

---

# PAPPERSBRUKEN I DALARNA

- en översikt ur miljösynpunkt



För innehåll och framförda åsikter svarar författaren.

Svartvita fotografier ur de böcker som refereras vid respektive pappersbruk.

Illustrationer till avsnittet om pappersproduktion från SkogsSveriges hemsida: <http://www.skogssverige.se/>

*Omslagsbild:* Kartan visar alla pappersbruk som funnits i Dalarna.

*Tryckdatum:* Oktober 2000.

*Tryckeri:* Länsstyrelsen i Dalarnas län.

*Upplaga:* 50 ex.

ISSN 1403-3127 Länsstyrelsen Dalarna, Miljövårdsenheten.

---

POSTADRESS  
791 84 FALUN

GATUADDRESS  
ÅSGATAN 38

TELEFON  
023-81 000

TELEFAX  
023-813 86

POSTGIRO  
6 88 19-2

## **Inledning**

Det har funnits 11 pappersbruk i Dalarna. Denna rapport har upprättats för att ge en överblick över dessa och de potentiella miljöproblem som kan vara knutna till dem. Rapporten är inte menad som en mera fullständig genomgång av de olika fabrikerna, utan den vill mera bara peka på några av de eventuella problem som kan finnas vid respektive industri. För den som vill veta mera har angetts litteraturhänvisningar och de eventuella arkiv som har företagshandlingar.

Om pappersbruken i Fredriksberg och Turbo finns separata rapporter.

Som komplement har en generell genomgång av pappersindustrins utveckling och miljöproblem bifogats.

Falun den 29 oktober 2000

Kjell Sundström

## **Pappersindustrin i Dalarna**

Dalarna är ett skogslän. Det har varit naturligt att utnyttja råvaran för pappersproduktion. Idag finns tre pappersbruk:

- ❑ Fors, Avesta kommun
- ❑ Grycksbo, Falu kommun
- ❑ Kvarnsveden, Borlänge kommun

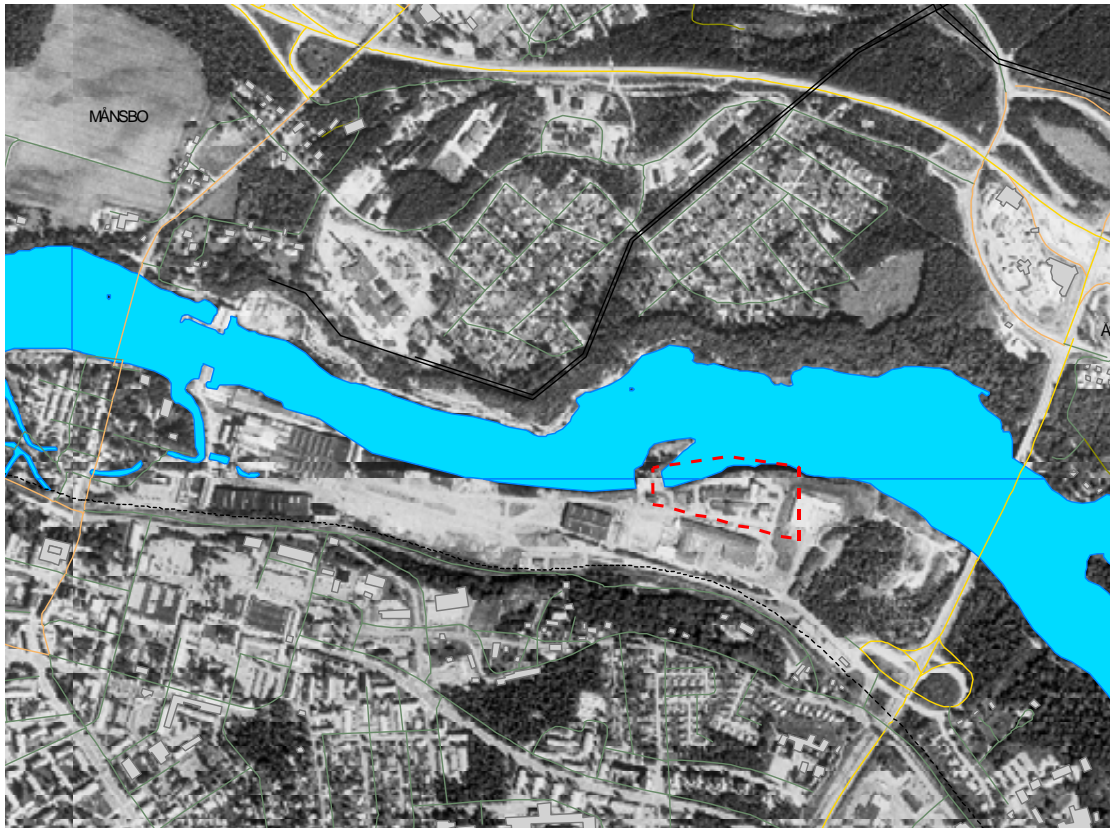
Dessutom har det funnits pappersbruk i:

- ❑ Avesta
- ❑ Eldforsen, Vansbro kommun
- ❑ Ellingeverken i Västra Fors, Malungs kommun
- ❑ Fredriksberg, Ludvika kommun
- ❑ Sellnäs, Borlänge kommun
- ❑ Skifsforsen, Vansbro kommun
- ❑ Turbo, Hedemora kommun
- ❑ Tyfors, Ludvika kommun

## Innehållsförteckning

Inledning.....	1
Pappersindustrin i Dalarna .....	1
Avesta sulfatfabrik .....	3
Eldforsens träsliperi.....	5
Ellinge .....	9
Fors.....	10
Grycksbo .....	12
Kvarnsveden.....	17
Sellnäs .....	20
Skifsorsen.....	22
Tyfors .....	24
Bilaga: Pappers- och pappersmassetillverkning.	

## Avesta sulfatfabrik



*Avesta sulfatfabriks läge.*

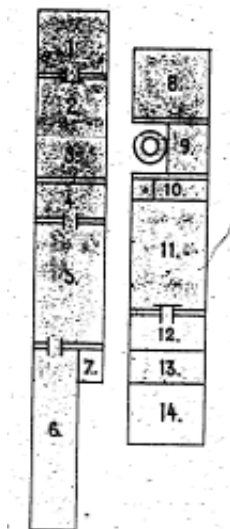
### **Historik**

Vid Avesta Lillfors byggdes 1896 ett kraftverk av Norbergs gruvaktiebolag. Avesta Sulfat Aktiebolag bildades 1906 av Anton Schröder. En sulfatmassafabrik av tegel byggdes vid forsen som stod klar 1907. Fabriken hade roterande kokare, en ångpanna på 500 kvm, en ångmaskin om 600 hkr, knutsilar, sodaåtervinningspannor. Pappersmassan formades i en torkmaskin med 20 cylindrar och 2,65 m arbetsbredd. En bra bild av anläggningarnas utseende och framväxt kan fås genom olika brandförsäkringshandlingar<sup>1</sup>.



*Fabriken vid sekelskiftet.*

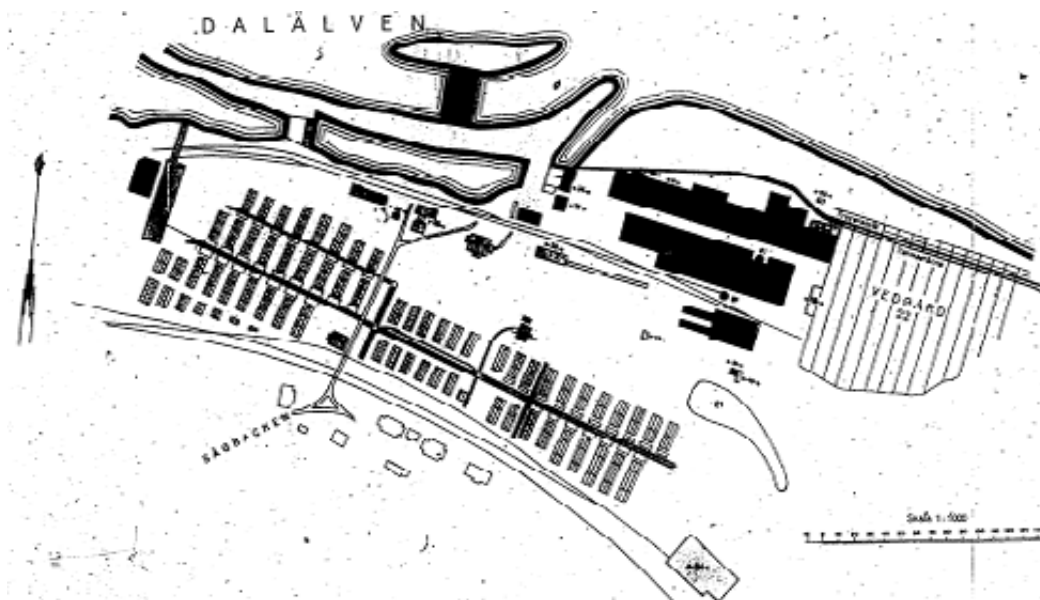
<sup>1</sup> BT1623 (1907), BT 1999 (1909), BT2164 (1910), BT3192 (1914), BT3648 (1916), BT4034 (1917), BT4344 (1918), BT4426 (1918), BT4700 (1918), BT5132 (1919) och BT5769 från 1920.



Fabrikens utseende enligt brandförsäkringshandling från 1907.

1. Vedrenseri
2. Kokeri med flisbingar
3. Difusörshus
4. Sil- och sandfångarhus
5. Blekeri, holländeri och massabingehus
6. Pappersmaskinhus
7. Kontor
8. Ångpannehus
9. Reparationsverkstad
10. Ångmaskinhus
11. Sodaåtervinningshus
12. Klorlösningshus
13. Lutkokeri
14. Kalkfilterhus

Efter många ägarbyten köpte 1920 Avestaverken anläggningen och byggde om den till kolugnar.



Anläggningen 1920. Då var pappersbruket nedlagt.

### **Läget idag**

De flesta byggnaderna står kvar idag. De används för olika verkstads- och lagerändamål.

### **Miljöproblem**

Det är troligt att fabriken släppte ut det mesta av processvätskeavfallet i Dalälven. Det är okänt var fabriken lade upp fast avfall.

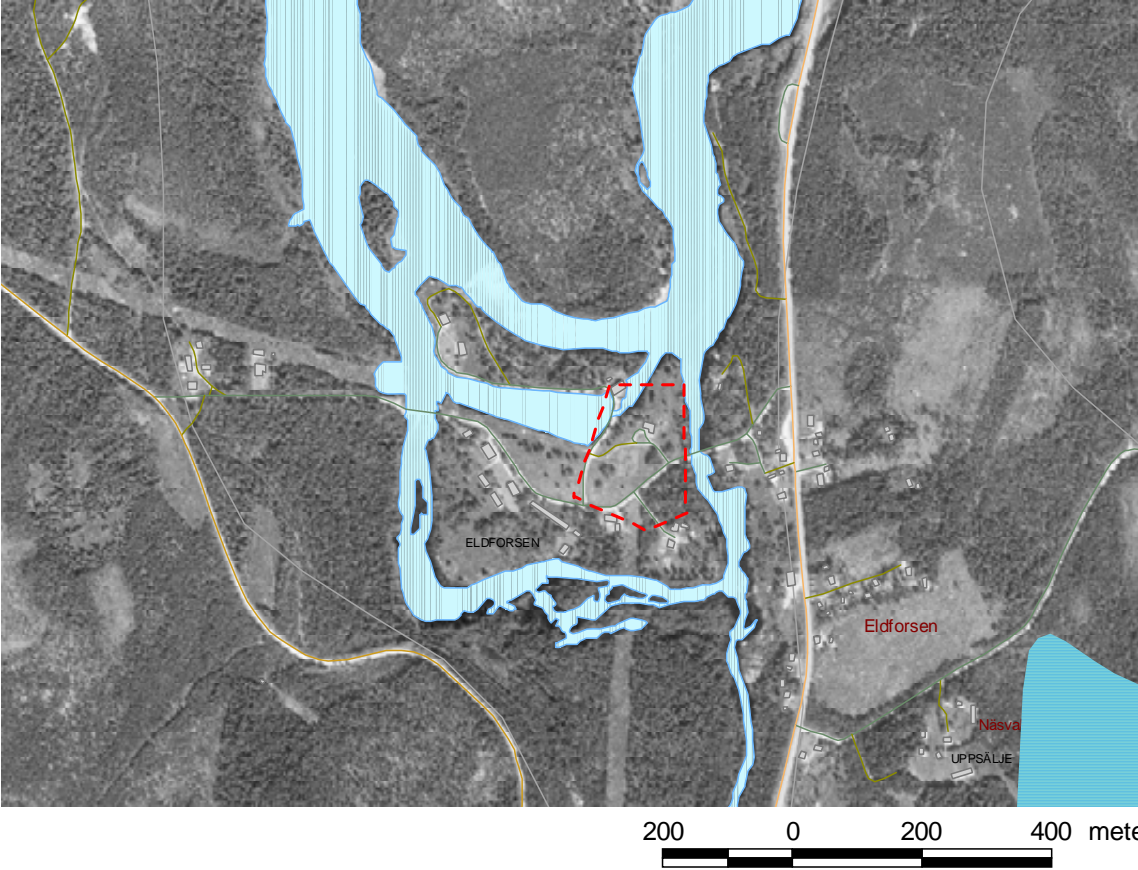
En del avfall med barkinnehåll lades ut som utfyllnad mellan pappersbruket och järnverket. Detta har medfört att området inte tål större belastningar.

### **Litteratur, arkiv**

Företagets arkiv finns i Avestaverkens arkiv (Nordstjernans centralarkiv) i Engelsberg. 0223-300 62.

Eldforsens träsliperi

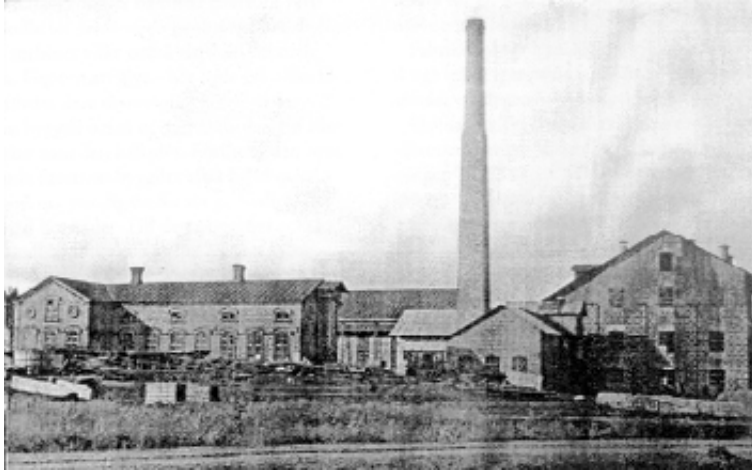
# Eldforsens träsliperi



*Fabrikens läge.*

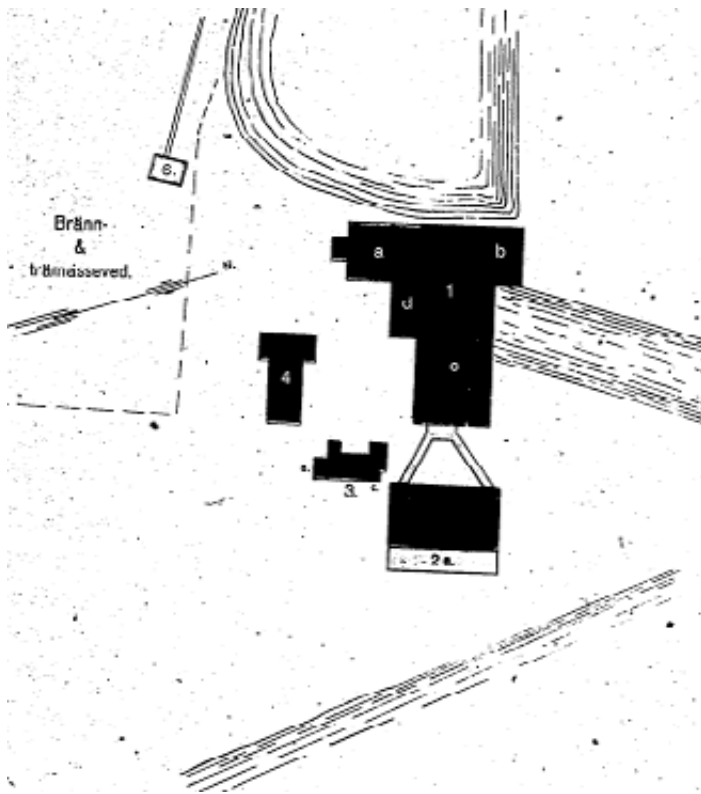
## Historik

AB Mölnbacka-Trysil fick 1894 tillstånd att anlägga kraftverk i Eldforsen för att driva ett träsliperi. Dammar anlades över två av älvens tre fåror vid forsen. Då detta ej räckte för att ge sliperiet tillräckligt drivvatten fick man 1897 tillstånd att bygga över även den tredje älvgrenen. 1898 byggdes trämassafabriken.



Fabriksbyggnaderna uppfördes av slaggtegel och innehöll renseri, slipsal med fyra slipstenar, pappsal, rum för hängning, för uttagning och för packning. Kraft fick man från sju turbiner. För eldning användes torv från de kringliggande myrarna. Årsproduktionen var 5-6.000 ton. Totalt sysselsatte träsliperiet ett 60-tal personer.

Fabriken hade rykte om sig att tillverka Sveriges finaste pappersmassa. Anläggningens utseende framgår av en brandförsäkringshandling från 1918<sup>2</sup>.



*Brandförsäkringskarta från 1918*

- 1a Renseri med kapsåg och tre barkmaskiner
- 1b Sliperi
- 1c Pappsal
- 1d Generatorhus
- 2 Torkhus
- 2a Öppet lastningsskjul
- 3a Ångpannehus med två inmurade ångpannor
- 3b Economiserhus
- 3c Spåntorn
- 4 Reparationsverkstad med klyvsåg, svarv och två hyvelbänkar
- 6 Spelhus

<sup>2</sup> BT4902.



Väg fanns inte till Eldforsen förrän 1923, utan alla transporter fick göras med en tre kilometer lång hästspårväg till Tretjärn station vid den 1891 öppnade Mora-Vänerns Järnväg. De sista 2-3 åren kördes massan med lastbil till Tretjärn.

1900 övertogs fabriken av Trävaruaktiebolaget Dalarna, efter 1929 dotterbolag till Korsnäsbolaget. Virket skildes ut vid en skilje vid järnvägsbron i Milsborg. Utskiljningen var mellan 1920-34 i medeltal 140.000 klampar per år.

1935 lades sliperiet ner. 1946-48 revs lokalerna.

### **Processen**

Den tre meter långa pappersveden lastades av två lastare på vagnar som rymde 8-10 kubik och togs in i renseriet. Veden kapades till 60centimeters längd och barkades i en barkmaskin. Barken fördes med transportör till pannrummet där den användes som bränsle för de två ångpannorna. Veden gick till de fyra slipstenarna och förvandlades till en mosliknande massa som fördes i en ränna av trä till raffinerläktaren där den ytterligare finfördelades och stickor och annat otjänligt togs bort. Massan fördes sedan till de tio pappersmaskinerna i maskinsalen. Varje pappersmaskin bestod av två filtbelagda roterande cylindrar mellan vilka vatten pressades ut och massan kom ut som en ungefär 1 cm tjock och ca en meter bred remsa. En kniv klippte därefter massan till ungefär en meter långa ark. Arken placerades på en spårbunden tralla. Mellan vart femte ark lades ett pressgaller av ståltråd. Trallan med massaarken fördes därefter till en press som pressade samman hela paketet så att det mesta vattnet avfördes. Pressgallren av järntråd hade uppgiften att hindra att alla arken klämdes ihop till en enda klump.

Trallan med massaarken och pressgallren rullade sedan till hängarhuset där torkningsprocessen påbörjades. I hängarhuset fanns ramar på hjul, ett hjul i vardera hörnet. Dessa ramar rymde tre rader hängande massaark. Hängaren tog en tråkäpp och körde genom mitten på massaarket och hängde sedan käpparna med massaarken i ramarna. Totalt kunde man i varje ram, vilken var tre meter lång, få rum med 75-80 ark i varje rad och eftersom det var tre rader rymdes ca 240 ark. Arken hängde nu alltså dubbelvikta över tråkäpparna. Hängaren plockade samtidigt undan pressgallren vilka återfördes till maskinsalen för återanvändning. När en ram var färdighängd rullades den till något av fabriken tre torktorn. Där rullades ramarna uppåt på en spiralformad bana. Ingången till torktornen hade en balanserad plåtdörr, som genom en motvikt kunde höjas så att ramen med arken kunde rullas in. I torktornen fläktades mycket het luft in från panncentralen, vilket fick arken att torka. Ju högre upp i tornet som vagnarna kom ju högre blev temperaturen. När en vagn var färdigtorkad tog man ut den överst i tornet. En mekanism registrerade när pappersmassan var torr och ringde en liten bjällra. Nu befriades ramarna från de torra pappersmassaarken. Dessa lastades på en tvåhjulig kärra och fördes till en perforeringsmaskin. Detta gjordes för att massan skulle klassas som obrukbar för att undvika tull på pappersmassan vid införandet till andra länder. Tråkäpparna togs nu undan och återfördes i en ränna till hängrummet. De nu torra massaarken plockades i en bred plåtklädd ränna som fick dem att halka ned till packsalen. Arken staplades först i ett bås som hade samma mått som arken. Därmed blev det jämna kanter i den bal som sedan formades. Arken flyttades därefter över på en vagn, som stod på en våg. Vågen registrerade vikten på massabalerna. Varje bal skulle väga 150 kilo. Då vågen visade att balen var full fördes vagnen under en press som pressade ihop balen till föreskriven höjd varefter balen buntades med ståltråd.

Balarna fördes sedan till lastbryggan, varifrån de transporterades med hästjärnväg till Tretjärn där de lades i magasin.

På återvägen tog man tomvagnen samt flisvagnar. Flisen kom från Trävaru AB Dalarnes såg i Vansbro och användes för eldning i panncentralen.



*Eldforsen i början på 1920-talet.*

### **Läget idag**

Vid fornvårdsinventeringen 1970 återstod en verkstadsbyggnad och två större husgrunder. Verkstadsbyggnaden användes då som förrådsbyggnad vid kraftverket. Husgrunderna var 25x19m respektive 33x17 m. 200 m VSV om industriplatsen fanns arbetarbostäder med bodar.

### **Miljöproblem**

Eldforsens pappersbruk var en slipmassafabrik. Pappersmassan åstadkoms genom slipning av veden. Kemikalier användes i mycket liten omfattning. Eventuella restprodukter spolades säkerligen ut i Dalälven.

### **Litteratur, arkiv**

Eldforsens arkiv finns hos Korsnäs AB.

## Ellinge



*Fabrikens läge.*

### **Historik**

Ellingån rinner ut i norr om Västra Fors i Malungsfors. Den drev förr en lång rad skvaltkvarnar. Sedan järnvägen Malung-Limedsfors öppnades 1893 blev trakten tillgänglig för industriell expansion. 1896-98 uppfördes AB Ellingeverkens träsliperi i en vitrappad byggnad med två slipverk och 5 pappmaskiner.. En brandförsäkringshandling från 1899 ger en knapphändig beskrivning av anläggningen <sup>3</sup>. Det sägs vara en fabrik av sten under papptak. Rensriet var av sten och sammanhänger med fabriken. Där sägs också att någon torkning av massan ej förekom.

När Forsslund gör sin inventering längs Dalälven i början på 1920-talet fanns högst upp en tullkvarn, därefter en liten såg, en kraftstation från 1913 (den första i Malung), en husbehovskvarn och längst ner träsliperiet. Verksamheten var igång till 1924 då allt förstördes av en brand.

### **Läget idag**

Idag används vattenkraften till ett kraftverk nere vid Västerdalälven dit vattnet ledes i en 550 m lång tub från en damm uppe vid landsvägen.

### **Miljöproblem**

Ellingeverken var en slipmassafabrik. Pappersmassan åstadkoms genom slipning av veden. Kemikalier användes i mycket liten omfattning. Eventuella restprodukter spolades säkerligen ut i Dalälven.

### **Litteratur, arkiv**

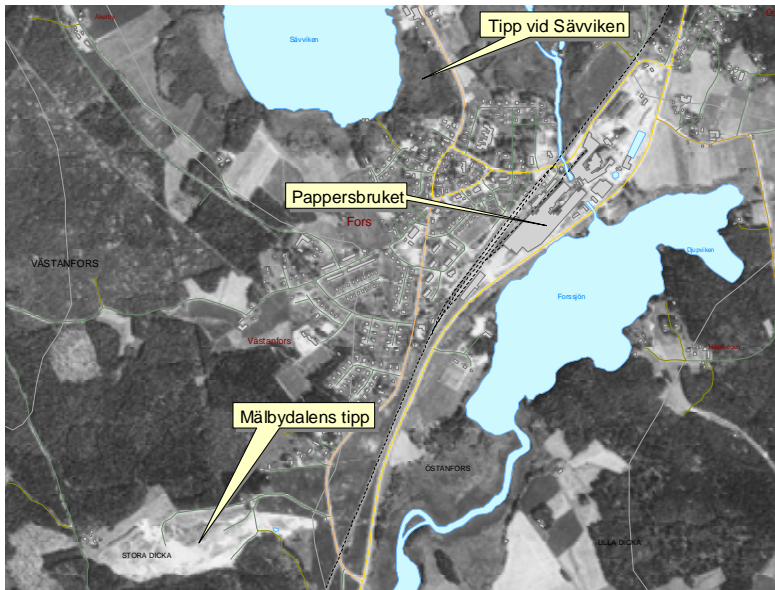
En hembygdscirkel har studerat bygden och gjort en stencilerad sammanställning. Där nämns Ellingeverken.

Företagets arkivhandlingar finns på Värmlandsarkiv i Karlstad.

---

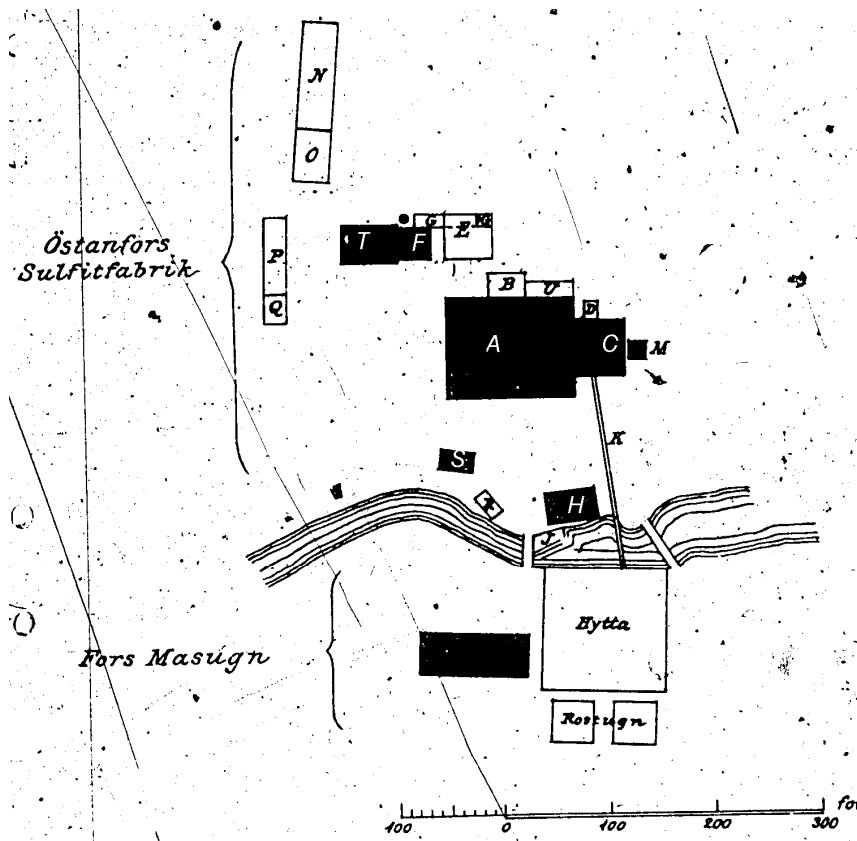
<sup>3</sup> BT0036.

# Fors



## Historik

Fors har en lång tradition som industriort. En bergsmanshammare anlades redan 1689. 1868 sålde bergsmännen sina andelar till Garpenbergs AB. 1896 började man produktion av martinstål. 1905 revs en hytta från 1882 och ersattes med den då största masugnen i Sverige. Järnbruket lades ner omkring 1925. Vid sekelskiftet fanns dessutom tegelbruk, ångsåg, gjuteri, kolugnar och destillationsanläggningar.



- A. Sulfittfabrik med renseri, kokeri i trevåningar med två kokare och flisbingar, sorterhus i två våningar, ångmaskin- och pumphus, pappersmaskinsal,
- B. Bassinhus
- C. Ångpannehus med roterande pannor
- D. Barkhus
- E. Syretorn
- F. Svavelugnshus
- G. Syrebassinhus
- H. Klensmedja och dynamohus
- I. Vattensump
- K. Järnrör för masugnsgas till ångpannan
- M. Skorsten
- N,O,P,Q. Magasin
- R,S. Filterhus
- T. Rostugnsbyggnad för rostning av sintermalm
- U. Kapsågshus

År 1895 byggdes en sulfitmassafabrik med en produktion om 3.000 ton. Anläggningens utseende 1900 framgår nedan efter en brandförsäkringshandling<sup>4</sup>.

1914 hade produktionen ökat till 10.000 ton. Fabriken lades ner 1940.

1946 köptes anläggningarna av Kopparfors AB. 1952 hade man byggt en ny kartongfabrik för tillverkning av falskartong. Det var ett träsliperi med en rundvirmaskin med MG-cylinder. Produktionen var 11.000 ton. Fabriken ritad av den kände engelske arkitekten Erskine som också ritade ett antal villor. 1962 installerades en ny maskin för bestruken kartong. I slutet av 1960-talet producerades 50.000 ton, mest matt- eller högglanspolerad chromakartong. 1974 uppfördes en ny anläggning för termomekanisk slipmassa. 1976 installerades en tredje kartongmaskin för 100.000 t. massa. 1976 köpes fabriken av Papyrus. Då var produktionen 170.000 t. En anläggning för tillverkning av kemisk-mekanisk massa (CTMP) uppfördes 1983. 1984 gjordes en ombyggnad av maskin 2 och 3, medan den första maskinen togs ur drift. Fabriken köptes av Stora AB 1986. Då producerades drygt 200.000 ton grafisk kartong med mittskikt av CTMP och ytskikt av kemisk massa. I slutet av 1980-t sysselsatte fabriken 800 personer.

1999 producerades 104.393 t CTMP-massa och 234.386 t kartong.

### **Läget idag**

Fors kartongfabrik är i full gång. Länsstyrelsen har miljötillsyn. Varje år lämnas miljörapporter in.

### **Något om kända miljöproblem**

En mängd kemikalier har använts i produktionen. En del av detta tillsammans med fiberrester har spolats ut i Forssjön. Där finns omfattande fiberbankar.

I den gamla sulfitfabriken så brändes svavelkis varvid restprodukten blev kisbränder som kan innehålla tungmetaller. Dessa lades bl.a. upp ner mot Forssjön.

Under 1956-64 användes 13.500 kg fenylkvicksilver för slembekämpning som släpptes ut i Forssjön och vidare till Dalälven.

1970-1973 la man upp avfallet på en tipp omedelbart sydöst om Sävvisen.

I slutet på 1970-talet muddrade man Forssjön och pumpade massorna till Mälbydalen. 1985 startade man en tipp där för att täcka muddermassorna.

1999 deponerades rensriavfall (stenar, grus, bark), aska samt slam på egen deponi i Mälbydalen, dels skickades det till Garpenberg som täckningsmaterial över gamla sandmagasin. Miljöfarligt avfall i form av t.ex. kemikalierester samlades in och skickades till kommunal insamling. Överblivna rester av processkemikalier återsändes till leverantörerna.

### **Litteratur, arkiv**

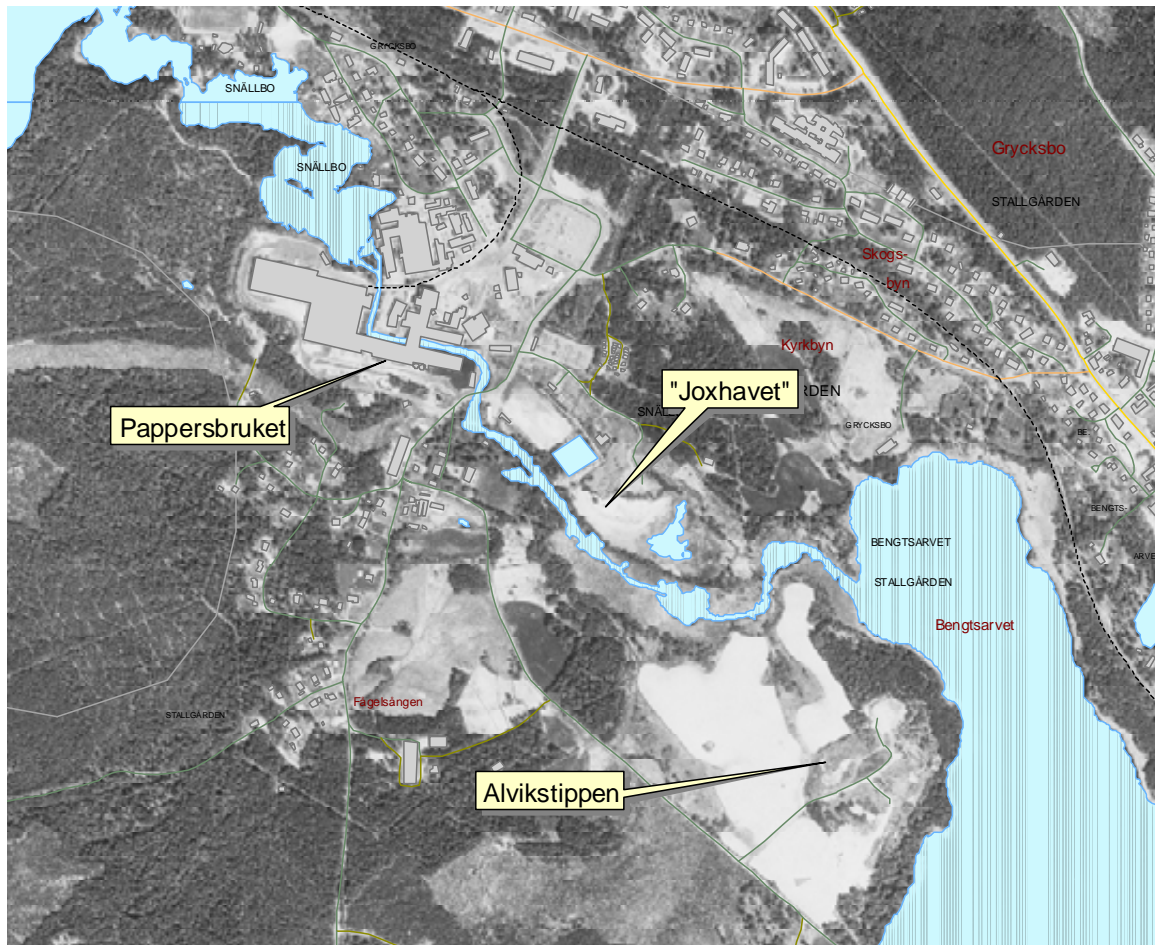
Rydberg, Sven. *Dalarnas industrihistoria 1800-1980. Några huvudlinjer.*

Handlingar finns på Stora-Ensos arkiv i Falun.

---

<sup>4</sup> BT0237.

# Grycksbo



## Historik

Grycksbo nämns första gången 1386. Namnet antyder att det först varit fäbodrar. På 1600-talet användes fallen för kopparhyttor.

Johan Munktell fick privilegium att anlägga pappersbruk i Grycksbo 1740 i frihetstidens Sverige som ville stödja inhemsk industri i merkantilismens anda. I drift året därpå. Råvaran var textilavfall, *lump*. Vid starten fanns ett halvdussin handpappersmakare. 65 stamplar sönderdelade lumpen. 1749 infördes holländare, kallade "valtzar" i Grycksbo. 1785 fanns valsar, två kypar, pressar, torkvind samt glättverk. 1788 uppfördes en limstuga. Ny fabrik tillkom med tre holländare och tre kypar., pressar och torkvind. I början av 1800-talet startades tillverkning av filterpapper, en av Grycksbos mera berömda produkter. Ca 1815 startade produktion av takpapp. 1836 införskaffades en pappersmaskin (PM 1). Det var den andra i landet, tolv meter lång och med 126 cm arbetsbredd. Den drevs av ett vattenhjul. Järnväg Gävle-Falun tillkom 1859 och gav bättre transportmöjligheter. 1870 byggdes ny landsväg till Falun. 1889 var järnvägen till Grycksbo klar. 1887 bildades J.H Munktells Pappersfabriks AB. 1889 ersatt den gamla pappersmaskinen med en ny (Nya PM 1). Man byggde ett nytt ångpannehus och nya holländare. 1914 ombyggd till torkmaskin. 1891 installerades en kalender och 1893 en ytlimningsmaskin. På 1890-talet uppfördes ett nytt handpappersbruk med fyra kypar, skärmaskiner, sortersalar och paketering, blekeri. 1892 byggdes Felbo kraftstation med 50 hkr. 1894 inköptes Lustebofallen och en kraftstation om

150 hkr byggdes. 1895 installerades en betrykningsmaskin för konsttryck och en superkalander.

1896 uppfördes en sulfatmassafabrik med kokeri och en långvirmaskin med 228 cm bredd och en Bentley&Jackson mångcylindermaskin (PM 2) samt en begagnad Yankeemaskin (PM 3). Man byggde en kraftstation i Bergsgården om 250 hkr. Fortfarande hade man problem vid torrår. 1900 införskaffades en lokomobil för drift av halvtvysbruket och ångmaskiner för pappersmaskinerna.

1903-05 byggdes handbruket ut med nytt valshus och maskinsal. En ny pappersmaskin (PM 4) monterades 1904 Det var en Füllner mångcylindermaskin.. 1905 var produktionen nästan 4.500 ton varav drygt hälften var sulfatmassa. Resten var finpapper och kraftpapper. Nytt blekeri började byggas 1905. Kraften var ännu ett problem och 1907 byggde man en kraftstation i Borgärdet i Svärdsjö med två aggregat om vardera 650 hkr. 1910 installerades en ny betrykningsmaskin övervåning på gamla maskinhuset med ny betrykningsmaskin. I den nya kalandersalen uppställdes en 16-valsig superkalander och 1911 uppfördes ett vattenverk för råvattenrening. 1913-15 byggdes en ny gemensam ångcentral med fem ångpannor, fyra med 250 kvm eldningsyta och en med 150 kvm samt två ångturbiner om 675 kW. De ersatte ånghusen från 1880, 1889 och 1900. Intill uppfördes en kraftcentral med två de Lavalturbiner om vardera 1.000 hkr. Ångcentralen kompletterades 1920 med en vaporackumulator om 150 kbm.

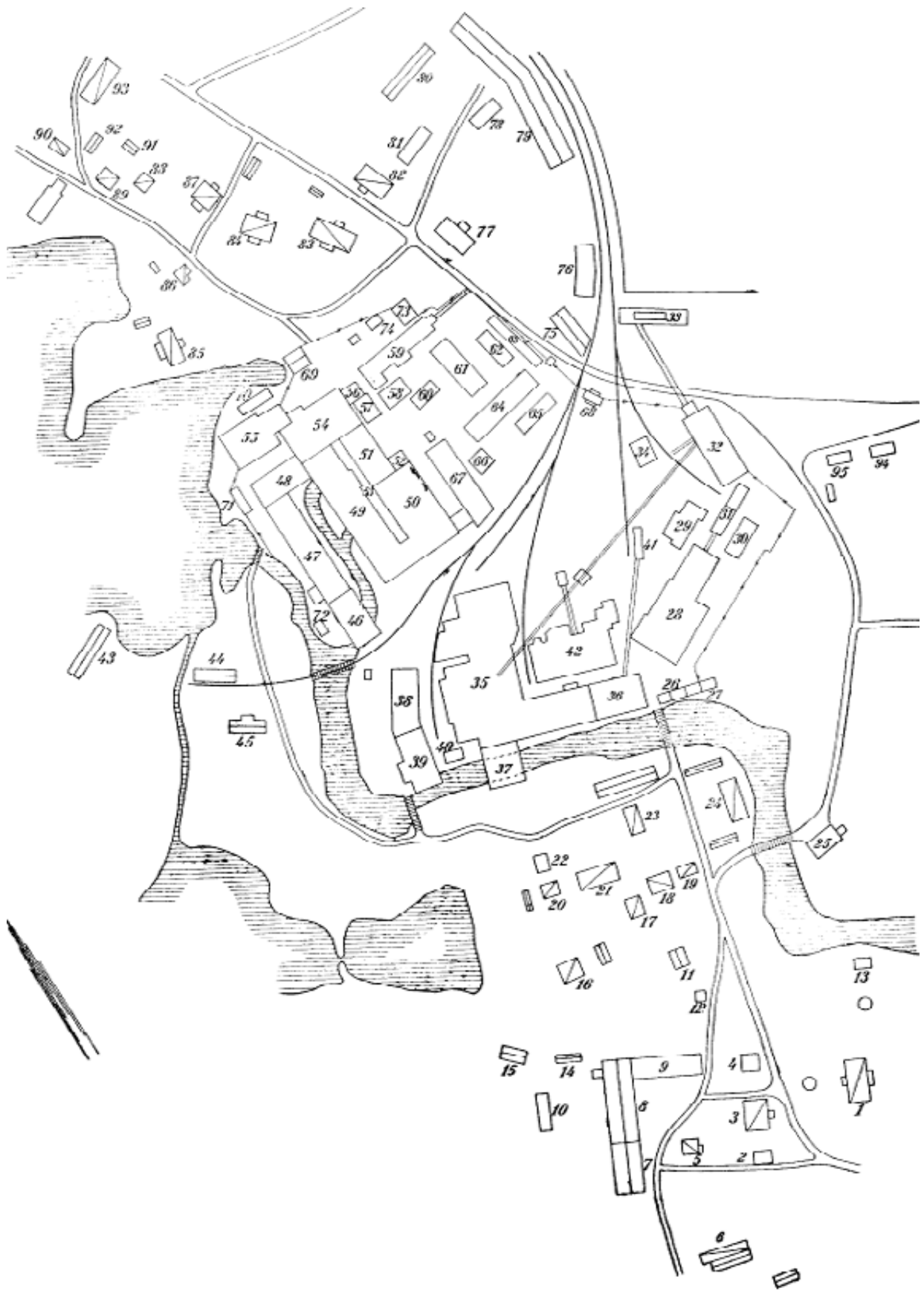
En ny pappersmaskin installerades 1914 (Ånyo kallad PM 1).

Hittills hade man beställt massa för finpappret från bl.a. Turbo och Fredriksberg. 1915 byggde man en sulfitmassafabrik med två roterande kokare för 6.000 ton. 1916 inköpte man en begagnad Yankeemaskin (PM 5) till finpappersbruket. 1918 var produktionen 7.000 ton och man hade drygt 200 anställda. 1919-24 uppfördes ett nytt blekeri. Holländarna ersattes med cirkulationskar med massapumpar och klorgasblekning. 1926 byggdes ett nytt vedrenseri, gemensamt för sulfit- och sulfatfabrikerna.

Man genomförde en omfattande ombyggnad av sulfatfabriken 1926-31. En kombinerad maskin (PM 7) installerades 1928. Nu fördubblad kapaciteten till 7.000 ton. Säcktillverkningen utvecklades. 1937 tillkom en ny finpappersmaskin (PM 9). På 1930-talet tillverkade man 10.000 ton och var ca 800 anställda. Specialprodukter var bl.a.: ljuskopieringspapper, pergakartong, paraffinerat pappersemballage, mönstertryckt hyllpapper. 1939 uppfördes ett nytt pappersmagasin.

Man var medveten om att sulfitluten orsakade fiskdöd. Därför byggde man på 1940-talet industningsanläggningar för denna.

I slutet av 1940-talet ersattes de två roterande kokarna i sulfitfabriken med tre stående kokare, syrahuset moderniserades och sileriet byggdes om.



Fabriken 1940.



## BYGGNADER VID GRYSKSBO 1940

1. Högglådan (1802).
2. Flygelbyggnad (1817).
3. " (1898).
4. " (1801).
5. Chassifördöstad (1928).
6. Växthus (1800).
7. Stall (1894).
8. Sadelmakäverksad, garage och vedbod. Förut ledugård (1891).
9. Vagnbodas Ladugård (1781 och 1850).
10. Lada (1795; tillflyttad 1893).
11. Sparnålsbod (1813).
12. Hönshus.
13. Dryggelhus och bageristuga efter 1830.
14. Svinhus.
15. Rovkällare.
16. Bostadshus "Dacoa".
17. " "Michigan".
18. " "Minnesota".
19. " "Gamla växthuset".
20. " "La Chicago".
21. " "St. Chicago" (1891).
22. Tvättstuga.
23. Bostadshus "La fabriken" (1770).
24. " "St. fabriken" (1799).
25. Mejeri (1916).
26. Motorsprut (1908) tillf. 1928 för vattenfiltrering för Sulfittfabriken.
27. Vattenrening (1932).
- 28-31. Sulfittfabrik (1914).
32. Renseri (1924).
33. Kapverk (1924).
34. Sulfittfabrikens svavelmagasin (1914).
35. Sulfittfabrik (1895-1896), ombyggd 1926-1928.
36. Sulfittfabrik tillbyggnader (1925, 1927).
37. " "holländaren (1929).
38. Leramagasin (1893, ombyggt 1903), från hörn magasin och smöringsstalar för halvtygbruket.
39. Gamla halvtygbruket (1840-talet; tillbyggt 1889). Användes till klor- och lerabörning.
40. Reservutrymme.
41. Utlätningsbrygga.
42. Ångcentral (1914).
43. Säg (1911).
44. Värkesmagasin.
45. Vedupplag.
46. Nya blekeriet (1921-1922).
47. Handbruk, ljuskopieringspapper och perg (1895-1896, tillbyggt 1898 och 1914). Förut har blekeri för köpt sulfitmassa och 1914-1922 för egen sulfitmassa.
48. Tillbyggnad (1884-1885). Senare (1907) lerpblekeri och ristsal.
49. Pappersmaskinsal och valshus (1904).
50. Kaanderol (1809) Tillfärdig byggnads-skåden, se 51.
51. Pappersmaskinsal (1836). Förlängd 1870-talet och 1893, breddad 1905, höjd 1909.
52. Fabrikskontor (1932).
53. Ljögård. Överbyggd 1837.
54. Vaxhus. Ombyggt (1911).
55. Vattenrening (1812 och 1915).
56. Gamla handbruket (1893).
57. " " Förut ångpannehus (1890).
58. Lagerrum. Förut ångpannehus (1900).
59. Cellulosavorkmaskin (1914).
60. Skotbod.
61. Mek. verkstad (1912).
62. Elektr. verkstad, smedja och gjuten (1912).
63. Køl- och vörkesbodar.
64. Snickarverkstad (1901), tillbyggd 1913.
65. Värkesmagasin.
66. Torkrum för virke. Förut smedja (1911).
67. Pappermagasin och föräd (1939).
68. Väststuga.
69. Spruthus.
70. Torklada för kläder.
71. Klergasblekeri (1913).
72. Turbinspanta.
73. Badhus (1904).
74. Tvättstuga.
75. Magasin.
76. Källare (1916).
77. Bräskontor (1906).
78. Skotmagasin.
79. Pappermagasin.
80. Torklada för filterpapper.
81. Garage.
82. Bräckhushällets innev.
83. Bräckhushäll.
84. Överingenjörsbostad.
85. Ingenjörsbostad.
86. " "
87. Kasörens bostad.
88. Bostadshus "Vippan" 1 (1793).
89. " " 2 (1770).
90. " " 3 Telefonstation.
91. " " 4 (1788).
92. Utöus (1788).
93. Bostadshus "Neapel".
94. " " "Tosko" 1.
95. " " " 2.

1950 producerade 1.035 arbetare 10.000 ton sulfit och 8000 ton sulfat.

På 1950-talet ersatte contracoater med svävtork de gamla bestrykningsmaskinerna.

Sulfatmassatillverkningen avvecklades 1953. På sodahusets plats byggdes det nya pannhuset 1955 med en Stalturbin om 4,1 MW. Skandinavians största pappersmaskin (PM 10) installerades 1957 med 3,8 bredd. Sulfittfabriken byggdes om. Ny kokare installerades. Produktionen var nu 20.000 t. 1961-63 byggdes ett nytt blekeri på gamla silerietts plats med klor-alkalitorrn och två tjockmassetorn om vardera 1.000kbn placerades vid gaveln till det redan 1956 byggda valshuset till PM 10. En vattendom krävde mindre utsläpp. Därför infördes effektivare indunstning. 1967 installerades den tekniskt avancerade "grycksbokolonnen". 1966 köptes fabriken av Stora. Vid den tiden hade man en ganska mångsidig tillverkning. Utom huvudprodukten, träfritt tryckpapper, producerades också betydande kvantiteter bestruket konsttryckpapper, pergakartong, ljuskopieringspapper, skrivblock och filterpapper. Dessutom var handpappersbruket fortfarande i gång. Nu genomförde man en koncentration på träfritt tryckpapper, men också filterpapper byggdes ut. Man var landets största finpappersbruk med en årsproduktion om 40.000 t. Men redan 1971 ansågs Grycksbo vara ett litet bruk med sina fyra pappersmaskiner (PM 2, 7,9,10) och en produktion om 45.000 t.

1978 lades sulfitmassafabriken ner. Massan levererades i stället från Skutskär till en ny massamottagningsstation. 1980-81 producerades elektrofaxpapper på en från Rotebro övertagen bestrykningsmaskin (BM 13) Bestrykningssmeten bestod huvudsakligen av zinkoxid uppslammat i toulén som med luft lätt kan ge explosiva blandningar. Tillverkningen upphörde efter en explosion 1981. 1984 gjordes en utbyggnad av färdiggörningen. Ett nytt smetkök iordningställdes. 1986 tillkom ett nytt mälteri. På 1980-talet var kapaciteten över 100.000 t och 1990 130.000 t.  
1999 producerades 169.488 ton papper.

### **Läget idag**

Fabriken är fortfarande i gång. Länsstyrelsen utövar miljökontroll. Miljörapporter lämnas fortlöpande in av företaget.

### **Något om kända miljöproblem**

För att göra koksyra till sulfitfabriken brändes svavelkis. Restprodukten blev brunröd kisaska eller kisbränder som bl.a. kan innehålla tungmetaller. Om den inte spolades ut i sjön lades den säkert upp någonstans.

Diverse avfallsprodukter från bruket har lagts upp på olika tippar. Området bakom bandyplan kallas i folkmun för ”Joxhavet” och här hade bruket förr sin tipp. Idag ligger tippen på andra sidan sjön vid Alvik.

I produktionen har genom åren också en mängd andra kemikalier används. Klorblekning har förekommit och olika giftiga klorföreningar kan finnas i fiberbankarna.

1961-66 användes 550 kg fenylkvicksilver för slembekämpning och 230 kg för impregnering. Detta spolades tillsammans med luten ut i Grycken och vidare till Varpan, Östanforsån, Tisken, Runn och ut i Dalälven.

Vid Naturvårdsverkets fiberbanksundersökningar 1978 uppskattades fiberbanksvolymen till 400.000 kbm. Kvicksilverhalten uppmättes till 98 µg/kg.

1998 mättes kvicksilverhalten i gäddor fiskade i Grycken till 1,00 mg Hg/kg gädda.

En avfallsplan har upprättats av bruket. Enligt denna källsorteras allt avfall varefter det skickas till olika avnämare. Endast slam från den egna avloppsvattenreningen läggs på den egna tippen i Alvik. Sedan april 1998 körs dock detta slam till Falun, där det används som för att täcka gruvans gamla sandmagasin.

### **Litteratur, arkiv**

Boethius, B. *Grycksbo 1382-1940*. Falun 1942.

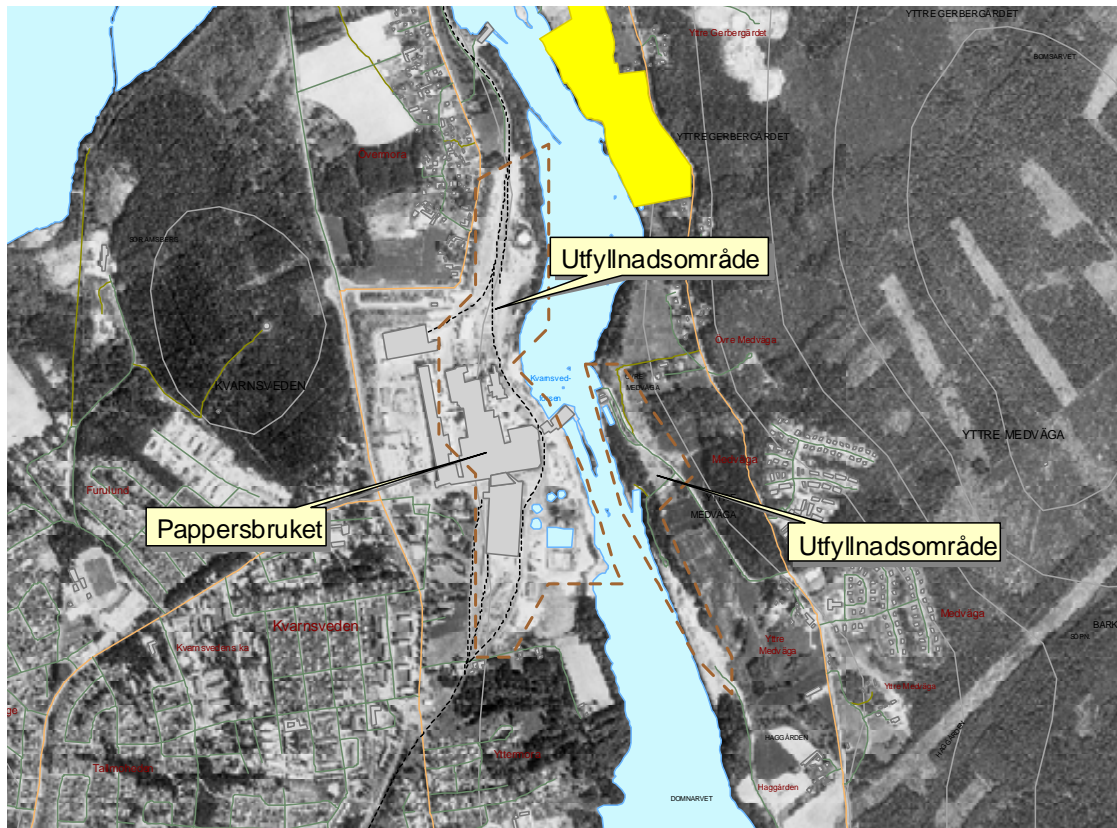
Gudmundson, Ulf. *Grycksbo. Människorna, bruket, samhället*. Grycksbo 1988.

Nisser, H. *Om pappersmakeriet i Grycksbo 1741-1986*. Grycksbo 1987.

Nisser W.P. *Grycksbo bruk*. 1924.

Handlingar rörande bruket finns på Stora Ensos arkiv i Falun.

# Kvarnsveden



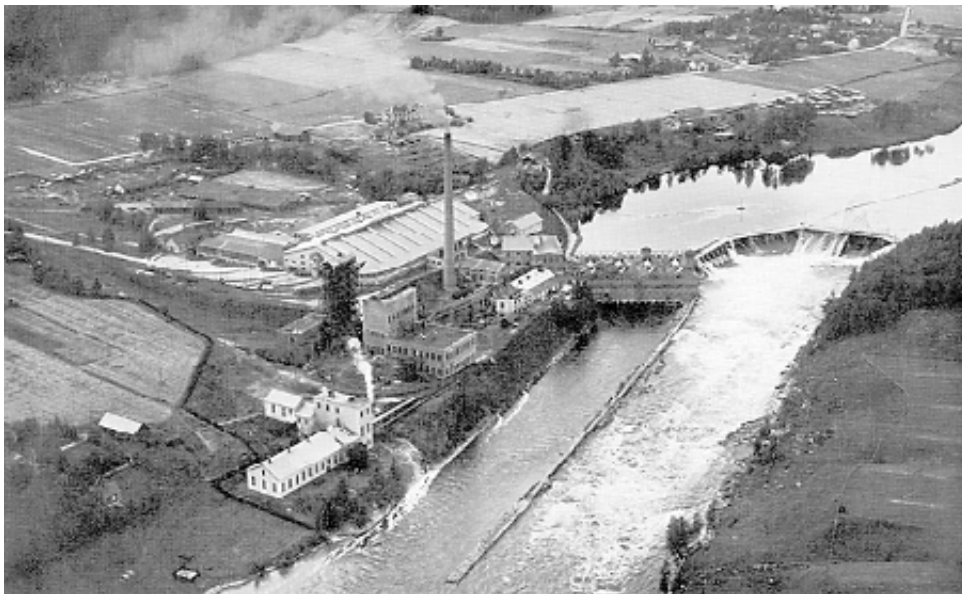
## Historik

Forsarna i Dalälven har under lång tid använts för att driva olika verksamheter. 1878 fanns vid Kvarnsveden kvarn, benstamp, linberedningsverk samt en tvättstuga. I slutet av seklet fick man idén att utnyttja kraften till ett jättelikt pappersbruk. Det skulle ha en årsproduktion om 500.00 ton samtidigt som ingen fabrik i landet nådde över 5.000 ton. 1897 började sprängningarna för kraftverksbygget och 1900 kunde pappersbruket dra igång.. Maskinerna måste man importera från USA och de hade dubbelt så hög hastighet som de svenska. Bruket var under lång tid Europas största. I sliperiet fanns fyra turbiner, varav 3 var direktkopplade till de nio slipmaskinerna. Dessutom fanns två pappersmaskiner. De hade en arbetsbredd på tre meter och gick med 100 m/min. Dygnsproduktionen var 15 ton. För att inrymma dessa inköptes industrihallen från Stockholmsutställningen 1897 med 10.000 kvm golvyta. Byggnadens yta var tillräcklig i nästan 30 år. Man var 190 anställda. En smalspårig järnväg till Borlänge hade anlagts redan under kraftverksbygget.. Redan 1903 var produktionen 12.000 ton. Anläggningen kallades för Domnarvets pappersbruk ända fram till 1919, då det fick sitt nuvarande namn.

1903 och 1904 uppsattes fyra nya pappersmaskiner och produktionen var nu uppe i 27.375 ton 50% slipmassa och 20.005 ton papper. 1906 byggdes en sulfittfabrik. Den hade från början sex Herreschoft kisugnar. 1930 ökades antalet till 10. Alla ersattes av en roterande svavelugn 1964.

1907 ödelades sliperiet genom en brand.  
1911 startades tillverkning av sulfitsprit.

1913 installerades PM 7 i en separat byggnad. Det var en Yankeemaskin för tillverkning av kvistpapper och grovt omslagspapper. Produktionen var nu 40.000 t svacka åter 40000 t på 1920 t. 800 anst.



*Kvarnsveden 1927.*

1923-29 var en sexårig upprustningsperiod. 1923 genomfördes en ombyggnad av sliperiets avdelningar för silning och pumpning av massa och vatten. 1924 byggdes en värmeåtervinningsanläggning för pappersmaskinerna och kishuset, vedrenseriet samt barkhuset upprustades. El drift infördes. Tidigare hade man använt ånga. 1928 uppfördes en ny brandstation och ett verkstadsförråd. 1929 byggdes syratornen om. Ett nytt pappersmagasin uppfördes i Borlänge. Kapaciteten fördubblades från 39.107 ton 1922 till 70.560 ton 1929.

1931 installerades Skandinavien's största pappersmaskin för 30000 årston med 5,5 m arbetsbredd (PM 8).

1932 togs ett nytt holländeri i drift.

1933 ombyggdes pannhuset. Då rev man 14 kol- och vedeldade pannor och ersatte dem med fyra (med fördubblad ångproduktion).

1933 byggdes en ny destillationskolonn i spritfabriken.

1938 byggdes ett trumbarkhus och 1939 byggdes det gamla barkhuset om till kaphus för slipveden.

På 1940-talet hade produktionen ökat till över 100.000 ton, det ursprungliga målet.

1946 kunde en ny värmeåtervinningsanläggning tas i drift till PM 2-5. En ny utlastningshall byggdes och magasinet i Borlänge utvidgades.

1951 installeras en askavskiljare i ångcentralen.

1952 kunde ett nya pannhus och turbinhus tas i drift.

1953 utvidgades barkningsanläggningen.

1953-55 uppfördes ett nytt sliperi, det övre. Det hade 32 MIAG-slipstolar med vardera 4 kannor.

1956 uppsattes en ny pappersmaskin, PM 9. Den var 120 m lång och hade en arbetsbredd på 6 meter och en hastighet på 600 m/min.

1957 togs ett nytt pappersmagasin med bangård i bruk.

En ny halvkemisk sulfitmassetmetod infördes 1958. En ny barkningsmaskin byggdes och automatiserad rulltransport infördes.

1960 fanns flest anställda på Kvarnsveden, nämligen 1.500. Samma år uppfördes ett nytt vedrenseri.

1961 byggdes en ny panncentral. Det gamla trumbarkhuset avvecklades.

1962 var årsproduktionen 225.000 ton.

1964 ombyggdes sliperiet. 48 urvattnade ersattes med 6 större.

1966 produktionen 227.771 ton.

En ny pappersmaskin uppsattes 1969, PM 10. Den producerade 1000 m/min och hade en arbetsbredd på 8,5 meter. Samtidigt byggdes en ny barkningsanläggning, ett nytt sliperi och ett nytt sileri samt nya magasinsutrymmen. Produktionen ökade nu till nästan 400.000 ton.

Flottningen nedlades 1970.

1975 byggdes en ny, 85 meter hög skorsten, Sveriges högsta. Samtidigt byggdes två nya ångpannor.

1975 byggdes också en anläggning för återvinning av tidningspapper.

1975 var fortfarande fyra av de äldsta maskinerna i drift. Antalet anställda var 1.300 personer.

1983 kompletterades sliperiet med anläggning för termomekanisk massa, och en ny ångcentral uppfördes.

1984 var produktionen 450.000 ton, varav en tredjedel var journalpapper.

Ytterligare en pappersmaskin installerades 1988 för 215.000 årston, PM 11. Samtidigt togs tre äldre maskiner ur bruk. PM 6 togs ur bruk 1989 som sista gamla.

1999 tillverkades 672.879 ton papper på fyra maskiner. Drygt hälften var tidningspapper.

Slipmassetillverkningen var 78.987 t och termomekanisk massa 517.817 t. Bruket sysselsatte ca 900 personer.

### **Läget idag**

Bruket är i full gång. Länsstyrelsen utövar miljökontroll. Företaget lämnar årligen in miljörapporter där man redovisar, tillverkning, användning av råvaror och kemikalier, utsläpp m.m.

### **Något om kända miljöproblem**

1907 till 1930 brändes svavelkis för att tillverka koksyra till sulfittfabriken. Restprodukten blev kisbränder eller kisaska, innehållande bl.a. tungmetaller.

Den största delen av avfallet från bruket lades ända till sen tid ut omkring industrin som fyllnadsmassor på bägge sidor om älven. Idag upplever man problem med bärigheten inom området.

1957-66 användes fenylkvicksilver för slembekämpning. Ca 7 ton utsläpptes till Dalälven. Vid Naturvårdsverkets fiberbanksundersökningar 1978 uppskattades fiberbanksvolymen till 150.000 kbm. Kvicksilverhalten uppmättes till 88 µg/kg.

En mätning av PCB-halt i mört fångade upp- och nedströms pappersbruket 1986 gav följande resultat: PCB-halten ppb färskvikt. Prov 1. 5,3 resp. 10. Prov 2. 5,2 resp. 12.

I början på 1990-talet började man lägga upp slamrester från reningsverket i Idkerberget för att täcka sandmagasinen där. 1996 började man frakta slammet till Galgberget i Falun istället.

### **Litteratur, arkiv**

Bjurbom, Mats. *Anekdoter och arbetsliv*. Grycksbo 1989.

*Kvarnsveden 75 år*. Grycksbo 1975.

Handlingar angående bruket förvaras på Stora Ensos arkiv i Falun

# Sellnäs



Fabrikens läge.



## **Historik**

I Sellnäs i Västertuna byggdes ca 1928 ett träsliperi med begagnade maskiner. Transporter kunde ordnas vid den alldeles intilliggande Sellnäs station. Det var bara igång några år. 1937 köptes anläggningen av Gustafsson på Vika Ångsåg. Han bytte ut maskineriet mot nya begagnade maskiner. Verksamheten var igång något år. Ett flertal bilder finns på kommunarkivet i Borlänge, bl.a. av de olika maskinerna.

## **Läget idag**

Byggnaden används av en bilverkstad. Ner mot sjön ligger en gammal slipsten.



*Bilverkstan från väster.*



*Slipsten nere vid sjön.*

## **Miljöproblem**

Sellnäs pappersbruk var en slipmassafabrik. Pappersmassan åstadkoms genom slipning av veden. Kemikalier användes i mycket liten omfattning. Eventuella restprodukter spolades säkerligen ut i Sellnässjön.

## **Litteratur, arkiv**

Inga omnämningar eller arkiv har kunnat hittas knutna till verksamheten.

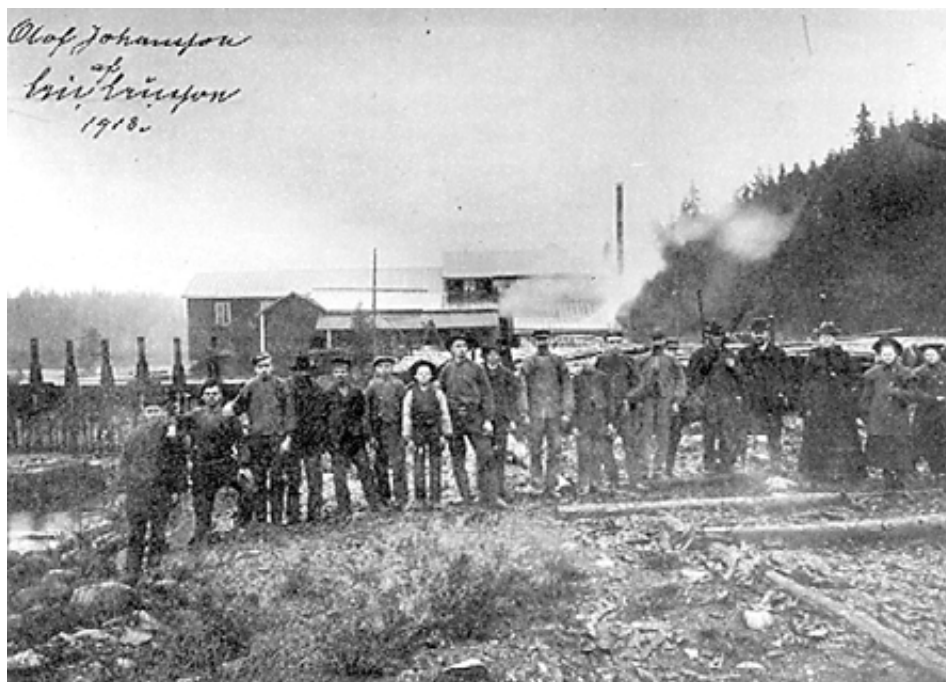
## Skiffsforsen



Fabrikens läge.

### Historik

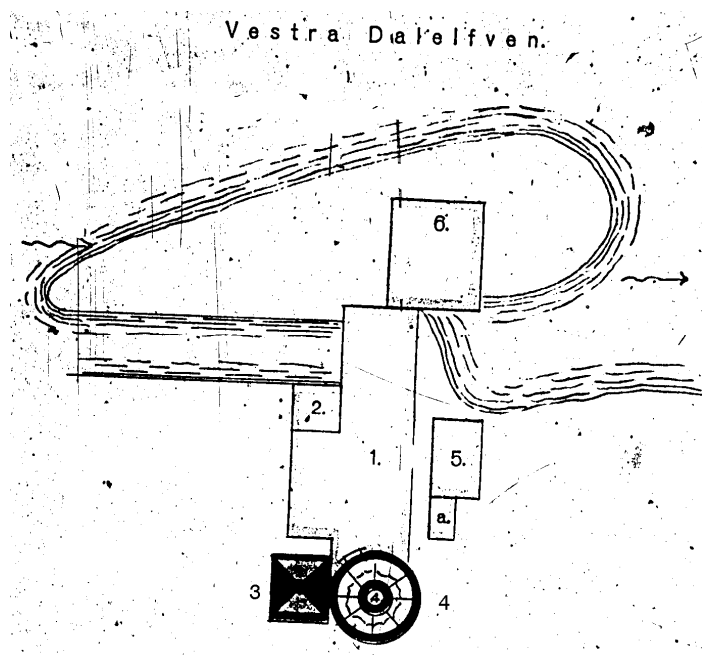
Sedan gammalt plats för kvarn och såg. I början på 1890-talet uppfördes Skiffsforsens Trämassefabrik. Den hade en turbindriven slipsten och två pappersmaskiner. Det utvidgades 1892-93 med ytterligare en slipsten samt två pappersmaskiner. 1901 anges företagsnamnet Vansbro Trämassefabriks AB. I början producerades s.k. våtmassa. Man övergick till torr pappersmassa och i samband med detta byggdes ett speciellt torktorn av sten, vilket fick värme från en panncentral. Som mest skiljde man ut 50-70.000 timmer 1905-09. Då var 20-talet personer sysselsatta i fabriken. Bolaget gick i konkurs 1909. Bolaget rekonstruerades som Vansbro träsliperi. Fabriken hade två generatorer som förutom att ge ström till slipstolar och andra maskiner, även kunde leverera energi till nätet. Från 1911 skedde endast en obetydlig produktion.



Skiffsforsens träsliperi 1918



Anläggningen köptes 1918 upp av AB Träkol i Vansbro. En brandförsäkringshandling från 1919 beskriver anläggningen enligt nedan<sup>5</sup>.



Skifsforsens träsliperi och kvarn enligt brandförsäkringshandling från 1919

1. Träsliperibyggnad av trä med två slipstolar, raffinör, fyra pappmaskiner samt pressar och pumpar.
2. Renseri av trä med kapsåg och barkmaskin.
3. Ångpannehus av gråsten med inmurad ångpanna med murad skorsten till tak. Över tak plåtskorsten.
4. Torktorn av gråsten. Uppvärmning med ånga i kamflänsrör i murad stående kanal.
5. Kvarn av trä med ett par stenar.
6. Elektrisk kraftstation.

Veden, som flottades på älven, togs in i renseriet där den kapades och barkades. Den slipades till fina fibrer i slipstolen. Massan renades i en raffinör och vatten pressades ur i pappmaskiner. Den pressade massan skars till ark som sedan hängdes på ribbor på vagnar. Vagnarna fördes på spiralgående spår upp genom torktornet. I tornets övre del togs arken av och lades på en torkläktare. De buntades till balar som lastades på en pråm för vidare transport till Vansbro. Väg fanns ej förrän i mitten på 1920-talet.

En brand förstörde byggnaderna 1920. De byggdes inte upp igen. Därefter användes vattenkraften för en mindre kvarn och en kraftstation. Kraftverket byggdes om 1922. 1958 – 1962 ägdes det av Hällefors. Numera ägs verket av Stora

### **Läget idag**

Idag finns kraftverket och en kvarnbyggnad kvar. Grunden av torkhuset är synlig.

### **Miljöproblem**

Skifsforsens pappersbruk var en slipmassafabrik. Pappersmassan åstadkoms genom slipning av veden. Kemikalier användes i mycket liten omfattning. Eventuella restprodukter spolades säkerligen ut i Dalälven.

### **Litteratur, arkiv**

Wanfors, Erik. *Vansbro industrihistoria*. Malung 1989.

Verksamheten nämns i förbigående i Forsslund bok om Järna.

Något arkiv för Skifsforsen har ej kunnat påträffas.

<sup>5</sup> BT5105.

## Tyfors



*Fabrikens läge.*

### **Historik**

Tyfors har en lång tradition som industriort inom Gravendalsverken. 1790 byggdes Tyfors bruk. Stålsmidet från Strömsdal flyttade hit 1800, men 1849 överfördes det till Gravendal. 1863 byggdes en såg i Tyfors vid Finnskäggänget. 1882 lades allt smide ner. 1888 byggdes träsliperi i smältarsmedjan. Produktionen kom upp till 2.000 årston. 1889 byggdes smalspårig hästbana till Neva. 1900 byggdes en stor snickeriverkstad. Annefors snickarverkstad brann 1925 och arbetarna flyttades över till Tyfors. All industri lades ner i Tyfors i samband med att Hälleforsbolaget tog över. 1917 revs trämassamaskineriet och flyttades till Hällefors. Ett kraftverk byggdes i stället i lokalerna. På 1920-talet fanns också ett tegelbruk i ett gammalt maskinhus vid bruksdammen. 1927 brann sågen i Tyfors. Den byggdes upp igen och var igång till 1937. Därefter förekom endast husbehovssågning fram till nedläggandet 1957.



*Träsliperiet i Tyfors. Till höger trätub från Räckdammen.*



# Pappers- och pappersmassetillverkning

## Innehåll

Inledning .....	1
Processen.....	1
Föroreningsproblem.....	2
Litteratur .....	4
Kemisk massa .....	5
Sulfatmassaprocessen.....	5
Sulfitmassaprocessen .....	12
Mekanisk massa .....	14
Slipmassa. ....	14
Raffinörmassa. ....	14
Returpappersmassa.....	16
Blekning.....	17
Papperstillverkning .....	19

## Inledning

Pappersmassa kan tillverkas på olika sätt. Man kan skilja på kemisk massa, mekanisk massa och returmassa. Sveriges första slipmassafabrik byggdes 1856 i Trollhättan. På 1870-talet byggdes de första sulfit- och sulfatfabrikerna. I början av seklet var sulfitmetoden den vanligaste. Den gav en ljusare massa som även kunde blekas med klor. Dessutom var råvarorna till kokvätskan billiga: kalksten och svavelkis. Så småningom lärde man sätt att lösa ut de färgade ligninföreningarna ur sulfatmassan och man lärde sig att bleka även denna. Råvarorna var dock dyra. Sedan man utvecklade och förbättrade återvinningsmetoderna växte metoden starkt och blev snart den dominerande. Idag växer andelen mekanisk massa då den är billig och man lärt sig att få fram bättre fiberegenskaper.

Det har funnits ca 250 fabriker i landet för tillverkning av massa och papper. Idag sker den största produktionen vid integrerade massa/pappersfabriker. Man använder mest mekanisk massa (30%) eller sulfatmassa (60%).

Vid tillverkning av massa och papper uppkommer avfallsprodukter. Dessa överföres till luft, vatten och jord.

## Processen

(En noggrannare genomgång av processerna nedan)

### *Mekanisk massa*

Att tillverka pappersmassa går ut på att frigöra fibrerna ur veden. I mekanisk massa görs detta genom att veden slipas mot en slipsten eller att den mals i en raffinör (RMP). I TMP-processen värms flisen och i CTMP behandlar man den varma flisen med en svag natriumsulfitlösning.

Till vanligt tidningspapper duger oblekt mekanisk massa. Mekanisk massa bleks genom att ändra de färgade molekylerna till ofärgade med väteperoxid eller natriumditionit.

### *Kemisk massa*

I kemisk massa värmer man flisen under tryck tillsammans med kokkemikalier som löser upp bindningarna mellan fibrerna. I sulfitmassa hade man ursprungligen kalcium som bas. Kokvätskan kunde inte återvinnas, utan spolades ut i vattendragen. I dag används magnesium eller natrium. Den största delen av dagens massa framställs enligt sulfatmetoden. Kokvätskan är starkt alkalisk och kallas för vitlut. Den består av en blandning av natriumhydroxid och natriumsulfid. För att kunna bleka kemisk massa måste ligninet avlägsnas. Till detta används natriumhydroxid och tvätt med ett alkaliskt tvättvatten. Klor och klorföreningar var länge de dominerande blekkemikalierna. De är billiga och effektiva, men de skapar också giftiga avfallsprodukter. Idag efterfrågas klorfritt papper. Blekning görs då med ozon eller perättiksyra.

### *Returmassa*

Är råvaran returfiber måste den renas i ett antal steg. Plast och andra föroreningar måste avskiljas. Tryckt papper måste avfärgas genom skumning.

Mellan 1950- och början av 1970-talet tillverkades papper bestruket med PCB. När detta återanvänds frigörs denna PCB.

### ***Papperstillverkning***

I pappersbrukets *holländeriavdelning* blandas massan med vatten till en *mäld* som sedan mals och blandas med tillsatskemikalier och fyllmedel. Innan mälden går in i pappersmaskinen måste den renas, silas och avluftas. Tillsatsmedel är av olika slag. *Fyllmedel* skall förbättra papperets optiska egenskaper. Det är ofta naturliga material som krita, lera, talk eller i vissa fall titanoxid. Pappret kan också färgas. Flera färgämnen är diskutabla ur miljösynpunkt. *Torrstyrkemedel* skall förstärka bindningen mellan fibrerna. För detta används mest stärkelse. *Våtstyrkemedel* ökar motståndsförmågan mot påverkan från vatten. I sur miljö vanligen ureaformaldehydharts, i basisk miljö polyaminamid. *Hydrofoberingsmedel* minskar papprets vilja att ta upp vatten. *Retentionsmedel* binder finmaterialet till fibrerna. Härtill används aluminiumsulfat.

Även andra tillsatser förekommer. Olika *vaxer* används för att öka glansen hos vissa papperskvaliteter. *Skumdämpningsmedel* minskar skumbildningen. *Slembekämpningsmedel* skall hämma den mikrobiologiska aktiviteten i processvattnet. Till detta användes 1941-1968 fenykviksilverföreningar (FKA). Samma FKA användes också som *impregneringsmedel* för slipmassa.

## **Föroreningsproblem**

### ***Inledning***

Problemen vid utsläpp av fiberrester uppmärksammades redan i pappersindustrins barndom eftersom detta leder till syrebrist i vattnen med följande fiskdöd. Problemen ledde till att Svenska pappersbruksföreningen 1937 bildade en kommitté med uppgift att utreda och föreslå åtgärder för att minska utsläppen. År 1941 kom från statsmakten en vattenlag som stadgade att industriellt avlopp skulle avledas på ett sådant sätt att olägenheter av betydelse skulle undvikas. Några år senare fastslogs att nyttan av en åtgärd skulle vägas mot förorenings skadeeffekter. Under 1960-talet ökade miljömedvetandet avsevärt. 1967 inrättades Naturvårdsverket och 1969 kom miljöskyddslagen. Man startade även Koncessionsnämnden för miljöskydd.

### ***Branschens viktigaste föroreningar***

Ur efterbehandlingsynpunkt är branschens viktigaste föroreningar PCB, kvicksilver, klorerade organiska substanser och tungmetaller.

PCB-problematiken är knuten till returpappersfabriker som använt PCB-innehållande papper. Föreningen kan uppträda i recipienter och tippor där avfall från avsvärtningen deponerats.

Om bruk använt fenykviksilver för massaimpregnering och/eller slembekämpning kan kvicksilver förekomma i fiberbankar utanför bruket och i tippor där fiberslam deponerats. En del av det ursprungliga fenykviksilvret har omvandlats till andra förekomstformer.

Klorerade organiska substanser härstammar från massablekning med klorhaltiga kemikalier. Föreningen uppträder i recipienter och deponier.

Tungmetaller kan lakas ut från bl.a. industriens tippor.

### ***Branschens efterbehandlingsproblem***

#### ***Industritippor***

De flesta skogsindustrier har tippor inom industriområdet. På tipporna deponeras allt icke miljöfarligt avfall från fabrikena om det inte återanvänds eller deponeras någon annanstans. Lakvatten från tipporna innehåller höga halter av organiska ämnen och tungmetaller. Vattnet är ofta syretärande och toxiskt mot vattenlevande organismer.

En förteckning över det avfall som kan finnas på tipporna redovisas nedan.

#### **\* Barkavfall**

När obarkade vedstockar används som råvaror sker barkningen i fabrik före flishuggningen. Förut var det vanligt att barken deponerades på tippor. Idag förbränns den normalt förutom spillbark. Spillbarken, som är förorenad av sand, sten mm, deponeras.

De tippor där skogsindustrierna deponerat sitt barkavfall innehåller ofta också andra sorters avfall. Detta försvårar en eventuell framtida återvinning av barkavfallet.

Bark skiljer sig från ved genom att den innehåller högre halter mineralämnen. Omkring 20 % av barkens innehåll av kolhydrater är vattenlösliga och utgör ett lätttoxiskt material för mikroorganismer. Lakvatten från färsk bark är giftigt för alger och fisk.

#### **\* Slagg, aska och sot**

Slagg, aska och sot är restprodukter från förbränningar i sodapannor, lutpannor och fastbränslepannor. Dessa avfall kan innehålla höga halter av metaller.

\* **Kisaska**

Svavelkis, en förening av svavel och järn användes förut för framställning av SO<sub>2</sub> vid sulfittmassatillverkning. När svavelkis rostar förbränns svavlet till SO<sub>2</sub> och järnet oxiderar till kisaska. Askkan skickades normalt vidare för framställning av järn. Men man kan inte utesluta att deponering även förekom. Kisaskan kan innehålla bl.a. höga halter av tungmetaller.

\* **Grönlutslam (svartslam)**

Grönlutslam är rejekt från kemikaliåtervinning vid sulfatmassatillverkning. Avluten (svartluten) från massakokning indunstas och förbränns i sodapanna för att återvinna kemikalier och energi. Smältan som rinner ut från pannans botten består av bl.a. Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> och Na<sub>2</sub>S. Smältan löses upp i vatten och svaglut. Lösningen kallas för grönlut. Grönluten innehåller en del olöslbara substanser som måste fränskiljas. Detta rejekt, grönlutslam, deponeras. Grönlutslammet innehåller bl.a. olöslbara salter, kol och tungmetaller.

\* **Mesa**

Mesaavfallet härstammar ifrån kausticeringssteget vid sulfatmassatillverkningen. I detta steg förvandlas Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> i grönluten till NaOH genom att luten blandas med släckt kalk. Som slam bildas Mesa (CaCO<sub>3</sub>). Mesan förbränns normalt i mesaugnen till CaO för att återanvändas i processen. Vid processstörningar deponeras mesan som avfall. Mesa innehåller hög halt av metaller.

\* **Bestrykningssmet**

För att få ett bra tryckpapper förekommer det ofta att papperet bestryks. Bestrykningssmet är en vattensuspension (torrhalt 40-60 %) av vitt pigment, bindemedel och andra tillsatser, t ex viskositetsreglerare och skumdämpare. De mest använda pigmenten är lera, kalciumkarbonat och titandioxid. Bindemedlet kan vara stärkelse, CMC eller latex. Rester av bestrykningssmeten deponeras.

\* **Slam**

Slammet kommer ifrån extern rening, sedimentering, kemisk fällning och biologisk behandling. Ett slam, beroende av avloppstyp och reningsmetod, kan bestå av bl.a. fiber, biologiska flockar från biosteg och metallhydroxidkomplex från kemisk fällning.

Deponering är det vanligaste sättet att slutligt hantera slammet. Före deponeringen avvattnas slammet normalt till en torrhalt vid 15-20 %. Det förekommer också att slammet förbränns.

Med strängare miljökrav och därefter ökade krav på extern rening kommer mängd av slam att öka i framtiden.

\* **Emballage**

Vid massa- och papperstillverkning används stora mängder av olika inköpta varor, t ex process- och tillsatskemikalier. Dessa varor levereras till fabrikena i varierade förpackningar av bl.a. papper och plast. En del av förpackningarna deponeras som avfall.

*Markkontaminering*

Skogsindustrierna använder stora mängder av olja och kemikalier. Vid hantering av dessa produkter kan spill förekomma och markförorening uppstå.

Mellan 1941-1969 använde många fabriker kvicksilverpreparat för massaimpregnering och slembekämpning. Detta medför att det kan finnas kvicksilverförorenad mark inom industriområdena.

Markkontamineringen kan föranleda krav på saneringsåtgärder vid nedläggning av fabrik.

*Fiberbankar*

Fiberåtervinning och avloppsvattenrening vid skogsindustrin har förbättrats avsevärt under senaste år. I samband med tidigare verksamhet har betydande fibermängder släppts ut vid svenska vattendrag och byggde upp fiberbankar i recipienterna utanför fabrikena. Den totala fiberförlusten vid massaproduktion under perioden 1909-1983 har vid ett försök beräknats uppgå till 10,8 miljoner ton. Motsvarande siffror för kartong- och pappersproduktion är 4,35 miljoner ton.

\* **Kvicksilver**

Mellan 1941-1968 användes fenylkvicksilverföreningar (FKA) i många bruk såväl för impregnering av slipmassa som för slembekämpning i ledningsnät och apparatur. Ett betydande antal vattendrag invid äldre

cellulosaindustrier är därför förorenade med kvicksilverhaltiga fibersediment, vilka svarar för en potentiell risk för metylkvicksilveremission.

Enligt en undersökning har totalt 160 ton fenyalkvicksilverpreparat motsvarande 89 ton kvicksilvermetall använts som slembekämpningsmedel under tiden 1941-1966. För impregnering av massa har användningen skett under tiden 1945-1968 varvid ca 495 ton användes. Vid en 80 % retention i massa blir utsläppet ca 100 ton motsvarande 56 ton kvicksilver. Det totala utsläppet av fenyalkvicksilverpreparat uppgår således till ca 260 ton motsvarande 145 ton kvicksilver.

Utsläppen av kvicksilverpreparat från massa- och pappersindustrin nådde sin kulmen i början på 1960-talet, då inte mindre än 23 ton kvicksilver släpptes ut per år. Användningen av fenyalkvicksilverföreningar som slembekämpningsmedel förbjöds 1966 och som impregneringsmedel för slipmassa 1967.

\* PCB

NCR-papper (No carbon required), dvs. självkopierade papper, tillverkades mellan 1950- och början av 1970-talet. Pappret, som fick utbredd användning inom kontorsvärlden, har en bstrykning där PCB (Polyklorerade bifenyler) ingår i stor mängd. Halten PCB i självkopierade papper uppges ligga mellan 3 och 5 %. Den typ av PCB som används motsvarar Aroclor 1242, alltså PCB med 42 % klor.

Använda NCR-papper samlades in tillsammans med andra returpapper och utnyttjades för returmassastillverkning. Detta resulterade i en PCB-haltig avsvärta som bl.a. förorenade sediment och fiberbankar i recipienter. Sedan problemet blev klarlagt har tillverkning av PCB-innehållande papper förbjudits. Man kan räkna med att NCR-papper var ur marknaden under slutet av 1970-talet.

Trots att tillverkningen av NCB-papper upphörde under 1970-talet, finns det fortfarande stora mängder av detta sorts papper kvar t ex i gamla arkiv. Vid framtida återvinning och destruering av dessa papper kan det finnas risk för PCB-spridning.

### **Miljöeffekter**

Lakvatten från industritippar är ofta toxiskt mot vattenlevande organismer. Diverse föroreningar som lakas ut från tippar kan förorsaka mark- och vattenkontaminering.

Fiberbankar i vattendrag vid skogsindustrier alstrar ofta avsevärda mängder illaluktade gaser (metan) pga. nedbrytning av fiber i akvatisk miljö.

I anslutning till returpappersfabriker där NCR-papper använts kan sediment och fisk i recipienter innehålla förhöjda halter av PCB. Vid några undersökningar har prover tagna på öring visat att PCB-halterna i vassa fall ligger över de gränsvärden som livsmedelsverket fastlagt för svartlistning.

Förhöjda halter av kvicksilver i recipienter utanför skogsindustrier kan förekomma.

Genom PCB- och kvicksilverläckage från fiberbankar fortsätter tillförsel av dessa föroreningar.

## **Källor och litteratur**

*Branschkartläggningen Etapp 1*. Statens naturvårdsverk. 1992.

*Metodik för inventering av förorenade områden*. Naturvårdsverket. Rapport 4918. 1999.

*Uppfinningarnas bok VIII*. Stockholm 1939.

*Utveckling av produktion och teknik i svensk massaindustri 1857-1939*. Stockholm 1949.

Skogssveriges hemsida: <http://www.skogssverige.se/>

# KEMISK MASSA

(Illustrationer och text nedan till stor del direkt från SkogsSveriges hemsida)

Kemisk massa framställs genom att vedflis kokas i ett tryckkärl (kokare) med en kokvätska. Kemikalierna i vätskan löser upp mittlamellen i veden, det vill säga ligninet, så att fibrerna friläggs.

En kemisk massafabrik består av två processlinjer: fiberlinje och kemikalieåtervinning.

Fiberlinjen är fibrernas väg från veden som kommer till fabriken till den färdiga pappersmassan. Efter kokningen har man kvar fibrerna och en returlut som innehåller kokkemikalierna och den utlösta vedsubstanten. Detta tas till vara i kemikalieåtervinningen. Det finns flera skäl till att luten tas till vara:

- luten får av miljöskäl inte släppas ut i avlopp
- kokkemikalierna är värdefulla
- den utlösta vedsubstanten är värdefull som bränsle

Det finns två processer för kemisk massatillverkning, sulfat- respektive sulfitmassetillverkningen.

Sulfatmassaprocessen är den vanligaste. Den ger en starkare massa och har i allmänhet bättre värmeekonomi.

Sulfatmassa kokas med en alkalisk kokvätska (den har ett högt pH-värde).

Vid sulfitmassetillverkningen är kokvätskan sur (den har lågt pH-värde) eller neutral. Vedråvaran för sulfitmassa är framförallt gran men även björk, bok och asp kan användas. Däremot är tall mindre lämpligt.

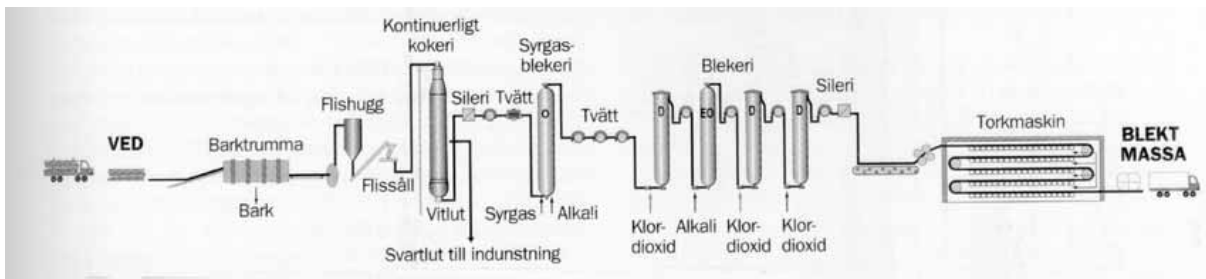
Egenskaperna hos kemikaliska massor kan varieras inom vida gränser beroende på vedråvara och önskad papperskvalitet.

Blekt lövvedsulfatmassa och blekt sulfitmassa ger papper med bra trycktyta och används för finpapper. Oblekt sulfitmassa blandas ibland in som "armeringsmassa" i tidningspapper.

Barrvedens långa fibrer ger starkt papper och de blekta kvaliteterna har också goda tryckegenskaper. Oblekt barrvedsulfatmassa används då kraven på styrka är höga, till exempel för omslagspapper, säckpapper, vätskekartong och liner (ytterskikten i wellpapp).

## Sulfatmassaprocessen

Sulfatmassa är idag den klart vanligaste kemiska massan. Den ställer lägre krav på råvara än sulfitmassa.



Sulfatfabrikens fiberlinje.

Sulfatmassaprocessen har fått sitt namn efter natriumsulfat, ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) som är den kemikalie som man förr ersatte svavel- och natriumförluster i processen med. Numera är förlusterna normalt små och behovet av natriumsulfat litet.

Kokvätskan vid sulfatkokning kallas vitlut. De verksamma beståndsdelarna är natriumhydroxid ( $\text{NaOH}$ ) och natriumsulfid ( $\text{Na}_2\text{S}$ ). Vitluten innehåller även andra kemikalier, till exempel natriumkarbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) och natriumsulfat, vilka dock inte deltar i ligninutlösningen.

Luten i massan efter sulfatkoket kallas svartlut och tvättas ut ur massan efter kokningen. Efter tvättningen går massan till efterbehandlingar som silning, blekning och torkning. Svartluten förs till återvinningssystemet. Luten som förs till återvinning kallas också returlut.

Sulfatmassafabrikerna är kända för att de luktar "sulfat". Det som luktar är bland annat olika svavelhaltiga gaser, till exempel svavelväte och metylmerkaptan. Numera samlas gaserna ihop och bränns för att minimera luktproblemen.

### Energiåtgång

Vid kontinuerlig kokning återvinns en del av den tillförda värmen genom att ångan från expansionscyklonen förvärmer flisen. Detta gör att värmeförbrukningen blir låg vid kontinuerlig kokning, 2,0-2,5 GJ/ton massa.

Vid konventionell satsvis kokning blåses det 170-gradiga kokarinnehållet till en blåstank. Vattnet i returluten expanderar och frigör en stor mängd ånga. Denna ånga tar man till vara för varmvattenberedning men värmen kommer inte kokeriet till godo. Den satsvisa kokaren förbrukar därför nästan dubbelt så mycket ånga som den



kontinuerliga kokaren. Med Super Batch-kokning minskar värmeförbrukningen till ungefär samma nivå som den kontinuerliga kokarens.

**Vedhanteringen** är i stort sett lika för alla massaprocesser. Veden kommer till fabriken som rundved eller som flis från sågverken. Rundveden barkas i stora, svagt lutande och roterande trummor, 4-6 meter i diameter och upp till 60 meter i längd. Barken lossnar när stockarna gnids mot varandra och mot trummans vägg. Barken används sedan som bränsle i fabriken's ångpannor.

Den barkade veden huggs till flis i en huggmaskin. Det är viktigt vid kokningen att flisen har jämn storlek.

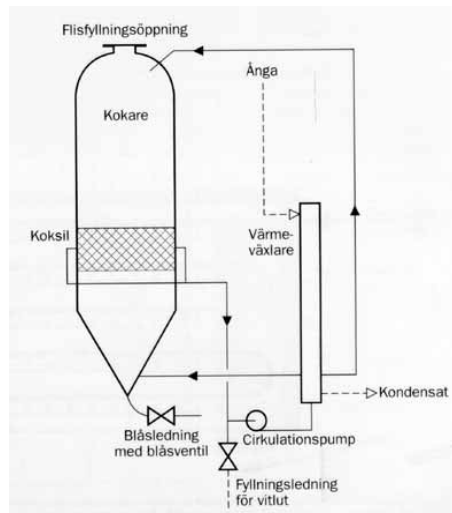
Därför sållas den och bitar som är för stora sönderdelas och återförs före sållen.

Flisen lagras i stackar och matas sedan ut från stackens botten genom ett system av skruvar och transportörer och förs till kokeriet.

### Massakokning

För att frigöra fibrerna i träet måste flisen först kokas i *kokarkärl*. Eftersom kokningen är alkalisk kan dessa vara av järnplåt. Kokningen görs i *vitlut*. Ev. blandas vitluten med svartlut. Före kokningen *basas* av flisen med ånga. Kokvätskan måste tränga in i, *impregnera* flisen. Kokning kan ske på två sätt: satsvis eller kontinuerligt. Vid satsvis kokning (batchkokning) fylls kokaren med flis, vitlut och svartlut. Kokvätskan som dras av genom silar cirkuleras med en pump till en värmeväxlare *kalorisator*, där vätskan värms med ånga, och sedan tillbaka till kokaren. Temperaturen höjs till cirka 170°C efter ett kokschema som är anpassat till massakvalitet och vedråvara. När kokningen är klar öppnar man en ventil i botten av kokaren och den töms (blåses) till en blåstank. Kokaren satsas sedan på nytt och en ny kokcykel påbörjas.

Man har flera kokare i ett satsvis koken. Antalet beror på kokarnas storlek och fabriken's produktion..



Satsvis kokare

Vid kontinuerlig kokning matas flis och vitlut in i toppen på 60-70 m höga kokare i en kontinuerlig ström med en *ångfyllningsapparat*. Färdigkokt massa blåses kontinuerligt ut från kokarens botten till en *blåstank* via en *cyklon* för att avskilja *blåsången*..

Kokaren är i princip ett stort vertikalt rör där flisen/massan rör sig nedåt. Processen sker i flera steg:

Förbasning med ånga i flisficka.

Basning med ånga i ett basningskärl. Luften i flisen drivs ut för att underlätta för kokvätskan att tränga in i flisbitarna.

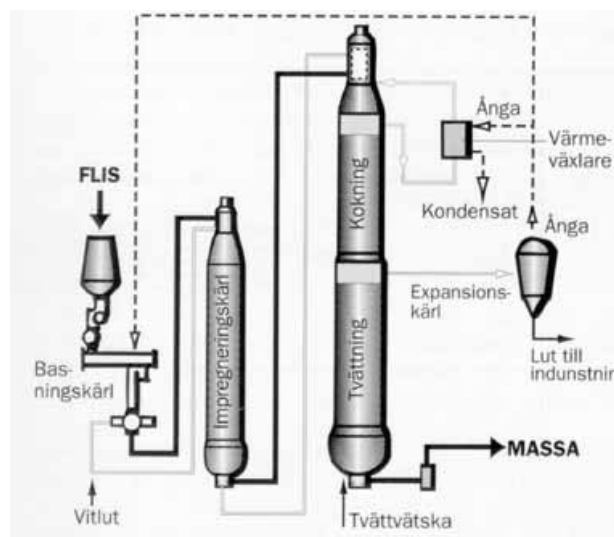
Impregnering, där kokvätskan tränger in i flisens hålrum. Impregneringen sker i ett separat *högtrycksimpregneringskärl, fimp*, som i figuren, eller i kokarens övre del.

Kokning, då ligninet löses ut.

Tvättning i kokarens nedre del.

Uppvärmningen sker i ett eller flera cirkulationssystem med silar och värmeväxlare eller med ånga som sätts till direkt i kokartoppen. Kokningen avbryts genom att kallare vätska tillförs i samband med att massan tvättas. I botten av kokaren pumpas man då in lut från ett efterföljande tvättsteg. Tvättvätskan går i motström mot masspelaren och förtränger den heta luten, som dras av genom en sil till en cyklon. Lutten avger ånga i cyklonen där trycket är lägre. Ångan leds till basningskärlet där den basar och förvärmer flisen.

Terpentinolja bildas (och metylalkohol) när temperaturen höjs. Dessa *avgasas* i början. Dessutom bildas kväve och illaluktande svavelföreningar. Gaserna får passera en *gasningsfälla*, där medföljande lut avskiljes. Sedan *kondensering* där terpentinet flyter ovanpå och kan avskiljas. Kväve, koldioxid och svavelföreningar kan brännas i *mesaugnen* eller *sodahuset* eller tvättas med lut i en *skrubber*. På slutet ny avgasning. Nu tas terpentin av sämre kvalitet om hand. Vid kokningen omvandlas vitluten till *svartlut*. På slutet *blåses* flisen varvid den faller sönder i en *defibrering*.



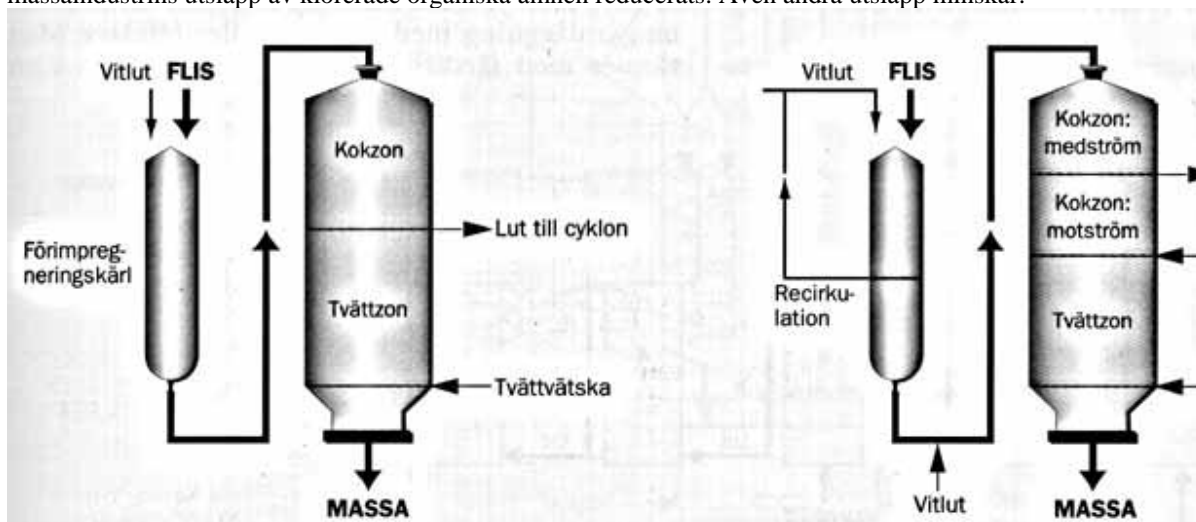
Kontinuerlig kokare (konventionellt utförande)

Kokningen styrs genom satsad alkalimängd, koktid och temperatur så att man når det kappatal som är lämpligt för den avsedda massakvaliteten. Massa som skall blekas bör ha så litet lignin som möjligt kvar, det vill säga lågt kappatal, så att förbrukningen av blekkemikalier hålls nere. Det är viktigt av såväl miljöskäl som produktionsekonomiska skäl.

### Modifierad kokning

Svensk forskning ledde under 1980-talet fram till nya sätt att koka till mycket låga kappatal med bibehållen styrka och massautbyte. Metoderna kallas modifierad kokning eller förlängd delignifiering. Dessa metoder tillämpas i dag vid de flesta svenska sulfatmassabruk.

Processerna minskar behovet av blekningskemikalier och har därmed i hög grad bidragit till att massaindustrins utsläpp av klorerade organiska ämnen reducerats. Även andra utsläpp minskar.



Kontinuerlig kokning. Till vänster konventionell och till höger modifierad.

I figuren visas schematiskt tillämpningen av modifierad kokning i en kontinuerlig kokare. Förfarandet, som kallas MCC (Modified Continuous Cooking), innebär att vitlutsatsningen delas upp så att alkalihalten jämnas ut och tiden för delignifieringen blir längre.

Den första satsningen görs som vanligt i impregneringskärl. Den andra sker då flisen leds från impregneringskärl till kokartoppen. En tredje satsning, slutligen, görs ett stycke nedanför lutavdraget till cyclonen. Härigenom erhålls en andra lägre kokzon. Med detta kokningssätt sänks kappatalet till 22-24 för barrved och 14-16 för björkved.

En senare utveckling av MCC är att man tillsätter en del av vitluten i tvättzonen och höjer temperaturen där så att man får samma temperatur genom hela kokaren. Man får då ytterligare en förlängning av delignifieringen, vilket gör att temperaturen kan sänkas i de egentliga kokzonerna med cirka 10°C. Förfarandet kallas isothermisk kokning eller ITC och ger möjlighet att sänka kappatalet ytterligare.

Super Batch-kokning är en modifierad process för satsvis kokning. De olika momenten i processen är:

- Flisen fylls på vanligt sätt. Därefter fylls kokaren med varm (90°C) svartlut och sätts under tryck.
- Het svartlut (170°C) från ett tidigare kok pumpas in i botten av kokaren och förtränger den varma svartluten. När en viss mängd lut pumpats in fortsätter man att pumpa in uppvärmd vitlut. Temperaturen i kokaren höjs med hjälp av ånga till full koktemperatur.
- Koket avbryts genom att filtrat från tvätten, pumpas in och förtränger den heta returluten. När all hetlut är förträngd är temperaturen i kokaren under 100°C.

Förimpregnering med svartlut under tryck, behandling med het svartlut före vitluttillförseln och låg temperatur vid tömningen av kokaren förbättrar massans styrka och utbyte. Därför kan massan kokas till så låga kappatal som 18-20 för barrved och 13-16 för björkved. I de fall blekningen sker helt utan klorkemikalier vill man ha lägsta möjliga kappatal och då kan delignifieringen förlängas ända ned mot kappatal 8-10.

**Tvättning och silning.** Det är viktigt att massan efter kokningen tvättas så ren som möjligt. Lut som är kvar i massan ger ökad kemikalieförbrukning i blekeriet, större miljöpåverkan och sämre massakvalitet. Dessutom förloras brännbar substans och kokkemikalier.

Tvättning betasår av två processer. Löst substans skall *diffundera* (vandra) ut från fiberns inre och sedan avlägsnas, *förträngas*. Vid kontinuerlig kokning börjar tvätten i kokarens nedre del, *hettvätt* enligt Kamyrns metod.

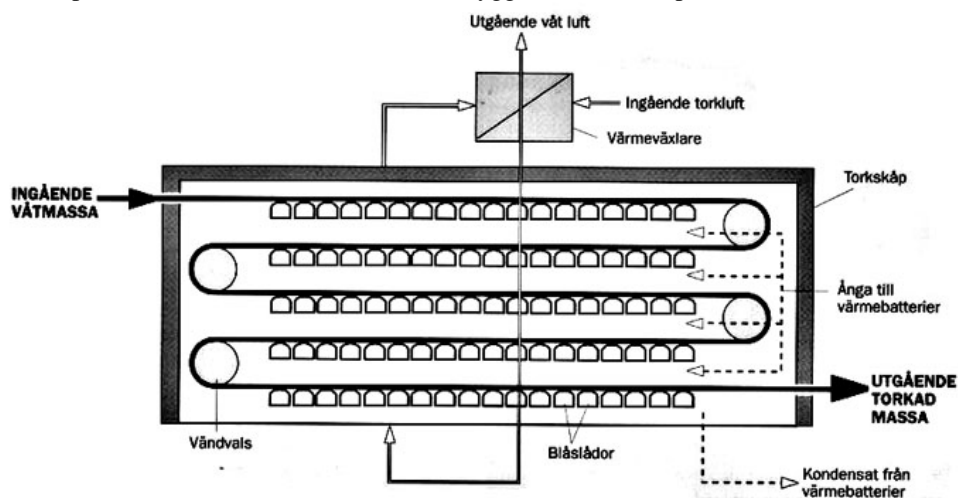
Efter kokningen innehåller massan föroreningar i form av bark, kvist, okokt flis och spel (fiberknippen). Dessa tas bort i kvistsilar, med perforerade silplåtar som släpper igenom fibrer (accept) och avskiljer större partiklar (rejekt). Man har också hydrocycloner (virvelrenare) för att ta bort framför allt sand. Flis och kvist kokas om och spelen mals i raffinörer och återförs till massan.

En vanlig tvättapparat efter batchkokerier är trumfiltret. I en sådan tas den tvättade massan av med en *schaber* eller *avtagarvals*. Andra tvättanordningar är den kontinuerliga diffusören eller radialtvätten och tryckdiffusören. Man kan även tvätta med *pressar* (skruv-, skiv-, vals-, eller tvättpressar). Tvättpressen är en kombination av tvättfilter och press. En annan metod är *planviratvätten*, vilken liknar *virapartiet* i en pappersmaskin. För att få massan tillräckligt ren måste man ha flera tvättsteg. En filtertvätt kan till exempel ha fyra filter i serie. I andra fall används olika tvättanordningar, till exempel en kombination av kokartvätt, kontinuerlig diffusör och tvättfilter.

Sedan massan tvättats och silats bleks den ofta och torkas slutligen.

**Torkning.** Vid integrerade bruk pumpas massan direkt till pappersbruket. Skall massan säljas torkas den till 90 procents torrhalt i en torkmaskin. Denna består av tre huvuddelar: våtparti, pressparti och torkparti. Massan som späts till 1-1,5 procent pumpas till maskinens inloppslåda. Från inloppslådan strömmar massan ut på virapartiet. Viran är en ändlös duk av vävd plast. Under den finns suglådor som suger vatten ur massan. Massabanan leds sedan till presspartiet som vanligen har tre par pressvalsar. Efter pressningen är torrhalten cirka 4,5 procent.

Förr torkade man massan över ett stort antal ångvärmda torkcylindrar. Moderna torkmaskiner har fläkt-torkar där massan passerar mellan rader av blåslådor inbyggda i ett torkskåp.



*Fläkt-tork. I torken blåses varm torkluft mot massabanan undersida. Massabanan bärs som på lufkuddar ett par millimeter över blåslådorna. Torkluften avger värme till massan så att vattnet avdunstar. Den våta luften leds ut genom övre delen av torkskåpet och förvärmer ingående torkluft i en värmeväxlare. Torkluften värms sedan vidare i ångbatterier i torkskåpet.*

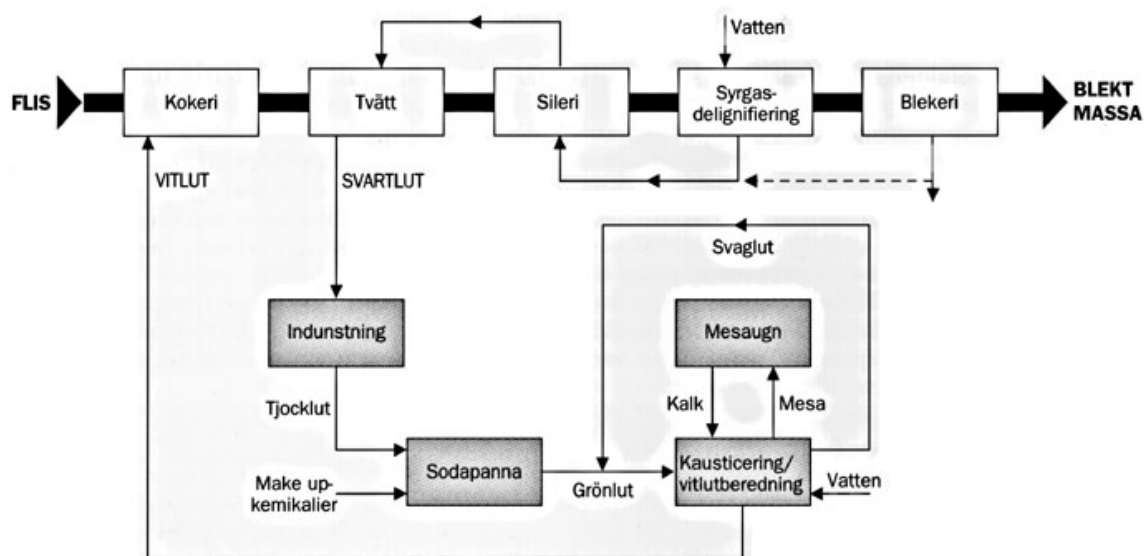
Den torkade massan skärs till ark som läggs i staplar av önskad vikt, oftast 200 kg. Arkstaplarna pressas i en balpress, emballeras, märks och går på transportörer till magasin. Allt sker helautomatiskt. Torkmaskinen förbrukar mycket värme. Det som påverkar värmeförbrukningen är framför allt torrhalten efter presspartiet och effektiviteten av värmeåtervinningen ur den varma våtluften.

## Sulfatmassafabrikens kemikalieåtervinning

Under kokningen har kokkemikalierna omvandlats. Att återvinna dessa kemikalier är helt nödvändigt för såväl miljön som ekonomin. Det sker i fabriken kemikalieåtervinning eller *regenerationssystem*. I den svartlut som kommer från massatvätten finns också lignin från ved och annan utlöst organisk substans. Även denna tas om hand i fabriken återvinningssystem och utgör bränsle i fabriken återvinningspannor. Sulfatprocessen bygger alltså på en kretsloppsprincip som gör att råvarorna används effektivt och utsläppen och energiförlusterna minimeras. Ändå får man förluster.

Sulfatprocessens återvinningssystem består av:

- Indunstningen, där svartluten förtjockas till så kallad tjocklut.
- Sodapannan, där tjocklutens organiska substans omvandlas till ånga och kemikalierna samtidigt återvinns.
- Vitlutberedningen (med kausticering och mesaugn), där kemikalierna omvandlas så att de åter blir aktiva kokkemikalier.



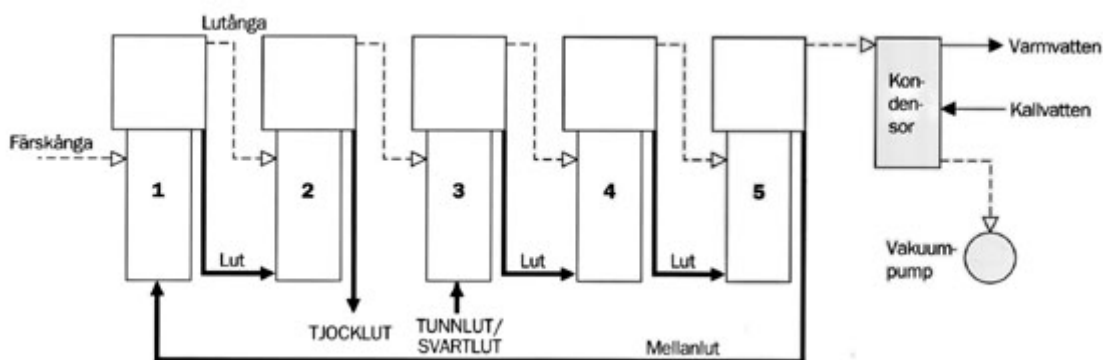
*Sulfatmassaprocessens fiberlinje och återvinningssystem. Genom återvinningssystemet tas de använda kemikalierna i koken och syrgasdelignifiering till vara. De återförs till kokeriet i form av vitlut från vitlutförberedningen.*

**Indunstning.** I diffusörer avskiljs lut från massa. Svartluten avvattnas i indunstningsapparater. Först användes varpor, sedan roterare. Den avvattnade svartluten kallas bränder. Idag används effekter. Kestnerapparatur och fallfilmsindunstare (används som slutsteg) är värmeväxlare. Lutången kondenseras bort. Den måste renas i reningskolonn. Slutprodukten är tjocklut.

Svartluten från tvätteriet har en torrhalt på cirka 15 procent. För att luten skall bli brännbar indunstas den. Det är viktigt vid förbränningen att torrhalten är så hög som möjligt. Det ger nämligen bättre värmeekonomi, mindre utsläpp av svavelhaltiga gaser samt effektivare omvandling av kemikalierna till aktiva kokkemikalier.

Vid indunstning kokas vatten i luten bort med ånga som värmemedium. Om indunstningen sker i ett steg går det åt lika mycket ånga som mängden vatten som avdunstar. Man delar därför upp indunstningen i fem eller sex steg. Därigenom minskar ångbehovet till ungefär en femtedel.

Indunstningen sker i indunstningsapparater som är en typ av värmeväxlare. Figuren visar en indunstningsanläggning med fem steg eller effekter. Man värmer med färskånga (ånga som tillverkas i en ångpanna) i den första effekten. Luten kokar och driver av lutånga, som går som uppvärmningsånga till den andra effekten. Lutången från den värmer den tredje effekten osv. Färskånga behövs alltså bara i första effekten.



*Principskiss över lutens och ångans väg i en femeffekts industri anläggning.*

För att det skall fungera måste värmningsången i varje effekt ha högre temperatur än luten i samma effekt. Det innebär att man får successivt sjunkande temperatur och tryck i effekterna räknat från den första. Färskångans temperatur och tryck i första effekten kan vara cirka 135°C och 315 kPa. Temperatur- och trycksänkningen fortsätter sedan ned till cirka 65°C och 25 kPa (75 kPa undertryck) i lutången från sista effekten.

Trycksänkningen sker med hjälp av en kondensator som kyls med kallvatten och levererar varmvatten. En vakuumpump efter kondensorn suger ut okondenserbara gaser. Dessa är dels luft, dels illaluktande svavelhaltiga gaser som går till förbränning.

Ångorna kondenseras mot effekternas och kondensorns värmeytor och kondenssten leds ut (visas inte i schemat). Kondensatet från den första effekten är rent och går via matarvattenreningen till ångpannorna. De andra

kondenssten, lutångkondensaten, är förorenade av bland annat metanol. Kondenssten från effekterna två och tre är tillräckligt rena för att kunna användas i vitlutberedningen och massatvätten, men kondenssten från de sista effekterna och kondensoro måste renas. Den avskilda metanolen kan användas som bränsle i mesaugnen. Den ingående luten, tunnloten/svartluten, pumpas till effekt tre och går därifrån till effekterna fyra och fem. Luten från effekt fem är delvis förtjockad och kallas för mellanlut. Denna lagras i en cistern (visas inte i figuren) och pumpas till effekt ett. Från den går luten till effekt två och slutligen ut som färdigindunstad tjocklut. De indunstningseffekter som antyds i figuren är stigfilmindunstare. Värmeytan består av ett stort antal vertikala tuber, allt inneslutet i en cylindrisk plåtmantel. Luten kommer in nedtill och strömmar in i tuberna. Ångan som bildas då luten kokar stiger uppåt och drar med sig ett skikt (film) av lut utefter tubernas innervägg, därav namnet stigfilm.

Stigfilmindunstaren har den begränsningen att man inte kan indunsta till mer än 60-62 procents torrhalt. Vid högre torrhalter blir det beläggningar och igensättningar i tuberna. För att öka torrhalten till 70 procent kan man koppla in ett par slutförtjockare.

Under senare år har man börjat använda fallfilmindunstare. Som namnet antyder är arbetssättet motsatsen till stigfilm - luten strömmar som en film nedåt utefter värmeytans väggar. För att värmeytan inte skall "gå torr" cirkuleras lut från botten till toppen av apparaten.

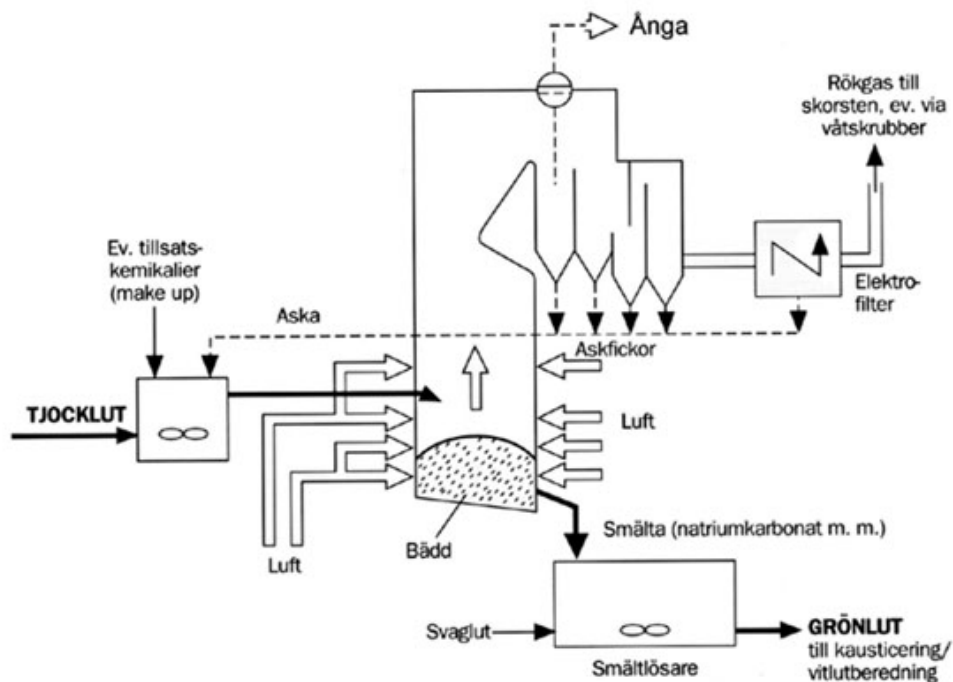
Med speciella fallfilmindunstare som slutindunstare kan luten indunstas till 75-80 procents torrhalt.

Barrvedens extraktivämnen löses ut vid kokningen och finns kvar i svartluten som svartsåpa (sulfatsåpa) . Denna flyter upp till ytan i lutcisternerna och bildar en kletig och illaluktande substans. Den skummas av och används till produktion av tallolja. Det sker i hartsökeriet där såpan kokas med svavelsyra eller restlösning från klordioxidtillverkningen. Tallolja är råvara för tillverkning av tvättmedel, färger och fernissor. Ibland används den också som bränsle i mesaugnen i stället för olja.

## Sodapannan

Förr förbrändes *bränderna* i *smältugnar*. Luft tillföres genom *formor*.

Idag förbränns tjockluten i 40-90 m höga *sodahus*, ångpannor som är anpassad för att bränna svartlut.



### Sodapanna med kringutrustningar.

Den är också en kemisk reaktor - det första steget i omvandlingen av de i massatvätten återvunna kemikalierna till nya kokkemikalier.

Den indunstade luten (tjockluten) sprutas in i sodapannans ugn genom speciella munstycken.

Förbränningsluft blåses in på flera nivåer i ugnen och luten torkas av de heta rökgaserna och bildar en bädd på ugnens botten. I denna förgasas den organiska substansen och slutförbränns högre upp i ugnen.

Avgiven koldioxid bildar med en del av natriumet i torrsubstansen natriumkarbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) - soda - vilket gett sodapannan dess namn.

Bildat natriumsulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) - och natriumsulfat som eventuellt tillsatts som make up-kemikalie - ombildas genom reduktion med hjälp av kol i den förkolade torrsubstansen till natriumsulfid ( $\text{Na}_2\text{S}$ ). Natriumsulfid är en verksam kokkemikalie.

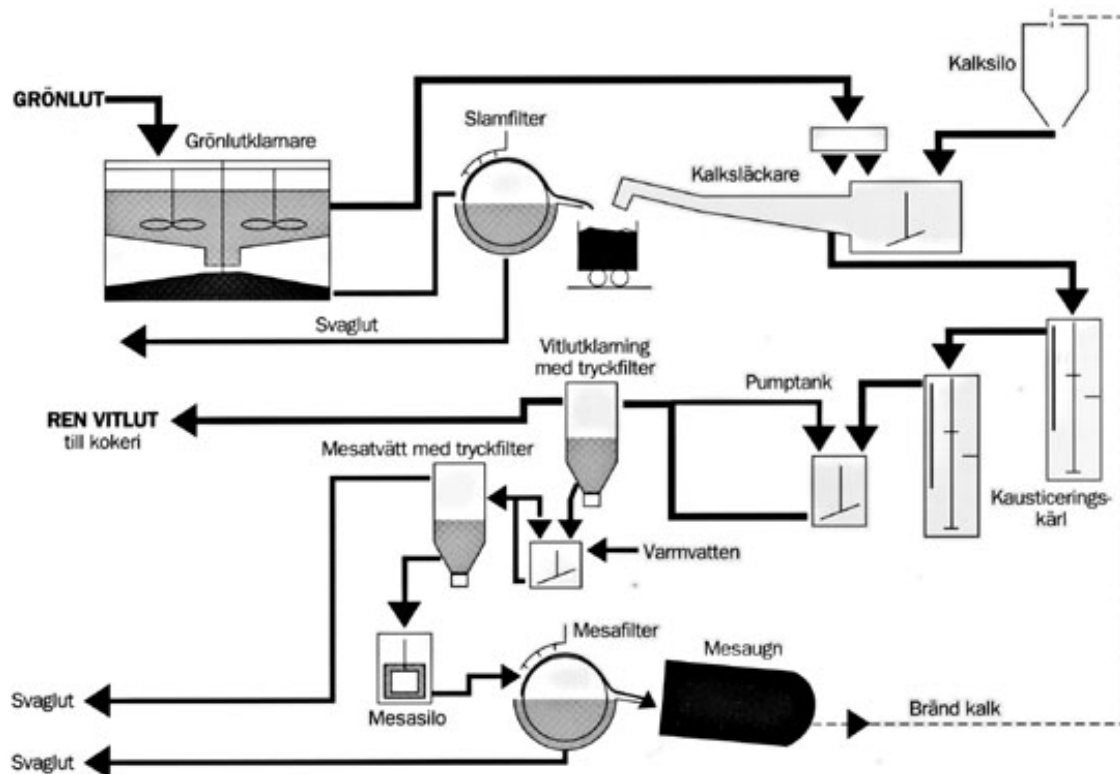
Reduktionsgraden är ett mått på hur stor del av natriumsulfatet som omvandlats till sulfid. Den brukar ligga mellan 90 och 92 procent och är ett mått på sodapannans effektivitet som reaktor. Natriumkarbonat, natriumsulfid och en del ballastkemikalier rinner ut ur ugnens botten i form av smälta via sodapannornas löprännor ned i smältlösaren. Där upplöses smältan i så kallad svaglut från vitlutsberedningen och kallas då grönlut.

Tjocklutens torrhalt är viktig för sodapannans drift. Ju högre torrhalten är ju högre blir temperaturen i ugnen. Det ökar reduktionsgraden och sänker halterna av miljöskadlig svaveldioxid (SO<sub>2</sub>) och svavelväte (H<sub>2</sub>S) i den utgående rökgasen. Hög torrhalt ökar också ångproduktionen. De senare årens utveckling inom industrietekniken mot höga torrhalter kommer därför att ge många fördelar.

Sodapannan är i princip en traditionell ångpanna med tuber i ugnens väggar, botten och tak och med överhettare och konvektionssatsar efter ugnen. Man tillför matarvatten som kokar av värmen från förbränningen. Ångan överhettas till cirka 450°C. Ångtrycket är vanligen cirka 6 MPa. En del av värmen tas om hand i *ekonomisern*. Smältan och rökgaserna är korrosiva. En vattenläcka kan orsaka en explosion om vattnet kommer i kontakt med smälta. Därför brukar tuberna i den nedre delen av ugnen ha ett skyddande skikt av rostfritt stål (compoundtuber).

För att inte stoft som följer med i rökgasen skall gå ut genom skorstenen och damma ned omgivningen, fångas det upp i elektrofilter. Stoftet återförs till sodapannan via blandningstanken. Ibland finns dessutom en rökgasskrubber efter filtren. Där tvättas kvarvarande stoft och även svaveldioxid och illaluktande svavelväte bort med vatten. Samtidigt får man varmvatten från skrubbern.

**Vitlutsberedning.** Grönluten från sodapannan går vidare till vitlutsberedningen som är det sista processteget i återvinningssystemet.



*Vitlutsberedning. Grönluten från sodapannan omvandlas till vitlut som återförs till kokeriet.*

Natriumsulfiden i grönluten är den ena av de verksamma kokkemikalierna, och kan användas som den är, medan natriumkarbonatet måste omvandlas till natriumhydroxid.

Vitlutsberedningen fungerar på följande sätt:

Grönluten från smältlösaren renas först från uppslammade föroreningar. I schemat sker det i en grönlutklarnare som avskiljer slammet genom sedimentering. Under senare år har man också börjat använda tryckfilter (se nedan). En nyligen utvecklad apparat är ett skivfilter med roterande dukklädda filterskivor. Grönlut som finns kvar i det avskilda slammet tvättas ut på ett *slamtvättfilter*. Filtratet (svaglut) pumpas till sodapannans smältlösare.

## Kaustisering

Den renade luten går till kalksläckaren där den blandas med bränd kalk. Vattnet i luten reagerar med (släcker) kalken som blir kalciumhydroxid. Sand och oreagerade kalkbitar skrapas ut och körs till tipp.

Från kalksläckaren går blandningen av lut och kalk till flera seriekopplade kausticeringskärl. Där reagerar natriumkarbonat med kalciumhydroxid och omvandlas till natriumhydroxid och kalciumkarbonat ( $\text{CaCO}_2$ ).

Natriumhydroxid kallas också för kaustiksoda. Därav kaustisering, som reaktionen kallas.

Efter kausticeringen har man fått tillbaka natriumhydroxiden och luten är åter vitlut. Innan den kan användas måste man avskilja den andra reaktionsprodukten, kalciumkarbonat, som kallas mesa. Mesan är en grå substans som ser ut som gytta eller lera. När den avskilt är vitluten färdig att åter användas i kokeriet.

Avskiljningen av mesan ( $\text{CaCO}_3$ ), vitlutklarningen, sker numera vanligen genom tryckfiltrering i tubfilter.

Mesan späds med återfört filtrat (varmvatten) och tvättas från alkali i tryckfilter. Därefter sluttvättas och förtjockas den på ett mesafilter av trumtyp. Vitlutfiltrering, mesatvättning och mesaförtjockning kan också åstadkommas med ett bandfilter. Man avskiljer ibland också hartssåpa som kan vidareförädlas till tallolja eller förbrännas.

## Mesaombränning

Mesan bränns om till kalk i en mesaugn. Det är en roterugn som består av ett långt (världens längsta är 135 m) svagt lutande rör. Mesan matas in i ugnens övre ända. I nedre ändan tillförs bränsle som kan vara olja, gas, tallolja, metanol från kondensatrenning eller biobränsle. Av rotationen matas mesan ned mot brännzonen där temperaturen är cirka 1 200°C. Där sker kalcineringen, som omvandlar kalciumkarbonatet till kalciumoxid (bränd kalk, Sulfitmassaprocessen  $\text{CaO}$ ). Därmed är kretsloppet för kalkåtervinningen fullbordat.

Mesaugnen är en av sulfatfabrikens stora oljeförbrukare. Under senare år har emellertid oljan i flera fall ersatts med bark och skogsavfall som torkas och mals till pulver och bränns. Pulvret kan även förgasas till gengas och sedan brännas.

Mesaugnen har också en uppgift i miljövårdens tjänst genom att den ofta är destruktionsugn för illaluktande gaser från kokeriet och indunstningen. Dessa gaser har ett visst bränslevärde och minskar behovet av andra bränslen i ugnen.

Kalk- och mesadamm som följer med i rökgasen avskiljs i elektrofilter eller skrubbar innan gasen går ut genom skorstenen.

## Energibalans

En modern sulfatmassafabrik är i stort sett självförsörjande på energi. Normalt använd ingen olja för ångproduktion. Den enda oljeförbrukaren är mesaugnen, men där kan man ersätta det mesta av oljan med biobränsle. Olja behöver i stort sett bara användas vid starter efter driftsstopp.

Värmeöverskottet från en sulfatmassafabrik kan användas i ett integrerat pappersbruk. Därigenom ökas möjligheterna att generera mottryckskraft och den totala energieffektiviteten förbättras. Värmeöverskottet kan också användas som fjärrvärme.

## Sulfitmassaprocessen

De första stora fabriker för tillverkning av kemisk massa var sulfitmassafabriker. I dessa ställs stora krav på att råvaran inte får vara så hartsrik. Därför används mest gran, men också lövved.

De flesta sulfitmassafabriker har magnesium som bas vid kokningen, magnesitmassakokning. Förr användes kalcium och sedan natrium. Bara en svensk fabrik använder idag natrium och en kalcium.

I de svenska sulfitmassakokerierna har man satsvis kokare. Kokarutrustningarna är ungefär desamma som i sulfatmassakokerierna. *Sulfitkokaren* var förr av nitad järnplåt som invändigt kläddes med syrafast murning eller blyplåt. Idag används syrafast stål.

Vid kokning av magnesiumsulfitmassa används magnesiumbisulfit ( $\text{Mg}(\text{HSO}_3)_2$ ) som verksam kemikalie i koksyrans och pH-värdet är omkring 4,0. Kokningsförloppet (temperatur, tryck, koktid) är i stort sett desamma som vid sulfatkokning.

Massan tvättas och silas och returluten går till indunstning. Vid sulfitmassakokning blir mer av hartset kvar i massan än vid sulfatmassakokning. En metod för att avlägsna hartset är att massan knådas (frotteras) i en speciell skruvpress, så att det friläggs och kan tvättas ut. Filtratet surgörs sedan varvid hartset faller ut som flockar och avskiljs i en flotationsanläggning. Silar kan också användas för att ta bort hartsrika korta fibrer (nollfibrer).

Processvattnet var förr endast delvis cirkuleringsbart pga. syrainnehåll mm. En del kunde användas som dammbindningsmedel och sprutas ut på vägarna. Av luten kunde man också jäsa alkohol.

Man har beräknat att man år 1939 fick 45-50% utbyte av vedråvaran. En hel del fibrer följde alltså med vattnet - nära 1 500 000 ton torrsubstans utsläpptes till vattendragen årligen. Man var medveten redan då att utsläppen störde fisket genom att vattnets syre förbrukas och att en luftning var nödvändig.

### Kemikalieåtervinning.

Svavelsyrlighet fås genom upplösning av svaveldioxid i vatten. Dagens sulfidfabriker har så effektiv kemikalieåtervinning att det inte är ekonomiskt med egen svaveldioxidproduktion. Förr var detta en nödvändighet. Svaveldioxiden bildades vid förbränning av svavel eller svavelkis i speciella ugnar. Först brändes svavel i plana *förbränningsugnar*. Sedan övergick man till svavelkis som var billigare men sämre. Bl.a. kunde man få med skadliga selen- och arsenikföreningar. Därför övergick man åter ofta till svavelförbränning i roterande ugnar. Gasen kyldes och tvättades i en *tvättapparat* med vattendusch.

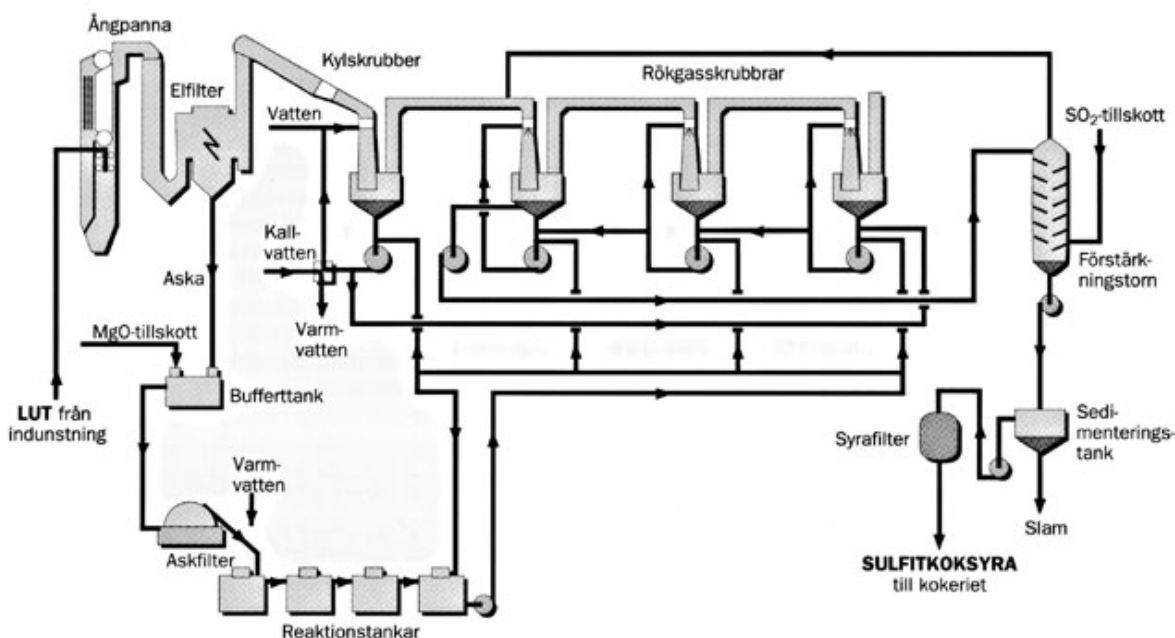
Restprodukten vid kisbränning blev kisbränder eller kisaska som mest innehåller järnoxid, men ofta också tungmetaller.

Syran tillverkades först i syraapparater, sedan i syratorn. Syratornen var först av trä eller armerad betong, sedan av syrafast stål. De kunde vara höga enkla eller ligga i serie med lägre höjd. De fylldes med kalksten. Man fick tornsyra eller råsyra. Den innehöll föroreningar som avskiljes i en sedimenteringstank.

Därifrån till förrådsbehållare eller syrakar, senare en järnbehållare med syrafast murning. Här gasades syran med svaveldioxid från kokare för att öka svavelsyrlighetens koncentration.

Sulfitluten från magnesitmassakokningen går inte att indunsta till högre torrhalt än cirka 60 procent. Vid högre torrhalt ökar lutens viskositet snabbt och den blir trögflytande. Sulfitluten ger också lätt beläggningar på effekternas värmeytor. Dessa är därför vanligen av lamelltyp eftersom plana ytor ger sämre fäste för beläggningar än tuber.

Man brukar också ha en reservapparat som "står på tvättning" och kan kopplas in då någon annan behöver tas ut för rengöring.



### Magnesitprocessens kemikalieåtervinning.

I figuren ovan visas kemikalieåtervinning och koksyraberedning med magnesiumsulfid. Den indunstade luten bränns i en ångpanna. Förbränningsprodukterna är magnesiumoxid (MgO) och svaveldioxid (SO<sub>2</sub>).

Magnesiumoxiden följer med i rökgasen som flygaska. Askkan avskiljs i elektrofilter. Därefter slammas den upp i kalls vatten och tvättas på ett annat filter för att ta bort lösliga ämnen som inte hör till processen.

Filterkakan slammas på nytt upp, nu i varmvatten, och leds genom ett antal seriekopplade reaktionstankar. Där ombildas magnesiumoxiden till magnesiumhydroxid (Mg(OH)<sub>2</sub>).

Hydroxidslammet pumpas in i en serie rök-gasskrubbar. I dessa reagerar svaveldioxiden i rökgasen med magnesiumhydroxiden och det bildas magnesiumbisulfid. Reaktionen går bättre om temperaturen är låg.

Det första skrubbersteget fungerar därför som ett kylsteg. Efter skrubbrarna har man fått ny koksyra som renas på olika sätt innan den går till kokeriet.

Kemikalieförluster i processen ersätts med magnesiumoxid och svaveldioxid.



## MEKANISK MASSA

Mekaniska massor framställs genom att veden sönderdelas och de frilagda fibrerna bearbetas mekaniskt. Tillverkningsprocesserna är enklare än vid kemisk massaframställning, bland annat därför att det inte behövs något återvinningssystem för kemikalier.

Vedutbytet för rena mekaniska massor är nästan 100 procent. En del vedsubstans går dock förlorad i processen som vedharts, lättlösliga kolhydrater med mera. Vissa mekaniska massor framställs vid förhöjd temperatur och tillsats av kemikalier. Då kan utbytet sjunka till omkring 90 procent. Men i båda fallen är vedförbrukningen låg, ungefär hälften, i jämförelse med kemisk massa. Den vanligaste vedråvaran är gran men tall och viss lövved kan också användas. Vid tillverkningen krävs stora mängder elektrisk energi.

Det förekommer inga klorkemikalier vid mekanisk massaframställning och inga utsläpp av illaluktande gaser.

Mekaniska massor används för många fiberprodukter och användningsområdet har ökat med den tekniska utvecklingen. Vissa mekaniska massor har också trängt in på de kemiska massornas område. Men när det krävs styrka och renhet i papperet använder man främst kemisk massa.

Det finns två huvudtyper av mekanisk massa, slipmassa och raffinörmassa. Av båda slagen finns det varianter.

### Slipmassa.

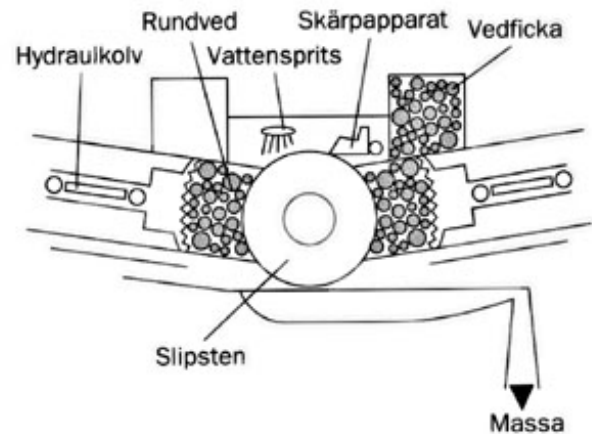
Metoden att tillverka slipmassa uppfanns redan på 1840-talet i Tyskland och var den första process där ved användes som råvara för papperstillverkning. I dag går tillverkning av slipmassa till på följande sätt:

Barkad rundved pressas mot en roterande cylinder av sandsten samtidigt som vatten spritsas på för att kyla och tvätta stenen. Kornen i stentytan tränger in i vedytan som värms upp av friktionen samtidigt som den utsätts för skjuvning. Detta ger bindningsbrott i fiberväggarna och ligninet mellan fibrerna mjuknar. Fibrer och fiberknippen dras ut ur veden och bearbetas vidare mellan sten- och vedytorna.

Magasinslipverk är den vanligaste typen av slipverk. De har två motstående vedmagasin. Veden i magasinerna trycks mot stenen av hydrauliska tryckskor.

Slipstenarnas största diameter, tillika bredd, kan vara 1,8 meter och motoreffekten över 7 MW. Produktionen är då cirka 120 ton massa per slipverk och dygn.

En senare utvecklad typ av slipverk är tryckslipverket där slipningen sker under övertryck i ångatmosfär. Den har en mer komplicerad konstruktion eftersom veden måste slussas in mot övertrycket. Ånga bildas av värmen från slipningen och den kan användas på andra håll i fabriken. Tryckslipmassa är betydligt starkare än vanlig slipmassa.



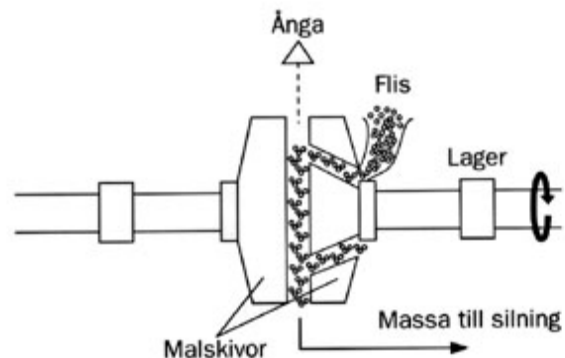
Magasinslipverk för tillverkning av slipmassa.

### Raffinörmassa.

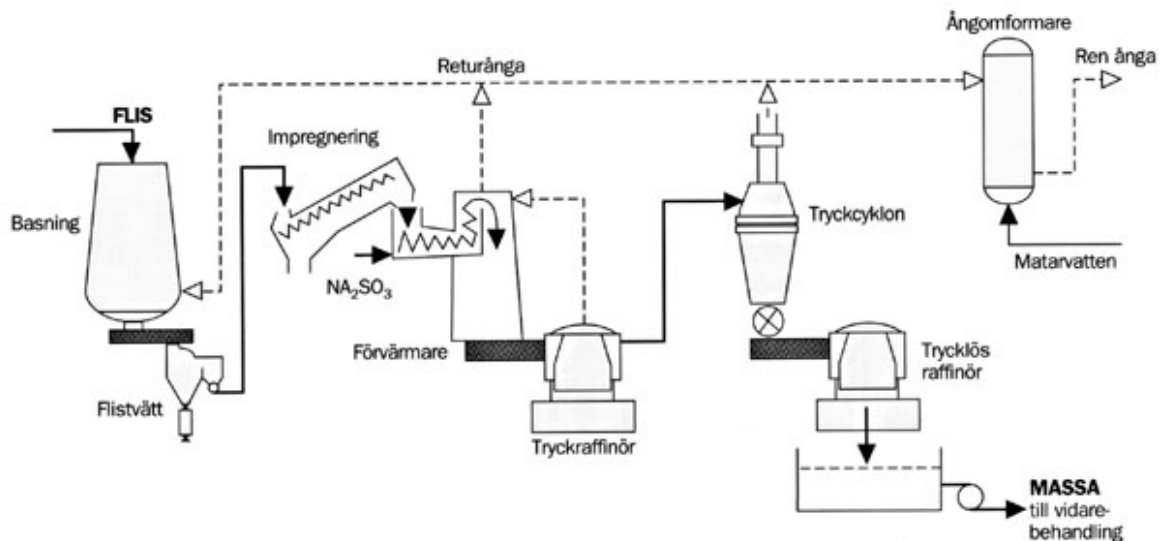
Raffinörmassa är ett samlingsnamn på massor som framställs genom att flis mals sönder i skivraffinörer. De har två malskivor med mönstrade ytor och en inmatningsanordning för flis. Flisen krossas och fibrerna friläggs allteftersom flisen värms och bearbetas på sin väg mot periferin.

Elenergin till motorn omvandlas till värme och stora mängder ånga utvecklas från fukten i flisen. Ångan används internt i systemet för att basa och förvärma flisen. Det blir också ett stort ångöverskott som kan användas i till exempel pappersbruket.

De vanligaste raffinörmassorna är termomekanisk massa, TMP, och kemitermomekanisk massa, CTMP. I båda fallen förvärms flisen med ånga till cirka 120°C. Vid CTMP impregneras också flisen med natriumsulfid ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ).



Skivraffinör för tillverkning av raffinörmassa.



### CTMP-anläggning

Flisen basas i en silo med returånga och tvättas och avvattnas i en skruvavvattare. Natriumsulfit tillförs i flisen när den matas in med en skruv i förvärmkärlet. Raffineringen sker i två steg, det första steget vid cirka 100 kPa tryck och det andra vid atmosfärtryck. Ångan från den första raffinören används för basning och förvärmning av flisen. Ångan är inte helt ren och därför leds överskottet till en ångomformare (värmeväxlare) som producerar ren ånga.

CTMP ger en massa som är starkare och något ljusare än TMP-massa. Kemikaliekostnaden och det lägre utbytet gör den dock litet dyrare.

De största raffinörerna har motorer på 25 MW och en kapacitet på cirka 500 ton massa per dygn.

**Vidarebehandling.** För att avskilja föroreningar och långa styva fibrer silas och virvelrenas massan. De utsorterade fibrerna raffinerar ytterligare för att bli mjukare.

Mekanisk massa från färsk granved har en ljushet på 60-65 procent ISO. Det räcker i allmänhet för tidningspapper. För många andra kvaliteter måste massan blekas. Blekning av mekaniska massor är av naturliga skäl ligninbevarande. Det gör också att papperet lätt gulnar.

Om ljusheten bara behöver höjas något kan man bleka med natriumditionit ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ). För högre ljushet, omkring 80 procent ISO, används väteperoxid och natriumhydroxid.

Mekanisk massa, som levereras som avsalumassa, torkas i flingtorkar. Massan pressas, rivs fint och sugas in i den varma luftströmmen till det första av en serie av torktorn. Fukten avdunstar snabbt och förs bort med utgående våtluft. Den torkade massan pressas till kakor. Dessa staplas till balar och hanteras på samma sätt som arkmassan efter en torkmaskin.

**Användningsområden.** Slipmassa används bland annat för tidningspapper, journalpapper och innerskikten i flerskiktsparkong.

Termomekanisk massa, TMP, är starkare än slipmassa och har bättre egenskaper för användning i tidningspapper. Man har med TMP kunnat slopa eller kraftigt minska mängden dyrare kemisk "armeringsmassa".

Kemitermomekanisk massa, CTMP, ger en stark och mjuk massa för många användningsområden, till exempel vätskekartong, tryck- och skrivpapper, mjukpapper och hygienpapper.

### Energianvändning

Energikällan för de mekaniska massaprocesserna är elenergi. Stora mängder el går åt men nästan all förbrukad energi omvandlas till värme. Det mesta av värmen återfinns i massan och i ånga och varmvatten som processen producerar. En stor del av energin kan tas till vara, till exempel då ånga används för att torka det färdiga papperet.

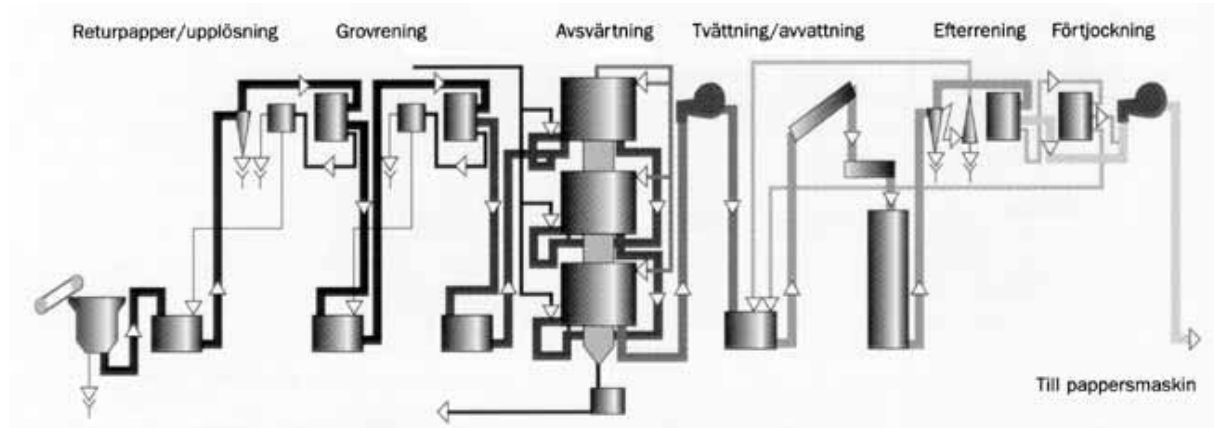
Exempel på elförbrukningar för massa avsedd för tidningspapper är: slipmassa, 1 300 kWh per ton massa och TMP, 1 800 kWh per ton massa.

I en modern TMP-fabrik produceras cirka 2 000 kg ånga per ton massa. I sliperier återfinns den tillförda energin i den utspädda massan och i varmvattnet, men man får ingen ånga. Vid tryckslipning, däremot, kan det bli cirka 500 kg ånga per ton massa.

# RETURPAPPERSMASSA

Returpapper är en utmärkt fiberråvara för vissa produkter. Returfibrerna är dock inte lika starka och spänstiga som nya fibrer. Returpapperet innehåller föroreningar av sådant slag som man slipper då man använder ved: plast, metall, trycksvårta, nätryggar från böcker och mycket annat. Det finns dock välutvecklade system för att avskilja dessa.

Figuren nedan visar en returfiberanläggning med dess olika delprocesser.



Anläggning för rening av returpapper och tillverkning av returpappersmassa.

**Upplösning.** Returpapperet kommer till fabriken som balar. Dessa löses upp i vatten i en trågupplösare med knivförsedd rotor i botten. Massakoncentrationen kan vara 3-6 procent eller 12-15 procent beroende på typen av upplösare.

**Grovrening.** Skrot och grövre föroreningar avskiljs redan i upplösaren och reningen fortsätter i ett försileri med silar och virvelrenare.

**Avsvärtning.** Därefter följer avsvärtning där tryckfärg tas bort från returfibrerna. För att färgen skall lossna lättare tillsätts kemikalier - natriumstearat med flera. Därefter pumpas massan till ett reaktionskar där kemikalierna får tid att påverka bindemedlet i tryckfärgen. Massan späds till cirka 1 procent och pumpas till en flotationsanläggning som består av ett antal celler ovanpå varandra. Massan går in i den översta cellen och strömmar nedåt från cell till cell. I cellerna blåses luft in som finfördelas till blåsor i massan. Luftblåsorna fäster på färgpartiklarna så att de flyter upp till ytan som ett skum. Det krävs att partiklarna inte är för små. Därför tillsätts en lösning av kalciumklorid eller kalciumhydroxid som med stearatet bildar en kalktvål. Denna absorberas av färgpartiklarna och gör att de slår sig samman till större enheter. Skummet leds bort och förtjockas och går sedan till förbränning tillsammans med annat avfall från processen.

**Efterrening/Förtjockning.** Den avsvärtade massan slutrenas i ett eftersileri. Därefter pumpas den till en anläggning för varmdispergering där vaxar, klister och andra plastiska ämnen avlägsnas. Massan avvattnas då i en press och värms upp med ånga till cirka 100°C och bearbetas sedan i en defibrör, så att de oönskade ämnena lossnar från fiberytorna.

Om massan skall blekas sker det med väteperoxid. Ibland tillsätts peroxiden redan vid upplösningen av papperet. Det är dock inte så effektivt eftersom temperaturen där är låg. Vanligare är därför att det finns ett särskilt peroxidbleksteg där temperaturen är cirka 50°C.

Ett problem speciellt för returfibermassan är så kallade stickies. Det är termoplastiska föroreningar som kan bli kvar i den renade returfibren. De kommer från självhäftande kuvert och latex i bstrykningar med mera. Även mycket små mängder stickies i massan kan störa driften i pappersmaskinen. De fastnar i filter och pressviror och orsakar stopp för rengöring. Flotationen vid avsvärtningen har visat sig vara effektiv för att ta bort de flesta av dessa stickies.

10-20 procent av returpappersmängden hamnar i olika rejektflöden och i avloppsvattnet före dess rening. Dessa rejekt avvattnas och pressas till 25-30 procents torrhalt. Avfallet körs på tipp eller bränns upp.

Avloppsvattnet renas biologiskt, dels utan lufttillförsel, dels i luftade dammar. Genom dessa processer reduceras avloppsvattnets halt av biologiskt syreförbrukande substanser med mer än 90 procent.

## Energianvändning

Trots att anläggningarna kan vara ganska olika är det inte stora skillnader i energiförbrukning.

Typiska elförbrukningar är:

- uppslagning och grovrening, 55 kWh/ton
- silning och virvelrening, 85 kWh/ton
- avsvärtning, 45 kWh/ton
- varmdefibrering, 40 kWh/ton.

Dessutom tillkommer förbrukning för bland annat reningsanordningar. Den totala elförbrukningen uppgår till 250-400 kWh/ton.

## BLEKNING

Efter kokningen är sulfatmassan kraftigt brunfärgad och sulfitmassan är grågul. Orsaken är förändringar i det från början ganska färglösa ligninet. Vill man framställa vitt papper måste därför massan blekas.

Det finns två huvudtyper av blekning: ligninbevarande blekning och ligninborttagande blekning.

Ligninborttagande blekning är en fortsättning på kokningens ligninutlösning men med skonsammare kemikalier och lägre temperatur. Processen går ut på att omvandla ligninet till lösliga ämnen som kan tvättat bort.

Vid ligninbevarande blekning används kemikalier som gör ligninet ljusare utan att ta bort det ur massan.

Metoden används framför allt för mekanisk massa där allt ligninet är kvar.

Ligninborttagande blekning är det vanliga vid kemisk massa. Då används kemikalier som avlägsnar ligninet så att cellulosafiberens naturliga vita färg kommer fram.

Ljushet för massa och papper mäts i ISO-ljushet, som anges i procent av absolut vithet. Oblekt barrvedsulfatmassas ljushet är cirka 26 procent ISO. Sulfitmassan är betydligt ljusare, 60-65 procent ISO. Blekta massor förekommer i ljusheter från 70 till över 90 procent ISO.

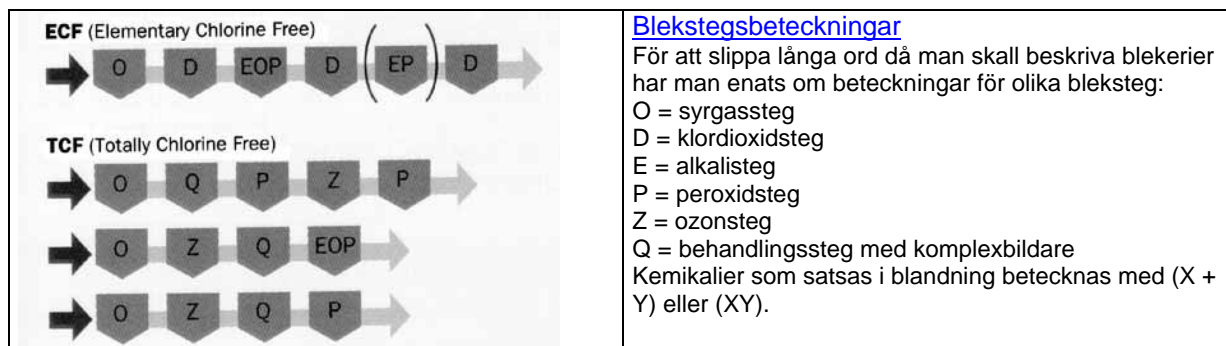
Tidningspapperets ljushet är 65-70 procent ISO. Tryck- och skrivpapper har ljusheter mellan 85 och 90 procent ISO och kräver högblekta massor.

Förr var det vanligt att klorgas användes som blekningskemikalie för kemisk massa, eftersom det är ett effektivt och billigt blekmedel. Efter hand upptäcktes att blekeriernas utsläpp av klorerade organiska substanser (AOX, adsorberbara organiska halogener) kunde orsaka skador på organismerna i vattendrag, sjöar och hav.

Egentligen anger termen mängden klor (Cl) som är bundet till organiska substans.

Utsläpp av syreförbrukande substanser mäts som COD (kemisk syreförbrukning) eller BOD<sub>7</sub> (biokemisk syreförbrukning mätt under sju dagar).

Forskning och utveckling av blekning under de senaste tjugo åren till stor del har inriktats på att minska användningen av klorgas. Ny teknik (se nedan) har utvecklats, som lett till att klorgas inte längre används vid svenska massabruk. Steg i denna utveckling är för sulfatmassa modifierad kokning, syrgasdelignifiering, blekning med klordioxid i stället för klorgas, peroxidblekning och blekning med ozon. Figuren visar exempel på nya bleksekvenser.



En förutsättning för att man skall kunna bleka på ett mera miljöanpassat sätt är att den oblekta massans lignininnehåll är lågt, det vill säga att massan har ett lågt kappatal. Det första steget i processen mot det är modifierad kokning (förlängd delignifiering), som har beskrivits tidigare. Där har man för barrvedsmassa minskat kappatalet från nivån 32 till nivån 20 eller ännu lägre.

**Syrgasblekning** (syrgasdelignifiering) är i dag det mest effektiva steget där hela 40-50 procent av det från koket återstående ligninet tas bort. Kappatalet efter syrgasblekning ligger i dag för barrvedsmassa på nivån 10-12.

Syrgassteget placeras i anslutning till tvätteriet och sileriet. Syrgas och natriumhydroxid (eller oxiderat vitlut) blandas in i 10-15 procent massa som leds in i botten på syrgasreaktorn efter uppvärmning med ånga till cirka 95°C. I den alkaliska miljön oxiderar syrgasen ligninet så att det blir vattenlösligt. Man driver delignifieringen så att kappatalet blir nästan halverat. Om delignifieringen drivs för långt förlorar massan snabbt i styrka.

Efter reaktorn tvättas massan noga. Lignin som inte tvättats ut före blekeriet ökar utsläppen av COD och AOX från blekeriet.

I dag har alla svenska sulfatfabriker som tillverkar blekt massa syrgasblekning. Utöver miljöfördelarna ger syrgasblekningen också lägre kostnader i form av minskat behov av kemikalier vid den fortsatta blekningen. Klordioxid. Blekning med klordioxid sker vid pH 2-3 och cirka 50°C.

**Klordinoxiden** oxiderar ligninet, som till större delen omvandlas till vattenlösliga ämnen som tvättas ut.

Figuren nedan visar ett i dag vanligt blekeri med syrgasblekning och enbart klordioxid i första steget (D). Sådan blekning utan klorgas kallas ECF (Elementary Chlorine Free).



Blekeri utan klorgas. Blekning utan klorgas kallas ECF (Elementary Chlorine Free).

**Förstärkt alkalisteg.** I alkalistegen, som också kallas extraktionssteg, löses (extraheras) ligninrester som inte har blivit vattenlösliga ut med natriumhydroxid. Vanligen förstärks effekten genom att syrgas och/eller väteperoxid tillsätts. Bleksteget har då beteckningar som (E0), (EP) eller (EOP). Det förstärkta alkalisteget löser ut mer lignin än ett vanligt alkalisteg. Det tar då över en del av blekarbetet i första bleksteget vilket minskar utsläppet av AOX.

**Peroxidblekning.** I början av 1990-talet introducerades en blekningsmetod som kallas Lignoxprocessen. Metoden innebär en förbehandling av syrgasblekt massa med komplexbildare följt av ett extraktionssteg med alkali och väteperoxid. Komplexbildaren, EDTA (etylendiamintetraättiksyra), har till uppgift att binda metalljoner som kommer från veden och som annars skulle förstöra väteperoxiden. 40-50 procent av ligninet löses ut. Denna förblekning ger en massa med 70-75 procent ISO i ljushet utan något AOX-utsläpp. För att nå högre ljushet kan man fortsätta med en D(EP)D-sekvens. Då blir utsläppet lägre än 0,5 kg AOX/ton massa. Peroxid kan också ersätta klordioxid som slutblekningssteg. Även i detta fall används komplexbildare. Sådan slutblekning med peroxid är vanlig vid blekning av sulfitmassa. När det krävs riktigt hög ljushet, 90 procent ISO och högre, är det dock än så länge nödvändigt att slutbleka med klordioxid.

**Ozonblekning.** Den senaste utvecklingen är att bleka med ozon ( $O_3$ ). Det är en form av syre med stor oxidationsförmåga. De första anläggningarna startades 1992.

Efter syrgasdelignifiering sätts ozonsteget in som förblekning och ger en kappatalsreduktion på cirka fem enheter. De utlösta substanserna kan återföras till lutsystemet. Figuren nedan visar en fiberlinje med ozon och slutblekning med peroxid. Den är alltså helt utan klor kemikalier. Sådan blekning kallas TCF (Totally Chlorine Free).

Sulfitmassa är mer lättblekt än sulfatmassa, vilket gjort övergången till klorfria blekkemikalier lättare. Sulfitmassa bleks i dag med väteperoxid, ozon och vid några bruk med klordioxid.

### Blekkemicalierna

Massafabriker köper en del av sina blekkemikalier, andra tillverkas på plats.

Natriumhydroxid och väteperoxid levereras lösta i vatten i tankvagnar.

Klordioxid är en giftig och explosiv gas. Den kan inte transporteras utan framställs på plats av natriumklorat, svaveldioxid och svavelsyra. Man får också en sur restlösning som innehåller natriumsulfat. Den går till sulfatfabrikens återvinningssystem där den ersätter kemikalieförluster och används för omvandling av sulfatsåpa till tallolja.

Ozon tillverkas också på plats. Det framställs av syrgas i en ozongenerator, där ozonmolekylerna bildas med hjälp av elektriska urladdningar.

# PAPPERSTILLVERKNING

Papper består av cellulosa-fibrer som bundits till varandra i ett nätverk så att de bildar ett ark. Många papperstyper innehåller också fyllnadsämnen av olika slag, till exempel lera (kaolin) och krita. Genom att välja råvaror och förbehandling av fibrerna på olika sätt kan man få papper med vitt skilda egenskaper.

I stora drag går papperstillverkning till så här:

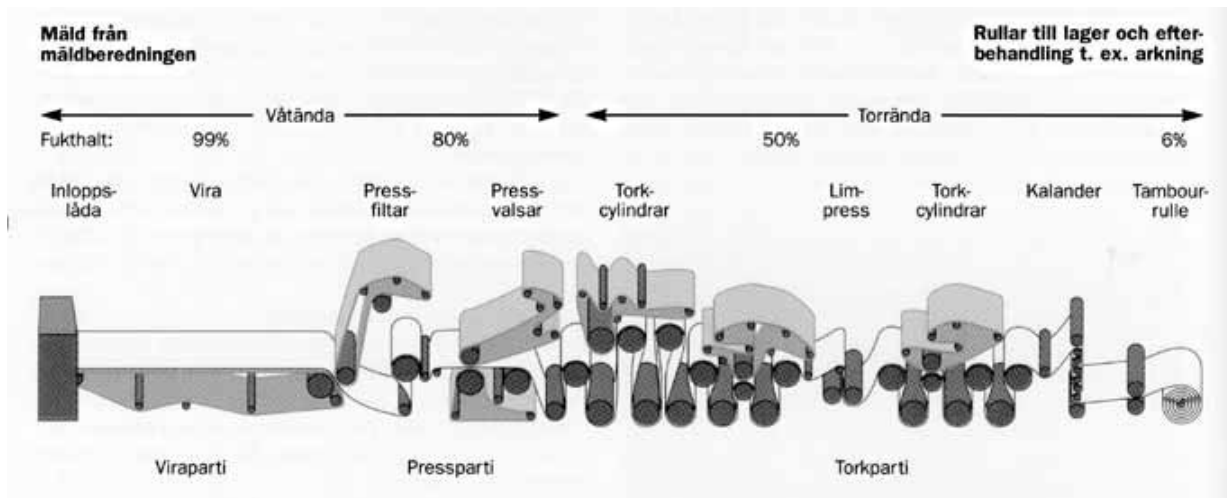
Fibrerna, som finns i pappersmassan, blandas med vatten och förbehandlas - mals - på lämpligt sätt. Denna del i processen kallas **mälberedningen**.

Mäliden späds med ännu mer vatten (bakvatten) från pappersmaskinen och sprutas i en utloppslådan ut på en ändlös, genomsläpplig plastduk så att den fördelas jämnt. Plastduken kallas vira. Förr var denna av filt.

På viran rinner och sugas vattnet av och pappersarket börjar bildas. Denna del av processen kallas **avvattning**.

Från viran förs arket in mellan roterande valsar, där ytterligare vatten **pressas** ut.

Det vatten som återstår torkas sedan bort över en eller flera ångvärmda cylindrar.



*Pappersmaskin.*

Processen kan alltså sammanfattas i de fyra stegen **mälberedning**, **avvattning**, **pressning** och **torkning**.

Därefter följer ett femte steg, den så kallade **färdiggörningen**, som kan omfatta glättning, bestrykning, rullskärning, arkning, emballering med mera.

## Mälberedning.

I Sverige har de flesta pappersbruk egna massafabriker och massan pumpas då som pumpmassa direkt från massabruket till pappersfabriken (integrerade bruk).

De pappersbruk som inte har egna massafabriker köper massan i balar som löses upp i vatten i en massaupplösare (ointegrerade bruk).

För att cellulosa-fibern skall kunna ge ett starkt papper måste den behandlas så att den blir mer vattenuppsugande och lättare kan bindas vid en annan fiber. Det yttersta skiktet på fibrerna luckras upp genom att mäliden (massasuspensionen) mals. Matningen avpassas efter massatyp och efter de egenskaper papperet skall ha.

Mekanisk massa och returfibermassa mals normalt inte eftersom de redan har tillräckligt goda arkbildande egenskaper. Ofta blandar man olika typer av pappersmassa för att papperet skall få de önskade egenskaperna. Blandningen sker i samband med mälberedningen. Förr skedde bearbetningen av massan i holländare för att defibrera och gelatinera fibern. Idag används horisontella jordankvarnar där processen är kontinuerlig.

I mäliden tillsätts även kemikalier för att påverka dess pH-värde. Fyllnadsämnen som kaolin och krita tillsätts för att påverka papperets vithet och opacitet (ogenomskinlighet). Många typer av finpapper innehåller upp till 30 procent fyllnadsmedel.

För att minska papperets vattenupptagning blandas limämnena in i mäliden. Alun tillsätts för att hjälpa limpartiklarna att fästa på fibrerna. Stärkelse sätts till för att öka papperets styrka och styvhet. Andra typer av tillsatser är färg, skumdämpare samt retentionsmedel (som ökar finfraktionens och fyllmedlets förmåga att stanna på viran). Förr gjordes detta i massakar eller blandningsholländare med omrörare.

Mäliden renas från sand, metallpartiklar med mera. Förr utnyttjade man tyngdkraften med sandbord. I använder man virvelrenare (erkensator). I plansilar eller roterande silar avskiljes stora partiklar. Innan den sprutas ut på pappersmaskinens vira späds mäliden med vatten (bakvatten) till mycket låg koncentration. Kontrolleras med massakoncentrationsreguleringsapparater (trimbeyregulator, Sällregulator, Arcas regulator, Voiths konsistensregulator).

**Korta cirkulationen.** Mälden som sprutar ut på viran har låg koncentration för att inte fibrerna skall bilda flockar som ger ett ojämnt papper. Stora mängder vatten dräneras på viran av suglådor och viravingar (foils). Vattnet och de fibrer som följer med genom viran samlas i ett stort kar, som kallas viragropen. Med korta cirkulationen menar man den flödeskrets som bildas från viragropen genom blandningspumpen och tillbaka till inloppslådan. Pumpen kallas blandningspump eftersom det är där som ny mald förs in i systemet.

Till korta cirkulationen kommer mald med 3 procents koncentration, medan papperet lämnar viran med 20 procents koncentration. Det blir alltså ett överskott av bakvatten i den korta cirkulationen.

**Långa cirkulationen.** Bakvatten från korta cirkulationen pumpas till långa cirkulationen och används som spädningssvatten i mälderiet och massaupplösningen. Om vattnet rensas kan det användas till spritsar för att hålla viror och filtrar rena.

**Ökad slutning.** Större delen av bakvattnet återanvänds i processen och fiber tas till vara. En viss mängd färskvatten måste tas in för att inte salter med mera skall anrikas i bakvattnet och ge problem med papperskvaliteten. I moderna bruk ligger förbrukningen av färskvatten på 10-50 kubikmeter/ton papper. Den hårdare slutningen av systemen innebär högre bakvattentemperatur och bättre värme- och fibrekonomi. Samtidigt kan slutningen ge upphov till ökande problem med mikroorganismer som kan bilda slem och anrikning av kemikalier som stör processen.

**Avvattnig.** I pappersmaskinen avvattnas, pressas och torkas mälden till ett färdigt pappersark. Pappersmaskiner ser olika ut beroende på papperstyp. Men alla pappersmaskiner består av huvuddelarna våtparti, pressparti och torkparti.

I våtpartiet avvattnas mälden på en eller flera virar. Den mycket utspädda (0,2-1 procent) mälden strömmar ut på viran från en inloppslåda och avvattnas. Mälden lämnar viran som en pappersbana med torrhalten cirka 20 procent.

Beroende på hur våtpartiet är utformat kallas pappersmaskinerna.

- planviramaskiner, där avvattning och arkformning sker på en ändlös viraduk som är uppspänd mellan ett antal valsar
- dubbelviramaskiner, där arket bildas mellan två viror och avvattningen sker åt båda hållen
- hybridmaskiner, där man har både planvira och dubbelvira.

Massa tillföres i utloppslådan jämnt i pappersmaskinen på bröstvalsen. Sista valsen guskvalsen. Däremellan registervalsar. Suglådor suger ut vatten med vakuüm. I gusken pressas vatten ut. Övre är filtklädd och kallas manchon.

**Pressning.** I presspartiet fortsätter avvattningen av pappersbanan genom att den pressas mellan pressvalsar.

Vanligen består ett pressparti av tre till fyra sådana pressnyp, i vilka papperets torrhalt ökar steg för steg. Torrhalten efter det sista pressnypet är 30-50 procent. Pressarna är oftast försedda med pressfiltar som fördelar pressstrycket mot pappersbanan och suger upp och för bort vatten.

Det finns flera olika typer av pressar. Sugpressen består av en perforerad sugvals och solid matvals med mantel av granit eller gummi. I sugvalsen finns en suglåda med en vakuumpump.

Räffelpressen består av en räfflad, solid vals och en matvals med slät yta. I nypet pressas vatten från filten ned i räfflorna och slungas ut av centrifugalkraften.

I en filtvirapress förs en grov plastvira fram mellan filten och den undre valsen. Plastviran hjälper till att föra bort det utpressade vattnet ur pressnypet.

Det vatten som rinner, suges eller pressas bort före torkningen av pappersbanan tas om hand i den korta och långa cirkulationen. I den långa cirkulationen finns också ett system för att ta hand om utskott vid banbrott.

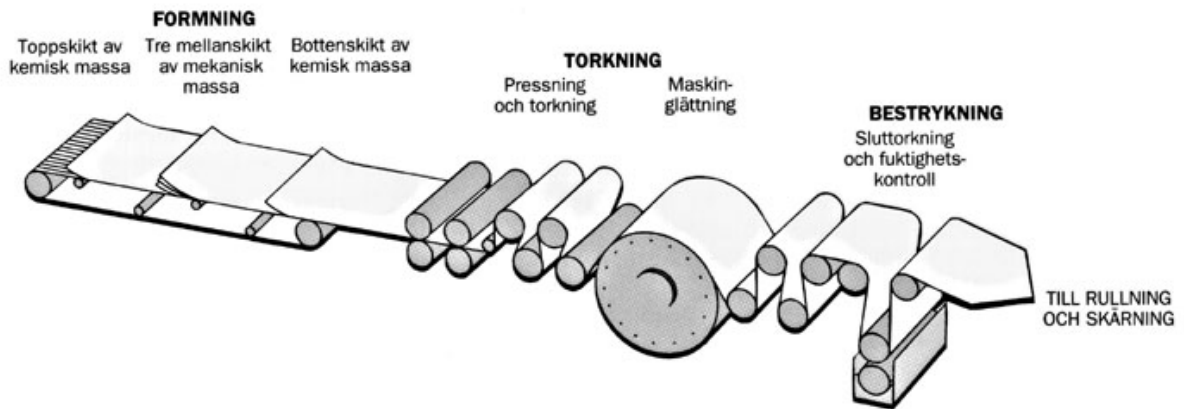
**Torkning.** I torkpartiet torkas pappersbanan till cirka 95 procents torrhalt, genom att torkviror pressar pappersbanan mot uppvärmda torkcylindrar.

Torkpartiet är alltid inneslutet i en så kallad torkkåpa. Det är viktigt att hålla god ventilation i torkkåpan så att fuktig luft transporteras bort. Den fuktiga luften värmeväxlas och värmeinnehållet tas till vara. Till exempel kan man använda värmen för att göra varmvatten eller för att värma lokalerna.

Man indelar ofta pappersmaskiner efter hur torkpartiet är utformat:

- Mångcylindermaskiner har ett stort antal ångvärmda torkcylindrar med diameter 1,5-1,8 meter (tidningspapper, finpapper, kraftpapper med mera).
- Yankeemaskiner har en stor torkcylinder med diameter 4-6 meter (mjukpapper, ensidigt glättat papper med mera).
- Kombinerade maskiner med yankeecylinder och ett antal vanliga torkcylindrar.

Yankeecylindern skall förutom att torka pappersbanan ge papperet en jämn och glansig yta. Det sker genom att pappersbanan pressas mot den blankpolerade yankeecylindern. Banan fäster vid cylindern tills den torkat tillräckligt för att lossna. När man tillverkar mjukpapper skrapar man i stället av papperet från yankeecylindern med en schaber så att det kräppas.



Papp och kartong består av flera skikt med olika fibersammansättning. Kartongmaskinerna har en lång planvira för bottenskiktet och över den inloppslådor och kortare planviror för de andra skikten. Pressparti och torkparti (mångcylindertork) ser likadana ut som pappersmaskinernas. Figuren visar principen för en maskin som tillverkar treskiktsparkong, som bland annat används till livsmedelsförpackningar.

**Papperets färdiggörning.** Efter torkpartiet finns ofta en maskinglätt i form av en stapel av stålvalsar. Då papperet passerar genom nypen mellan valsarna jämnas pappersytan ut. Papperet kan ytbehandlas på olika sätt. För att minska damning från pappersytan i tryckpressarna ytlimmas papperet. Det görs med stärkelse i limpressar som placeras i torkpartiet eller i en separat anläggning. När bättre ljushet och tryckbarhet krävs bstryks papperet med en smet av kaolin, krita eller titandioxid. Bstrykningen kan liksom ytlimning ske i maskinen eller i en separat anläggning. När en pappersrulle blivit färdig bryter man pappersbanan och för över den till en ny vals. En sådan upprullningsvals kallas för en tambour. Rullen hissas med travers till en rullmaskin för vidare behandling. Innan papperet levereras delas tambourullen i mindre rullar och förpackas. En del papper levereras som ark av varierande format efter skärning i arkmaskiner.