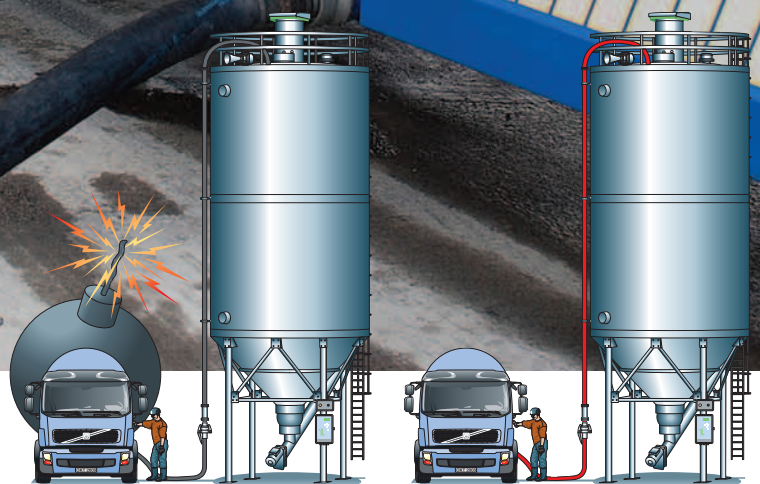


# Trycksäkert

En skrift om pneumatisk lossning av pulvergods och hantering av denna teknik på ett säkert och omdömesgillt sätt.



# Innehåll

<b>Problemställning</b>	<b>3</b>
<b>Teknik</b>	<b>5</b>
System med delat ansvar	5
Mineral som pulvergods	6
Energi	6
Luft som godsbärare	6
Tryck och kraft	6
Lufflöde	7
<b>Sändning av pulver</b>	<b>9</b>
Sändaren	9
Sändningsförloppet	9
<b>Mottagning av pulver</b>	<b>13</b>
Mottagare/silo	13
<b>Nya lagar och förordningar</b>	<b>16</b>
Uppgradering till 0,05 bar	16
God teknisk praxis	17
<b>Säkerhets- och miljöaspekter</b>	<b>18</b>
Säkerhetsaspekter	18
Miljöaspekter	19
Säkerhets- och miljöproblem vid pneumatisk lossning i cementsilos	20
<b>Förklaringar</b>	<b>21</b>
<b>Sammanfattning</b>	<b>22</b>

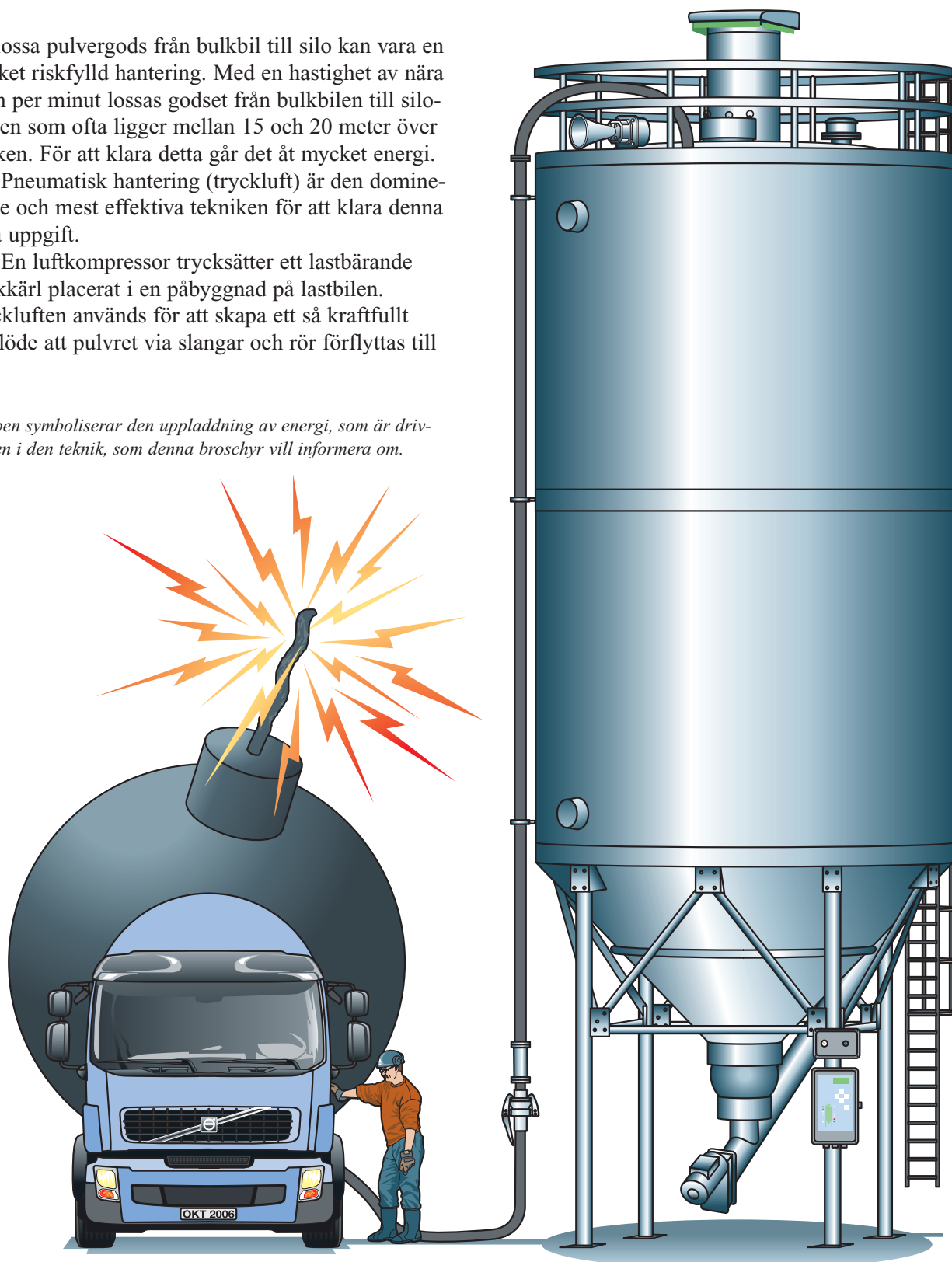
# Problemställning

Att lossa pulvergods från bulkbil till silo kan vara en mycket riskfylld hantering. Med en hastighet av nära 1 ton per minut lossas godset från bulkbilen till silotoppen som ofta ligger mellan 15 och 20 meter över marken. För att klara detta går det åt mycket energi.

Pneumatisk hantering (tryckluft) är den dominerande och mest effektiva tekniken för att klara denna tuffa uppgift.

En luftkompressor trycksätter ett lastbärande tryckkärl placerat i en påbyggnad på lastbilen. Tryckluften används för att skapa ett så kraftfullt luftflöde att pulvret via slangar och rör förflyttas till

*Bomben symboliserar den uppladdning av energi, som är drivkraften i den teknik, som denna broschyr vill informera om.*



en mottagare/silo. Med tanke på det höga trycket måste hanteringen ske under sträng och noggrann uppsikt så att förloppet inte blir okontrollerbart och påverkar systemet med krafter, som det inte är konstruerat för att klara av.

Konsekvenserna kan bli allvarliga för såväl människor som anläggningar.

Bristfällig utrustning och felaktigt handhavande kan också orsaka damning och nedsmutsning.

Med den här broschyren vill vi öka kunskapen om denna effektiva men riskfyllda teknik och samtidigt förklara betydelsen av ett väl fungerande samarbete mellan transportör och mottagare.

Förhoppningsvis kan den här broschyren också skapa förståelse för vad alla användare bör känna till och rätta sig efter för att tekniken skall bli så säker som den förtjänar.

## Tänk på att

- i systemet finns en stor mängd uppladdad energi som kan skapa mycket våldsamma luftflöden om den inte hanteras rätt,
- tekniken bygger på att det skapas kraftiga luftflöden mellan sändare och mottagare,
- luftflöden som hejdas snabbt bygger upp sprängtryck hos mottagaren,
- cementsilor är klassade som tryckkärl och underställda lagar och förordningar för sådana.

# Teknik

## System med delat ansvar

I och med att chauffören kopplat slangen från fordonet till siloröret har en tryckkärlsanläggning med en sändare och en mottagare skapats.

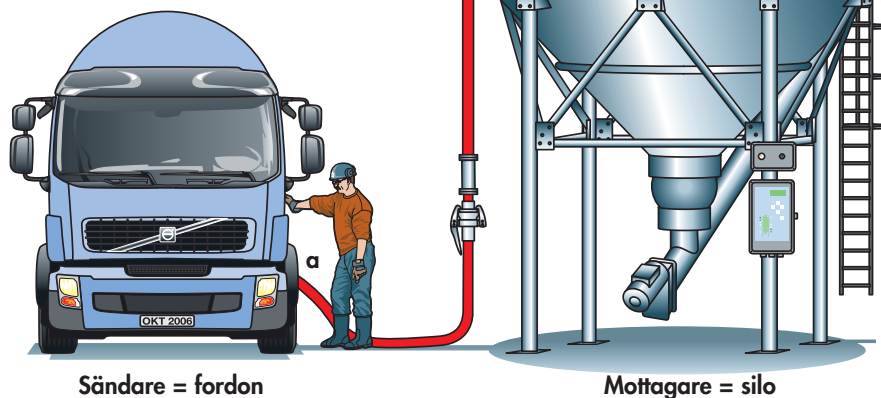
Principen för anläggningen är att den tryckluft som komprimeras i sändaren används för att skapa ett kraftigt luftflöde till mottagaren. Detta luftflöde innehåller det pulvergods som skall lossas.

I denna skrift beskrivs varför luftflödet kan vara både oberäkneligt och farligt. Eftersom flera parter delar på ansvaret för anläggningen och dess funktion ökar risken för att olyckor med allvarliga följder kan inträffa.

## Chaufförens/sändarens ansvar

Det är chauffören som reglerar luftflödet. Därigenom ansvarar han för att den enorma energi som finns i fordonstanken inte utlöser en alltför stor luftrusning. En sådan öppnar avlastningsventilen och släpper ut damm och pulver.

Man kan inte heller nog understryka att en okontrollerad luftrusning aldrig får inträffa eftersom risken för allvarliga olyckor då är överhängande.



## Tryck och luftspelet i lossningsledningen

Det vanliga är att lossningsledningen är sammansatt av rör och slang på 4 tum.

Bilden ovan visar att under lossningen har luften vid slangens inlopp (a) ett tryck på 2 bar. Direkt när luften kommer ut i ledningen utvidgas den framåt vilket innebär att trycket sjunker. Mer luft måste få utrymme varför lufthastigheten tvingas öka.

Efterhand som luften går framåt i ledningen minskar trycket och hastigheten ökar. Vid inloppet i silotaket (b) är lufttrycket nästan i nivå med atmosfärstrycket.

Tryckenergi har helt förvandlats till rörelseenergi. Hindras luften nu att komma ut i det fria, omvandlas rörelseenergin till tryck igen.



## Fabrikens/mottagarens ansvar

Mottagaren ansvarar för silon och dess säkerhetsutrustning. Dessutom ansvarar mottagaren bland annat enligt lag för att avlastningsventilen öppnar då lufttrycket överstiger den nivå som silon är godkänd för. Ventilens öppningsarea skall vara fri från hinder som stryper luftflödet vid en utblåsning.

Om mottagarens filterkapacitet är otillräcklig kan inte chauffören lastas för att avlastningsventilen öppnar under normal lossning.

## Mineral som pulvergods

Pulver är i det här sammanhanget ett mineral, som malts till små korn omgivna av luft. Ju finare malning ju mer luft innehåller pulvret, vilket betyder att volymvikten/densiteten varierar.

Pneumatisk hantering innebär att luft pressas in i pulvret vilket gör att det skrymmer mer än i vilofas. Men även när det skruvats och fallit fritt vid lastning ökar luftinnehållet. När det åter kommer i vila avgår luft och densiteten ökar i samma grad.

Som riktpunkt räknar man med att ett ton cement skrymmer cirka en kubikmeter när det fylls på i en silo.

## Energi

Det går åt en hel del energi för att flytta över 40 ton cement från bil till silo. Energi kan uppträda i en mängd olika former och den kan snabbt omvandlas från en form till en annan. Vid pneumatisk hantering utnyttjas luft för att utföra lossningsarbetet. Luft har valts eftersom den lätt kan laddas med energi genom komprimering.

Vind innehåller rörelseenergi, som när den träffar ett segel, förmår att driva en segelbåt framåt. När vinden träffar seglet växlas rörelseenergin till ett tryck. När båten rör sig framåt övergår trycket i arbete.

Vindar skapas av skillnader i lufttryck som i sin tur beror på energibalanser som påverkas av temperaturen.

I pneumatisk sändning gäller samma lagar. Det gäller att skapa en luftström med så mycket rörelseenergi, tryck och kraft att den klarar arbetet med att flytta cementlasten. Drivkraften är också här lufttryckskillnaden.

När systemet konstruerades valde man att satsa på tryckskillnaden två bar.

För att få med godset/pulvret i luftflödet komprimeras luften i pulvret. Det sker i en trycktank, som samtidigt är godsbärare. Tankarna görs stora för att få med så mycket last som möjligt. Det innebär tyvärr att de kommer att innehålla en mycket stor mängd komprimerad luft som innehåller en mycket stor mängd bunden energi.

## Luft som godsbärare

I normalläget vilar pulverkornen mot varandra. Det ger en inre friktion, som gör att cementet upplevs som ganska fast. För att få cementet att "rinna" pressas luft in mellan kornen. Detta kallas fluidisering och är en av grunderna i pneumatisk hantering.

En annan grund är att komprimera luften i behållaren där godset ligger. Pulverkornen omsluts då av komprimerad luft. Låter man sedan den komprimerade luften rusa ut genom en öppning i behållaren följer pulverkornen med. Luft/pulverblandningen sänds via en lossningsledning bestående av slang och rör till en mottagande behållare där det vid starten råder atmosfärstryck. När lossningsspjället öppnas sker en snabb trycksänkning av sändningsluften och luften ökar i volym. Eftersom den är innesluten i en ledning ökar lufthastigheten i takt med att trycket sjunker. Tryckenergin i sändaren växlar över till rörelseenergi och kraft. Pulverblandningen ger en motkraft ända tills den lämnar lossningsledningen. Då frigörs övertrycket i sändningsluften nästan helt men luftpulverblandningen sprutar in i mottagande behållare med hög rörelseenergi.

Luften har nu fullföljt sin uppgift som godsbärare och skall avskiljas från godset. Det sker genom att den får passera genom en filterduk. För filtreringen krävs en tryckdifferens mellan in- och utsida. I mottagaren måste därför trycket ligga något över atmosfärstrycket. Det är detta som klassificerar den som ett tryckkärl i lagens mening.

Se avsnittet "Nya lagar och förordningar".

## Tryck och kraft

Den luft som omger oss på jordytan verkar med en kraft på ungefär 1 kilo per kvadratcentimeter.

Energin, som finns i behållaren, visar sig som ett tryck och en kraft på väggarna som innesluter den.

Tanken är konstruerad och byggd för att klara detta tryck som dock, enligt lag, inte får överskridas.

Skulle trycket av en eller annan anledning ändå överskridas kan konsekvenserna bli livsfarliga. Skillnader i atmosfärstrycket skapar ibland orkaner. Dessa kan, om de hindras i sin framfart, bygga upp tryck som välter hus. Samma naturlagar gäller vid pneumatisk hantering.

Allt som hindrar luftens framfart bygger upp tryck och kraft. Tryckskillnaden i ett pneumatiskt system skapas av en kompressor som ger ett arbetstryck i sändaren. Där bildas ett magasin av lagrad energi helt jämförbart med principen för en ångpanna.

Under lossning är förbindelsen mellan sändare och mottagare helt öppen.

Den stora luftmängd som under sändning blåser in i mottagande behållare är som en stormvind med sin inbyggda energi. Allt som stoppar den ökar trycket. Stoppas den helt stiger trycket tills mottagaren sprängs.

Kraftpotentialen uppgår till hela 140 ton räknat på taket i en silo med en diameter på 3 meter.

## Luftflöde

Luftflödet i systemet har olika karaktär och ursprung.

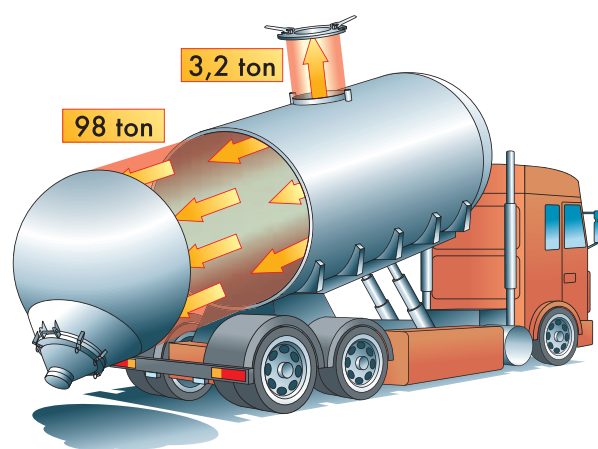
En kompressor trycksätter sändaren och upprätthåller trycket under sändning samt blåser luft förbi sändaren till ett ejektorsystem.

Under en 25-årsperiod har kompressorkapaciteten ökat från 3,5 kubikmeter per minut till nivåer runt 16 och däröver. Den främsta orsaken till detta är behovet av att kunna använda bulkfordon även till gods som kräver mer luft än cement. Denna utveckling gagnar inte cementhanteringen, snarare tvärtom. De flesta anser att en kompressor som pumpar 9–10 kubikmeter luft per minut är det optimala. ”Onödig” luftmängd skapar istället problem som stör lossningen och mer hjälpluft än nödvändigt måste användas. Detta försämrar lossningskapaciteten. För mycket luft överbelastar också mottagarens redan känsliga trycksituation.

Inför framtiden bör man därför hoppas på en utveckling mot mer flexibla kompressorer. Redan i dag finns också lösningar med nedväxling och möj-



Skapar vi ett vakuum i till exempel en fordonstank kan uteluften demolera den i en implosion (motsatsen till explosion). Tryckkärnen på ett cementfordon tål inte heller mycket vakuum.



Tipptanken, som har en diameter på 2,55 meter och 28 kubikmeter volym, innehåller vid 2 bars tryck 56 kubikmeter tryckluft. Ett respektgivande energiinnehåll som uppträder som en kraft inuti kärlet.



*Cementsilo med bristfällig avluftning.*



*Svåra olyckor har inträffat när oreducerad fabriksluft använts för att förstärka luftkapaciteten till exempel vid långa lossningsledningar. För högt tryck, 5 bar, har gått in bakvägen i tryckkärlet.*

lighet till sänkning av ingående varvtal som sänker kapaciteten. Observera att kompressorerna skall vara byggda för att klara ett lägre varvtal.

Luftflödet mellan sändare och mottagare skapas genom en tryckskillnad mellan dessa.

Detta flöde är mer svårbemästrat och ojämnt.

Tryckdifferensen erhålles genom att luften i sändaren komprimeras till arbetstrycket 2 bar.

En öppen förbindelse mellan luft med olika tryck leder till att trycket strävar mot utjämning. Då orsakas en luftström med en kraft och styrka som beror på tryckfallet, förbindelsens area, längd och motstånd i till exempel krökar och böjar. När det finns pulver i slangen utövar det ett starkt mottryck som hejdar luftflödet. Det ger en balans i sändningen så att den luftmängd som pumpas in är lika med den som lämnar kärlet.

Det största och allvarigaste problemet uppstår när mottrycket i lossningsledningen minskar eller upphör genom att pulversändningen tar slut. Det enda mottryck som finns kvar beror då på friktion i rör och slang och denna är försumbar. En häftig luftrusning uppstår om lossningsspjället inte stängs i tid. Energin som finns i luftflödet kan drabba mottagaren med för stor kraft.

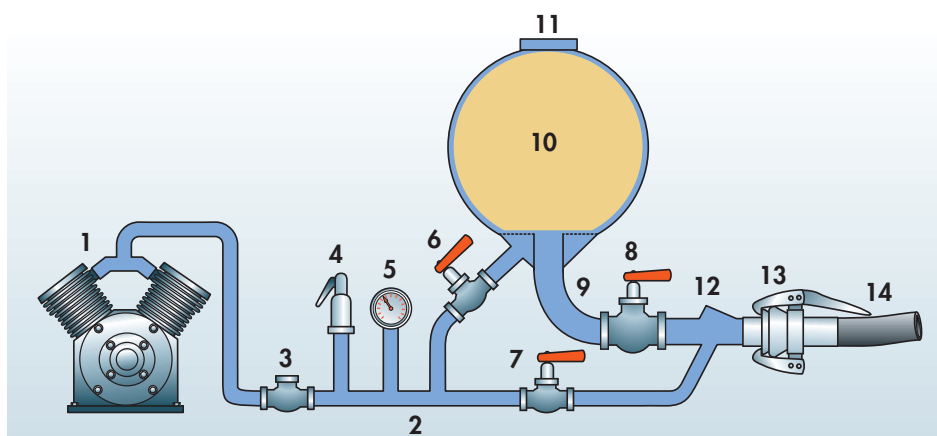
En sfärisk behållare på 6 kubikmeter rymde i teknikens barndom 6 ton. Med åren har fordonstankar börjat byggas för att passa även lättare pulver. Det innebär att de fordon som transporterar cement ofta har ”överstora” tankvolymmer. Det kan handla om tankar med volymer på 60 kubikmeter. Vid 2 bars tryck innehåller en sådan tank 120 kubikmeter tryckluft, som man måste bli av med på ett säkert sätt. Denna utveckling innebär att den samlade luft- och energimängden i fordonstankarna har ökat i motsvarande grad vilket också manar till eftertanke.

## Tänk på att

- det pneumatiska system som här används bygger på en uppladdning av en väldig mängd tryckluft,
- denna luftmängd innehåller en mycket stor mängd energi,
- denna energi måste hanteras med respekt och tekniska anordningar som gör den säker att använda,
- mätningar har visat en luftrusning på nära 3 kubikmeter per sekund under 5–6 sekunder för att sedan avklinga.



# Sändning av pulver



## Sändaren

Sändaren kan beskrivas med en schematisk skiss som visar en princip som i stort sett varit oförändrad sedan 1950-talet.

1. **Kompressor** Vanligtvis fordonsmonterad, men stationära kompressorer förekommer. Kapaciteten varierar mellan 8 och drygt 16 kubikmeter per minut vid 2 bars tryck.
2. **Luftstam** Luftledning som leder kompressorluften till olika förbrukningsställen.
3. **Backventil** Skyddar en avstängd kompressor från material, som kan gå baklänges i systemet.
4. **Säkerhetsventil** Sätter en tryckgräns i luftstammen, som systemet är godkänt för – normalt 2 bar.
5. **Manometer** Operatörens instrument för att manövrera systemet.
6. **Luftventil** (Fluidiseringsventil) Reglerar den tryckluft som pumpas in i tryckkärlet.
7. **Luftventil** (Ejektorventil) Reglerar luftflödet, som går till en ejektor på lossningsröret.
8. **Lossningsspjäll** Reglerar luft- och materialflödet från sändare till mottagare.
9. **Fluidiseringsanordning** Specialanordning som skall finfördela den luft som pumpas in i kärlet.
10. **Trycktank** Godsbehållare som byggts som tryckkärle och kan ha olika utformning.
11. **Lastningslock** Lock över öppning som anpassats till lastningsbälg.
12. **Ejektor** Anordning som riktar ejektorluften framåt med ejektorverkan.
13. **Slangkoppling** Kopplingshane modell M 42. (4”).
14. **Lossningsslang** Specialslang som kopplas mellan sändare och mottagare.

## Sändningsförloppet

Sändningsförloppet omfattar sju olika faser och nedan följer en beskrivning av dem.

### Åtgärder före sändning

#### Rätt gods

Leveranssedeln skall visas när mottagaren har personal på plats. Dels för att kontrollera att godsslag och mängd överensstämmer med beställningen, dels för att mottagaren skall kunna avgöra om lasten får plats i silo.

#### Rätt silo

Mottagaren skall genom tydlig märkning anvisa vilket silorör som skall användas. En bra säkerhetsåtgärd är att använda låslock på rören, speciellt om lossning sker på obemannad plats.

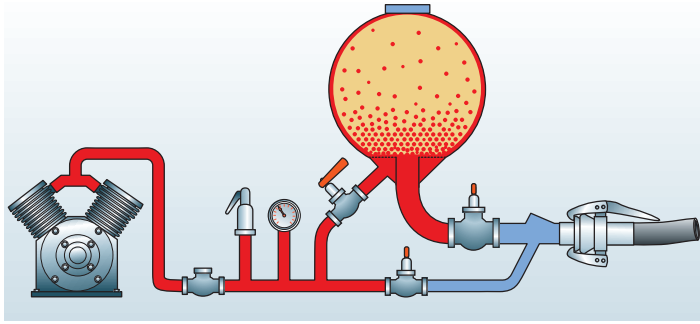
En fellossning i en redan full silo skapar ett överraskningsmoment, som chauffören kan ha svårt att parera i tid. Dessutom kan en fellossning av cement orsaka mycket stor ekonomisk skada.

#### Tillräckligt siloutrymme

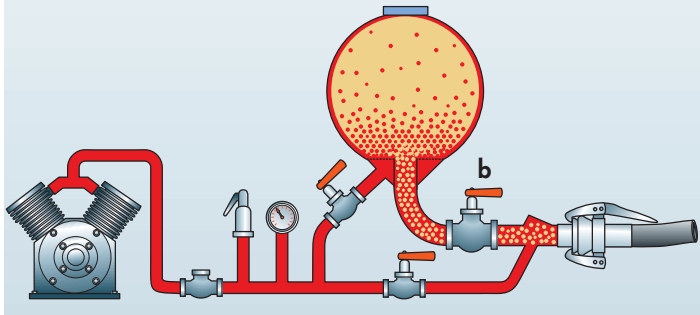
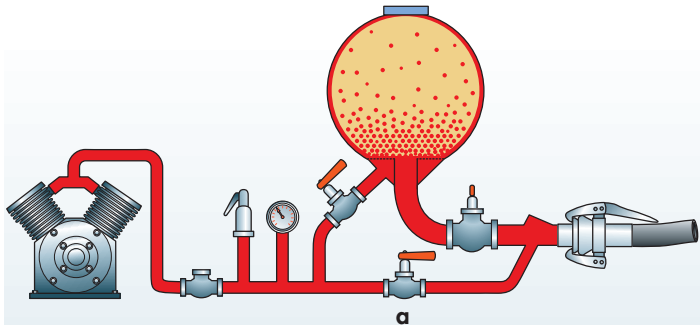
Mottagaren har ansvaret för att det finns tillräckligt med siloutrymme för leveransen.

#### Sändarutrustning

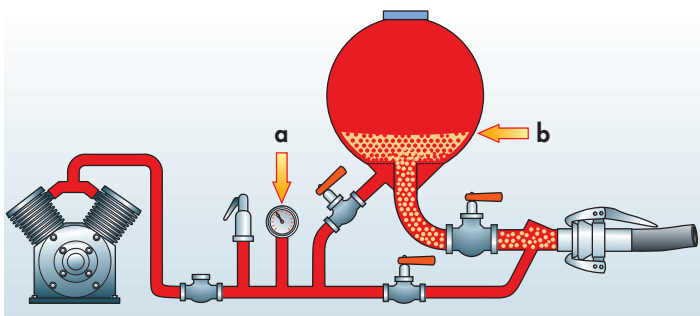
- **Är lossningsslangen rätt kopplad?** Kopplingshakarna bör placeras så att de motverkar eventuella slangryck.
- **Är locket tätt?** När trycksättningen startat är det för sent att dra åt lockmuttrarna med normal



Trycksättning.



Start sändning.



Sändningsfas.

Luftfjädring ger möjlighet att följa pulvermängden i tanken genom att avläsa tryckförändringen.

handkraft. Hävarm och slägga ger momentkrafter som lockbultarna inte är konstruerade för.

### Lossningsanvisningar

Mottagaren bör tillse att det finns en tillgänglig instruktion över åtgärder som chauffören skall rätta sig efter.

### Trycksättning

Luft pressas in i fluidiseringsanordningen som finfördelar den in i pulvret. Detta sker i botten på tanken kring lossningsöppningen. Där övergår pulvret till nästan flytande fas. När manometern visar arbetstrycket 2 bar är det dags att starta sändningen.

### Start sändning

Först släpps ejektorluft (a) på för fullt för att få igång en luftström i lossningsarmaturen. Därefter öppnas lossningsspjället (b) med en mjuk, bestämd manöver. När sändningen är i gång stryps ejektorluften till ett läge som chauffören bestämmer. Olika lossningsförhållanden kräver olika mängd ejektorluft. Konsten är att använda så lite ejektorluft som möjligt, utan att ledningen proppar igen.

### Sändningsfas

Den luftmängd som kompressorn tillför motsvarar den luftvolym och det gods som lämnar behållaren. Trycket skall vara stabilt (a). Efterhand som kärlet töms på material växer "energipaketet" för att nå sitt maximum när tanken är tom. Chauffören måste noga följa hur nivån sjunker i tanken (b). Det kan han göra genom att knacka på den med en gummiklubba.

Med tanke på den enorma energi som finns i tanken måste chauffören vara synnerligen uppmärksam under hela sändningen och finnas inom räckhåll för att snabbt stänga lossningsspjället.







*Bultarna till lockmuttrarna utsätts för stora krafter men är dimensionerade för detta. Om man använder hävarm eller slag för att dra åt muttrarna kan gängorna brista.*

Tekniken har kommit för att stanna men kommer att förfinas. Man slipper att belasta filterdukarna med onödig luftfuktighet. Lossningsspjället skonas från ett besvärande slitage.

Oavsett hur man avluftar, innebär en sänkning av ”sluttrycket” till 1 bar att den luftmängd som kräver avluftning halveras.

### Åtgärder efter sändning

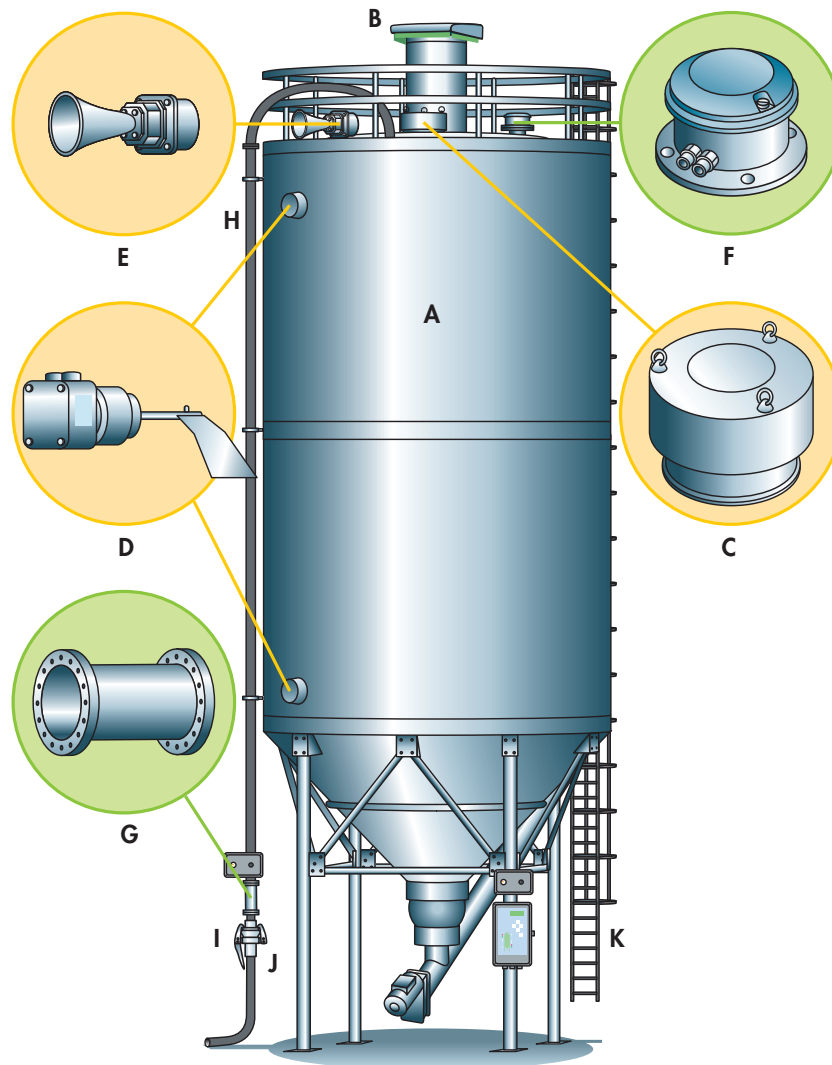
Att komma tillbaka till lastningsplatsen med övertryck är både olämpligt och farligt, även om trycket är lågt. Ändå är det inte ovanligt att man låter ”överluft” pysa ut genom att lätta på lockmuttrarna. På vintern kan locket ha fryst fast och man kan luras att helt lossa muttrarna varefter locket lossnar och flyger upp med stor kraft.

### Tänk på att

- sändningen sker med hjälp av en stor mängd uppladdad energi som kräver ständig kontroll,
- den absolut viktigaste uppgiften för chauffören är att stoppa sändningen innan tanken är tom,
- avlastningsventilen inte skall öppna vid avluftningen,
- chauffören bör informera mottagaren om en tillbaka-blåsning skulle inträffa när han kopplar loss sin slang. Detta är nämligen ett allvarligt tecken på att silon inte klarar sändarens luftmängd,
- det viktigaste i det här läget är att kontrollera avlastningsventilen.



# Mottagning av pulver



## Mottagare/silo

Mottagaren är en behållare klassad som tryckkärl i kategorin lågtrycksgasbehållare. Mot bakgrund av att den är konstruerad för att klara 1/40 del av det tryck som sändaren arbetar med, och att det råder en öppen förbindelse mellan kärnen, måste den vara utrustad med ett filter som släpper igenom luftflödet, och säkerhetsanordningar som garanterar att trycket aldrig överskrider den lagliga gränsen.

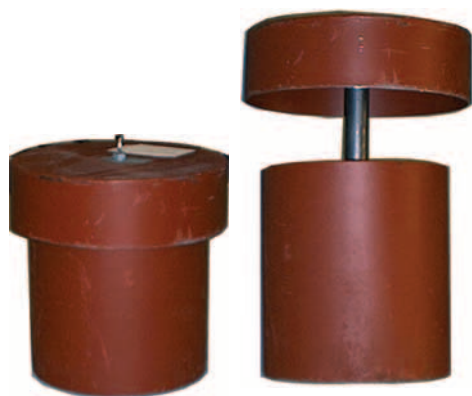
### A. Behållare

Behållare/silor kan ha olika utformning och storlek men skall vara försedda med ett dammfilter. Filtreningen förutsätter ett mindre övertryck i behållaren, i

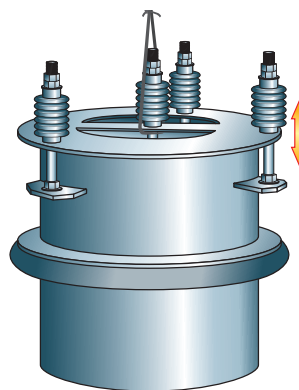
förhållande till luften utanför, och den klassificeras därför som tryckkärl. Se ”Nya lagar och förordningar”.

De stora ytorna i behållaren innebär att även låga lufttryck utsätter konstruktionen för betydande krafter. Den svagaste delen är silotaket, speciellt om det är platt.

*Exempel:* En vanlig silo har en diameter på 3 meter. Det innebär en takyta på 70 000 kvadratcentimeter. Vid det i dag tillåtna trycket 0,03 bar verkar en kraft på taket med 2,1 ton. Från den 1 januari 2006 finns det möjlighet att uppgradera trycket. Om det uppgraderas till 0,05 bar ökar kraften med 1,4 ton till 3,5 ton.



Alternativ 1.



Alternativ 2.

## B. Filter

Luft/pulverblandningen skall separeras i behållaren. Genom att blåsa den genom en finmaskig specialduk rensas även små partiklar bort. Med tanke på den stora luftmängd det handlar om måste filterarean vara tillräckligt stor (20–25 kvadratmeter). För att filterytan skall rymmas inom ett användbart filter samlas den i ett antal kassetter eller formas i runda tuber.

Under filtreringen pressas pulverpartiklarna mot duken och bildar en ”filterkaka” som hindrar luften att passera. Äldre filter hade därför en skakmekanism som startade efter lossningen. I moderna filter sker en pneumatisk rensning genom att tryckluft skickas som luftskott mot filtreringsriktningen. Dessa styrs med ett tidrelä och rensning kan ske under pågående lossning.

Vid cementhantering måste rensningen vara så bra som möjligt. Därför rekommenderas att rensningen får fortsätta minst 10 till 15 minuter efter lossningen.

Filtret bör klara en lossning i balans och en begränsad lufrusning.

Filtret kan vid en överfyllning av silon täppas igen och sprängas loss vilket innebär en dödlig risk för omgivningen.

## C. Avlastningsventil

En säkerhetsventil på mottagaren, som släpper ut övertryck, är obligatorisk vid pneumatisk hantering. Den skall reagera på låga maxtryck och klara stora luftflöden. Därför använder man en så kallad avlastningsventil där trycket får verka på en stor yta och där öppningsarean släpper igenom en stor luftmängd.

De vanligaste ventilerna har en stående rörstos på 26 centimeter i diameter som svetsas in i silotaket. Över stosen ligger ett lock, som skall ge den motkraft, som stämmer överens med vad lagligt tryck anger. Det finns två huvudprinciper.

I *alternativ 1* vilar locket över öppningen med sin egen tyngd som ger önskat mottryck. Locket hålls fast och styrs av en järnten som sticks ned i stosen där det sitter en enkel styrning (Scanfilter). Riskerna är att en plugg brinner fast i stosen eller att cement brinner fast på järntenen så att den kärvar eller fastnar.

I *alternativ 2* hålls locket nere av fjädrar, som ställts in för önskad fjäderkraft (WAM filter). Ventilen är i praktiken försedd med en skyddshuv. Riskerna är att en plugg brinner fast i stosen eller att cement gjuter fast fjädrarna. Förutom att genom tillsyn förhindra att öppningsfunktionen störs måste motvikten kontrolleras.

## D. Nivåvakt

Det speciella med pneumatisk hantering är att luften blandas med godset. Avlastningsventilen måste därför förutom luft kunna släppa igenom pulver.

En utblåsning av pulver i samband med överfyllnad sker ganska ofta i verkligheten och innebär varje gång en stor risk. Dessutom kan både filter och avlastningsventil tappa sin funktion om anordningarna inte rengörs efter sådana händelser.

Om det saknas rutiner för att undvika risken för överblåsning, bör det finnas en fungerande nivåvakt. Denna placeras 50 till 70 centimeter under silotaket och skall ge en signal när den kommer i kontakt med det gods som fylls på.

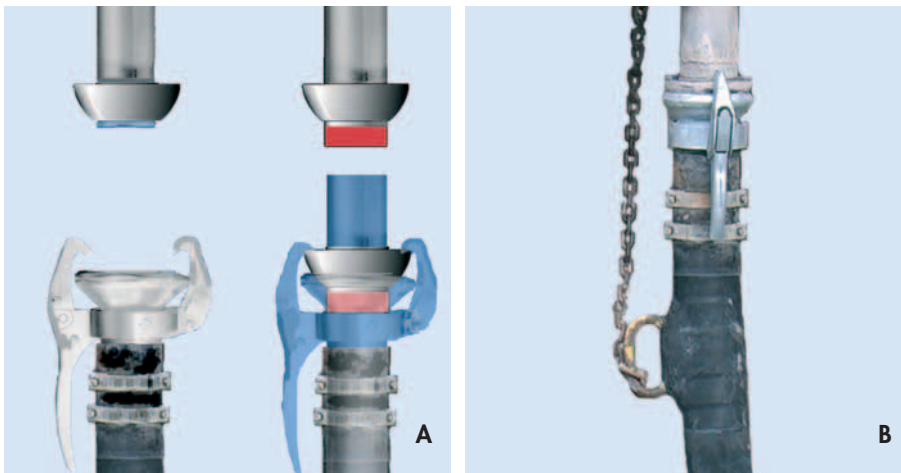
Det finns olika slags nivåvakter. Den enklaste är en så kallad paddelvakt, som ger signal när paddeln bromsas.

## E. Larm

Nivåalarm är chaufförens stoppsignal och måste på ett tydligt sätt kunna uppfattas av honom.

## F. Tryckvakt

Tryckvakten ingår i ett utbyggt säkerhetssystem av



*A. Den förlängda stosen "rött" passar in i honan och fixerar slangen rakt ned. En extra fördel är att materialstrålen riktas rakt in i röret vilket minskar slitage av blästring.*

*B. Slangen säkras med en förankrad kätting. En vajer snara är ett bra alternativ.*

karaktären "hängslen och livrem". Den monteras i silotaket och ställs in för att avge en signal vid det tryck man valt.

### G. Slangventil

Tryckvaktsignalen släpper på tryckluft till en så kallad slangventil som sitter på siloröret. Tryckluften måste vara ordentligt torr. Ventilen består av ett kort rör i vilket sitter ett gummimembran. När membranet blåses upp stängs röret.

Vid användning av trycket 0,03 bar har det visat sig att slangventilen kan skapa problem eftersom den ställs in på ett något lägre tryck i ett redan svagt tryckintervall. Här borde ett tryck strax över 0,03 bar väljas.

En uppgradering till 0,05 bar skapar en fungerande teknik om man väljer att ha en slangventil. Observera att om slangventilen reagerar först, kommer avlastningsventilen aldrig att lyfta vid lossningen. Utan tillsyn fastnar den.

### H. Silorör

Siloröret skall dras horisontellt eller vertikalt. Den 180-graders-böj som ofta sitter på silotaket utsätts för hårt slitage på grund av att här är hastigheten på materialflödet som högst.

### I. Slangkoppling

Slangkopplingen M 42 härrör från bevattningstekniken och fungerar som en kardankoppling som gör att honan kan kopplas snett på hanen. Honan har därför bara två hakar vilket tyvärr gör kopplingen osäker. Viktigt är att hakarna griper in ordentligt i "rännan" bakom hanen. Kopplingarna får inte heller vara slitna.

Risk finns att slangen piskar loss hakarna och man måste därför tänka på hur de sitter i förhållande till eventuella slag av slangen.

En slanglossning är synnerligen farlig för chauffören och miljön.

Det finns två sätt att minska risken som kan användas enskilt eller tillsammans.

- Slangen säkras med en kätting eller vire-slinga.
- Den korta styrstosen på hanen förlängs antingen genom påsvetsning av ett rörsegment eller genom byte av hela hanen till en KKV Styrstos.

### J. Slang/slangklamrar

Slangen är specialtillverkad för sändning av bulk-gods. Slangklamrarna bör vara av minst samma klass som så kallad PARI klämmor.

### K. Stege

För att kunna underhålla anordningar på silotaket krävs ett säkert sätt att komma dit upp eftersom tillsynen måste vara regelbunden och ganska frekvent.

### Övrigt

Till siloutrustning hör nivåmätare av olika typer. Nyttan av sådana varierar eftersom det oftast är svårt att mäta med en tillfredsställande noggrannhet.

# Nya lagar och förordningar



Arbetsmiljöverkets bilder som tagits i samband med utredningar på olycksplatser:

A. Silotak som fläkts upp när filter och avlastningsventil inte tillräckligt effektivt släppt igenom luftflödet.

B. Delar av fodersilo som försetts med en filterpåse med otillräcklig filterkapacitet.

C. Filter som sprängts loss från silotaket och ramlat ned på marken.

Cementsilor, och motsvarande behållare i andra pulverbranscher, är förmodligen de tryckkärl i Sverige, som är mest utsatta för haverier, med stor materiell förstörelse och dödsfall som följd.

Från den 1 januari 2006 definieras cementsilor som lågtrycksgasbehållare.

*I Arbetsmiljöverkets föreskrifter AFS 2005:2 står att läsa:*

Lågtrycksgasbehållare: ett tryckkärl som är konstruerat för att innehålla gas med ett gastryck som inte överstiger 0,5 bar.

Tryckkärlsbestämmelserna är nu EU-anpassade och gränsen 0,5 bar är en gräns som kan utnyttjas för många slags tryckkärl dock inte för cementsilor.

Cementa och SFF har uppvakttat Arbetsmiljöverket för att få möjlighet att uppgradera dagens lagliga tryck 0,03 bar till 0,05 bar som tillämpas i övriga EU. Trycket 0,05 bar finns inte angivet i de nya bestämmelserna utan skall ses som en branschöverenskommelse som troligtvis kommer att följas av andra som använder tekniken.

Genom en officiell skrivelse från Arbetsmiljöverket har en uppgradering blivit möjlig. Villkoren anges tydligt i skrivelsen som du hittar på sidan 20 i denna skrift.

## Uppgradering till 0,05 bar

En uppgradering från 0,03 till 0,05 bar gynnar både transportör och mottagare men sker helt på mottaga-



rens ansvar. Uppgraderingen gäller olika kategorier av silor. Nedan följer några exempel.

### **Nyttillverkning**

Tillverkningen sker enligt AFS 2005:2 och tillverkaren har ansvaret.

### **Om silon är tillverkad för 0,05 bar i EU-land som tillämpar detta tryck**

Många silor, främst i Sydsverige, har tillverkats och levererats bland annat från Danmark, som tillämpat trycket 0,05 bar sedan 1979. En uppgradering är därmed direkt godkänd.

### **Om tillverkning skett i Sverige och tillverkaren fortfarande finns kvar ...**

... skall tillverkaren utfärda ett intyg där han garanterar för konstruktionen.

### **Om tillverkning skett i Sverige och ingen tillverkare finns kvar ...**

... skall någon annan, till exempel användaren själv, göra en utvidgad riskbedömning enligt god teknisk praxis.

## **God teknisk praxis**

Eftersom silon är konstruerad och byggd för att klara laster och pelartryck, som kraftigt överstiger 0,05 bar, bör det räcka med att göra en riskbedömning av silotaket eller i förekommande fall gavlar eller plana ytor.

### **Avlastningsventilen**

Oavsett vilken kategori silon tillhör måste den ha en avlastningsventil som alltid öppnar vid det maxtryck

den är ämnad för. Därför måste ventilen med tillräckligt täta intervall kontrolleras, motioneras och provvägas. Särskilt viktigt är att ventilen inspekteras då det finns misstanke om att den fyllts upp med cement.

Intervallkontrollen med vägning bör till en början vara tät till exempel en gång varannan vecka för att sedan, med utgångspunkt från goda vägningsresultat, förlängas. För silor som sällan fylls på kan intervallkontrollen ersättas av en obligatorisk kontroll före varje lossning.

Observera att en höjning från 0,03 till 0,05 bar innebär att ventilen kanske inte alls lättar vid lossningen. Om den då inte motioneras regelbundet är risken större än tidigare att den fastnar.

Serviceprogrammet för avlastningsventilen skall dokumenteras i ett serviceprotokoll.

### **Nivåvakt**

Går det inte på annat sätt att undvika en överfyllning bör en nivåvakt installeras.

### **Plåttjocklek och balkar i silotak**

En konstruktionsbedömning av balkar och plåttjocklekar bör ingå.

### **Svetsar**

En svetsare med kompetensbevis bör anlitas för att okulärt kontrollera om svetsarna i silotaket utförts på ett fackmannamässigt sätt. Särskild uppmärksamhet skall riktas mot korrosion i svetsar och plåt. Föreligger misstanke om att korrosion försvagat plåt och svets skall en tjockleksmätning ske.

## **Tänk på att**

- en uppgradering till 0,05 bar kraftigt skulle minska risken för damning,
- en uppgradering ökar risken för att avlastningsventilen fastnar,
- avlastningsventilen, oavsett motvikt, måste kontrolleras regelbundet.

# Säkerhets- och miljöaspekter

## Säkerhetsaspekter

Hundratals miljoner ton pulvergods har hanterats sedan 1950-talet men förhållandevis få allvarliga olyckor har inträffat. Rent statistiskt kan man därför betrakta tekniken som säker.

Men det är nog en förhastad slutsats. Hur många incidenter och händelser, som aldrig rapporteras, är det svårt att ha en uppfattning om. Troligtvis är mörkertalet stort. De materiella skadorna torde ha varit omfattande. Eftersom sådana uppstår nära människor och händelserna gäller tunga mekaniska komponenter måste risken för personskador bedömas varit stor.

De tre viktigaste säkerhetsaspekterna i pneumatisk hantering är

1. Drivfjädersystemet är energi, som ackumuleras i en stor mängd tryckluft, som blixtnabbt kan växla mellan rörelseenergi, kraft och arbete.
2. Vid sändningen flyttas denna energi över till mottagaren genom luftflödet som, om det hindras i sin framfart, blixtnabbt bygger upp ett farligt tryck.
3. Många som använder sig av tekniken har inte tillräckliga kunskaper om hur den fungerar.

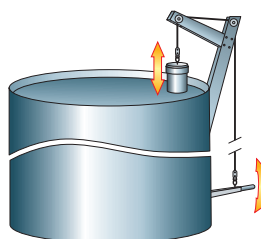
Det absolut viktigaste i arbetet för säkerhet är:

- att chauffören, under hela lossningen, måste ha en odelad uppsikt över sändaren och vara beredd att snabbt stänga lossnings-spjället bland annat för att kunna eliminera lufttrusningar,
- att fabriken måste se till att filter och avlastningsventil alltid är funktionsdugliga.

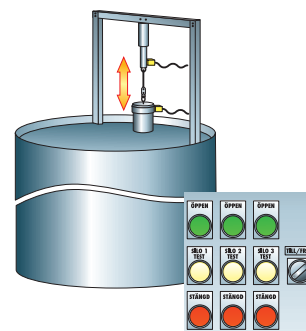
## Avlastningsventilen

För alla tryckkärl är säkerhetsventilen den viktigaste komponenten. Avlastningsventil som den kallas på silor har en speciell utformning. Den skall inte bara släppa ut övertryck utan också klara en väldig luftmängd.

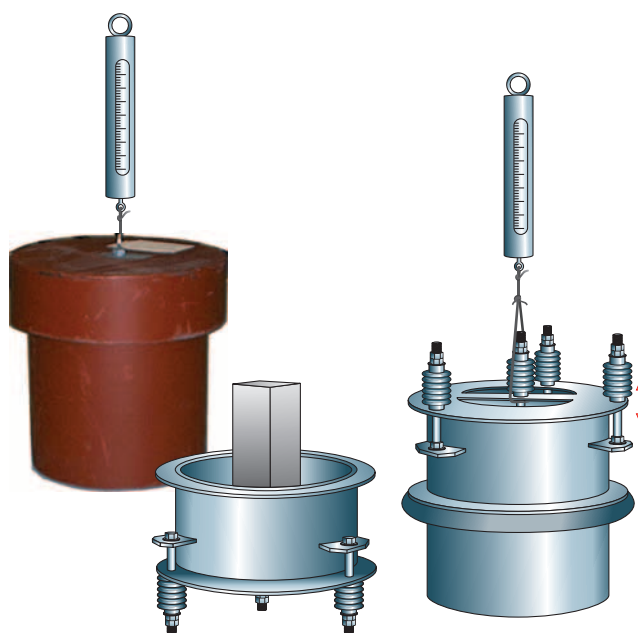
Ett speciellt problem är att tryckluften är blandad med pulver. Pulvret, speciellt cementet, ger belägg-



Med en enkel vajer över brythjul kan chauffören före lossning kontrollera att ventilen inte sitter fast.



En luftcylinder lyfter locket och signalgivare visar stängd och öppen.



Den viktkontroll som regelbundet skall göras kan utföras med en enkel handvåg. För WAM-ventilen, som enkelt kan lyftas av och vändas upp och ned, kan också en kalibrerad tyngd användas.

ningar på ventilen som bränner fast och kan göra den obrukbar. Vid överfyllning kan utloppet täppas till.

Ett annat problem är att ventilen ofta sitter så att den är besvärlig att komma åt för underhåll. På flera håll görs därför försök att underlätta kontrollen.

Förhoppningsvis kommer denna utveckling att fortsätta för att möjliggöra en tidsenlig funktionskontroll men där också vägning ingår.

Tekniken passar ventiler med lock men fungerar inte för ventiler av typ WAM.

## Miljöaspekter

Att pulver dammar ligger i sakens natur, men en av fördelarna med pneumatisk hantering är att den skall vara sluten och dammfri. Det är den inte i dag. Istället upplever många användare damning som ett svårt och kostsamt problem.

Damm eller pulvergods kommer i första hand ut genom avlastningsventilen och då i större eller mindre mängder.

Att avlastningsventilen släpper ut luft och pulver har många orsaker.

### För stort luftflöde i sändningen

Den kraftiga ökningen av kompressorkapaciteten innebär problem vid mottrycket 0,03 bar. Det redan snäva tryckintervallet får ännu mindre utrymme, vilket medför att avlastningsventilen kan öppna även vid begränsade variationer av luftflödet.

Damningen uppstår annars i samband med att luften börjar rusa.

Grundprincipen måste därför vara att lossnings-

spjället stängs innan tanken är tom och att avluftningen sedan görs antingen direkt ut i luften eller med starkt strypt spjäll i silon.

I många fall används utblåsning medvetet som en form av nivåvakt när sådan saknas.

Av samma anledning sker det ofrivilliga utblåsningar vid överfyllning.

Detta är problem som bara fabriken kan åtgärda genom att sätta dit ett nivåarm.

### Dålig filterkapacitet

Ett tecken på dålig filterkapacitet är när en rätt inställd avlastningsventil öppnar under balanserad lossning och vid starten av luftrusningen.

### För lågt mottryck i avlastningsventilen

Fungerande avlastningsventiler, inställda för 0,03 bar, kom till bred användning först efter olyckan i Borås 2001. Chaufförernas körsätt, stora luftvolymmer och ett för lågt mottryck skapar på många fabriker stora damningsproblem. Under åren har man blivit försiktigare vid lossningen men det har inte löst dammproblemen.

Därför är det mycket positivt att avlastningsventilen nu, på vissa villkor, kan uppgraderas från 0,03 bar till 0,05 bar. Detta senare tryck tillämpas allmänt i de flesta EU-länder.



*Det borde vara möjligt att komma tillrätta med säkerhets- och miljöproblemen vid pneumatisk hantering. Denna skrift vill vara ett led i detta viktiga arbete.*

# Säkerhets- och miljöproblem vid pneumatisk lossning i cementsilos

## Skrivelse från Arbetsmiljöverket 2006-12-04

Olyckor med cementsilos har förekommit, och då främst i samband med fyllning. Normalt är det inget övertryck i silon, men när man vid fyllning blåser in cement i silon med hjälp av tryckluft blir det övertryck i silon. Då silon normalt inte klarar det tryck som råder i det levererande systemet, måste det kraftiga luftflöde som används vid fyllningen kunna släppas ut ur silon för att inte ett övertryck skall byggas upp. Om detta inte fungerar och övertryck ändå byggs upp, måste silon ha anordningar som begränsar trycket för att den inte skall haverera och orsaka olyckor.

Cementsilos, som fylls med hjälp av tryckluft, klassas som lågtrycksgasbehållare om de är konstruerade för ett inre tryck på högst 0,5 bar. I så fall omfattas de av produktreglerna i Arbetsmiljöverkets föreskrifter AFS 2005:2 om tillverkning av vissa behållare, rörledningar och anläggningar. Om de bara innehåller cement (och luft vid fyllningen), så följer att de endast skall uppfylla de allmänna bestämmelserna i 7 § i AFS 2005:2. Där sägs att behållare med tillhörande säkerhetsutrustning skall vara konstruerade enligt god teknisk praxis. Till god teknisk praxis torde definitivt höra att en silo skall ha tryckavlastningsanordningar, om trycket kan överskrida det tryck den är dimensionerad för. Så är också fallet om trycket i systemet i den levererande bilen som skickar in cementen i silon är större det tryck silon tål. Om trycket i systemet i bilen är högre än 0,5 bar, skulle silon dessutom bli ett tryckkärl som omfattas av reglerna i föreskrifterna AFS 1999:4 om tryckbärande anordning, om silon inte har en tryckavlastning som garanterar att trycket i silon är högst 0,5 bar.

Ni skriver att den EU anpassning som införts i och med AFS 2005:2 har skapat förvirring, då tryckgränserna är andra än i de gamla föreskrifterna AFS 1999:6 om tryckkärl och andra tryckbärande anordningar, som upphävdes 1 januari i år. Förut angav tillverkarna 0,03 bar som högsta tillåtna tryck för silos. Detta var då den tryckgräns över vilket dessa annars kunde bli besiktningspliktiga enligt de gamla föreskrifterna. Nya besiktningsregler finns nu i Arbetsmiljöverkets föreskrifter AFS 2005:3 om besiktning av trycksatta anordningar. Enligt dessa föreskrifter är behållare för gas ej besiktningspliktig om trycket är högst 0,5 bar.

Härmed uppstår möjligheten för ägare av silos att höja högsta tillåtna tryck från 0,03 till 0,5 bar, utan att silon riskerar att bli besiktningspliktig. Detta förutsätter dock att silon är dimensionerad för att tåla det nya högre trycket. Om detta inte framgår av tillverkarens leveransdokumentation och märkning, behöver denne kontaktas för att han skall kunna garantera silons nya högsta tillåtna tryck. Om denne inte finns kvar måste någon annan göra nya konstruktionsbedömningar av silon och tillhörande tryckavlastningsanordningar för att se om dessa uppfyller kravet på att vara konstruerade och tillverkade enligt god teknisk praxis med avseende på det höjda trycket. Förmodligen är det lättare att uppfylla dessa krav om man bara höjer högsta tillåtna tryck i silon till 0,05 bar.

Lågtrycksgasbehållare omfattas också av Arbetsmiljöverkets föreskrifter AFS 2002:1 om användning av trycksatta anordningar. Där krävs att brukaren skall göra en riskbedömning av anläggningen med silo och anslutningsrör m.m. som skall resultera i ett program för fortlöpande tillsyn och underhåll. Den risk som är särskilt viktig att ta med i denna riskbedömning är risken för att silon sprängs vid fyllning. Programmet för fortlöpande tillsyn och underhåll av siloanläggningen bör därför särskilt omfatta en återkommande kontroll av att tryckavlastningarna fungerar och inte har fastnat eller är igensatta med bränd cement eller annan smuts.

*Rune Andersson  
Olof Levlin*



# Förklaringar



## Beräkning av avlastningsventilens mottryck

Antag att öppningsdiametern på ventilens rörstos är 26 centimeter och att det tryck som inte får över-skridas i silon är 0,03 bar. Öppningsarean i en sådan ventil är 531 kvadratcentimeter. Locketys tyngd skall då vara  $0,03 \times 531 = 15,9$  kilo. Om det lagliga trycket uppgraderas till 0,05 bar skall locktyngden vara 26,5 kilo. Bar = 1 kilo per kvadratcentimeter.

## Om lufttryck

De tryckangivelser som förekommer i denna skrift är tryck jämfört med atmosfärstrycket, det vill säga övertryck. Atmosfärstrycket är en tryckenhet som ungefär motsvarar normalt tryck vid havsytan och inräknas alltså inte.

## Massa och densitet

Massa betecknar en viss mängd materia. Densitet är massa per volymenhet  $\text{kg/m}^3$ .

## Vad är cement?

Cement är cementklinker som malts tillsammans med gips. Cementklinker är den mellanprodukt man får efter ugnprocessen vid cementtillverkning. Cement indelas i olika typer bland annat beroende på malningsgrad. Det mest finmalda, injekteringscement, har en maximal kornstorlek på mindre än 30/1000 millimeter. Det grövsta, Anläggningscement, har ett motsvarande värde på 125/1000 millimeter.

# Sammanfattning

Innehållet i skriften *Trycksäkert* har tagits fram i nära kontakter med representanter från fabriksansvariga, cementåkerier, fordonstillverkare och företag som är specialiserade på silor och säkerhetsutrustning.

Många betydelsefulla synpunkter har erhållits från dessa vilket vi tackar för.

Kontakterna med Arbetsmiljöverket har också varit konstruktiva och värdefulla.

Ny lagar och förordningar gäller från och med 2006-01-01.

Det brev som vi erhållit från Arbetsmiljöverket klargör vad som gäller för att tekniken skall vara så säker som möjligt. Vi rekommenderar alla som har ett säkerhets- och utbildningsansvar att noga begrunda innehållet.

Det är till exempel mycket intressant att det nu finns möjlighet att uppgradera silo-trycket från 0,03 bar till 0,05 bar, eftersom det lägre trycket inte fungerar bra med dagens fordonsteknik.

Avsikten med *Trycksäkert* har varit ta fram en gemensam teknisk plattform för det nödvändiga arbetet mot större säkerhet.

De som dagligen arbetar med tekniken har till exempel rätten att få kunskaper om hur den fungerar och hur man skall göra för att den skall vara säker.

Det bör vara möjligt att åstadkomma en säker och miljömässig hantering med den effektiva teknik som pneumatisk cementlossning erbjuder. *Trycksäkert* kan förhoppningsvis bidra till detta.

Cementa AB

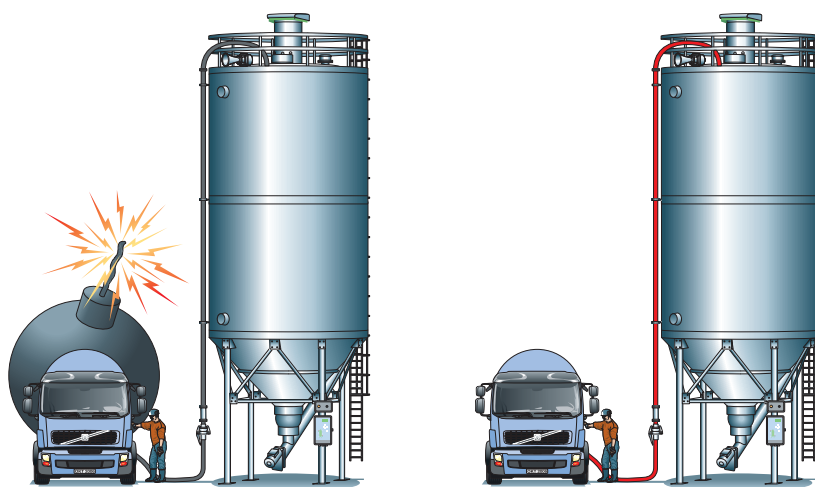


# Trycksäkerhet

Vid lossning av cement används pneumatisk hantering. I den här skriften beskrivs hur denna teknik fungerar. De viktigaste avsnitten belyser olika risker vid hantering med tryckluft.

Dessutom innehåller skriften en viktig nyhet för branschen. Nya tryckkärlsbestämmelser gör det nu möjligt att uppgradera det lagliga silotrycket från 0,03 till 0,05 bar. Arbetsmiljöverket informerar i en skrivelse till CEMENTA om vilka villkor som gäller för en sådan uppgradering.

Skriften vänder sig till alla som kommer i kontakt med pneumatisk hantering i sitt arbete. Den är även tänkt att kunna användas som stöd vid utbildning av transportörer och personal som svarar för underhåll av silor hos mottagare.



Pris 95 kronor

**CEMENTA**  
HEIDELBERGCEMENT Group

Cementa AB, Box 144, 182 12 Danderyd

Telefon 08-625 68 00

danderyd@cementa.se, www.cementa.se