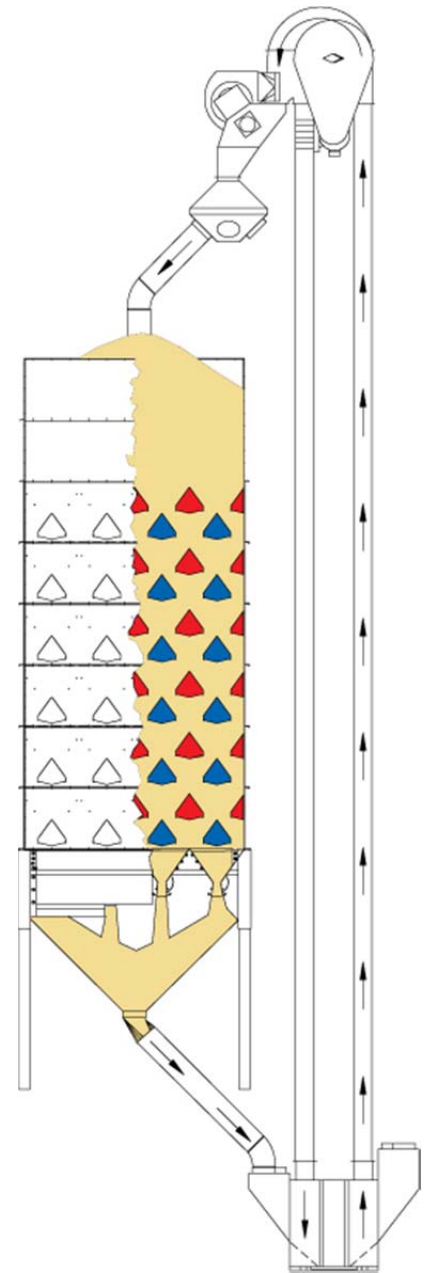
Satstorkar

Satstorkar arbetar med en väldigt enkel teknik (Svegma, 2012). Man behöver bara en elevator för tömning och fyllning då spannmål i satstorkar torkas stillaliggande. Varmluften leds in via varmluftskanaler till luftbalkarna för att sedan passera genom spannmålen och ta med sig vatten från spannmålen. Satstorkar arbetar med tvärströmsflöde som grund. Torken är uppbyggd med horisontellt ställda balkar för varm- och våtluft. Balkarna kan vara aningen koniskt formade för att lika stor luftmängd skall komma ut ur kanalen på hela längden. På så vis blir fördelningen av varmluft så jämn som möjligt och uppnår jämnaste torkningsresultat. En tork med tvärströmsflöde kan vara både en kontinuerlig tork (schakttork) och en balktork vilken arbetar som en satstork (Brooker, et al 1992). Sedan leds varmluften in till våtluftsbalkarna och vidare till våtluftkanalen.

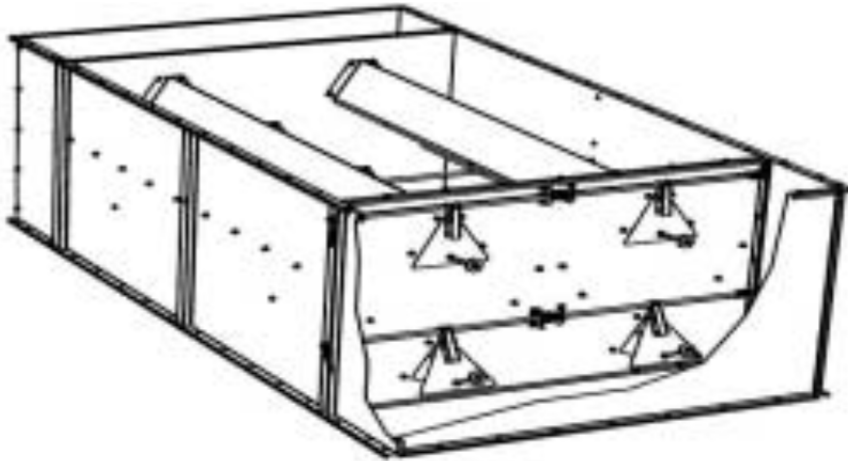
Figur 5 demonstrerar hur luftkanalerna är uppbyggda: De röda kanalerna skall visa hur den varma luften leds in för att sedan passera genom spannmålen. Den våta luften förs ut genom de blå kanalerna och vidare till våtluftskanalen. (Tornum AB, 2012).

Satstorkar är ibland försedda med en s k sjunkzon (Svegma, 2012). Den har till uppgift att agera som en buffert och förhindra att varmluft kan läcka ut. Detta kan annars ske på grund av att efterhand som spannmålets vattenhalt sjunker så har volymen minskat eftersom vatten har avgått ifrån kärnorna. För att varmluften inte skall passera ut förbi spannmålen finns sjunkzonen som är anpassad för varje torkmodell så att den har rätt storlek.

AB Akron-maskiners satstorkar använder sig inte av en sjunkzon utan har en egen konstruktion för detta (AB Akron-maskiner, 2012). Konstruktionen fungerar så att luckor hålls öppna. På så vis kan varmluft föras in så länge det finns spannmål över varmluftskanalerna. När spannmålen börjar sjunka under balkarna fälls luckan ner och ingen varmluft går till spillo. Konstruktionen är helt mekanisk och AB Akron-maskiner kallar detta för "automatisk översektion" (se figur 6).



Figur 5 visar hur en balktork är uppbyggd (publiceras med tillstånd av Tornum).



Figur 6. AB Akron-maskiners automatiska översektion. Övre raden är stängd medan varmluft kan föras in i raden under (Publiceras med tillstånd av AB Akron-maskiner).

En styrning av en satstork kan i princip delas in i tre utföranden, (1) tidsstyrt, (2) viktstyrning och (3) temperaturstyrt. Ett tidsstyrt system är det enklaste, när förprogrammerad torktid har gått börjar torken att kyla efter det så töms och fylls den på med ny spannmål. Med hjälp av viktstyrning så står torkarna på vågceller som är kopplade till en dator. Här får man då programmera in ingående vattenhalt och önskad slutvattenhalt, när vikten i torken då har sjunkit till en viss nivå så börjar den att kyla och när kylfasen är över så töms torken och fylls igen. Väljer man ett temperaturstyrt system fungerar det på samma sätt som viktstyrning men i detta system så sitter det en temperaturgivare i våtluftskanalen som känner av när temperaturen på våtluften är rätt. När denna uppnås börjar torken att kyla för att sedan tömmas och fyllas igen. (Tornum AB, 2012)

Dubbel satstork

För att bättre utnyttja värmekällans kapacitet vid satstorkning kan man använda sig av en dubbeltork (Tornum AB, 2012). Detta är två satstorkar som ställs bredvid varandra. De har en panna med fläkt för torkning och en separat kylfläkt. Anläggningen är konstruerat så att en luftväxlare ansluts till värmekällan och kylfläkten. På så vis kan man växelvis torka en sats i den ena torken samtidigt som man kyler, tömmer och fyller den andra vilket gör att värmekällan kan utnyttjas konstant. Man kan även automatisera torkarna med torkstyrning. På så vis kan torkarna tömma och fylla sig själva. Med hjälp av detta vinner man tid och kan öka sin torkningseffektivitet till en relativt billig investering.

Två automatiserade satstorkar kan mycket väl konkurrera med en kontinuerligtork kapacitetsmässigt (Tornum AB, 2012). Fördelen med dubblasatstorkar är att de är väldigt enkla och arbetar med principer allt in - allt ut. Satstorken tar inte någon tid att justera in som en kontinuerlig gör, men när en kontinuerligtork går och de rätta vattenhalterna är in-justerade så går den hela tiden. Har man många olika grödor så kan satstorken vara bättre än en kontinuerlig tork.

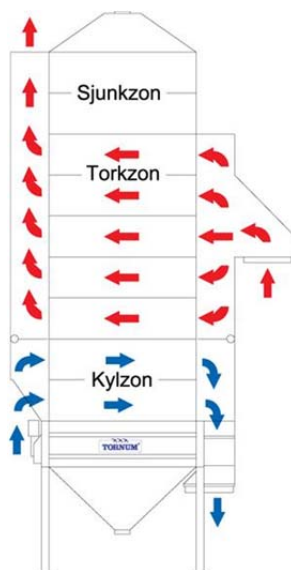
Kontinuerliga torkar

Kontinuerliga spannmålstorkar kan arbeta med antingen mixströmsflöde eller tvärströmsflöde, beroende på hur torken är uppbyggd (Brooker, et al 1992). Kontinuerliga torkar vilka är konstruerade som schakttorkar använder sig av tvärströmsflöde, medan balktorkar tillämpar mixströmsflöde. Torkningsresultatet blir oftast något mer ojämnt i en schakttork än i en balktork, därför att schakttorken övertorkar spannmålen som är närmast varmluftskanalen och spannmålen närmast våtluftssidan kommer att ha något högre vattenhalt.

Figur 7 visar hur en kontinuerlig tork kan se ut (Tornum AB, 2012). Här ser man hur varmluften leds in på en sida av torken och passerar mättad med vatten ut på andra sidan av varmluftstorken i den sk våtluftskanalen. Man ser även att det finns en sjunkzon, en torkzon och en kylzon. Även här kan kylzonen anpassas efter vattenhalten på spannmålen och gällande förutsättningar. Spannmålen kommer först till sjunkzonen. Den skall fungera som buffert innan spannmålen går ner till torkzonen. Spannmålen rör sig med hjälp av gravitationen sakta nedåt igenom torken. En kontinuerlig utmatning i botten av torken anpassar spannmålens hastighet genom torken.

I torkzonen blåses varmluft igenom spannmålen för att ta upp vatten, sedan leds luften ut ur spannmålen för att samlas upp i våtluftskanalen (Brooker, et al 1992). Där transporteras den våta luften ut. En kontinuerlig balktork använder sig av mixströmsflöde när den skall fördela luften i torken och en kontinuerlig schakttork använder sig av tvärströmsflöde.

I kylzonen skall spannmålen kylas ned efter att den har varit i torkzonen. En fläkt tar in kylluft och blåser den igenom spannmålen (Brooker, et al 1992). Sedan går kyl luften ut i en separat frånluftskanal för kyl luften och transporteras ut. Kylzonen kan ofta varieras för att optimera hastigheten för spannmålen i torken (AB Akron-maskiner, 2012). Vid låga vattenhalter kan kylzonen ökas eller minskas om det är höga vattenhalter, detta för att få ut spannmål med rätt vattenhalt ur torken.



Figur 7. Uppbyggnad och luftflöde i kontinuerlig tork (Publiceras med tillstånd av Tornum AB).

Cirkulerande satstorkar

Cirkulerande satstorkar använder sig av mixströmsflöde (Svenska Svenska Antti AB, 2012). En fördel mot en konventionell satstork kan man ha en något högre temperatur och få ett väldigt jämnt torkningsresultat på varan. Spannmålen som cirkulerats lägger sig i sjunkzonen där ingen varmluft tillförs och får chansen att "svettas". Det hårt bundna vattnet i kärnan rör sig utåt och blir lättare att torka bort. Detta leder till att torkningen blir mer effektiv och mindre energikrävande. Spannmålen torkas och cirkuleras tills önskad vattenhalt är uppnådd. I och med att spannmålen cirkuleras rensas den från boss flera gånger eftersom att den passerar aspratören flera gånger. Detta leder även till att varan blir renare jämfört med en vara som är torkad i en konventionell satstork.

Flera tillverkare kan i dag erbjuda detta system. I Finland finns en stor erfarenhet av denna typ av lösningar eftersom de ofta tröskar spannmål vid en hög vattenhalt (Peltola & Kallioniemi, 1990).

Värmeåtervinning

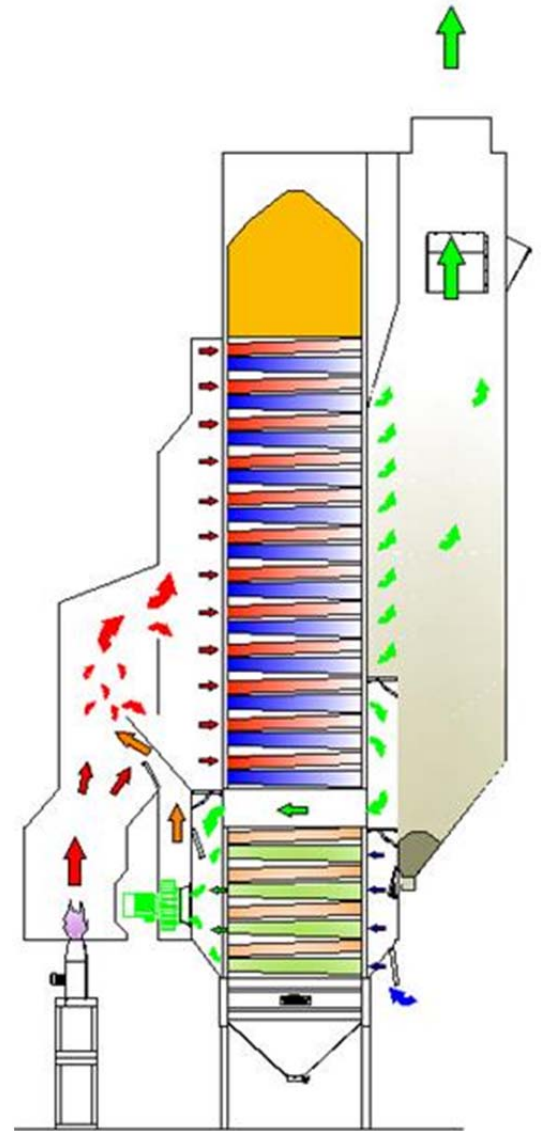
För att spara energi när man torkar spannmål kan man på olika sätt effektivisera torkningsprocessen (pers medd., Lorin, 2012). Ett av dessa sätt kan vara med hjälp av värmeåtervinning där man försöker att använda den energin som finns kvar i varmluften efter den har passerat igenom spannmålen. Arbetet tar upp två exempel på hur detta kan vara konstruerat, det första beskriver principen hur det fungerar i en kontinuerlig tork och den andra en lösning för en dubbel satstork.

Kontinuerlig tork

En av Sveriges varmluftstorkstillverkare har konstruerat en tork vilken har "HR-torken" som varumärke (Tornum AB, 2012). HR står för Heat Recovery som på svenska betyder värmeåtervinning. Torken är en kontinuerlig balktork. Med en HR-tork kan upptill 30% av energin återvinnas och detta gynnar både lantbrukaren och miljön.

HR-torken måste använda propan- eller naturgas som energikälla annars kan inte värmeåtervinningen fungera. Man utnyttjar det faktum att en kontinuerlig varmluftstork inte är lika effektiv att utnyttja värmen på alla ställen i torken. Dessa torkar är storsäljarna på exportmarknaden för Tornum AB men har även sålts i Sverige.

Luftflödet i torken är följande: Luften tas in till gasbrännaren och värms upp till cirka 95°C. Där blandas luft (35°C) som kommer ifrån återvinningsfläktarna (Tornum AB, 2012). Temperaturen på ingående luft kommer då att bli 70°C. Luften passerar genom torken som vanligt men bara ca 75% av luften sugas ut genom våtluftskanalen. Resterande 25% av luften går igenom en återföringszon för att sedan blandas in med den använda kyl luften där den sedan blåses in för att blanda sig med ny 95°C luft (se figur 8). Detta sparar energi för att ingående luft till brännkammaren har en högre temperatur vilket gör att det inte går åt lika mycket energi för att värma upp luften till ingångstemperaturen.



Figur 8. En HR- tork ifrån Tornum AB, pilarna illustrerar luftflödet i torken (Publiceras med tillstånd av Tornum AB).

Det totala luftflödet genom våtluftskanalen har minskats med 55% (Tornum AB, 2012). Vilket gör att man kan ha mindre fläktar som drar mindre energi. Dessutom har Tornum AB förstorat arean på våtluftskanalen vilket också ger en minskad lufthastighet. Den låga lufthastigheten gör att inte lika mycket damm och boss följer med fläktarna ut. Ett lågt luftflöde gör att även små damm- och bosspartiklar kan sjunka ner i våtluftskanalen. I botten av våtluftskanalen har man därför satt en skruv som skall mata ut damm och boss till exempelvis en container vilken man sedan kan tömma. Detta för att luften runt omkring skall bli så ren som möjligt. Det är vanligt i Östeuropa att torkar står mitt i byar där man kräver att torkägaren minimerar dammet från anläggningen. En lägre lufthastighet gör också att varmluften blir mera mättad med vatten till en högre grad vilket sparar energi.

Vid varje utmatning från torkzonen öppnar sig ett spjäll som stänger återföringszonen för luftflödet (Tornum AB, 2012). På så vis kan spannmålen passera ner till kylzonen.

Samtidigt som detta sker öppnar sig ett spjäll så att brännaren får ta vanlig uteluft istället för den återcirkulerade luften. Så fort kylzonen är fylld igen så stänger spjället för spannmålen och luften kan passera i genom återföringszonen igen. Detta kan man göra tack vare att man har gas som värmekälla och den är väldigt lätt att snabbt justera efter effektbehov.

HR-torken är en kontinuerlig balktork men skiljer sig på följande punkter:

- Återvinning av värmeenergi ur använd luft sker både från kylzonen och den nedre delen av torkzonen(Tornum AB 2012).
- Placeringen av fläktarna i den nedre delen av torken trycker in luften i blandningsdelen samt suger från kylzonen. Det ger lägre mottryck för utsugsfläktarna i toppen på våtluftskanalen (Tornum AB 2012).
- Cirkulerar luft från kyl och torkzon, ger ett lägre luftflöde ut ur torken genom våtluftskanalen. Låga luftflöden gör att varmluften kan mättas till en högre grad vilket gör att mera vatten kan transporteras ut (Tornum AB 2012).
- Våtluftskanalens area är förstörad gentemot en vanlig balktorks våtluftskanal vilket ger lägre lufthastighet (Tornum AB 2012).
- Utrustning som tillåter stopp av luftflödet under utmatning (Tornum AB 2012).

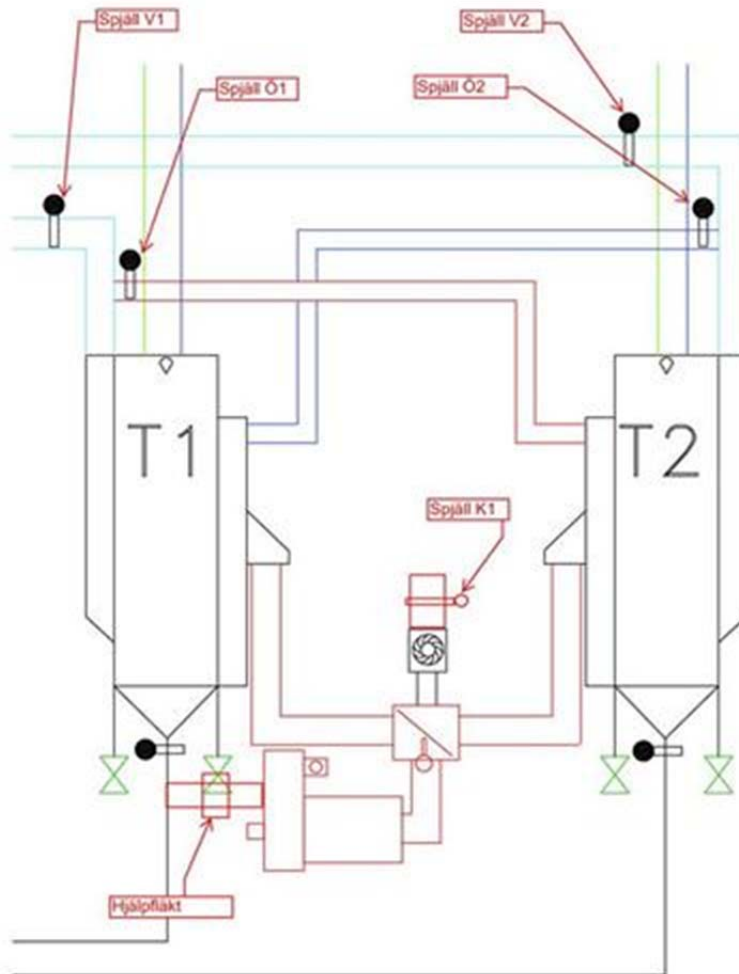
Med hjälp av dessa åtgärder kan en HR-tork spara upp till 30% av torkens energianvändning (Tornum AB, 2012).

Värmeåtervinning i dubbel satstork

Tack vare modern teknik kan man styra och automatisera fler funktioner vilket gör att man kan spara energi och torkningstid även för en dubbeltork (Tornum AB, 2012). Tornum AB har en produkt som kallas TSHR. TS kallas satstorkar och HR står för Heat Recovery. Detta är en lösning som kan installeras på befintliga dubbel satstorkar för att spara energi och tid.

Under torkningen har våtluften i våtluftskanalen olika temperatur och mätnadsgrad av vattenånga. I slutfasen av torkningsprocessen har luften högre temperatur och är inte lika mättad på vattenånga. I en vanlig tork låter man denna luft blåsas ut i våtluftskanalen och ut från byggnaden som torken står i. Med Tornum ABs TSHR kan man med hjälp av extra kanaler och spjäll använda den energi som finns kvar i våtluften i den andra torkfickan . Detta sker när tork 2 är fylld och väntar på att tork 1 skall torkas

färdigt. Då öppnas ett spjäll som ser till att våluften passerar igenom tork 2 innan den går ut ur byggnaden. Spannmålen i tork 2 torkas inte nämnvärt men den värms upp och på så vis sparar man energi och tid. För att detta skall ske när rätt förhållande på temperatur och fuktigheten i våluften uppnås måste torken vara utrustad med exempelvis temperatur- och fuktighetsmätare eller med indirekt styrning såsom vågceller. Eftersom luften får en längre väg att gå plus att den skall passera mera spannmål ansluts en axialfläkt. Beroende på förutsättningar och förhållanden som råder i enskilda fall installeras fläkten antingen före varmluftkällan eller någonstans i luftflödet. När varmluften byter tork kan den därför börja torka direkt eftersom spannmålen är redan uppvärmd. Detta leder till en sänkning av energiförbrukningen med ca 6%, vilket gör att torkningen går fortare vilket i sin tur ger en tidsbesparing på ca 6%. I figur 9 finns en skiss på hur denna lösning kan se ut.



Återvinning från T1 till T2:

Spjäll V1 Stängt
 Spjäll V2 Öppet
 Spjäll Ö1 Öppet
 Spjäll Ö2 Stängt
 Spjäll K1 Stängt

Läge när ej återvinningsfunktion används:

Spjäll V1 Öppet
 Spjäll V2 Öppet
 Spjäll Ö1 Stängt
 Spjäll Ö2 Stängt
 Spjäll K1 Öppet

Återvinning från T2 till T1:

Spjäll V1 Öppet
 Spjäll V2 Stängt
 Spjäll Ö1 Stängt
 Spjäll Ö2 Öppet
 Spjäll K1 Stängt

Figur 9. Rördragning ifrån pannan till torkarna och nödvändiga spjäll, samt förklaring till spjällens funktion för Tornum AB's TSHR-tork (Publiceras med tillstånd av Tornum AB). För ytterligare information se länk <http://www.tornum.se/?p=10831&m=3005>.

DISKUSSION

Lantbruket gör kontinuerligt rationaliseringar i driften och går hela tiden mot större enheter. Gårdarna får mer och mer mark vilket ger större mängder spannmål att hantera under skördesäsongen. Detta ställer större krav på att spannmålsanläggningar och torkar skall klara av större volymer. Samtidigt så har energipriserna ökat dramatiskt under senare perioder och detta gör att torkningen blir dyrare och dyrare hela tiden. Kan man som lantbrukare sänka sitt energibehov med hjälp av effektivare energiutnyttjande eller nyare tekniker så finns det pengar att tjäna.

Automatiserade dubbla satstorkar kan i dag konkurrera med mindre kontinuerliga torkar, men när det krävs stora kapaciteter så är det bara kontinuerliga torkar som används. Satstorkens fördelar kommer till pass när man som lantbrukare har många grödor eftersom den inte behöver några in-justeringar till varje gröda och olika vattenhalter.

Av informationen som finns i arbetet så måste man använda sig av hög varmluftstemperaturer för att få en energieffektiv torkning. Då får man bäst utbyte av den energi man värmer sin tork med. Använder man idag en panna till torken som inte klarar av att värma den ingående luften till mer än till 40°C kan man avsevärt öka den befintliga torkens kapacitet genom att skaffa en större panna som kan värma luften ytterligare. Man bör använda så hög temperatur som möjligt utan att man risker att förstöra kvalitén på spannmålen. Väljer man gas som värmekälla kan man öka verkningsgraden med 10-15% jämfört med olja. Har man som lantbrukare bara fodersäd sparar man pengar genom att torka sin spannmål på 85°C, vilket i dag är den högsta tillåtna temperaturer på ingående varmluft.

När man måste använda sig av högre torkningstemperaturer för att bli mera energieffektiv pekar den information som finns i arbetet mot att schakttorkar kommer att försvinna, eftersom spannmålen riskerar att skadas då avståndet ifrån varmluftsutsläppet hela tiden är konstant. I den kontinuerliga balktorken så ändras avståndet för spannmålen till varmluftsinsläppet och utsättes inte för samma höga temperatur hela tiden. Vilket skall ge ett mera homogent torkningsresultat.

Värmeåtervinning är ett annat sätt att sänka energiförbrukningen på spannmålstorkning. I arbetet presenterar två lösningar: en för dubbla satstorkar och en för kontinuerliga torkar. Dessa lösningar kommer ifrån Tornum AB men det finns liknade lösningar av andra tillverkare. Har man redan en befintlig dubbel satstork i från Tornum AB kan denna kompletteras med värmeåtervinning för att effektivisera torkningen. Det är en fördel eftersom det blir en mindre investering.

Man kan spara mest energi när man har en kontinuerlig gastork med värmeåtervinning, (upptill 30%). Detta sker genom en kombination av värmeåtervinning, höga torkningstemperaturer och effektiva komponenter i torken. Det krävs även att torken kan ha ett lågt luftflöde för att fukten skall hinna gå ur kärnan och tas upp av luften för att sedan gå ut igenom våtluftskanalen. Dessa torkar är inte så vanliga i Sverige och Europa ännu så länge, men är mycket intressanta för framtiden. Jag tror att dessa torkar

kommer att bli vanligare i Sverige när lantbruket hela tiden rationaliseras och blir större enheter.

Torktekniken har en grundläggande betydelse för lantbruket. Teknikutvecklingen går snabbt i dagens värld och kräver kontinuerlig kompetensutveckling inom området. Ny kunskap grundas på teori, forskningsrön och beprövad erfarenhet. Fältet ligger öppet för stora forskningsinsatser för att experimentera fram nya avancerade torktekniker. I ett framtidsperspektiv kan vi räkna med att genomgripande tekniska innovationer introduceras för rationell spannmålstorkning. Torkningsprocessen är mycket energikrävande. Effektivt energiutnyttjande är ett viktigt kriterium när nya torkprocesser och torktekniker utvecklas och implementeras (NE, 2009).

Vetenskapliga källor till arbetet fanns i begränsad mängd och oftast var de relativt gamla. Den informationen jag har fått ifrån företagen har varit till stor nytta för arbetet.

REFERENSER

Skriftliga

AB Akron-maskiner. Spannmålshantering. [online](2012-03-24) Tillgänglig: <http://www.akron.se/sida.asp?MenuID=17> [2012-04-27].

Brooker, D. B., Bakker-Arkema, Fred W. & Hall, Carl W. (1992). *Drying and storage of grains and oilseed*. New York. Van Nostrand Reinhold,

Giner, S.A., Bruce, D.M., Mortimore, S. (1996). *Two-Dimensional Simulation Model of Steady-state Mixed-flow Grain Drying*. Journal of Agricultural Engineering Research, [online] Tillgänglig: http://ac.els-cdn.com/S0021863498902979/1-s2.0-S0021863498902979-main.pdf?_tid=dece07c13fe2138164c10bd6dea5441&acdnat=1335528482_c6ec4d24dabb2edf2501c0943fbb9aa7

Jonsson, N. (2006). *Uppdatering av gårdens spannmålstork*. Uppsala. JTI- institutet för jordbruks- och miljöteknik.

Lantbrukets brandskyddskommitté. (2011). *LBK pärmen 2011* Lantbrukets Brandskyddskommitté, Stockholm. Svenska brandskyddsföreningen,

Nationalencyklopedin. (2009). *Nationalencyklopedin*. Höganäs. Bokförlaget Bra Böcker,

Peltola, A. och Kallioniemi, M. (1990). *Spannmålstorkning*. Helsingfors. Svenska lantbrukssällskapens förbund,

Svenska Akademin. (2005). *Svenska Akademiens ordbok*. Lund. Norstedts Akademiska Förlag,

Svegma (2012). Satstorkar [online] Tillgänglig: <http://www.akron.se/files/47900110.pdf> [2012-04-27].

Svenska Antii. Varmluftstorkar [online](2012-03-27) Tillgänglig: <http://www.agrosec.fi/sv/index.php?id=3> [2012-04-27].

Tornum AB. Varmluftstorkar. [online](2012-03-25) Tillgänglig: <http://www.tornum.se/?p=9728&m=2200> [2012-04-27].

Muntliga

Lars Lorin, Säljare vid företaget Tornum AB i Kvänum, Västergötland (2012).