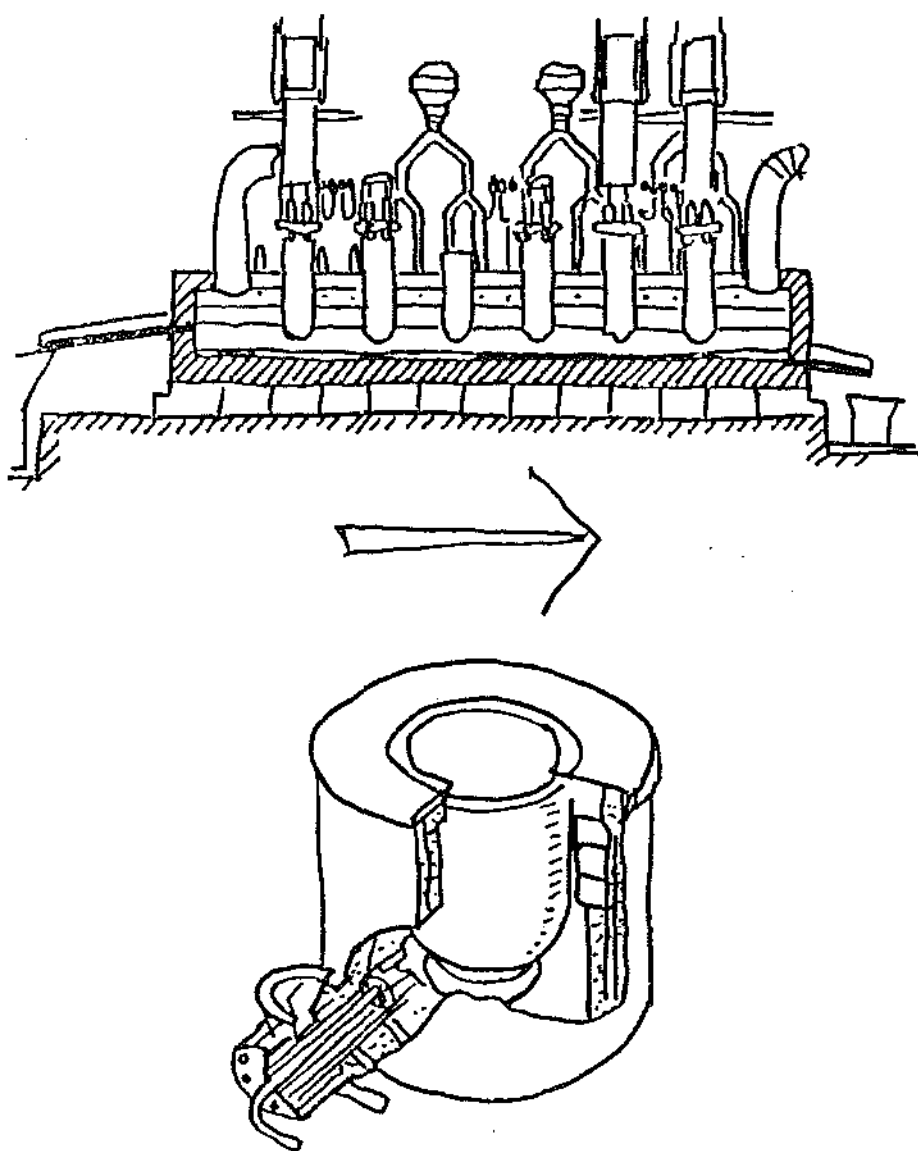
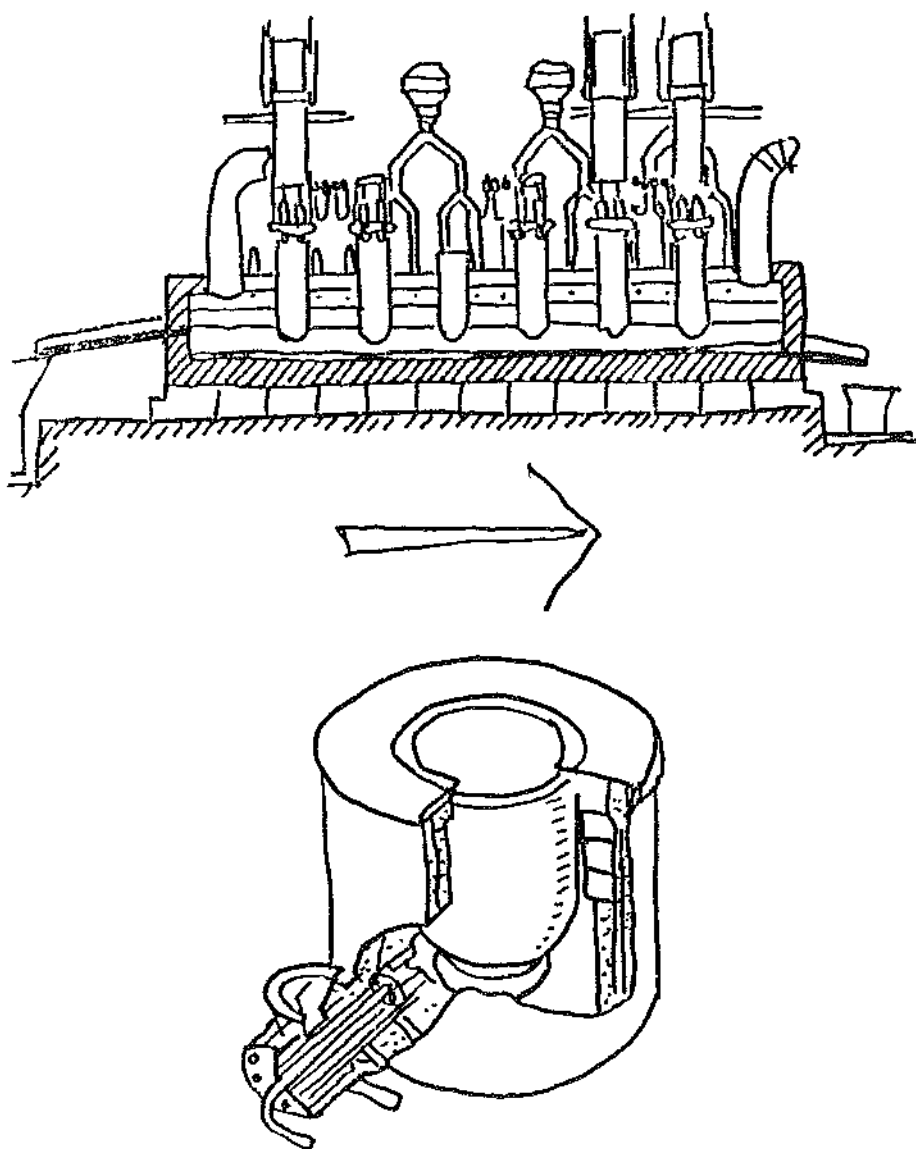


Elersättning med naturgas i industriella processer



ELERSÄTTNING MED NATURGAS I INDUSTRIELLA PROCESSER



Karin Byman
AF 89-02-08

Elersättning med naturgas i industriella processer

SAMMANFATTNING

Rapporten är en första etapp i ett större arbete för att undersöka möjligheterna för elersättning med naturgas i industriella processer. En kartläggning av de processer som används i industrin idag har genomförts. De processer som har teknisk (och på sikt ekonomisk) möjlighet för konvertering till naturgas presenteras i rapporten. Det är endast de processer där elenergi kan ersättas med naturgas i själva processen som är av intresse. Att ersätta inköpt elenergi genom att, med naturgas som bränsle, framställa el i egna anläggningar tas ej upp i denna studie.

En genomgång görs av olika industrier per bransch. Varje branschgenomgång avslutas med en potentialuppskattning för elersättning med naturgas inom branschen. Potentialuppskattningen är mycket schablonmässig. Den visar den teknisk-teoretiska maxpotential som är möjlig på längre sikt, då dagens utrustning är uttjänt och ändå måste bytas. Det är huvudsakligen frågan om olika värmningsprocesser som kan konverteras.

Elpannor inkluderas ej i elersättningspotentialen. Orsaken är att deras användning varierar så starkt år från år, så att någon generell uppskattning är svår att göra.

I nedanstående tabell redovisas hur stor naturgaspotentialen är i förhållande till övrig energi- och elanvändning.

SNI	Bransch	Tot.energi- användning GWh	El.energi användning GWh	El.energi användning Naturgas ³⁾ GWh	Processel GWh ⁴⁾	Uppskattad Naturgas- potential GWh
31	Livsmedel	7045	2146	1867	205	190
32	Textil	1270	411	386	25	25
33	Trävaru	3478	1784	1287	1000 ¹⁾	-
34	Massa o. Papper	30807 ²⁾	17410	14100	4100	100
35	Kemisk	11464	6819	6200	3000	250
36	Jord o.sten	6770	1210	920	295	180
3720	Icke järnmetall	3703	2369	1660	1310	130
38	Verkstad	13471	6605	5614	2400	330

1) Processel inkluderar torkning, sågning, och vidareförädling.

2) Totalenergisiffran inkluderar ej egna bränslen t ex flis och lutar.

3) Elanvändning inom naturgasplanerade regioner i landet.

4) Motordrift inkluderas då den direkt berör processen. Pumpar och fläktar ingår ej.

Kommentarer till potentialbedömningarna

Livsmedelsindustrin

Inom livsmedelsindustrin är det främst i olika typer av värmningsprocesser som naturgasen kan ersätta elenergin. Värmningsprocesserna står totalt för cirka 10 % av den totala elanvändningen. T ex bageriernas ugnar och jäsbanor (i dagsläget använder svenska knäckebrödsfabrikanter elenergi i sina ugnar). Inom övrig livsmedelsindustri finns även vissa elersättningsmöjligheter med naturgas för stekbord och fritöser. De större anläggningarna, det gäller såväl färdigställning av mat som bagerier är dock bränseeldade idag.

Textilindustri

Det är endast cirka 7 % av textilindustrins elanvändning som maximalt går att ersätta med naturgas. Det är främst elpannor för framställning av processånga och hetvatten. Processångan kan i vissa fall ersättas med direkteldning med naturgas. Det finns även elektriska IR-torkar som kan ersättas med naturgaseldade infraröda strålare.

Trävaruindustri

Träindustrins elanvändning går nästan uteslutande till fläktar, transportband och övriga motorer. Den bedöms därför inte ha någon naturgaspotential i elersättande syfte.

Massa- och pappersindustri

Massa- och pappersindustrins processrelaterade elanvändning har i princip ingen naturgaspotential. Det rör sig främst om motordrifter för malning, raffinering, pumpar etc. Den potential som är angiven härrör från de elektriska IR-torkar som används på vissa bruk. Dessa kan ersättas med naturgaseldade IR-torkar.

Elersättning med naturgas i industriella processer

SAMMANFATTNING

Rapporten är en första etapp i ett större arbete för att undersöka möjligheterna för elersättning med naturgas i industriella processer. En kartläggning av de processer som används i industrin idag har genomförts. De processer som har teknisk (och på sikt ekonomisk) möjlighet för konvertering till naturgas presenteras i rapporten. Det är endast de processer där elenergi kan ersättas med naturgas i själva processen som är av intresse. Att ersätta inköpt elenergi genom att, med naturgas som bränsle, framställa el i egna anläggningar tas ej upp i denna studie.

En genomgång görs av olika industrier per bransch. Varje branschgenomgång avslutas med en potentialuppskattning för elersättning med naturgas inom branschen. Potentialuppskattningen är mycket schablonmässig. Den visar den teknisk-teoretiska maxpotential som är möjlig på längre sikt, då dagens utrustning är uttjänt och ändå måste bytas. Det är huvudsakligen frågan om olika värmningsprocesser som kan konverteras.

Elpannor inkluderas ej i elersättningspotentialen. Orsaken är att deras användning varierar så starkt år från år, så att någon generell uppskattning är svår att göra.

I nedanstående tabell redovisas hur stor naturgaspotentialen är i förhållande till övrig energi- och elanvändning.

SNI	Bransch	Tot.energi- användning GWh	El.energi användning GWh	El.energi användning Naturgas ³⁾ GWh	Processel GWh ⁴⁾	Uppskattad Naturgas- potential GWh
31	Livsmedel	7045	2146	1867	205	190
32	Textil	1270	411	386	25	25
33	Trävaru	3478	1784	1287	1000 ¹⁾	-
34	Massa o. Papper	30807 ²⁾	17410	14100	4100	100
35	Kemisk	11464	6819	6200	3000	250
36	Jord o.sten	6770	1210	920	295	180
3720	Icke järnmetall	3703	2369	1660	1310	130
38	Verkstad	13471	6605	5614	2400	330

1) Processel inkluderar torkning, sågning, och vidareförädling.

2) Totalenergisiffran inkluderar ej egna bränslen t ex flis och lutar.

3) Elanvändning inom naturgasplanerade regioner i landet.

4) Motordrift inkluderas då den direkt berör processen. Pumpar och fläktar ingår ej.

Kommentarer till potentialbedömningarna

Livsmedelsindustrin

Inom livsmedelsindustrin är det främst i olika typer av värmningsprocesser som naturgasen kan ersätta elenergin. Värmningsprocesserna står totalt för cirka 10 % av den totala elanvändningen. T ex bageriernas ugnar och jäsbanor (i dagsläget använder svenska knäckebrödsfabrikanter elenergi i sina ugnar). Inom övrig livsmedelsindustri finns även vissa elersättningsmöjligheter med naturgas för stekbord och fritöser. De större anläggningarna, det gäller såväl färdigställning av mat som bagerier är dock bränsleeldade idag.

Textilindustri

Det är endast cirka 7 % av textilindustrins elanvändning som maximalt går att ersätta med naturgas. Det är främst elpannor för framställning av processånga och hetvatten. Processångan kan i vissa fall ersättas med direkteldning med naturgas. Det finns även elektriska IR-torkar som kan ersättas med naturgaseldade infraröda strålare.

Trävaruindustri

Träindustrins elanvändning går nästan uteslutande till fläktar, transportband och övriga motorer. Den bedöms därför inte ha någon naturgaspotential i elersättande syfte.

Massa- och pappersindustri

Massa- och pappersindustrins processrelaterade elanvändning har i princip ingen naturgaspotential. Det rör sig främst om motordrifter för malning, raffinering, pumpar etc. Den potential som är angiven härrör från de elektriska IR-torkar som används på vissa bruk. Dessa kan ersättas med naturgaseldade IR-torkar.

Kemisk industri

Kemiska industrins, framför allt den kemiska basindustrins elanvändning utgörs främst av elektrolysisprocesser och elsmältning, vilka ej kan ersättas med några andra energislag. Övrig el går till fläktar och pumpar. Trots branschens totalt relativt stora elanvändning är det uppskattningsvis inte mer än maximalt cirka 4 % som kan ersättas med naturgas.

Jord- och stenvaruindustrin

Inom glasindustrin används el i viss mån i smältugnar och avvalningsugnar. Olje- eller gasoleldning är egentligen vanligare uppvärmningsformer. Det är därför också tekniskt möjligt att använda naturgas. Inom porslins- och lergodsindustrin finns vissa elugnar för att bränna godset. Dessa kan tekniskt sett ersättas med naturgas.

Övrig industri, tegel-, cement- och kalkindustri använder huvudsakligen sin elenergi till motordrifter av olika slag.

Icke järnmetallverk

Även inom icke järnmetallindustrin är det värmeprocesser av olika slag som har en teknisk möjlighet att konvertera till naturgas. Smältprocesserna kan teoretiskt sett använda naturgas men är i dagsläget inte tekniskt eller ekonomiskt motiverat.

Verkstadsindustri

Verkstadsindustrin är en mycket heterogen bransch, och det är därför svårt att ge en generell bild av elersättningspotentialen. Några värmebehandlingsprocesser som kan använda naturgas identifieras dock i rapporten.

Den totala potentialuppskattningen för naturgas i branschen härrör dock från tidigare mer omfattande ÅF-utredningar.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

		SID
1	INLEDNING	1
2	BAKGRUND	2
3	LIVSMEDELSINDUSTRI SNI 31	3
3.1	Slakteri- och charkuteriindustri	5
3.1.1	Elprocesser	5
3.2	Mejeriindustri	7
3.2.1	Processbeskrivning, indunstning och torkning	7
3.2.2	Naturgasalternativ	10
3.2.3	Processånga	10
3.2.4	Hetvatten	11
3.3	Olje- och fettindustri	12
3.3.1	Elprocess	12
3.4	Bageri- och kvarnindustri	13
3.4.1	Bageriindustri - elprocesser	13
3.4.2	Kvarnindustri - elprocesser	15
3.5	Potentialuppskattning	16
4	TEXTILINDUSTRI SNI 32	17
4.1	Textil-, beklädnads-, läder- och lädervaru- industri	17
4.1.1	Elprocesser	18
4.1.2	Torkning	18
4.1.3	Upphettnings av bad	20
4.2	Potentialuppskattning	21
5	TRÄINDUSTRI SNI 33	22
5.1	Trävaruindustri	22
5.1.1	Elprocesser	22
5.2	Potentialuppskattning	23
6	MASSA- OCH PAPPERSINDUSTRI SNI 34	24
6.1	Massa- och pappers-, pappersvaru- och grafisk industri	24
6.1.1	Elprocesser	25
6.1.2	Naturgasalternativ	25
6.1.3	Torkning av papper	25
6.2	Potentialuppskattning	27

7	KEMISK INDUSTRI SNI 35	28
7.1	Kemisk basindustri	29
7.1.1	Elektrolys	29
7.1.2	Värmning och värmebehandling	29
7.1.3	Torkning	30
7.1.4	Pumpar, fläktar och motorer	30
7.2	Annan kemisk industri	31
7.2.1	Indunstning	31
7.2.2	Destillation	32
7.3	Plastvaruindustri	34
7.3.1	Formsprutning	35
7.3.2	Naturgasersättning	36
7.4	Potentialuppskattning	37
8	JORD- OCH STENINDUSTRI SNI 36	38
8.1	Porslins- och lergodsindustri	39
8.1.1	Elprocesser	39
8.2	Glas- och glasvaruindustri	40
8.2.1	Elprocesser	40
8.2.2	Processbeskrivning av ugnar	40
8.2.3	Naturgasalternativ	41
8.3	Tegelindustri	43
8.4	Cement- och kalkindustrin	44
8.5	Potentialuppskattning	45
9	ICKE JÄRNMETALLVERK SNI 3720	46
9.1	Icke järnmetallverk	46
9.1.1	Elprocesser	47
9.1.2	Kopparframställning	47
9.1.3	Blyframställning	48
9.1.4	Aluminiumframställning	49
9.2	Potentialuppskattning	51
10	VERKSTADSINDUSTRI SNI 38	52
10.1	Verkstadsindustri	52
10.1.1	Elanvändning	52
10.1.2	Induktionsvärmning	53
10.1.3	Skyddsgasprocesser	55
10.1.4	Övriga värmnings-/värmebehandlingsprocesser	59
10.1.5	Torkugnar	59
10.1.6	Saltbadsugnar	61
10.2	Potentialuppskattning	64

Bilaga 1: En sammanställning av de elprocesser med naturgasalternativ som finns presenterade i rapporten.

Bilaga 2: Utdrag ur olika leverantörers produktbroschyrer.

Bilaga 3: Schablonuppskattning över hur stor del av elenergiförbrukningen i Sverige som använts inom naturgasplanerat område.

Bilaga 4: Litteraturreferenser.

1 INLEDNING

På uppdrag av SwedeGas har följande arbete utförts på ÅF-Energikonsult under hösten 1988.

Denna rapport är ett inledande arbete i ett större projekt för elersättning med naturgas i industriella processer.

Syftet med detta arbete har varit att göra en övergripande kartläggning över de elprocesser i industrin idag som har möjlighet att konvertera till naturgas.

De elprocesser som har en realistisk ekonomisk och teknisk inom rimlig framtid, elersättande naturgaspotential beskrivs samt dess naturgasalternativ. Övriga elprocesser kommenteras.

På ÅF-Energikonsult har arbetet utförts av Karin Byman med Hans Åkesson och Börje Nord som huvudreferenser.

Avsnittet om kemisk industri är sammanställt av Eva Craft och Pia Rydh.

2 BAKGRUND

Som nämnts i inledningen är detta en första etapp i ett större arbete för att undersöka möjligheterna för ersättning med naturgas i industriella processer.

Denna del etapp 1 är av karaktären övergripande kartläggning för att sondera terrängen. I etapp 2 skall en eller ett par intressanta industrier väljas ut. Deras processer skall beskrivas närmare samt förutsättningar för, och konsekvenser vid övergång till naturgas. I etapp 3 skall en pilotanläggning byggas för att i praktiken undersöka naturgasens konkurrensförmåga med elenergin.

Etapp 1 bygger huvudsakligen på material som framkommit vid literatursökningar. De utredningar och energistudier som finns åtkomliga har kompletterats med kompendier från KTH samt broschyrer från olika leverantörer av utrustning. Några större företag har kontaktats per telefon med förfrågan om deras elanvändning. Anteckningar från telefonsamtalen presenteras separat i en bilaga.

I utredningsarbetet har bredden prioriterats framför djupet, vilket medfört att olika industrier presenteras olika väl beroende på vilket material som framkommit.

De industrigrenar som kan vara av intresse vid ett fortsatt arbete i etapp 2 bör dock kunna identifieras ur materialet.

LIVSMEDEL

Bransch : Livsmedel, dryckesvaror, tobak SNI 31
 Industri :
 Energi (1986) : 7 045 GWh
 El (1986) : 2 146 GWh
 Elandel av saluvärde: 0,8 %
 Antal arbetsställen : 853 st

Livsmedelsbranschen omfattar slakteri och charkuteri, mejeri och konservindustri, olje- och fett- samt kvarn- och bageriindustri och choklad- o. konfektindustri. Även foder-, tobaks- och dryckesindustrin inkluderas i ovanstående energistatistik. Branschens geografiska spridning framgår av kartan.

LIVSMEDELSSEKTORN 1983
 Sysselsättning fördelad på kommun.

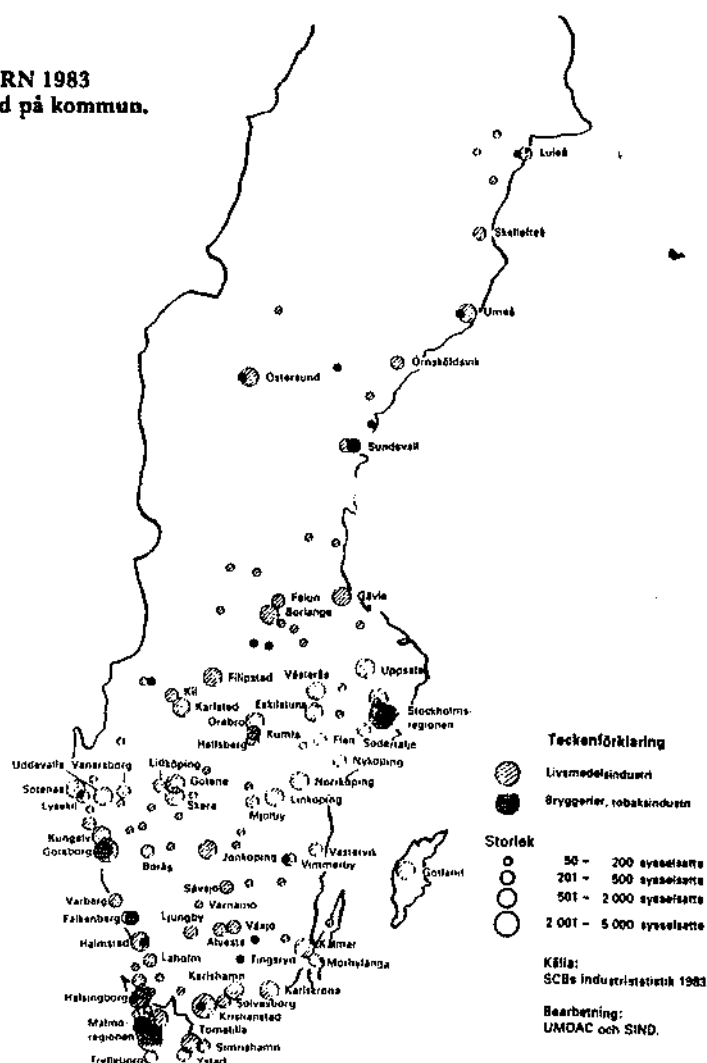


Bild 3.1: Livsmedelsindustrins lokalisering 1983

Källa: Sveriges industri, Industriförbundets förlag

De största elanvändarna inom Livsmedelsbranschen är industrigrenarna slakteri och charkuteri, som 1986 förbrukade 355 GWh el, mejeriindustrin, vars elanvändning uppgick till 481 GWh samt bageriindustrin med en elanvändning på 379 GWh.

Inom livsmedelsindustrin används elenergin till värmning (bakning, fritering, torkning), kylning och fryskompressorer, blandning (degblandning), sönderdelning (malning) samt transporter.

Den elanvändning som kan konverteras till naturgas är främst den som används för olika värmeprocesser.

3.1 SLAKTERI- OCH CHARKUTERIINDUSTRI

Bransch : Livsmedelsindustri SNI 3111
 Industri : Slakteri, charkuteri
 Energi (1986) : 893 GWh
 El (1986) : 355 GWh
 Elandel av saluvärde: 0,5 %
 Antal arbetsställen : 176 st

Branschen finns i hela landet, dock med en viss koncentration till den södra delen. Den representeras i huvudsak av 3 organisationer; KF, Köttbranschernas Riksförbund och Sveriges Slakteriförbund.

3.1.1 Elprocesser

Slakteri- och charkuteriindustrins elanvändning kan hänföras till kyl- och fryskompressorer (vars andel uppgår till 40 %), tryckluftskompressorer, motorer för drift och pumpar, fläktar och specifik processutrustning, belysning samt till olika uppvärmningsprocesser. Den produktionsrelaterade elanvändningen utgör 95 % av den totala. Av den är cirka 10 % värmeprocesser vilka har konverterbarhet till naturgas. Det är främst fritöser och stekbord. Dessa kan tekniskt sett konverteras till naturgaseldning utan inverkar på produkten men dess ekonomiska genomförbarhet beror på konditionen hos den tidigare utrustningen som i så fall måste bytas.

Exempel på elektrisk köksutrustning visas i bilderna nedan.

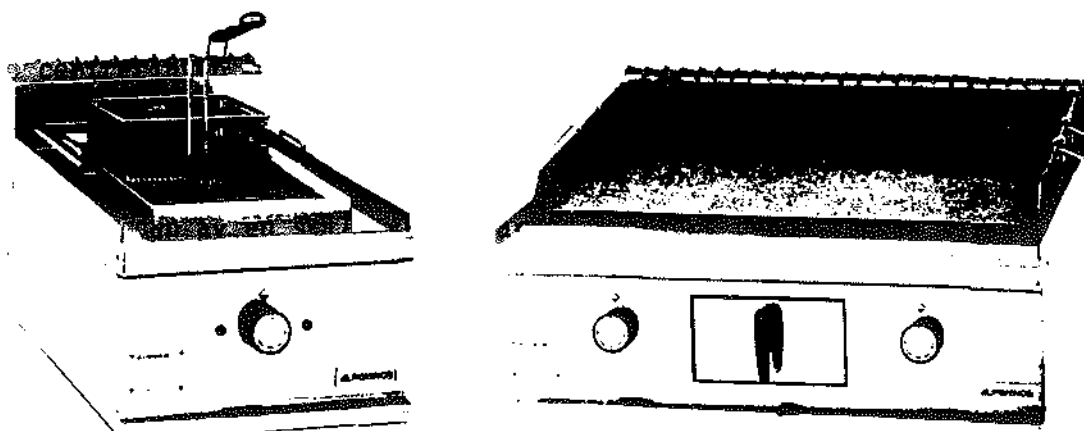


Bild 3.2: Elektrisk fritös och elektrisk stekhäll för restaurangkök

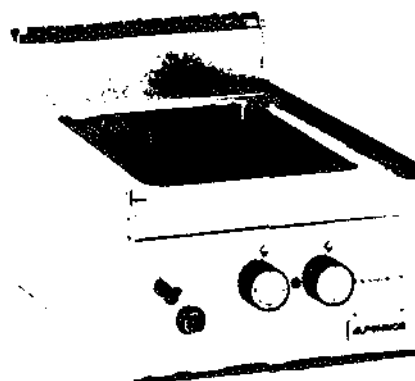


Bild 3.3: Elektriskt uppvärmt vattenbad

Av bilderna framgår att det ej är frågan om utrustning för industriell tillagning av mat utan utrustning för restauranger och storkök. Vid kontakter med företag i livsmedelsbranschen (Felix och Findus) framkom det att de större tillverkarna av färdiglagad mat använder bränsleuppvärmd utrustning.

3.2 MEJERIINDUSTRI

Bransch	: Livsmedelsindustri	SNI 3112
Industri	: Mejeri	
Energi (1986)	: 1 364 GWh	
El (1986)	: 481 GWh	
Elandel av saluvärde:	0,7 %	
Antal arbetsställen	: 118 st	

Den svenska mejerinäringen ägs kooperativt av mjölkproducenterna som bildat producentkooperativa mejeriföreningar. De är till större delen anslutna till Svenska Mejeriers Riksförening. De största är Arla, Skåne Mejerier och Nedre Norrlands Producentförening. Det finns olika typer av mejerier: konsumtionsmjölkmejerier, ysterier, mjölkpulverfabriker, matfett, glassindustri och mejeriindustri

Den elanvändning som allmänt anses vara ersättningsbar med naturgas inom mejeriindustrin är den elenergi som används för indunstning och torkning. I denna studie har dock framkommit att det energimedium som används för dessa processer är ånga, vars framställning ej är knuten till el. Elenergi används dock inom mejeriindustrin för framställning av processånga och hetvatten.

3.2.1 Processbeskrivning, indunstning och torkning

Indunstning

Indunstning är en allmänt använd process inom mejeriindustrin för att koncentrera olika produkter, t ex mjölk och vassla. Vattnet i produkten förångas i ett speciellt kärl, ångavskiljaren. Vid koncentrereringen mättas t ex mjölken på de ämnen som finns lösta i den, t ex mjölksocker.

Värmetillförseln sker med hjälp av vattenånga som kondenserar på ena sidan av en skiljevägg. Värmen överförs genom väggen till produkten på andra sidan. Elenergi som används för indunstning går i viss mån till avkopplingsbara elångpannor. Elenergin åtgår också till ångkompressorer för att ta tillvara på lågtrycksånga som finns tillgänglig. Blir elpriset tillräckligt högt kan det vara lönsammare att framställa ny ånga direkt med naturgas i stället för att komprimera lågtrycksånga.

Figuren nedan föreställer en s k fallströmsindunstare, vilken är vanligast i mejerierna idag. Ångan omger de vertikala tuberna och produkten bildar en tunn film på insidan.

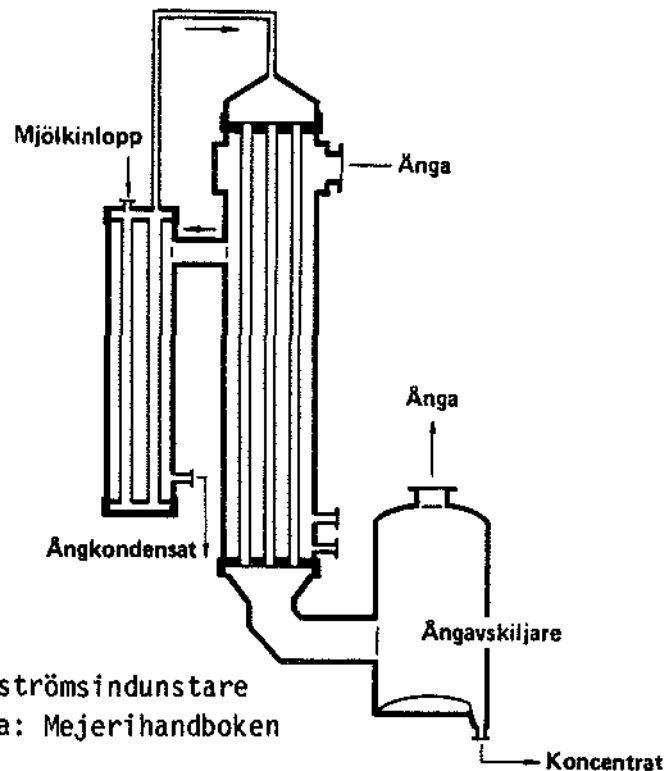


Bild 3.4: Fallströmsindunstare
Källa: Mejerihandboken

Torkning

Med torkning menas att vattnet i en flytande produkt avlägsnas så att produkten överförs i fast form. För att framställa mjölkpulver av hög kvalitet har man använt frystorkning, dvs förångning av vattnet i produkten under vakuum. Det är en mycket energikrävande metod. De kommersiella metoderna för torkning bygger på att värme tillförs produkten utifrån, vattnet förångas och avleds. Kvar återstår den torkade produkten.

Inom mejeriindustrin används två metoder för torkning: valstorkning och spray-torkning.

1. Valstorkning

Valstorkning innebär att mjölken sprids ut på roterande valsar som upphetas med ånga. Den höga temperaturen på valsarna medför att proteinet brunfärgas. Metoden används ej då krav på god lukt och smak föreligger.

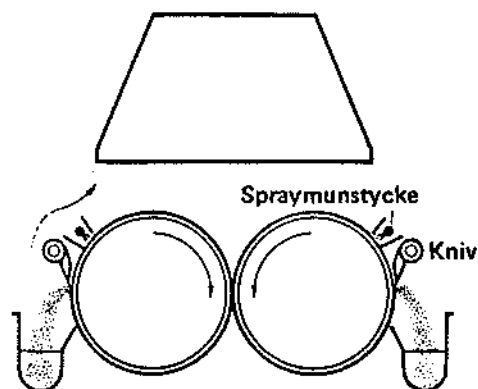


Bild 3.5: Arbetsprincipen för spray-matad valstork
Källa: Mejerihandboken

2. Spray-torkning

Utförs i två steg. Först koncentreras mjölken via indunstning till en torrhalt av 45-55 %. I det andra steget sluttorkas mjölken i ett spray-torn. Figuren nedan visar ett spray-torn. De finfördelade mjölkdropparna blandas med 150-250 °C hetluft. Vattnet i mjölken förångas och det torra pulvret faller till botten i spray-tornet. Hetluften kan vara framställd med en eluppvärmd såväl som bränsleeldad panna.

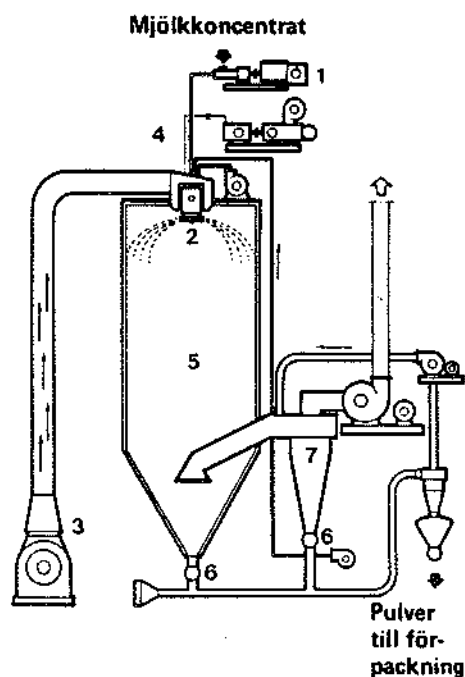


Bild 3.6: Spray-torn för mjölkpulvertillverkning
Källa: Mejerihandboken

3.2.2 Natargasalternativ

Naturgaseldning för direkttorkning av mjölk i spray-torn förekommer i flera länder. Meningarna är delade om metodens lämplighet.

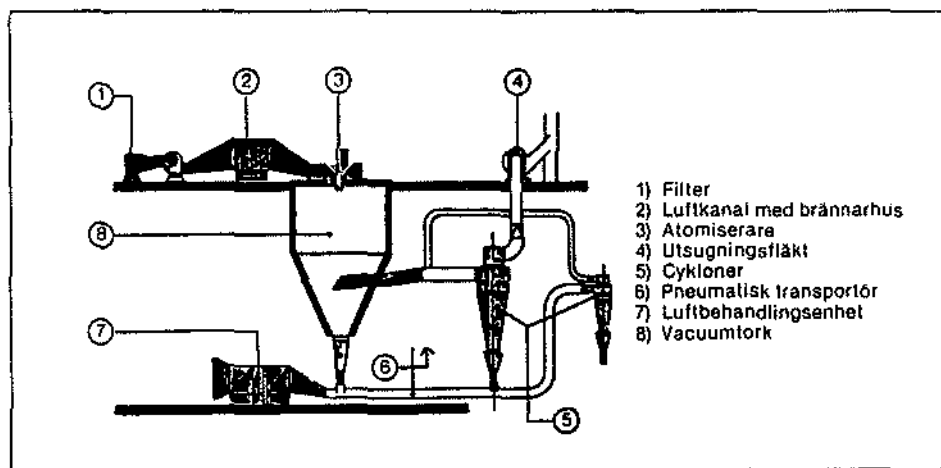


Bild 3.7: Schematisk bild av en spray-tork för mjölkpulverframställning

Källa: Industriell Naturgasteknik

Mjölken kan även torkas indirekt via ångslingor.

En del av den uppgivna elenergianvändningen för torkning går till fläktar och pumpar.

Elersättning med naturgas medför byte av utrustning.

3.2.3 Processånga

En elpanna för framställning av processånga kan tekniskt sett omedelbart byta mot en gaseldad ångpanna. Om det är ekonomiskt genomförbart på kort sikt beror på ålder och kondition på den tidigare utrustningen.

3.2.4 Hetvatten

Åtgår till diskning och sköljning.

Hetvatten kan framställas med immersionsrörvärmare.

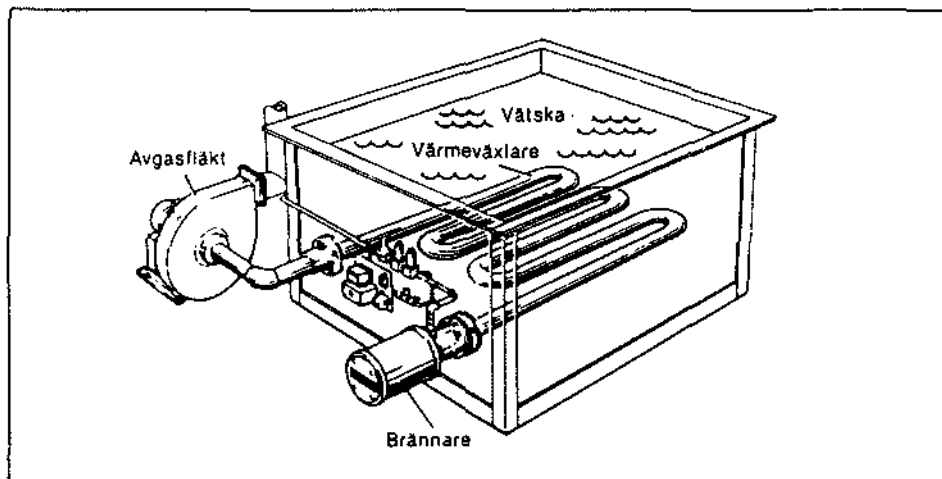


Bild 3.8: Immersionsrörvärmare

Källa: Industriell Naturgasteknik

De heta rökgaserna leds genom ett rör och avger indirekt sitt värme till vattnet. Verkningsgraden kan överstiga 90 % och effektområdet är 8-440 kW.

Inom mejeriindustrin används varmvatten främst till diskning och rengöring samt till ystning (mjölken koagulerar med löpe, för ostframställning).

3.3 OLJE- OCH FETTINDUSTRI

Bransch	: Livsmedelsindustri	SNI 3115
Industri	: Olja och fett	
Energi (1986)	: 504 GWh	
El (1986)	: 126 GWh	
Elandel av saluvärde:	1,2 %	
Antal arbetsställen	: 7 st	

Karlshamns AB (tidigare Karlshamns Oljefabriker) är dominerande som landets enda kompletta olje- och fettfabrik. Svarar för 40 % av branschens elenergianvändning.

3.3.1 Elprocess

För olje- och fettframställning är den största enskilda förbrukande processen hydrering av olja och fettsyror. För processen används vätgas som framställs genom elektrolys. Kvaliteten på produkten har ett direkt samband med elanvändningen.

Vätgas kan även framställas direkt ur naturgas. För att den vätgasen skall kunna användas i olje- och fettframställning måste den renas först, vilket kräver en speciell utrustning.

3.4 BAGERI- OCH KVARNINDUSTRI

Bransch	: Livsmedelsindustri	SNI 3116
Industri	: Bageri- och kvarnindustri	SNS 3117
Energi (1986)	: 866 GWh	
El (1986)	: 379 GWh	
Elandel av saluvärde:	1,3 %	
Antal arbetsställen	: 287 st	

3.4.1 Bageriindustri - elprocesser

Elanvändning i branschen kan främst hänföras till värmning i ugnar, där t ex knäckebrödsindustrin uteslutande använder elupp-
värmda ugnar och jäsbanor.

Den produktionsrelaterade elanvändningen är ca 85 %, ugnar och jäsbanor svarar för ca 35 % av den totala elanvändningen.

Tekniskt kan naturgaseldade ugnar ersätta elugnar. De har god reglerbarhet och rena avfallsprodukter. Det gäller såväl små satsmatade ugnar som stora kontinuerliga. De kan vara direkt eller indirekt eldade.

Övergång till naturgas medför i regel byte av ugn, om det är ekonomiskt motiverat beror på kondition och ålder på den tidigare ugnen.

Små bagerier och konditorier har en större andel elenergianvändning än större anläggningar.

I bilden nedan visas två stickugnar, en med roterande stick (t v) och en med dubbelstick (t h). Samma ugnsmo~~del~~l finns för elupp-
värmning respektive olja eller gasuppvärmning.

SNI 3116
SNS 3117

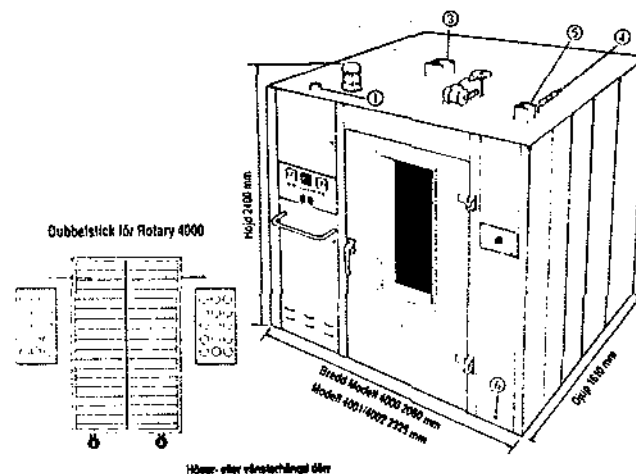
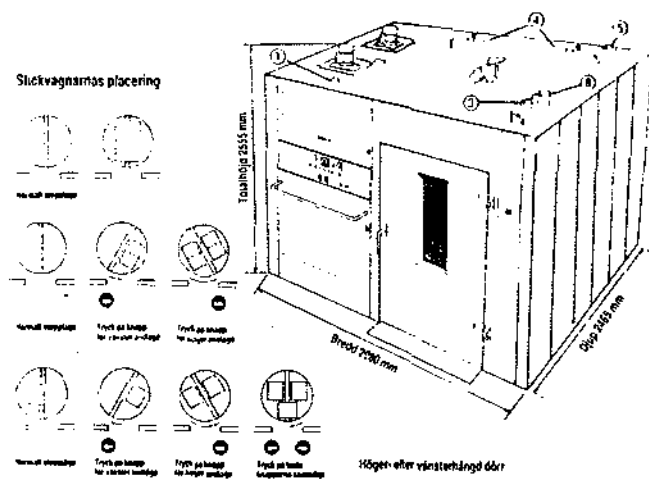


Bild 3.9: Bakugnar

Källa: Dahlén International AB

Inom knäckebrödsbakningen används enbart eluppvärmda ugnar idag. Enligt de själva kan de ej övergå till något annat bränsle. Utomlands förekommer dock naturgaseldade knäckebrödsugnar, så det är tekniskt möjligt. Gas är även ett ur reglersynpunkt fördelaktigt bränsle.

Elvärmda stickugnar kan i vissa fall byggas om till direkteldning med naturgas. Elektriska tunnelugnar är svårare att bygga om och måste ersättas med nya.

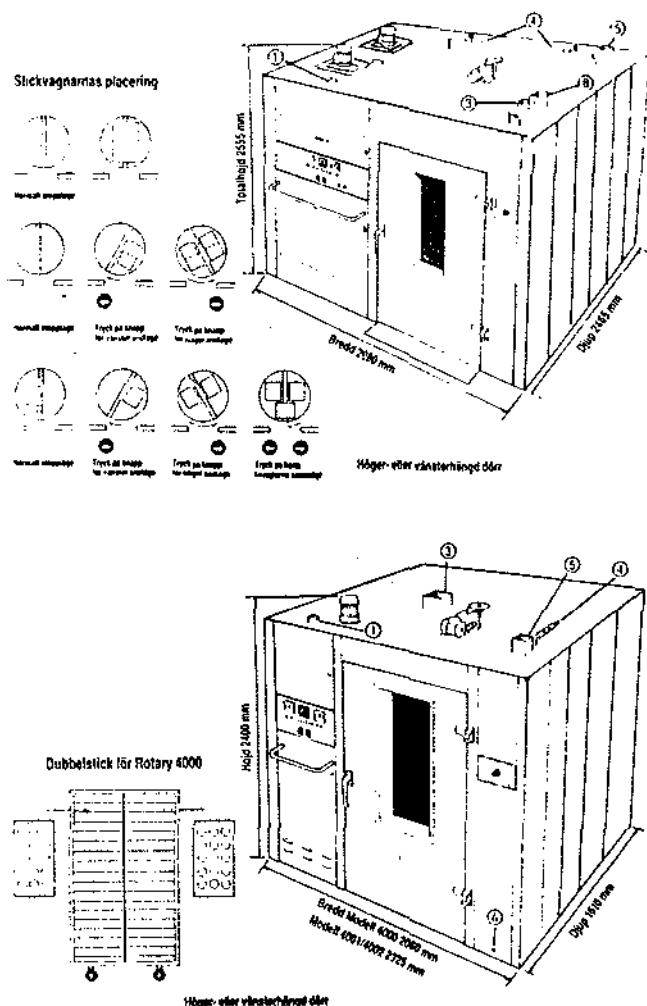


Bild 3.9: Bakugnar

Källa: Dahlén International AB

Inom knäckebrödsbakningen används enbart eluppvärmda ugnar idag. Enligt de själva kan de ej övergå till något annat bränsle. Utomlands förekommer dock naturgaseldade knäckebrödsugnar, så det är tekniskt möjligt. Gas är även ett ur reglersynpunkt fördelaktigt bränsle.

Elvärmda stickugnar kan i vissa fall byggas om till direkteldning med naturgas. Elektriska tunnelugnar är svårare att bygga om och måste ersättas med nya.

3.4.2 Kvarnindustri

Kvarnindustrin står för en liten del av bagerinäringens elanvändning (knappt 5 %). 95 % av kvarnindustrins elanvändning är processanknuten. Elen utnyttjas främst till transporter av spannmål, torkning och malning. Elanvändning för malning och transporter är ej ersättbar med naturgas.

Torkning av spannmål däremot kan göras med naturgas. Bilden nedan föreställer sådestork för direkteldning med naturgas.

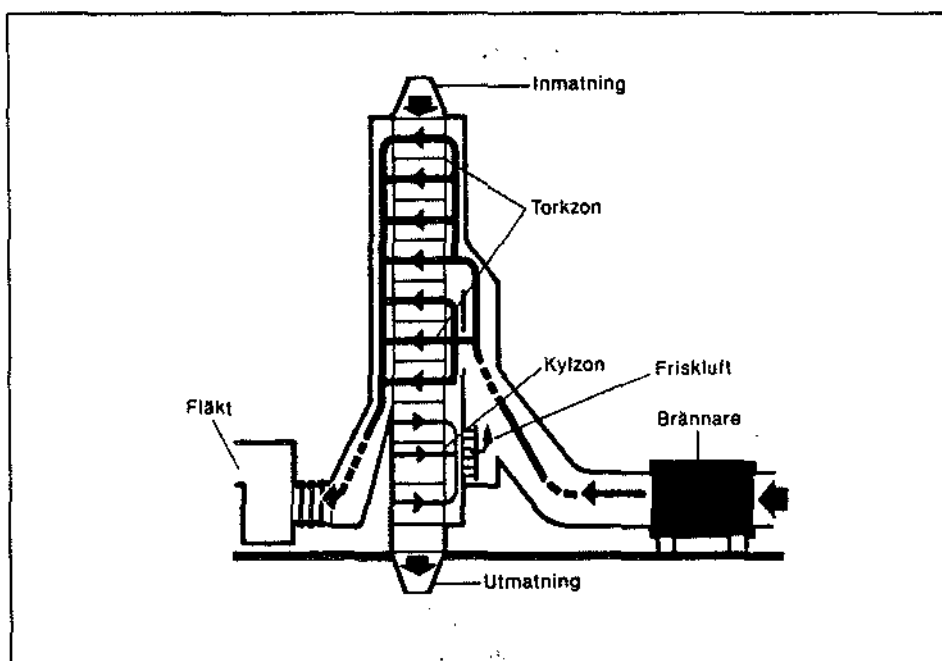


Bild 3.10: Gasvärmad sådestork

Källa: Industriell naturgasteknik

De heta gaserna från förbränningen blandas med luft för att sänka temperaturen till ca 67 °C. Direkttorkning blir allt vanligare på bekostnad av den konventionella indirekta torkningen. Fördelarna är många: Ökad kapacitet och flexibilitet, lägre driftkostnader samt lägre investeringar.

3.5 POTENTIALUPPSKATTNING

Livsmedelsindustrins elanvändning uppgick till 2 146 GWh år 1986, av dessa beräknas 1 867 GWh ha förbrukats inom naturgasplanerat område (se bilaga 3), dvs drygt 85 % av totala livsmedelsindustrin i landet.

I tabellen redovisas hur elenergianvändningen fördelas på olika processer inom livsmedelsindustrin.

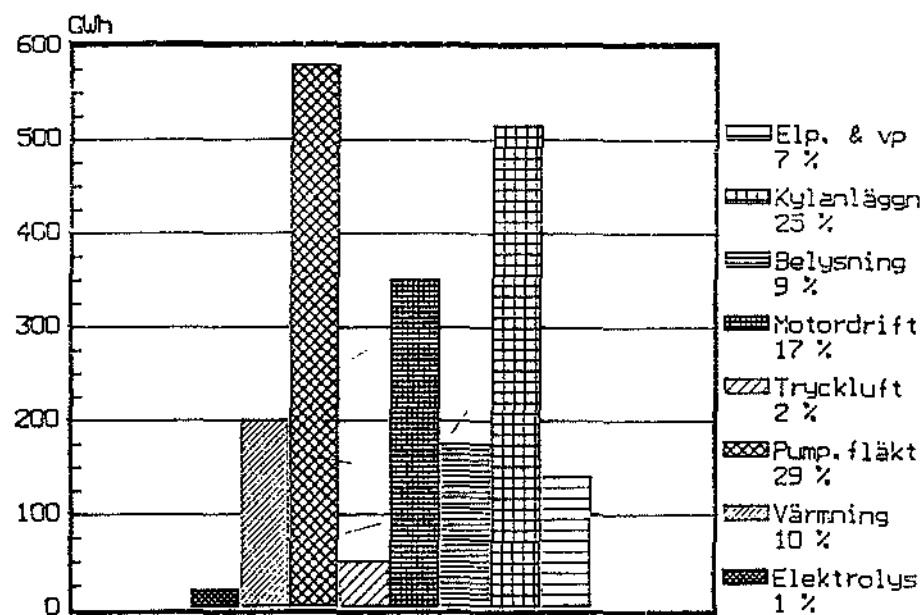


Bild 3.11: Livsmedelsindustrins elanvändning

Källa: Elpriser och svensk industri STEV 1988:7

Värmningsprocesserna kan, som tidigare redovisats, använda naturgas i stället för elenergi. Maximalt blir därför naturgaspotentialen i processer 187 GWh inom naturgasområdet. I vilken utsträckning det är möjligt att uppnå den potentialen beror på i vilket tidsperspektiv man betraktar konverteringen från el till naturgas. På längre sikt måste en större andel av utrustningen bytas ut och då blir det samtidigt mer ekonomiskt motiverat att övergå till naturgas. Naturgaspotentialen för livsmedelsindustrin blir större om man även räknar in elpannor. De uppskattningarna är dock väldigt osäkra då nyttjande av elpannor varierar starkt mellan olika år.

4 TEXTILINDUSTRI

4.1 TEXTILSBEKLÄDNADS-, LÄDER- OCH LÄDERVARUINDUSTRI

Bransch : Textilbeklädnads, läder och SNI 32
lädervaruindustri

Industri :
Energi (1986) : 1 270 GWh
El (1986) : 411 GWh
Erandel av saluvärde: 1,1 %
Antal arbetsställen : 608 st

TEKO-, SKO- OCH
LÄDERINDUSTRI 1983
Sysselsättning fördelad på kommun.

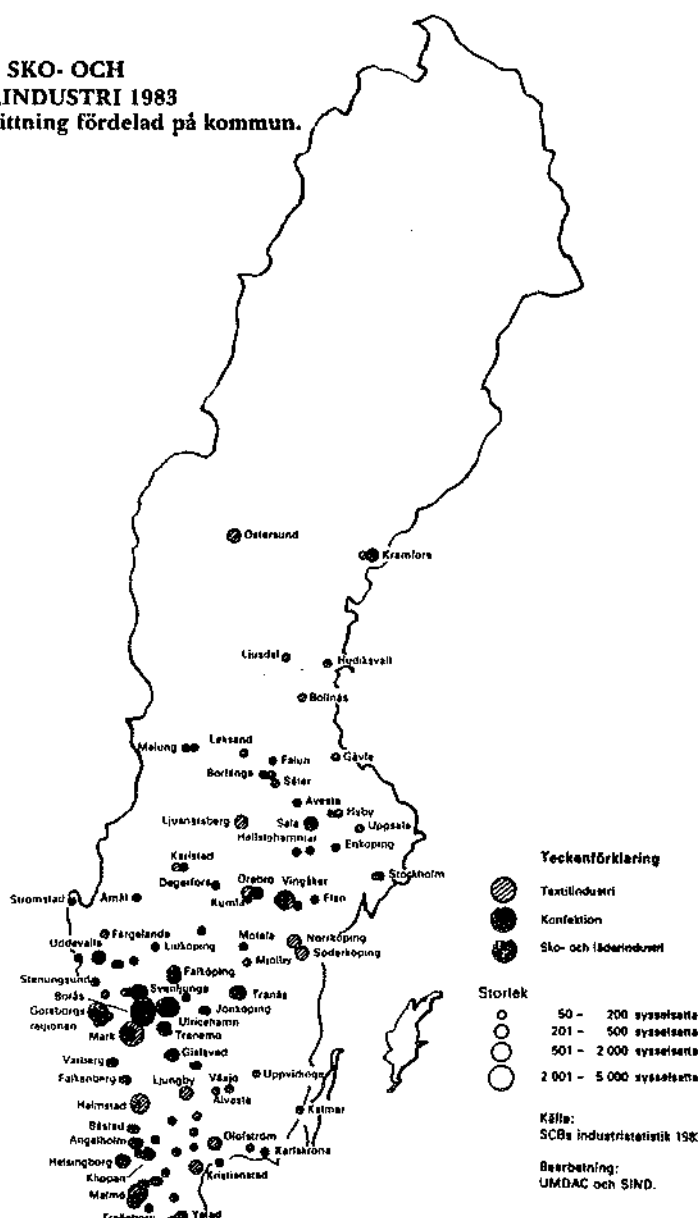


Bild 4.1: Textilindustrins lokalisering 1983
Sveriges Industri, Industriförbundets förlag

4.1.1 Elprocesser

Elenergin inom textilindustrin används huvudsakligen till belysning, tryckluftskompressorer, pumpar, fläktar, motorer i processmaskiner, i vissa fall till elångpannor och direktel i torkprocesser. Gas kan användas för ångframställning samt vid torkning.

4.1.2 Torkning

Torkning av skinn och textilier kan ske med direkttorkning. IR-strålare kan användas för slutjustering av fukthalten i textilerna.

Torkning av textilier sker ofta med indirekt ångvärmning i en s k spannram. I spannramen fixeras bredd och längd på varan. Den passerar sedan ett antal indirekt ånguppvärmda kamrar där luften cirkuleras med fläktar.

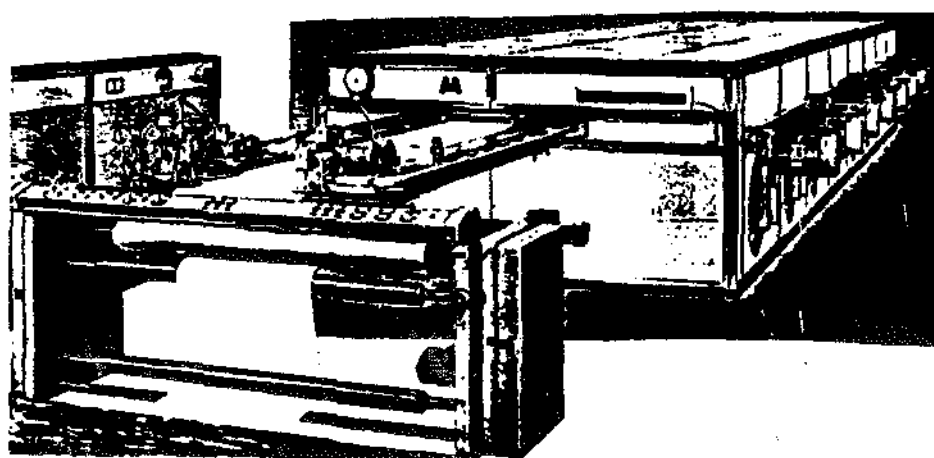


Bild 4.2: Spannram

Källa: SIND, El-IR-teknik vid textiltorkning

Spannramarna utgör en stor energiförbrukare inom branschen. 1977 fanns det 80 spannramar i Sverige och de svarade då för 10 % av branschens energiförbrukning.

Naturgasalternativ - direkttorkning

Den indirekta ångvärmningen i spannräm kan ersättas med gaseldad direkttorkning. Det ger två positiva effekter, nämligen kraftigt sänkt energibehov (besparingar på i storleksordningen 40 %) samt förbränning av fiberrester, spinnoljor och hartser. Gaseldning medför också att spannrämens uppvärmningstid halveras.

Indirekt torkning

IR-strålare används inom textilindustri för att värma garnet eller väven sedan den behandlats med bindemedel vilket ökar hållbarheten. IR-strålare används även för att justera fukthalten i textilier samt till torkning efter färgtryck eller blekning. Hur stor energiförbrukningen är i processen beror på typ av material.

Bilden nedan föreställer en elektrisk IR-strålare.

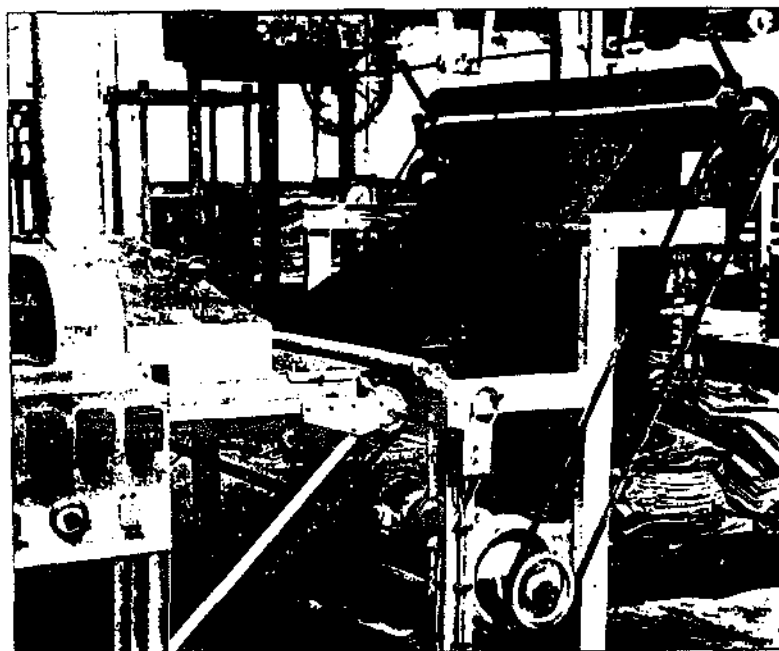


Bild 4.3: El-IR-ugn för textiltorkning
Källa: IR-Handbok

Naturgasalternativ - direkttorkning

Den indirekta ångvärmningen i spannräm kan ersättas med gaseldad direkttorkning. Det ger två positiva effekter, nämligen kraftigt sänkt energibehov (besparingar på i storleksordningen 40 %) samt förbränning av fiberrester, spinnoljor och hartser. Gaseldning medför också att spannrämens uppvärmningstid halveras.

Indirekt torkning

IR-strålare används inom textilindustri för att värma garnet eller väven sedan den behandlats med bindemedel vilket ökar hållbarheten. IR-strålare används även för att justera fukthalten i textilier samt till torkning efter färgtryck eller blekning. Hur stor energiförbrukningen är i processen beror på typ av material.

Bilden nedan föreställer en elektrisk IR-strålare.

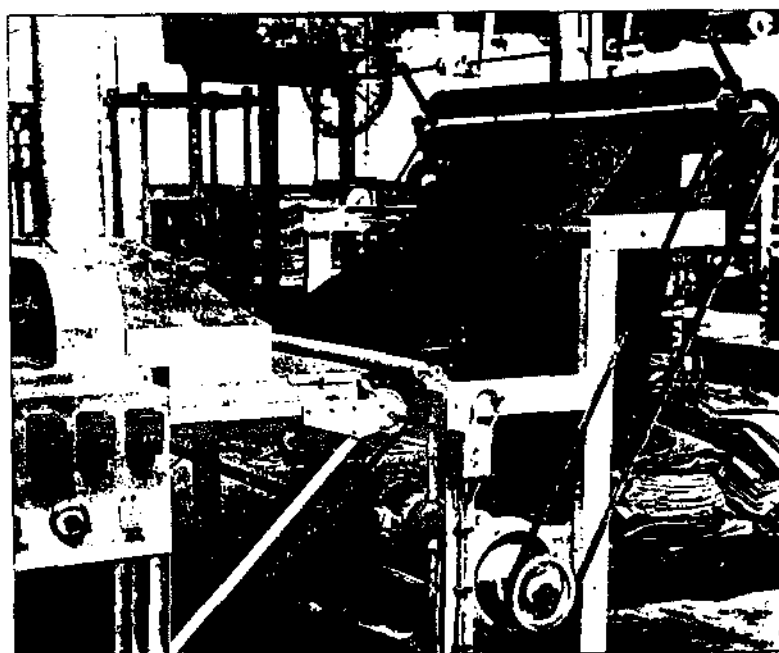


Bild 4.3: El-IR-ugn för textiltorkning
Källa: IR-Handbok

4.2 POTENTIALUPPSKATTNING

Textilindustrin förbrukade totalt 411 GWh år 1986, av dessa beräknas närmare 95 %, dvs 386 GWh befinna sig inom naturgasplanerat område.

Tabellen redovisar elenergens fördelning på olika processer.

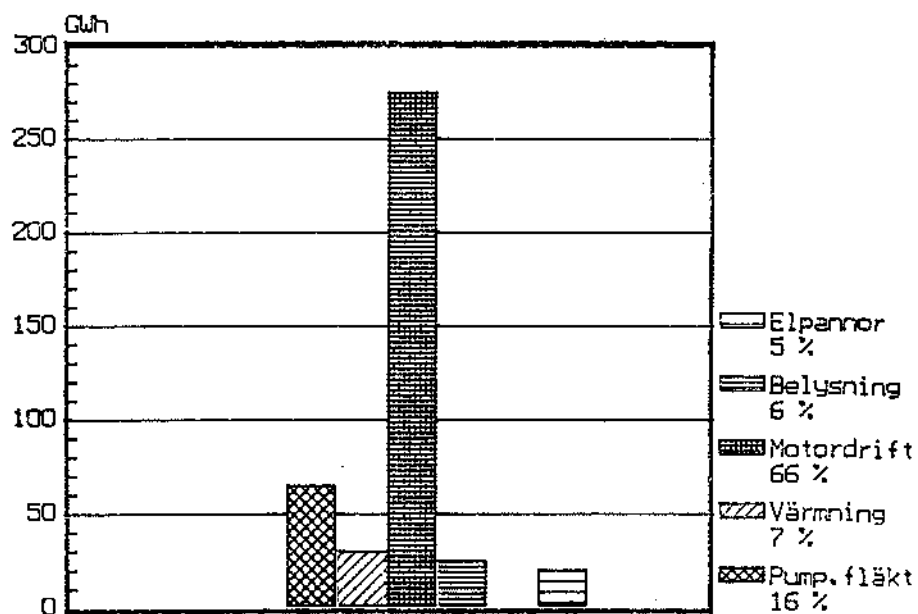


Bild 4.5: Textilindustrin elanvändning

Källa: Elpriser och svensk industri, STEV 1988:7

Av processerna är det endast den el som används för värmning (7 %) som kan ersättas med naturgas. Det medför en maximal naturgaspotential inom projekterat område på cirka 25 GWh.

5 TRÄVARUINDUSTRI

5.1 TRÄVARUINDUSTRI

Bransch	: Trävaruindustri	
Industri	: Trävaruindustri	SNI 33
Energi	: 3 478 GWh	
El (1986)	: 1 784 GWh	
Elandel av saluvärde:	1,3 %	
Antal arbetsställen	: 1 384 st	

Trävaruindustrin omfattar sågverk, skivindustri och övrig trävaruindustri.

5.1.1 Elprocesser

Sågverken står för mer än hälften av branschens elanvändning. Den största enskilda elförbrukningen hänförs till såglinjerna och virkestorkarnas fläktar. Elenergi används också för drift av motorer i olika produktionsmaskiner, fläktar, transportutrustning, pumpar etc.

Elanvändningen inom skivindustrin varierar mellan de olika skivtypernas tillverkningsmetoder. Inom plywoodtillverkning åtgår elenergin främst till motordrift av olika processer, såsom pressar, bearbetningsmaskiner och tryckluftkompressorer. För boardtillverkning som har vissa processer gemensamma med massa- och papperstillverkningen är de stora elförbrukarna motorer för framförallt defibrering, raffinering och slipning samt övriga fläkt- och pumpmotorer.

Övrig träindustri är en heterogen bransch med varierande elanvändning. Större delen av elanvändningen åtgår dock till motorer av olika slag främst till fläktarbete för torkning, ventilation etc. Elenergi åtgår också för bearbetning av trä och skivor etc.

Trävaruindustrin bedöms ej ha någon potential för elersättning med naturgas.

5.2 POTENTIALUPPSKATTNING

Trävaruindustrin har som tidigare nämnts ingen elersättande naturgaspotential generellt sett. Dock redovisas här att av dess totala elanvändning på 1 787 GWh förbrukas 1 287 inom planerat naturgasområde.

I nedanstående tabell visas hur elanvändningen fördelar sig procentuellt på ett sågverk.

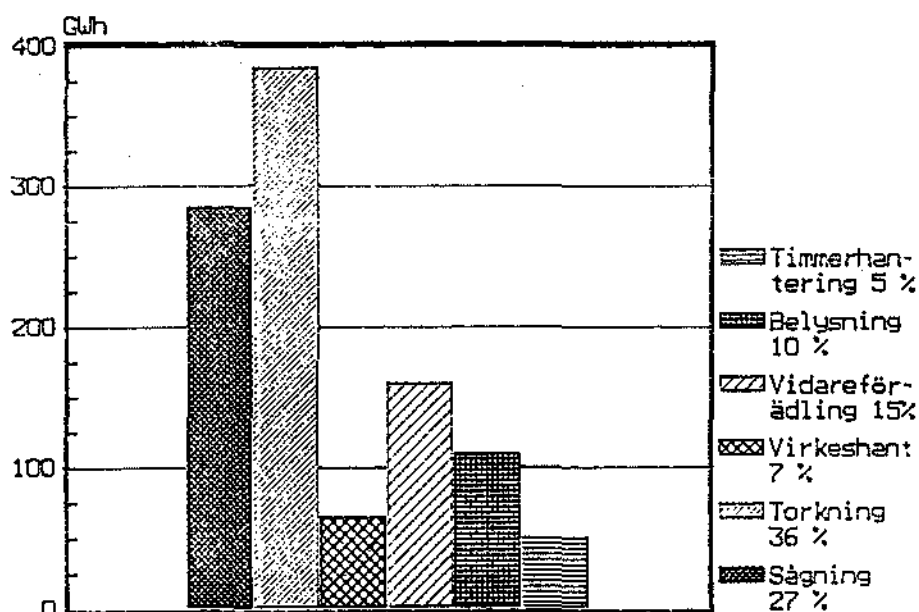


Bild 5.1: Ett sågverks elanvändning

Källa: Elpriser och svensk industri, STEV 1988:7

Den stora andelen el som går till torkning är främst el till fläktmotorer och kan därför ej ersättas med naturgas.

6 MASSA- OCH PAPPERSINDUSTRI

6.1 MASSA- OCH PAPPERS-, PAPPERSVARU- OCH GRAFISK INDUSTRI

Bransch : Massa och papper, pappersvaru SNI 34
och grafisk industri

Industri :

Energi (1986) : 30 807 GWh

El : 17 410 GWh

Elandel av saluvärde: 4,1 %

Antal arbetsställen : 1 095 st

Massa- och pappersbranschen omfattar massa- och pappersindustri, pappers- och förpackningsindustri, övrig pappersvaruindustri och grafisk industri. Dess geografiska spridning framgår av kartan.

**MASSA- OCH PAPPERS-
INDUSTRI 1983**
Sysselsättning fördelad på kommun.

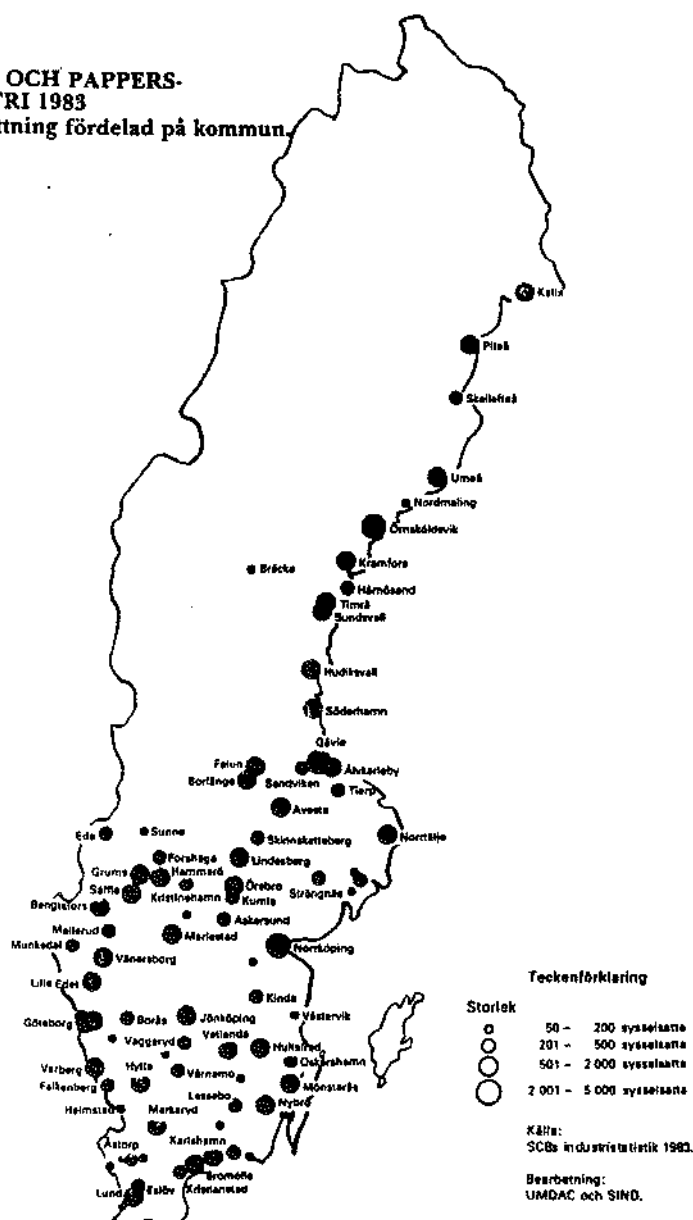


Bild 6.1: Massa- och pappersindustrins lokalisering 1983
Källa: Sveriges industri, Industriförbundets förlag.

Massa- och pappersindustrin svarar för 95 % av hela branschens energianvändning och 96 % av dess totala elanvändning. Elens andel av saluvärdet är 5,5 %.

6.1.1 Elprocesser

De processer som svarar för den största elförbrukningen inom massaindustrin är den mekaniska defibreringen av ved, malning av kemisk massa för att utveckla fibrernas styrkeegenskaper samt pumpning och annan materialtransport. Det rör sig alltså nästan uteslutande om motordrift av olika slag och har därför ingen naturgasersättningspotential.

Inom papperstillverkningen används elenergi till pappersmaskinens drift och vakuumsystem.

6.1.2 Naturgasalternativ

Den största potentialen för naturgas är vid oljeersättning och i pappersfabrikerna. Massafabriker respektive integrerade massa-pappersfabriker använder mycket egna restprodukter för att generera värme.

Elersättning blir aktuell i de fall elenergi använts för att generera ånga eller då elenergi används direkt för papperstorkning via IR-strålare.

Den ånga som framställs i elångpannor kan vid byte av utrustning ersättas med naturgaseldade.

6.1.3 Torkning av papper

I en konventionell pappersmaskin för torkning används ånguppvärmda cylindrar för att driva fukten ur pappersbanan. Tekniken är väldigt ineffektiv då värmeöverföringskapaciteten är låg. Cylindrarna avger värme till pappersytan och det torra ytpartiet isolerar sedan från värmetillförsel.

IR-strålning är ett effektivt alternativ, strålningen absorberas av hela papperet och höga effekter per ytenhet kan installeras. Om IR-strålning används under uppvärmning och sluttorkning förkortas dessa tider avsevärt. Idag används eluppvärmda IR-strålare, dessa är tekniskt sett utbytbara mot naturgaseldade men kräver investeringar i ny utrustning.

I bilden visas en el. IR-strålare monterad i en papperstorkbana.

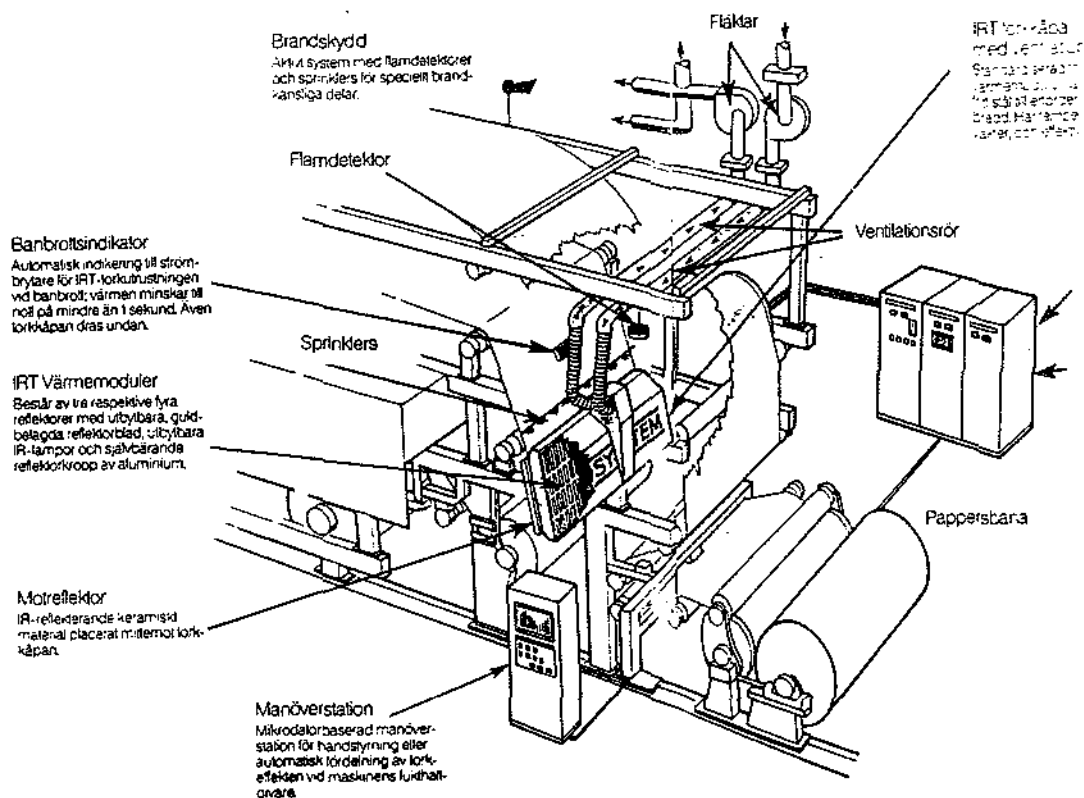


Bild 6.2: IR-papperstork

Källa: Infra röd teknik AB

I nedanstående bild visas var IR-strålare placeras i en pappersmaskin.

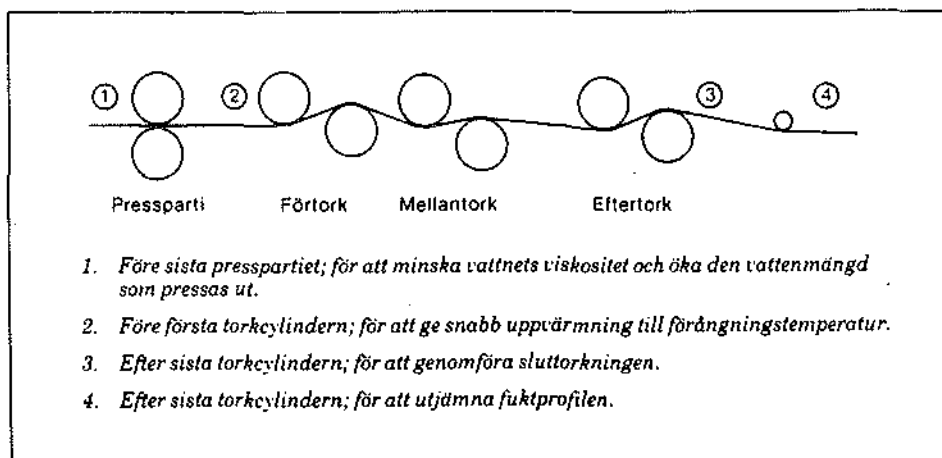


Bild 6.3: Placering av naturgastorkar i pappersmaskin

Källa: Industriell Naturgasteknik

6.2 POTENTIALUPPSKATTNING

Massa- och pappersindustrins elanvändning uppgick till 17 410 GWh år 1986. Av dessa förbrukades cirka 80 % eller 14 100 GWh inom naturgasplanerat området.

I tabellen är branschens elanvändning uppdelad på olika enheter.

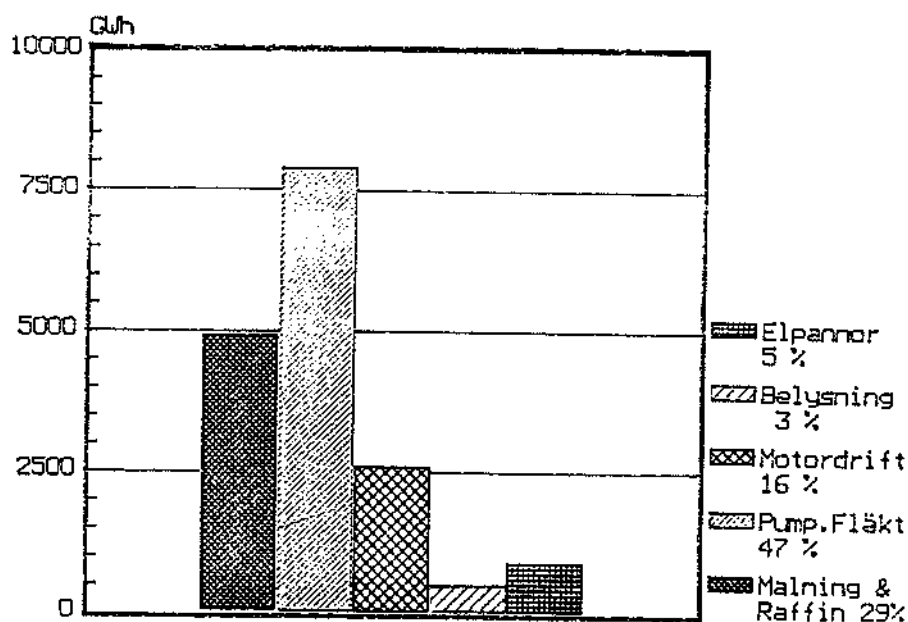


Bild 6.4: Massa- och pappersindustrins elanvändning
Källa: Elpriser och svensk industri, STEV 1988:7

Det är ingen av den processrelaterade elanvändningen som har någon naturgaspotential. Den elanvändning som används för elektriska IR-torkar för papperstorkning kan som tidigare nämnts ersättas med naturgaseldade strålare. Dessa finns dock endast på cirka 8 bruk i Sverige av närmare 100 st sammanlagt. Totalt rör det sig om cirka 25 elektrisk IR-torkare i Sverige med en totalt installerad effekt på 15 MW, motsvarande cirka 100 GWh per år.

7 KEMISK INDUSTRI

Bransch : Kemisk-, petroleum-, plast- SNI 35
och gummivaruindustri

Industri :

Energi (1986) : 11 464 GWh

El (1986) : 6 819 GWh

Elexport av saluvärde: 1,9 %

Antal arbetsställen : 741 st

Den kemiska industrin uppdelas i kemisk basindustri, annan kemisk industri, petroleumraffinaderier, smörjmedels- och kolproduktionsindustri, gummivaruindustri och plastvaruindustri.

Kemisk basindustri och annan kemisk industri svarar för drygt 80 % av elförbrukningen i branschen. Elen används nästan uteslutande i olika processer. Den mest elkrävande processen är elektrolys vilken nyttjar knappt hälften av den produktionsrelaterade elenergin.

**KEMISK INDUSTRI OCH
PETROLEUMRAFFINADERIER 1983**
Sysselsättning fördelad på kommun.

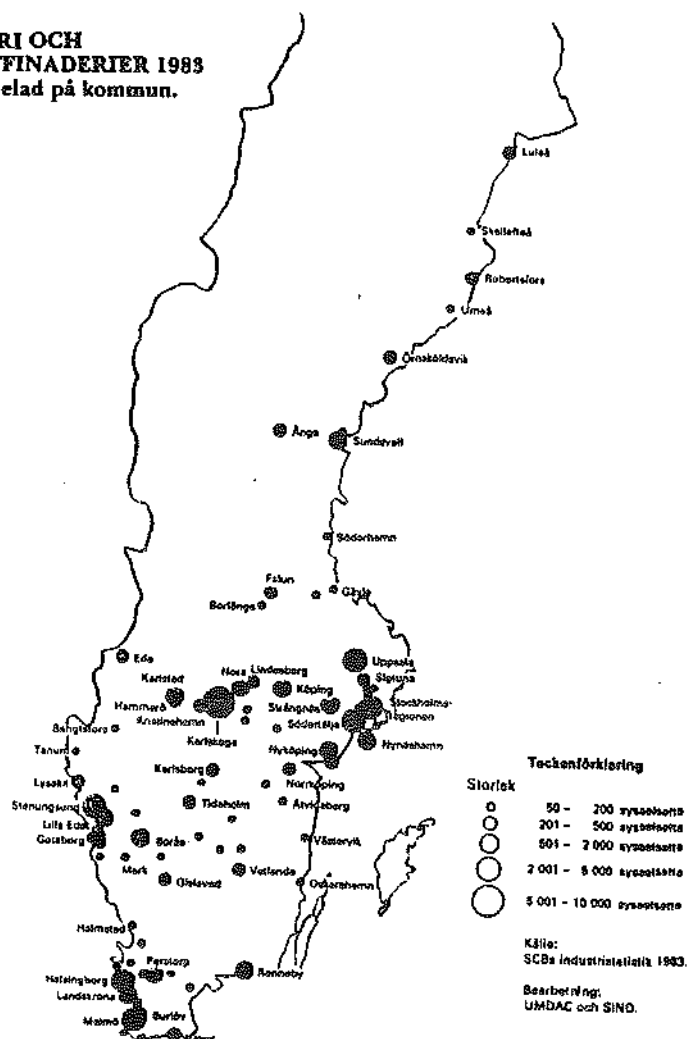


Bild: Kemindustrins lokalisering i Sverige 1983

Källa: Sveriges Industri, Industriförbundets förlag

7.1 KEMISK BASINDUSTRI

Bransch	: Kemisk industri	SNI 351
Industri	: Kemisk basindustri	
Energi (1986)	: 6 904 GWh	
El (1986)	: 5 026 GWh	
Andel av saluvärde	: 4,5 %	
Antal arbetsställen	: 166 st	

I tabellen presenteras ett medelvärde av den kemiska basindustrin elanvändning procentuellt fördelat på olika enhetsprocesser:

	%
El i processer	
Elektrolys	46
Elsmältning	9
Värmning, värmebehandling	8
Torkning	knappt 0,5
Summa processer	63
Övrig elanvändning	
Pumpar och fläktar	19
Tryckluftsanläggningar	16
Belysning	1
Summa övrigt	36
Lokalvärme	1
Totalt	100

Källor: STEV 88:7

7.1.1 Elektrolys

Som framgår av tabellen är elektrolysen den mest elkrävande produktionsprocessen. Den svarar för mer än 40 % av elanvändningen i kemisk basindustri. Företrädare inom denna bransch anser att det från teknisk/ekonomisk synpunkt inte finns någon ersättning för el i dessa processer. Detta gäller även elektrotermiska processer, för framställning av kisel och kalciumkarbid.

7.1.2 Värmning och värmebehandling

En del av elanvändningen för materialuppvärmning skulle kunna ersättas med naturgas, t ex i förvärmningsugnar.

7.1.3 Torkning

Konvektionstorkning liksom strålningstorkning med IR-strålare kan tekniskt fungera mycket bra med naturgas. Kontaktstorkning sker lämpligen med ånga, dock kan i vissa tillämpningar av IR-strålare användas för kontaktstorkning.

Vid direktanvändning av naturgas i torkare används avgaserna både som värmebärare och som medium för att transportera bort ångan.

Direktstorkens principiella uppbyggnad kan se ut som i bild 7.1.

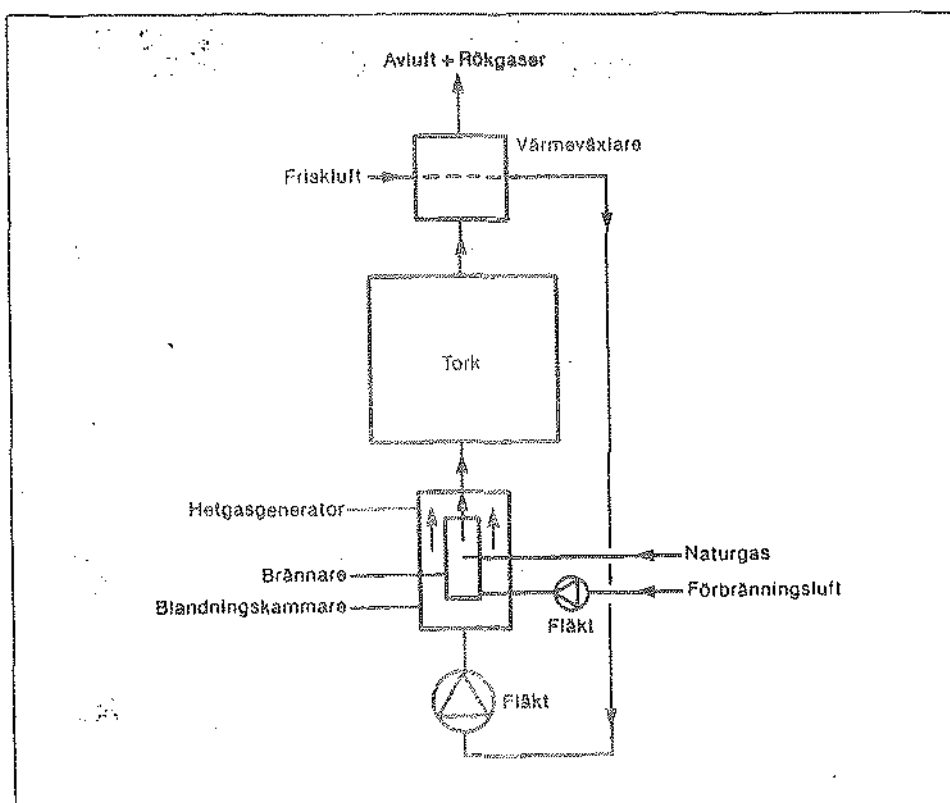


Bild 7.1: Principiell uppbyggnad av en direktstork
Källa: Industriell Naturgasteknik

7.1.4 Pumpar, fläktar och motorer

Ersättning av elmotorer med ångturbindrift är i princip en möjlighet. I första hand gäller detta större maskiner, pumpar, fläktar och kompressorer.

Ett rimligare alternativ är att installera större ångturbin för att producera el för drift av både stora och små motorer.

7.2 ANNAN KEMISK INDUSTRI

Bransch	: Kemisk industri	SNI 352
Industri	: Annan kemisk industri	
Energi (1986)	: 1 364 GWh	
El (1986)	: 455 GWh	
Elandel av saluvärde:	0,7 %	
Antal arbetsställen	: 161 st	

Branschen tillhör de minst elintensiva inom kemisk industri. Elenergiens procentuella fördelning på olika processer framgår av tabellen.

El i processer	
Värmning, värmebehandling	2
Indunstning	4
Torkning	4
Övrigt	2
Summa processer	12
Övrig elanvändning	
Pumpar och fläktar	14
Tryckluftsanläggningar	9
Kylanläggningar	12
Övriga motordrifter	32
Belysning	10
Summa övrigt	78
<u>Elpannor</u>	<u>10</u>
<u>Totalt</u>	<u>100</u>

Källa: STEV 88:7

7.2.1 Indunstning

Vid indunstning sker en avkokning av ett lösningsmedel, oftast vatten, ur en lösning för att därigenom få en högre koncentration. Värmningen sker vanligen med ånga, men även förbränning av gaser utnyttjas.

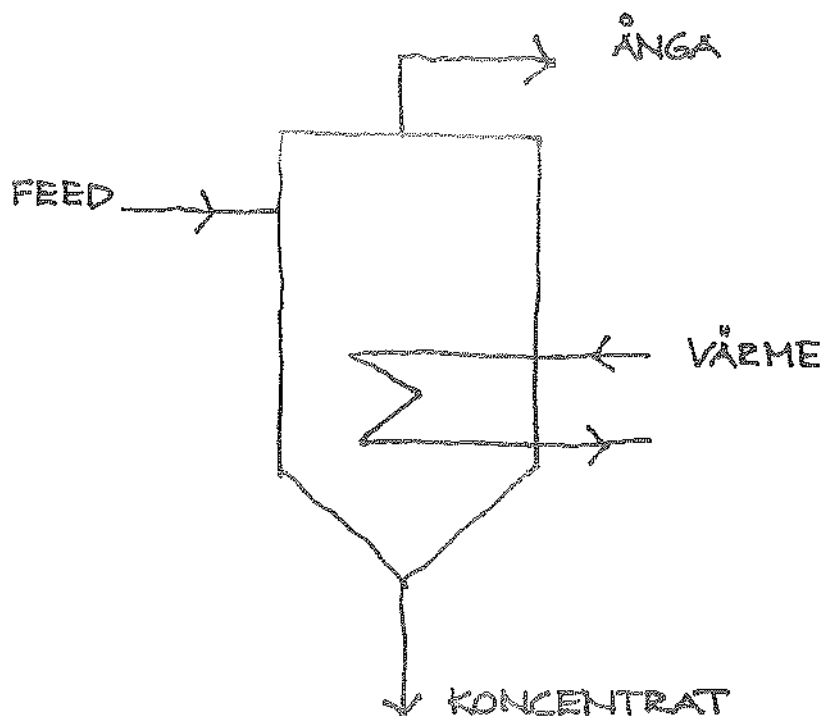


Bild 7.2: Principskiss av en indunstare

Förbränningsavgaserna kan produceras med olika typer av bränsle. Naturgas ger stora fördelar gentemot olja på grund av gasens höga renhet, vilket minskar risken för igensättningar.

7.2.2 Destillation

Destillation innebär separation av en eller flera komponenter i en lösning bestående av minst två komponenter. Principen för destillation bygger på att komponenterna har olika flyktighet. Destillationsenergiåtgång bestäms till största delen av önskad renhetsgrad, skillnad i flyktighet mellan komponenterna samt anläggningens apparativa utformning. Nedanstående bild visar en principskiss över destillationsanläggning.

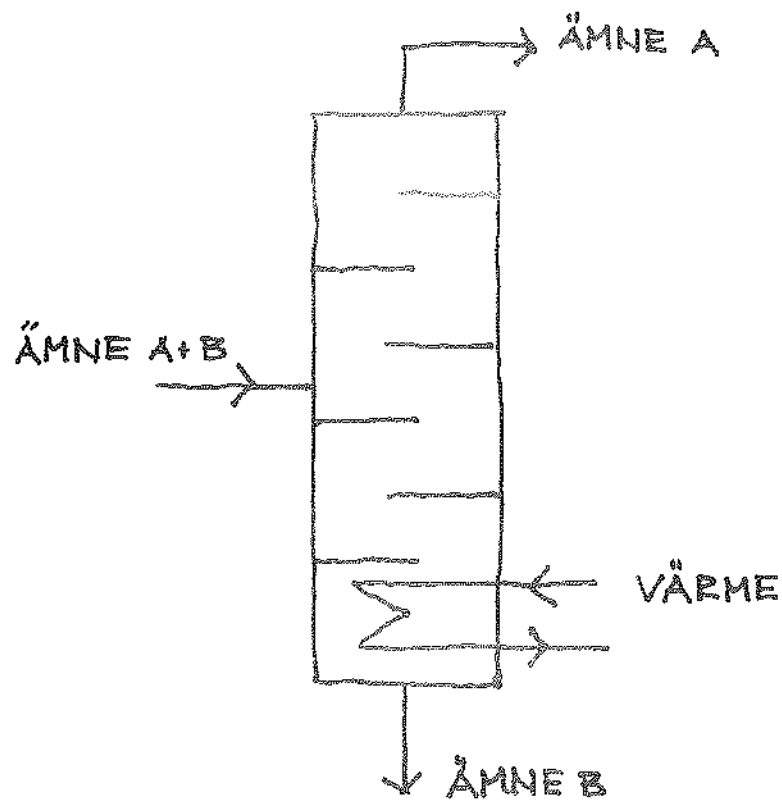


Bild 7.3: Principskiss av en destillationsanläggning

Normalt används ånga för värmeförsörjning.

Vid processer med höga kokpunkter, t ex fraktionering av råolja, används direkteldade ugnar i vilka bränslet kan vara restolja eller raffinaderigas (snarlik naturgas). Raffinaderierna är i princip självförsörjande på bränsle, varför en naturgasersättning här inte är aktuell.

7.3 PLASTVARUINDUSTRI

Bransch	: Kemisk industri	SNI 3560
Industri	: Plastvaruindustri	
Energi (1986)	: 679 GWh	
El (1986)	: 445 GWh	
Elandel av saluvärde:	1,8 %	
Antal arbetsställen	: 288 st	

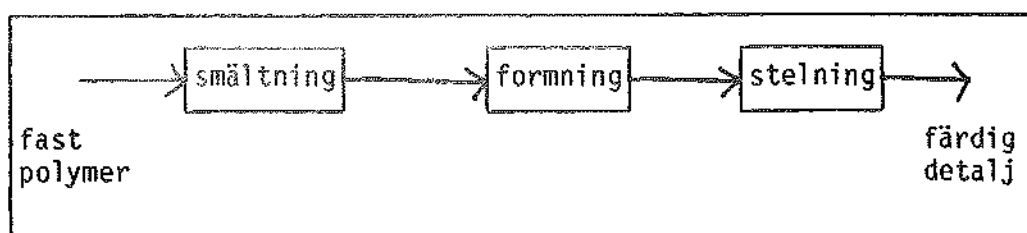
Vid tillverkning av plastprodukter skiljer man på plastframställning och bearbetning av plaster. Plastframställning hamnar inom kemisk basindustri men presenteras här för helheten skull.

Plastframställning innebär framställning av råvaran - plastgranulatet. Det sker delvis i petroleumindustrins krackningprocesser i Sverige lokaliserad till Stenungsund. Där får man fram de viktigaste byggstenarna, nämligen omättade kolväten. Krackningen är självförsörjande på energi och har därför ingen naturgaspotential. Den elenergi som används åtgår till kompressorer, pumpar och fläktar. Utöver omättade kolväten tillkommer vissa mineralråvaror (koksalt, svavel, kalksten m m) och andra ämnen (cellulosa, kolhydrater, fetter m m). För att förbättra plastens egenskaper tillsätts bl a färg, fyll och armeringsmedel.

Med bearbetning av plaster menar man bearbetning av råvaran, granulatet, till färdig plastprodukt. Det är en energikrävande, ofta elenergikrävande process. Granulaten värms, formas och eventuellt härdas. De vanligaste plastbearbetningsmetoderna är formsprutning, extrudering, kalandring och formblåsning.

De processer som svarar för den största elanvändningen är extrudering, formsprutning och linering.

Framställning av plast sker i 3 steg:



Smältning och formning sker vanligen i samma maskin. Processen försörjs med elenergi.

7.3.1 Formsprutning

Formsprutning är plastindustrins viktigaste process. Den har två delar som svarar för huvudparten av energianvändningen. Värmningselementen kring cylindern och hydraulsystemet. Nedanstående bild visar dess tekniska uppbyggnad.

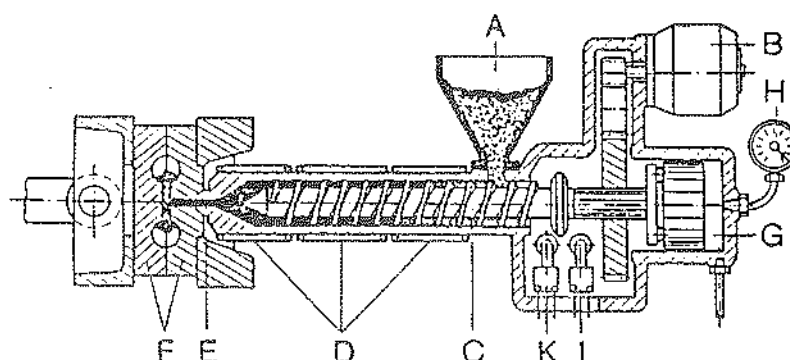


Bild 7.4: Formspruta

Källa: Plastindustrins energianvändning

- A: Massaträtt B: Drivmotor för skruv C: Skruv
 D: Elektriska element E: Munstycke F: Form
 G: Hydraulisk cylinder H: Tryckmätare
 K&I: Regulatorer

Elementen (D) omger en cylinder i vilken plastgranulaten matas fram med en skruv. Den delen kallas extruder och där sker plastificeringen. Förfarandet är gemensamt för alla sprutprocesser. Plasten smälter genom att elementen värmer utifrån men även genom den inre friktion som uppstår då skruven matar plastgranulaten framåt.

7.3.2 Naturgasersättning

På kort sikt är det ej möjligt att använda naturgas i processen. Efter FoU-arbete är det dock troligen möjligt att direktvärma formsprutornas cylindrar med naturgas.

7.4 POTENTIALUPPSKATTNING

Kemiindustrins totala elanvändning uppgick till 6 819 GWh år 1986. Cirka 90 % av dessa eller 6 200 GWh uppskattas ha förbrukats inom planerat naturgasområde.

Den kemiska basindustrin är den tyngsta ur elanvändningssynpunkt. Hur elenergin fördelar sig på olika processer framgår av nedanstående diagram.

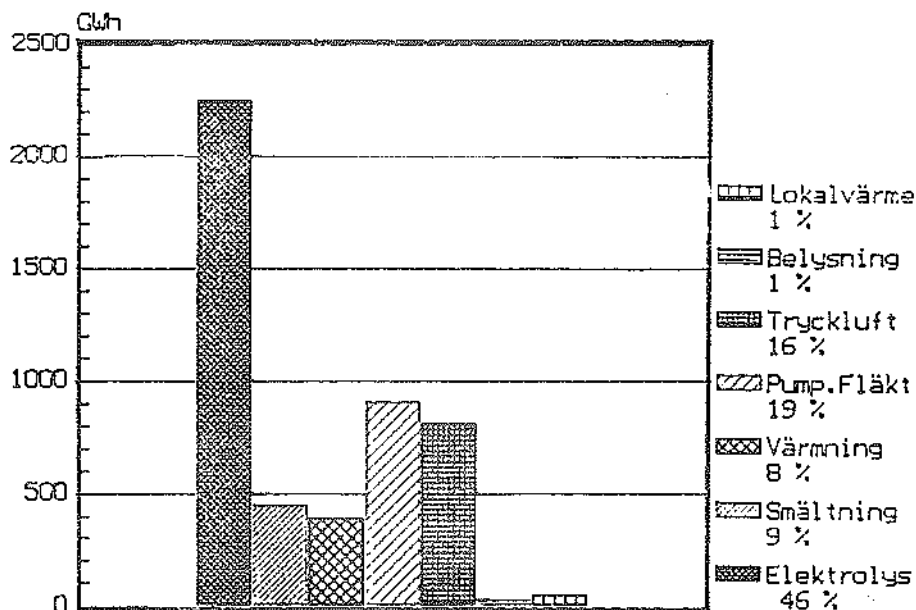


Bild 7.5:

Den elanvändning inom kemibranschen som teoretiskt kan ersättas med naturgas är el för olika värmeprocesser, vilket ger en potential på närmare 500 GWh. Tidigare utredningar på ÅF har emellertid visat att elersättningspotentialen inom kemisk basindustri uppgår till cirka 100 GWh och för övrig kemisk industri är potentialen av samma storleksordning.

Kemikontorets egna uppskattningar säger att 4 % av elenergin kan ersättas med bränslen, dvs 250 GWh. Totalt rör det sig alltså om en elersättningspotential på 200-300 GWh.

8

JORD- OCH STENVARUINDUSTRI

Bransch : Jord- och stenvaruindustri SNI 36
 Industri :
 Energi (1986) : 6 770 GWh
 El (1986) : 1 210 GWh
 Elandel av saluvärde: 2,5 %
 Antal arbetsställen : 392 st

Jord- och stenvaruindustrin omfattar glas-, porslins-, cement- och kalk- samt tegelindustrin. Av kartan framgår dess geografiska spridning.

MINERALVARUINDUSTRI 1983
 Sysselsättning fördelad på kommun.

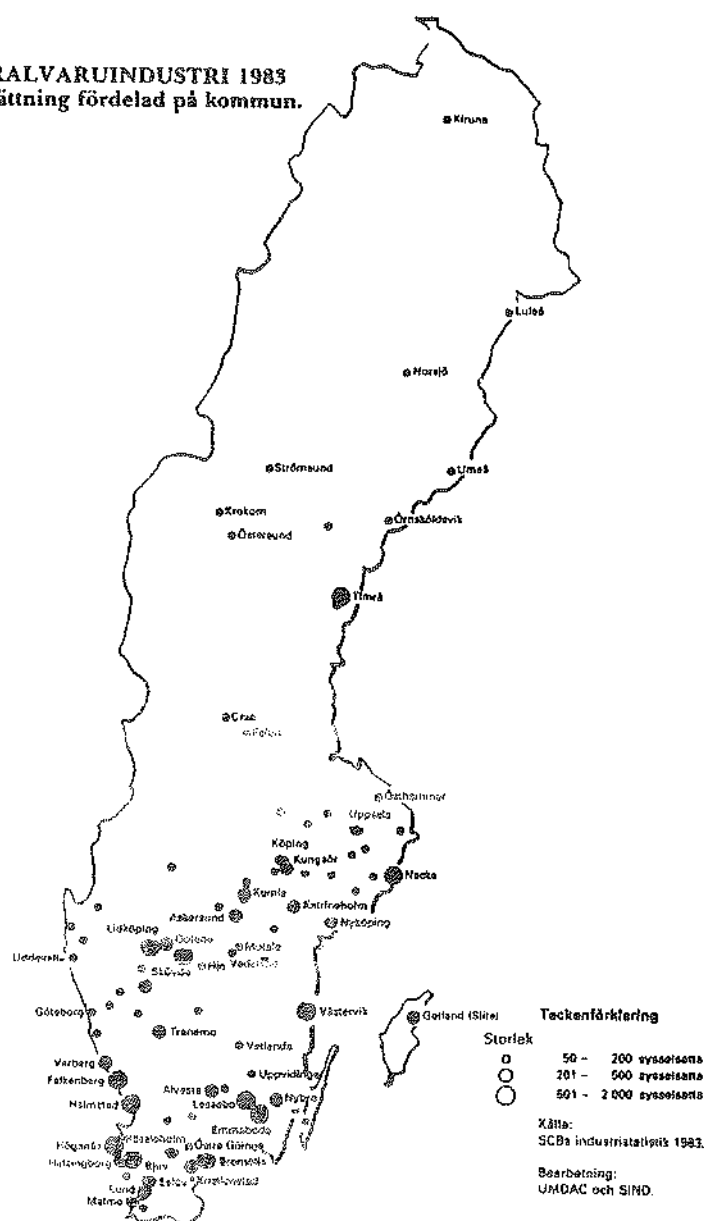


Bild 8.1: Mineralvaru- (=Jord o.sten) industrins
 lokalisering 1983

Källa: Sveriges Industri, Industriförbundets förlag

8.1 PORSLIN OCH LERGODS

Bransch : Jord- och stenvaruindustri SNI 3610
 Industri : Porslin o. Lergods
 Energi (1986) : 230 GWh
 El (1986) : 106 GWh
 Elandel av saluvärde: 2,5 %
 Antal arbetsställen : 18 st

8.1.1 Elprocesser

Elenergien används främst till olika motorer i processen, t ex kvarnar och transportörer samt till fläktar och torkar.

Inom porslins- och lergodsindustrin används även elångpannor och elugnar.

Bilden föreställer en gaseldad vagnugn för bränning av keramiskt gods. Godset torkas och bränns vid en maxtemperatur på 1 400 °C. De två brännarna i den ena väggen och med en utströmningshastighet på 60 m/s fås en god värme överföring och temperaturjämnhet i ugnen.

Ugnen på bilden har ej tidigare varit uppvärmd med elenergi. Den har däremot konverterats till gaseldade rekuperativa brännare från bränsle.

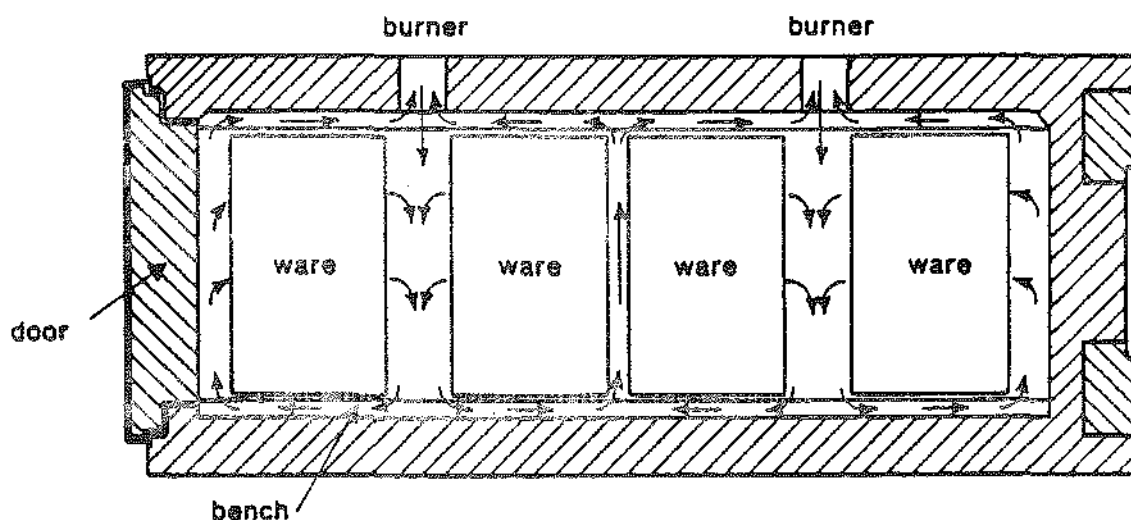


Bild 8.2: Vagnugn för bränning av eldfast gods
 Källa: Rekuperativa och regenerativa brännare
 industriella processer, Värmeforsk

Om de eleldade ugnarna skall konverteras till gas krävs det ett fullständigt byte av utrustning.

8.2 GLAS- OCH GLASVARUINDUSTRI

Bransch	: Jord- och stenvaruindustri	SNI 3620
Industri	: Glas och Glasvaruindustri	
Energi (1986)	: 1 017 GWh	
El (1986)	: 194 GWh	
Elandel av saluvärde:	2,1 %	
Antal arbetsställen	: 43 st	

Glas- och glasvaruindustri delas upp i hushålls- och prydnadsglas samt annan glasvaruindustri, vilken domineras av planglas- och förpackningsglastillverkning.

Störst elförbrukare är planglas-, förpackningsglas- och glasfibertillverkningen vilken svarar för 85 % av glasindustrins elanvändning.

8.2.1 Elprocesser

Inom planglasindustrin används den produktionsrelaterade elenergin huvudsakligen till tennbadet samt den plasmprocess, magnetron sputteringsprocessen, vid vilken glaset beläggs med ett metallskikt.

Eleenergin används även till stödvärmning av glaskanter vid avkylning, till fläktmotorer, konvejerdrift samt oljeförvärmning. Inom förpackningsindustrin används 90 % av den produktionsrelaterade elenergin till glassmältning och avspänning. Total energianvändning för glassmältning är dock uppdelat på 90 % olja och 10 % el.

Inom den manuella glasindustrin används den produktionsrelaterade elenergin till elugnar för smältning och varmhållning av glas samt för kylrören.

8.2.2 Processbeskrivning av ugnar

De ugnar som används inom glasindustrin delas in efter deras användningsområde:

- smältugnar (smälta glaset)
- kylugnar (kontrollerad avspänning)
- invärmningsugnar (uppvärmning av glaset under bearbetning)
- tempereringsugnar (förvärmning av deglarna)

Smältugnar

Degelugn: Glassmältan förvaras i en degel som placeras i en smältugn. Dessa är vanligen oljeeldade, men det finns gasol- och eluppvärmda ugnar.

Ugnen används mycket av de manuella glasbruken.

Vannor: Glaset smälts i bassänger infodrade med eldfasta vanna-block. Det finns dagvannor och kontinuerliga vannor. De flesta är oljeeldade, men det finns även eluppvärmda vannor. De elektriskt uppvärmda vannorna är dyra men ger både ökad kapacitet och kvalitet på produkterna.

För att öka ugnskapaciteten på oljeeldade ugnar kan man tillföra elektrisk energi, s k electric boosting.

Kylugnar

Det finns både satsvisa kammarugnar och kontinuerliga tunnelugnar. Tunnelugnarn är vanligast på grund av sin höga kapacitet. Uppvärmningen är oftast elektrisk men det finns även gasol- och oljeeldade ugnar samt kombinationer av dessa. Värmeöverföringen sker med konvektion genom att en fläkt cirkulerar varmluften inne i ugnen.

8.2.3 Naturgasalternativ

Naturgasen har sin största potential i glassmältugnarna. Inom branschen rör det sig då kanske främst om oljeersättning, även om det finns en del elsmältugnar. (Naturgas har en lägre strålningsvärme än olja varför förbränningstemperaturen måste bli högre, så även NO_x-utsläppen.)

För att smälta glas fordras temperaturer i storleksordningen 1400 °C och för att nå dit måste avgasernas temperatur vara ännu högre. Med de höga temperaturnivåerna kommer det även att finnas en hel del spillvärme att ta vara på efter ugnen.

Nedanstående figur visar en naturgaseldad smältugn med regenerativ gasbrännare.

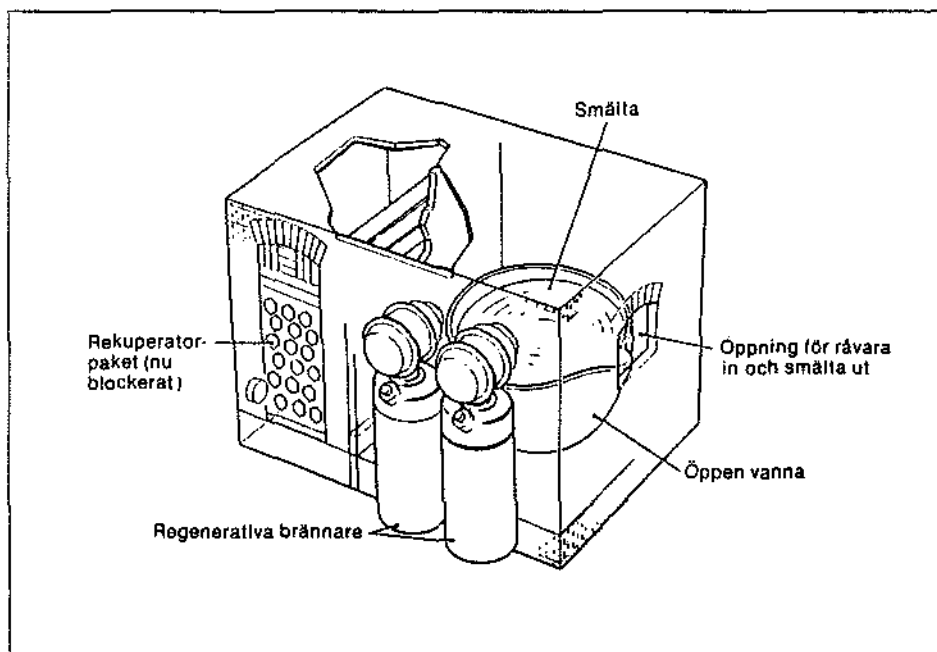


Bild 8.3: Glassmältugn med regenerativ gasbrännare
Källa: Industriell naturgasteknik

8.3 TEGELINDUSTRI

Bransch : Jord- och stenvaruindustri SNI 3691
Industri : Tegelindustri
Energi (1986) : 300 GWh
El (1986) : 45 GWh
Elandel av saluvärde: 2,3 %
Antal arbetsställen : 21 st

Liksom inom porslins- och lergodsindustrin används tegelindustrins elenergin huvudsakligen till motorer av olika slag för kvarnar och transporter.

De ugnar man använder för att bränna teglet är vanligen oljeeldade, det finns även gasoeldade ugnar.

Någon elersättning med naturgas är ej uppenbar.

8.4 CEMENT- OCH KALKINDUSTRI

Bransch	: Jord- och stenvaruindustri	SNI 3692
Industri	: Cement- och kalkindustri	
Energi (1986)	: 3 107 GWh	
El (1986)	: 310 GWh	
Elandel av saluvärde:	5,6 %	
Antal arbetsställen	: 13 st	

Inom jord- och stenvaruindustrin har cement- och kalkindustrin den största specifika elkostnaden med 5,6 % av saluvärdet. Elanvändningen domineras emellertid av mekanisk bearbetning samt motorer av olika slag och är därför ej intressant ur naturgas-synpunkt.

8.5 POTENTIALUPPSKATTNING

Jord- och stenvaruindustrins elanvändning uppgick till totalt 1 210 GWh år 1986. Av dessa förbrukades cirka 75 % eller 920 GWh inom naturgasplanerat området.

Av tabellen nedan framgår hur elanvändningen fördelade sig på olika processer.

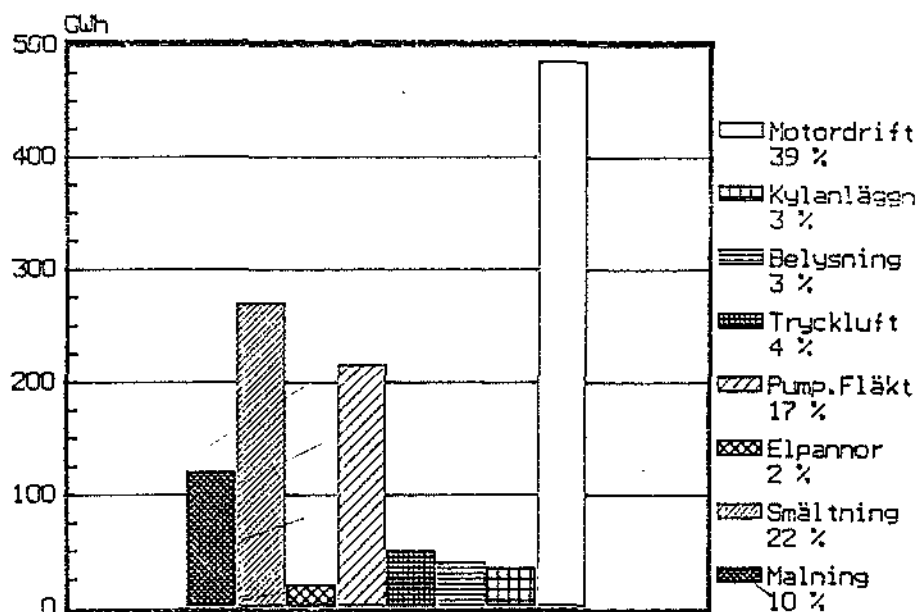


Bild 8.4: Jord- och stenvaruindustrins elanvändning
Källa: Elpriser och svensk industri, STEV 1988:7

Som framgår används cirka 20 % av elenergin till smältning av olika slag. Teoretiskt ger det en maximal naturgaspotential på cirka 180 GWh inom naturgasplanerat område. Var den elenergi som används i keramiska elbrännugnar hamnar framgår ej.

Liknande utredningar anger en lägre potential. Potentialen blir större om man gör uppskattningen ur ett längre tidsperspektiv, då byte av utrustning medför att övergång till naturgas blir mer ekonomiskt motiverad.

9 ICKE JÄRNMETALLVERK

9.1 ICKE JÄRNMETALLVERK

Bransch	: Icke järnmetallverk	SNI 3720
Industri	: Icke järnmetallverk	
Energi (1986)	: 3 703 GWh	
El (1986)	: 2 369 GWh	
Elandel av saluvärde:	3,5 %	
Antal arbetsställen	: 80 st (inkl gjuterier)	

Vid icke järnmetallverken produceras huvudsakligen aluminium, koppar och bly. Det är också dessa metaller som är av största betydelse ur elanvändningssynpunkt.

ÖVRIG METALLINDUSTRI 1983
Sysselsättning fördelad på kommun.

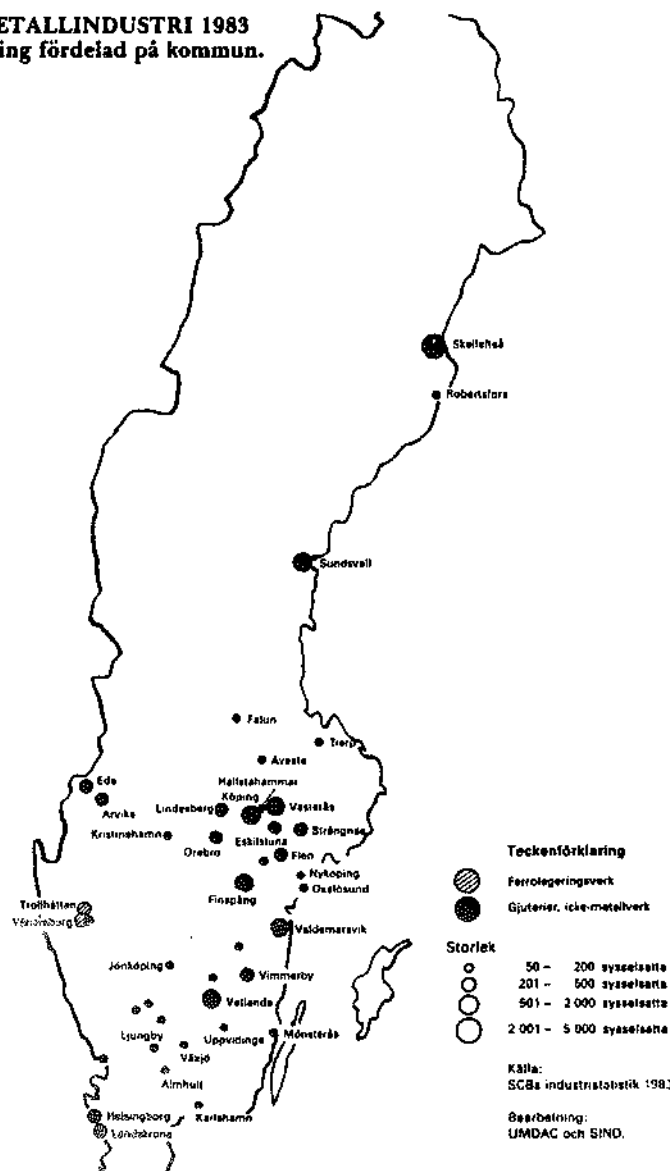


Bild 9.1: Icke järnmetallverkens lokalisering 1983

Källa: Sveriges Industri, Industriförbundets förlag

9.1.1 Elprocesser

Över hälften av branschens elenergiförbrukning används vid framställning av aluminium. Ur aluminiumoxid framställs s k primär-aluminium genom smältelektrolys. Processen kan ej ersättas med naturgas. En allt större del av aluminiumframställningen sker genom omsmältning av aluminiumskrot till s k sekundär-aluminium.

Vid bly- och kopparframställning finns två processalternativ: smältning i elugn och smältning i kaldoughn.

9.1.2 Kopparframställning

Vid kopparframställning domineras elanvändningen av elsmältning. Smältningen, som kan genomföras i masugn, flamugn, elektrisk eller autogen smältning, är en av fyra delmoment för framställning av koppar.

1. Rostning - oxidering svavel och andra föroreningar i kopparsligen samt torkning och värming av sligen före smältning.
2. Smältning - kopparsligen smälts, kopparskärstenen skiljs från slaggen.
3. Konvertering - avlägsna järn, svavel m fl föroreningar från kopparn.
4. Raffinering - elektrolysprocess vid vilken man uppnår koppar-metall med 99,9 % renhet samtidigt som man kan ta tillvara värdefulla biprodukter.

Masugnen var tidigare den vanligaste metoden för smältning av kopparsligen. På senare tid har den kommit att ersättas av nya metoder, bland annat elugnar. I bilden visas en elektrisk ugn. Strömmen förs ned i slaggbadet genom kraftiga elektroder. Genom det elektriska motståndet i slaggbadet utvecklas erforderlig värme.

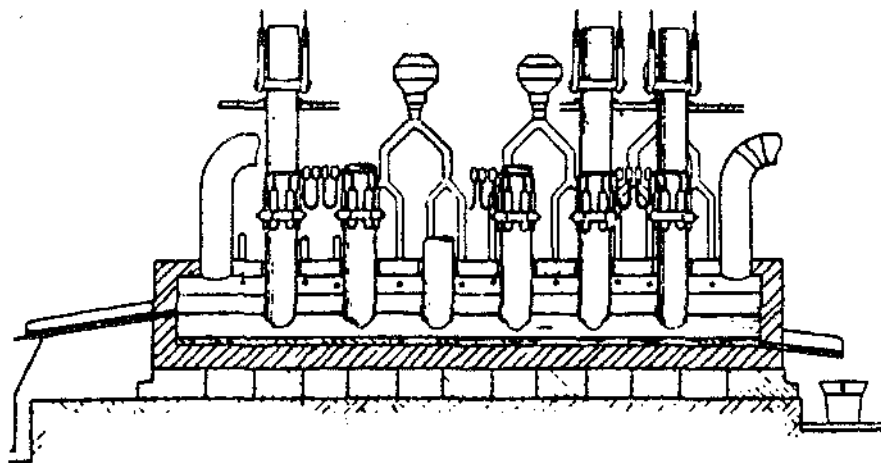


Bild 9.2: Elugn för kopparsmältning

Källa: Kompendium metallurgiska processer, KTH

9.1.3 Blyframställning

Även vid blyframställning används elugnar i viss utsträckning. Bly framställs i tre steg:

1. Borttagande av svavel
2. Smältning av metallen
3. Borttagande av övriga föroreningar - raffinering

Smältugnarna kan vara olje-, gas- eller eluppvärmda. Elugnen tillämpar samma princip som den för kopparframställning. Elektroder är neddoppade i slaggsiktet och genom slaggens elektriska motstånd utvecklas värme i badet.

9.1.4 Aluminiumframställning

Primäraluminium framställs genom elektrolys, en process som ej kan ersättas.

En allt ökande grad av aluminium framställs genom omsmältning av aluminiumskrot, s k sekundäraluminium. Det sker i elugnar liknande den för koppar- och blysmältning. Sekundäraluminium har sämre kvalitet än primäraluminium.

Den produktionsrelaterade elanvändningen för branschen fördelade sig 1983 enligt nedanstående tabell.

Smälteelektrolys	63 %
Elsmältning	21 %
Värmning	4 %
Belysning, pumpar, fläktar och övriga motordrifter	11 %
Lokalvärme	1 %
Summa	100 %

(Källa: SCB, ÅF)

Som synes domineras elanvändningen av smälteelektrolysen - en process som ej kan använda några alternativa energislag.

För elsmältning används induktionsugnar eller motståndsupnar. Elersättning med naturgas i dessa ugnar behandlas i nästa avsnitt i samband med värmebehandlingar inom verkstadsindustrin. I nedanstående bild presenteras även en naturgaseldad degelugn för smältning och varmhållning av aluminium eller brons

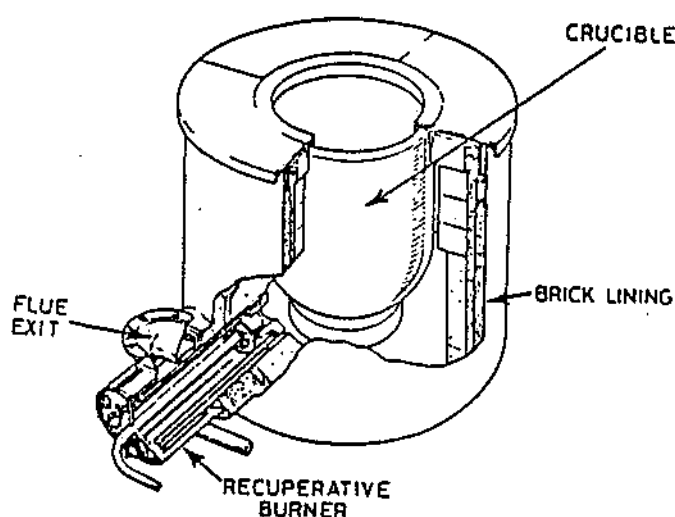


Bild 9.3: Degelugn med rekuperativa brännare
Källa: Rekuperativa och regenerativa brännare
i industriella processer

Nästa bild föreställer ett snitt av den rekuperativa brännare som använts i ugnen.

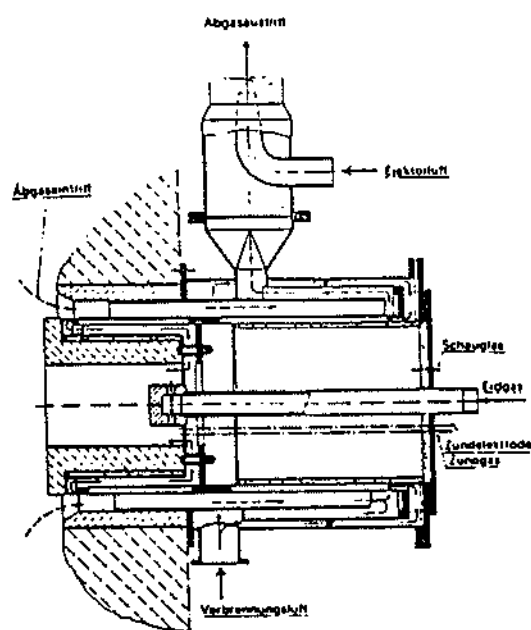


Bild 9.4: Rekuperativa brännare

Källa: Rekuperativa och regenerativa brännare
i industriella processer

Ersättning med naturgas i elsmältugnar är teoretiskt genomförbart men är i dagsläget inte tekniskt eller ekonomiskt motiverad.

9.2 POTENTIALUPPSKATTNING

Ur kartan som visar icke järnmetallverkens lokalisering i Sverige kan grovt uppskattas att cirka 70 % av dessa faller inom naturgasplanerat området. Med tidigare använda schablon medför det att av den totala elanvändningen på 2 369 GWh förbrukades cirka 1 660 GWh inom blivande naturgasområde.

Nedanstående diagram visar elanvändningens ungefärliga fördelning mellan olika processer.

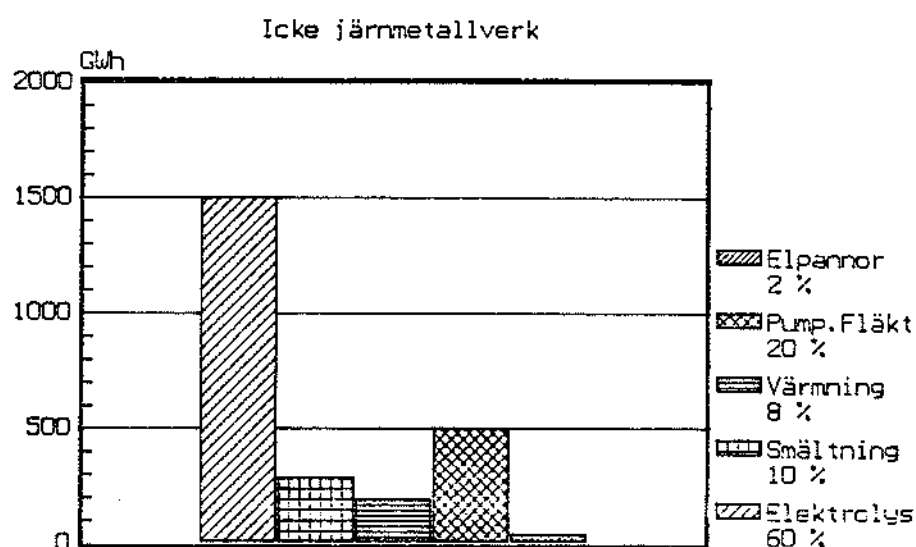


Bild 9.5: Icke järnmetallverkens elanvändning

Källa: Elpriser och Svensk industri, STEV 1988:7

Den elanvändning som kan ersättas med naturgas är främst värmning. Det ger en naturgaspotential på cirka 130 GWh. Teoretiskt kan även elsmältprocesserna konverteras men det är ej tekniskt eller ekonomiskt motiverat i dagsläget.

10 VERKSTADSINDUSTRI

10.1 VERKSTADSINDUSTRI

Bransch	: VERKSTADSINDUSTRI	SNI 38
Industri	: Verkstadsindustri	
Energi (1986)	: 13 471 GWh	
El (1986)	: 6 605 GWh	
Elandel av saluvärde:	0,8 %	
Antal arbetsställen	: 3 823 st	

Verkstadsindustrin omfattar metallvaruindustrin som vidareförädlar metaller till olika produkter, maskin- och transportindustri som tillverkar detaljer till olika maskiner och utrustningar som har med transporter att göra samt elektroindustrin. Transportmedelsindustrin svarar för cirka en tredjedel av verkstadsindustrins elanvändning.

10.1.1 Elanvändning

En stor del av verkstadsindustrins elanvändning går till ren motordrift men även till olika värmebehandlings-, ytbehandlings- och torkprocesser.

Elanvändning i specifika processer förekommer också inom vissa anläggningar, t ex induktionshärdning, limning, smältning, värmning m m.

På följande sidor beskrivs olika värmebehandlingar som idag helt eller delvis använder elenergi och som kan konverteras till naturgas.

10.1.2 Induktionsvärmning

En spole omger godset som skall värmas eller händas. När växelström leds genom spolen uppstår ett magnetfält omkring den som i sin tur inducerar virvelströmmar i godset. På grund av elektriskt motstånd i materialet utvecklas det värme som är proportionell mot strömmen i spolen.

Induktionsvärmning används när det finns krav på en snabb upphettning av ytskiktet utan någon vidare värmetransport in i materialet. Metoden används oftast vid ythändning.

Induktionsvärmning används också vid värmning för hårdlödning av t ex hårdmetallskär på verktyg, för glödning, anlöpning m m.

Vid all industrivärmning är det lättast att nå önskad temperaturfördelning om ämnet som skall värmas har en enkel form t ex en rund stång eller platta. Det går att bygga induktiva värmare till andra former men det är betydligt mer komplicerat.

Nedan visas en detaljbild över induktiv axelhändning.

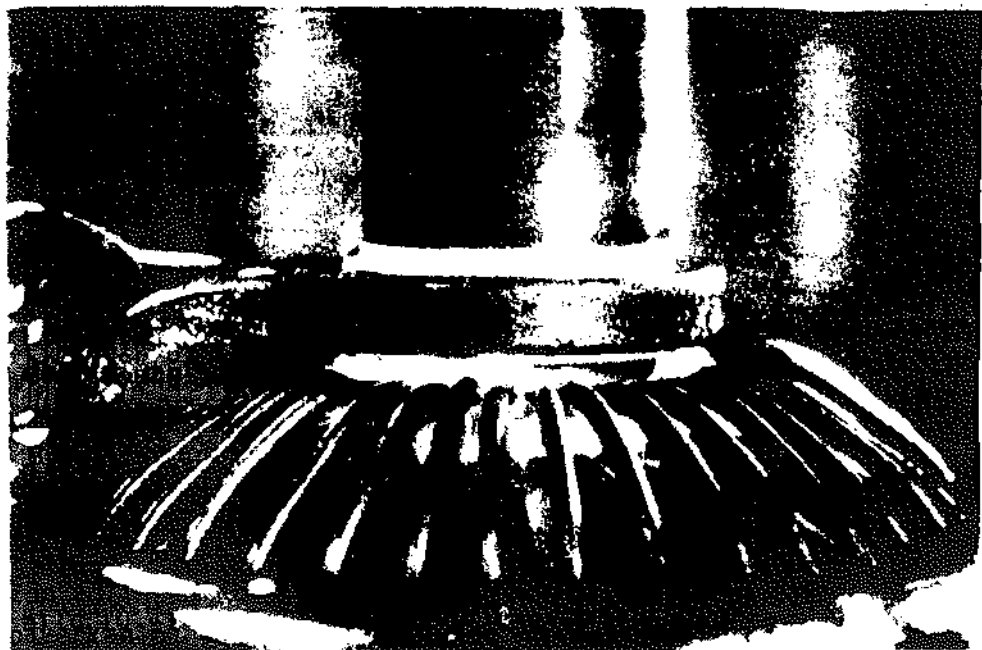


Bild 10.1: Progressiv induktionshändning av axel
Källa: Kompendium i värme och ugnsteknik, KTH

Axeln matas med konstant hastighet ner genom induktorn och värms till härdningstemperatur. Omedelbart nedanför värmaren sitter en kyldusch som skickar strålar med härdvätska mot axeln i lämplig vinkel.

Naturgasalternativ

1) Höghastighetsbrännare:

Höghastighetsbrännare är känd teknik för värmning av gods sedan många år. I nedanstående bild finns en skiss över dess principiella utformning.

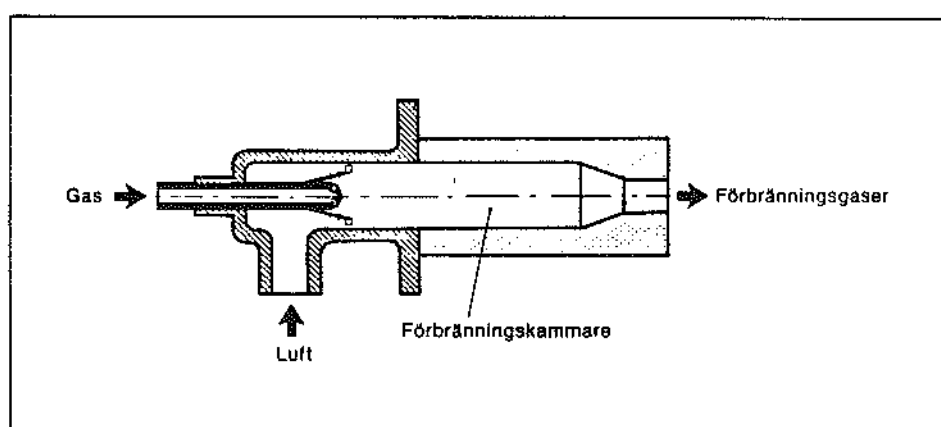


Bild 10.2: Principutformning av höghastighetsbrännare
Källa: Industriell naturgasteknik

Förbränningen sker i förbränningskammaren som har formen av en tunnel. Geometrin på förbränningskammarens öppning styr utströmningshastigheten.

Avgasstrålen lämnar munstycket med en hastighet på 120 m/s, ibland upp till 150 m/s. Ett problem är det buller som den höga hastigheten förorsakar.

Höghastighetsbrännaren är ett alternativ till induktionshärdning, när det inte ställs några speciella krav på atmosfären. Hastigheten på gasstrålen medför en kraftig turbulens som ökar konvektionen, vilket ger en snabb uppvärmning av ytan. För att ge en jämn temperatur fordras att flera brännare monteras enligt vissa mönster.

2) Fluidbädd

Godset härdas i en fluidbädd. I ugnsrummet fluidiseras sand av en luft/gas-ström. Sanden bör ha en diameter omkring 0,1-1,0 mm. Produkten som skall ythärdas placeras i en korg som sänks ned i bädden. Gas/luft-blandningen förbränns inne i ugnsrummet och värmer upp sanden. Sanden överför sedan snabbt och effektivt sin värme till godset. På grund av sandens rörelse blir värmen jämnt fördelad oberoende av produktens geometri.

Atmosfären i ugnen kan anpassad till såväl neutral värmning som för hårdmetoderna nitrering och uppkolning.

Att ythärda i fluidbädd har många fördelar gentemot induktionshårdning. Den är flexibel i den bemärkelsen att den ej är bunden till en viss geometrisk form på godset. En induktionshärdningsanordning ställs in till en speciell geometrisk form. Kravet på omställning gör att den lämpar sig bäst för för massproduktion av en produkt.

I fluidbädden värms metallen upp genom traditionell värmeöverföring vilket alla material är mottagliga för. Det är inte alla stållegeringar och material som lämpar sig för induktionsvärmning.

Fluidbädden är ej begränsad till något speciellt bränsle och kan därför använda naturgas såväl som andra bränslen av beredskapsskäl.

Fluidbädden är ett lämpligt alternativ både tekniskt och ekonomiskt till alla hårdverkstäder och mekaniska verkstäder som härdar olika produkter i korta serier.

10.1.3 Skyddsgasprocesser

Vissa värmebehandlingsprocesser sker i eluppvärmda ugnar i en kontrollerad atmosfär. Orsaken är att man vill undvika den ytpåverkan på värmgodset som uppstår i en bränsleeldad flamugn eller att atmosfären innehåller ämnen som skall reagera med det behandlade materialet.

Vakuumugnar är som tidigare nämnts vanligen eluppvärmda. Hur värmeelementen placeras i ugnen ges exempel på i nedanstående skiss och bild. Som värmeelement används här grafikstavar eller molybden-element.

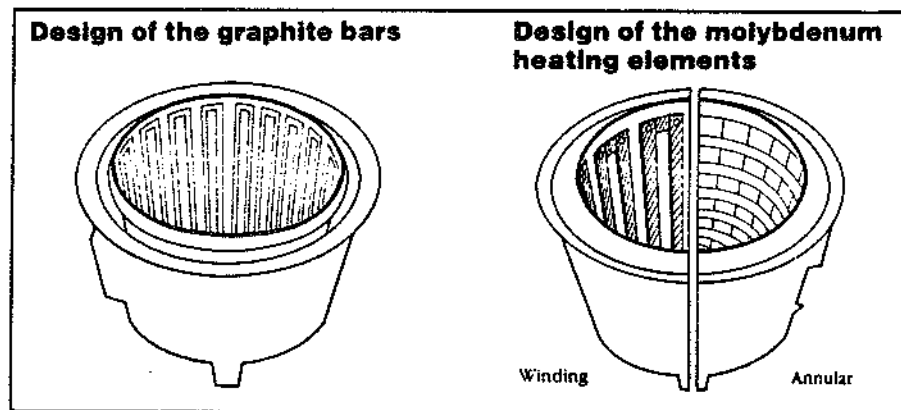


Bild 10.3: Värmeelementens placering i motståndsuppvärmd vakuumugn
Källa: IPSEN, produktbroschyr

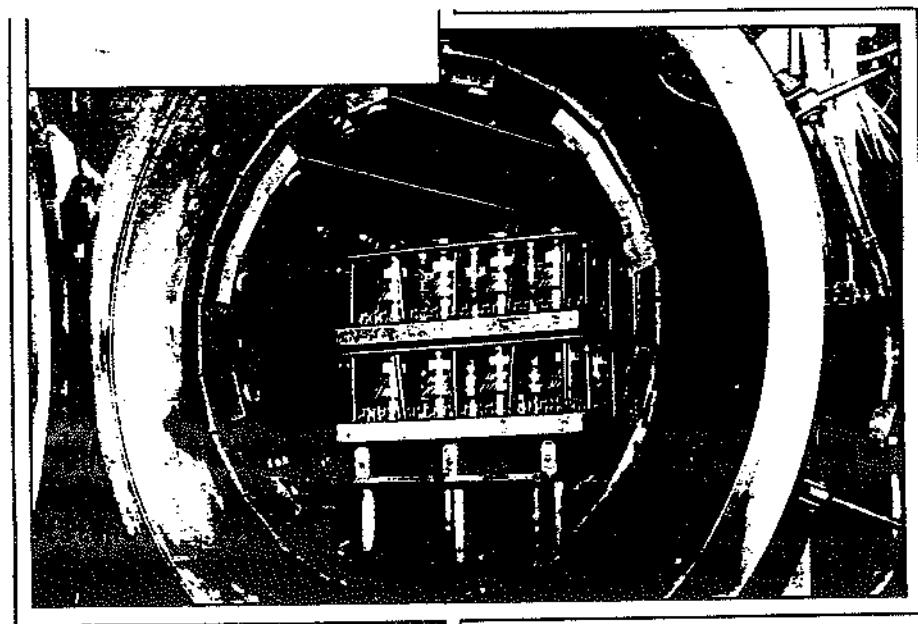


Bild 10.4: Molybden-element i vakuumugn
Källa: IPSEN, produktbroschyr

Naturgasalternativ

Den eluppvärmda skyddsgasprocessen har två naturgasalternativ.

1) Direkteldad naturgasugn

Kan användas i de fall man vill ha en uppkolande, oxiderande eller neutral atmosfär i ugnen. Förbränningen måste i vissa fall vara understökiometrisk och på grund av risk för sot kräver processen i så fall speciella brännare.

2) Naturgaseldade strålningstuber

I stället för att värma ugnen med elektrisk strålningsvärme (motståndselement) kan naturgaseldade strålningstuber användas. Strålningsröret kan utföras i en stållegering och klarar då temperaturer upp till 1 000-1 100 °C. Erfordras högre temperaturer måste flamröret göras i ett keramiskt material.

Strålningsröret kan utformas på olika sätt. Nedan visas ett rakt strålningsrör.

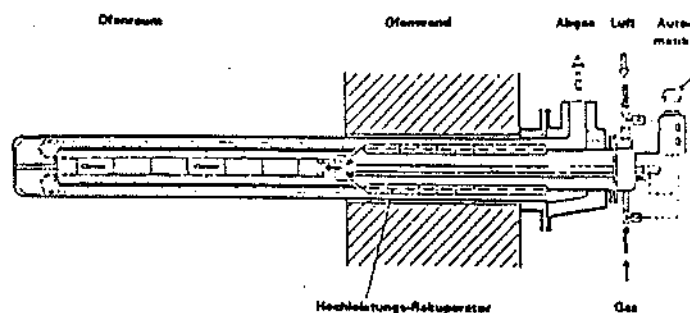


Bild 10.5: Rakt strålningsrör med flamrör av keramiskt material
Källa: Rekuperativa och regenerativa brännare i industriella processer, Värmeforsk

Strålningsrören kan monteras i värmebehandlingsugnar på olika sätt. Nedan visas två exempel.

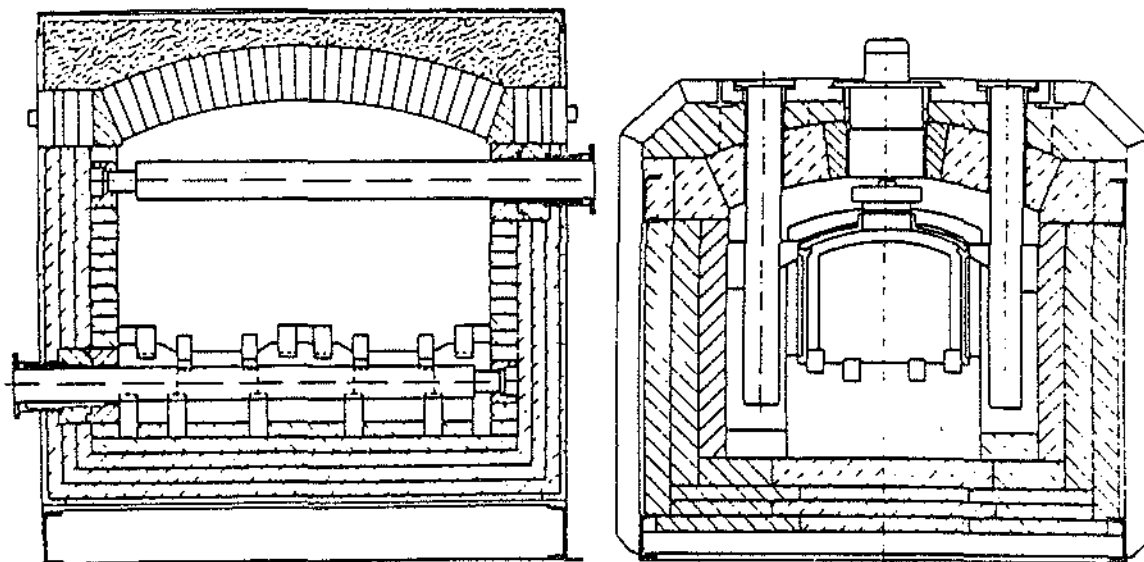


Bild 10.6: Strålningsrör vertikalt och horisontalt monterade i värmebehandlingsugnar
Källa: Rekuperativa och regenerativa brännare i industriella processer, Värmeforsk

Att elda i ett rör och utnyttja den strålningsvärme det upphettade röret ger är i princip samma idé som eluppvärmning med motståndselement bygger på. Rent tekniskt och teoretiskt kan alla motståndsuppvärmda elprocesser konverteras till bränsleeldade strålningstuber.

10.1.4 Övriga värmnings/värmebehandlingsprocesser

Naturgas kan användas i de flesta typer av värmnings-, varmhållnings- eller värmebehandlingsprocesser som ej kräver någon speciell atmosfär, t ex krackad ammoniak. Exempel på processer är normalisering, avspänning, mjukglödning m fl.

I nedanstående bild visas en direktverkande rekuperativ brännare applicerad på en kammarugn för värmebehandling. I den kan bl a glödning, normalisering, anlöpning och seghärdning av stål och metaller utföras. Den har en maxvolym på 4 ton/charge och ett temperaturintervall på 250-1 100 °C.

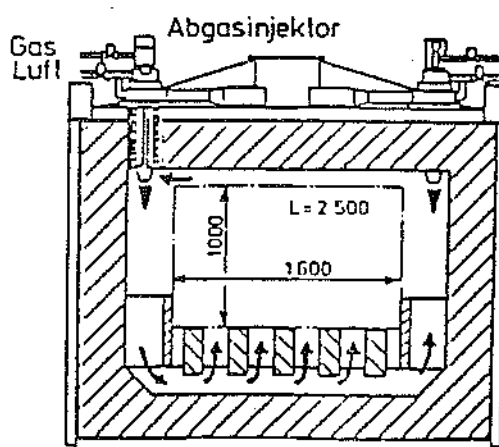


Bild 10.7: Naturgaseldad kammarugn för värmebehandling
Källa: Rekuperativa och regenerativa brännare i industriella processer, Värmeforsk

10.1.5 Torkugnar

De flesta torkugnar för lacktorkning i Sverige idag använder främst lättolja som bränsle. Inom vissa områden, t ex inom flygplansindustrin samt för vissa hårdlacker används emellertid el-energi. Det har en direkt koppling till produktkvaliteten. De produktions- och miljötekniska fördelar som kan uppnås med el-energi kan även uppnås med gas. Utomlands är det vanligt att lacktorkning inom t ex bilindustrin sker med naturgas.

Bilden föreställer en personbil vars lack härdas och torkas med eluppvärmda IR-strålare. Vid konvertering från oljeuppvärmd till el kortade man torktiden från 30 min till 7 min och ugnslängden från 36 m till 6 m. Dessutom förbättrades arbetsmiljön väsentligt.

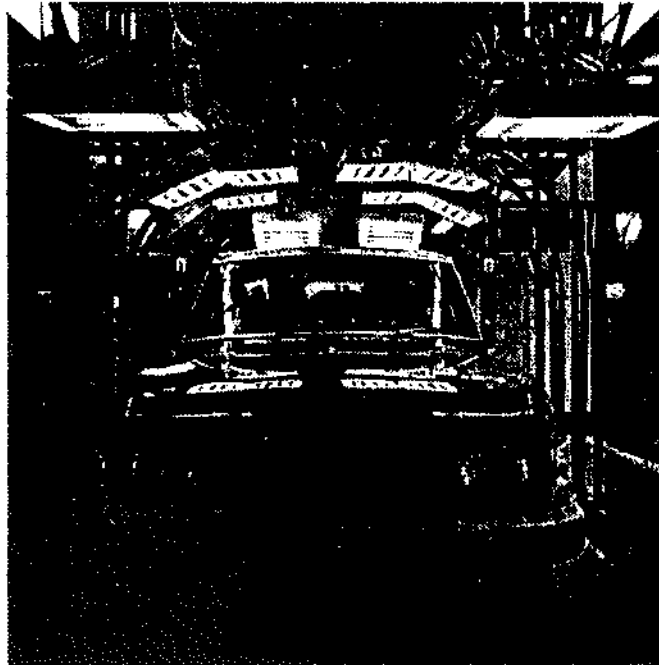


Bild 10.8: IR-lacktork, SAAB-Scania, Trollhättan
Källa: Infraröd Teknik AB

Skiss över IR-robot för torkning av färgmaterial vid lackering av hel bil eller delar av bil vid lackreparationsverkstäder.

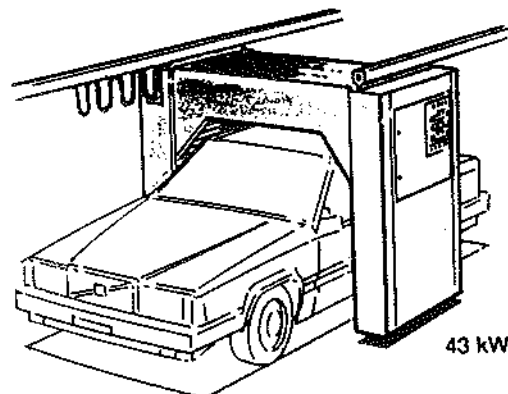


Bild 10.9: IR-robot
Källa: Industrial Heating AB

Naturgasalternativ

Strålningstub

I de fall man ej kan acceptera flammor inne i ugnsrummet, är strålningstuben det primära alternativet.

Porous wall (Porös vägg)

Bränsle och luft pressas tillsammans genom små hål i en keramisk platta och förbränns. Plattan värms upp och ger en jämn värmeöverföring via strålningsvärme på ett par hundra grader. Den lämpar sig väl för att torka billack. Den har dessutom den fördelen att eventuella kolväten från lösningsmedlen kan brännas, vilket innebär minskade kolväteutsläpp.

10.1.6 Saltbadsugnar

Värmebehandling i saltbad är en mycket mångsidig behandlingsmetod som är användbar för en lång rad värmebehandlingsmetoder, t ex sätthårdning, anlöpning, bainithårdning etc. Fördelar är den höga värmeöverföringen och att godset effektivt skyddas mot glödska-bildning och avkolning.

Saltbadsugnarnas stora nackdelar är dels arbetsmiljömässiga (ångor från saltbadet), dels säkerhetsaspekter (risk för explosioner).

Man skiljer mellan låg-, mellan- och högtemperatursaltbadsugnar. Lågtemperaturugnarna är vanligen värmda indirekt med olja, gas eller motståndselement medan mellan- och högtemperaturugnarna vanligen värms med elektroder neddoppade i saltbadet.

Bilderna nedan visar två saltbadsugnar. Den första är en lågtemperaturugn. De elektriska motståndselementen (heatingelement) är lindade kring degeln med saltsmältan.

Bilden till höger föreställer en saltbadsugn för högtemperatursalter. Den värms med två elektroder (alloyelectrode) som är placerade nära ena ugnsväggen. Båda elektroderna är placerade nära varandra för att man bl a skall erhålla en omrörning av saltsmältan med hjälp av de elektrodynamiska krafter som uppstår omkring elektroderna. Elektroden består av en stållegering.

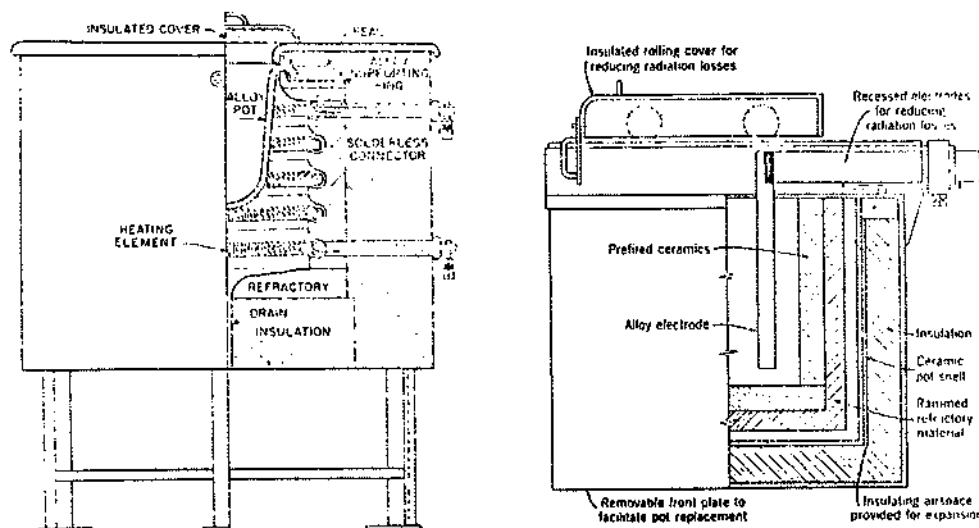


Bild 10.11: Saltbadsugn för lågtemperatur- (tv) och för högtemperatursalter (th)

Källa: Kompendium i värme- och ugnsteknik, KTH

Naturgasalternativ

I många processer kan saltbadsugnar direkt ersättas med fluidiserade bäddar - vilket direkt medför stora arbetsmiljövinster.

I de fall där saltbadet av kvalitetsskäl ej kan ersättas med en annan process, kan elektroderna ersättas med naturgaseldade immersionsrörvärmare. Den är en doppvärmare där värmeväxlingen sker mellan de heta avgaserna och den omgivande vätskan. Den består av en brännare, förbränningskammare och ett värmeväxlarrör. Värmeväxlarröret utformas efter vätsketankens geometri.

I nedanstående bild visas en immersionsrörvärmare utformad för en lång och grund tank. Det framgår att principen är densamma som för en strålningstub.

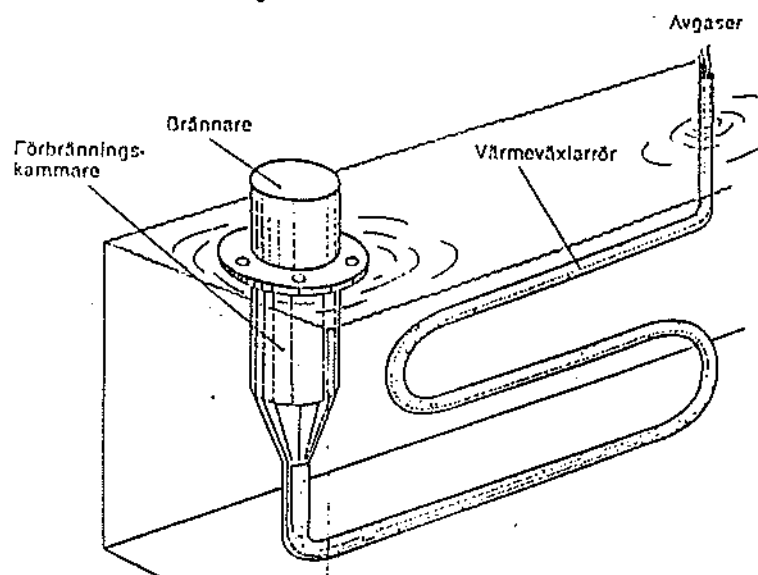


Bild 10.12: Immersionsrörvärmare
Källa: Industriell naturgasteknik

Dess verkningsgrad är beroende av förhållandet mellan värmeväxlarrörets längd och diameter.

10.2 POTENTIALUPPSKATTNING

Inom verkstadsindustrin förbrukades 6605 GWh per år 1986, varav ca 85 % eller 5614 GWh el användes inom naturgasplanerat område.

Hur elenergin fördelas på olika enheter inom branschen redovisas i nedanstående tabell:

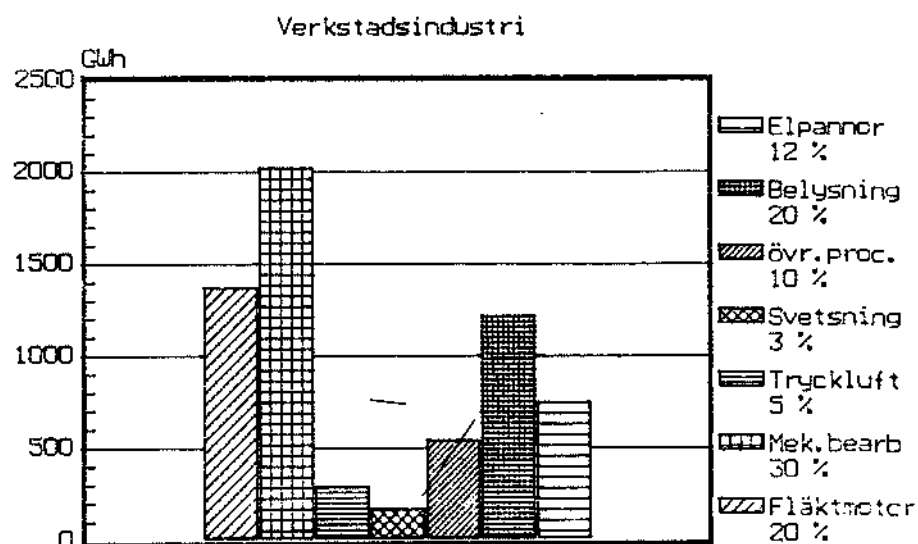


Bild 10.13: Verkstadsindustrins elanvändning

Källa: Elpriser och svensk industri STEV 1988:7

Verkstadsindustrin är en mycket heterogen bransch, och det är därför svårt att göra någon generell potentialbedömning ur ovanstående uppgifter.

I tidigare utredningar inom ÅF-Energikonsult sedan hösten 1987 har emellertid följande potentialuppskattningar gjorts:

Industri	Elförbrukning (1985) (GWh)	Naturgaspotential i processer (GWh)
Metallvaru	1493	90
Maskin	1565	70
Elektro	1219	20
Transportmedel	1981	150
Instrument,foto, optik etc	88	?
Summa 1985	6346 GWh	ca 330 GWh

Sammanfattningsvis har cirka 5 % av verkstadsindustrins elanvändning bedömts kunna ersättas med naturgas.

En sammanställning av de elprocesser med naturgas-
alternativ som finns presenterade i rapporten

Sammanfattning - elprocesser med naturgasalternativ per industri

Industri	SNI	Elprocess	Naturgasalternativ
Slakteri och charkuteri	3111	Värmeprocesser -fritöser, stekbord etc	Naturgasuppvärmda fritöser, stekbord etc
Mejeri	3112	Indunstning med ånga	Ånga framställd med naturgas
		Torkning med ånga	"_ Direkt torkning av mjölk med naturgas
		Hetvatten	Upphettnings med immersionsrörvärmare
Olja och fett	3115	-	-
Bageri och kvarn	3117	Jäsbanor, elugnar	Naturgaseldade ugnar
		Torkning av spannmål	Gasvärmad spannmålstork
Textil	32	Torkning av textilgarn	Ångtorkning, naturgasframställd Direkt torkning med naturgas IR-strålar, naturgaseldade
		Upphettnings av bad	Immersionsrörvärmare, direkt eller indirekt
Massa och papper	34	Torkning av papper via - ånga - IR-strålar (el)	Ånga framställd med naturgas Naturgaseldade IR-strålar
Plastvaru	3560	(Smältning o. formning)	På sikt naturgassmältning
Porslin och lergods	3610	Elångpannor	Naturgaseldade ångpannor
		Elugnar	Naturgaseldade ugnar

Industri	SNI	Elprocess	Naturgasalternativ
Glas	3620	Glassmältning	Smältugn med regenerativ gasbrännare
Tegel	3691	-	-
Cement o. kalk	3692	-	-
Icke järnmetallverk	3720	Elsmältning	Naturgaseldad ugn med rekuperativa brännare
Verkstad	38	Induktionsvärmning	Höghastighetsbrännare Fluidbädd
		Skyddsgasprocesser	Direkteldad ugn Strålningstuber
		Övr värmebehandlings- processer	Ugnar med regenerativa brännare
		Torkugnar	Strålningstub Porous wall
		Saltbadsugnar med elektroder	Immersionsrörvärmare Fluidbädd

Utdrag ur olika leverantörers produktbroschyrer

För att samla material till rapporten beställdes bland annat ett antal produktbroschyrer från leverantörer av olika typer av utrustning. Dessa innehåller vanligen färgglada exteriörbilder av apparaturen ifråga och ger därför inte i någon större utsträckning information om dess värmeförsörjningsteknik. Några kopior ur dessa kan dock finnas värde i och har därför tagit med i denna bilaga.



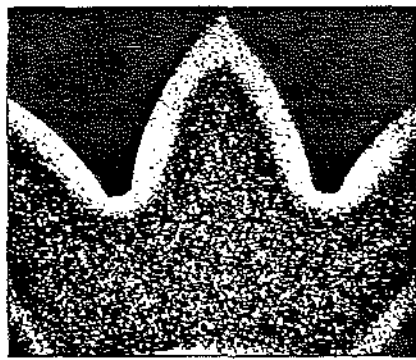
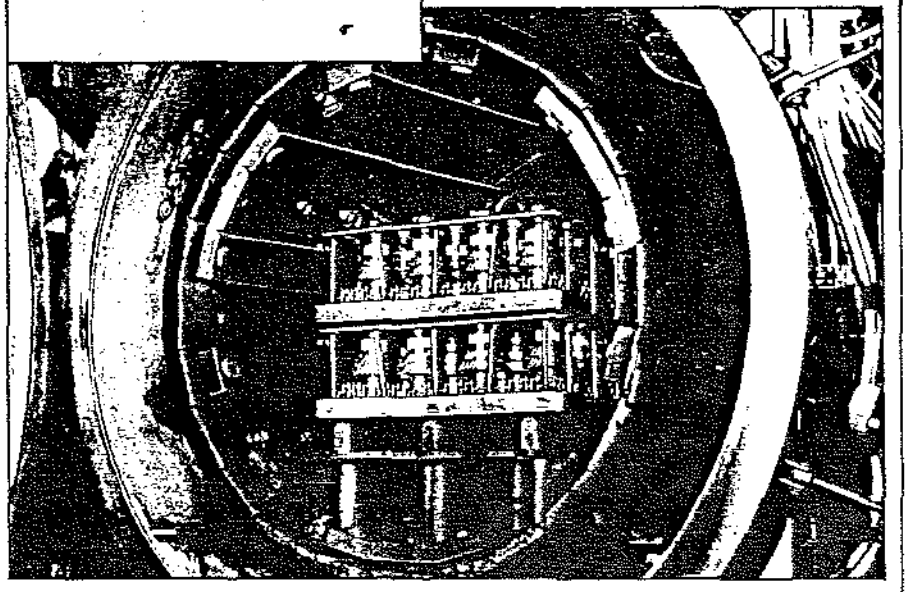
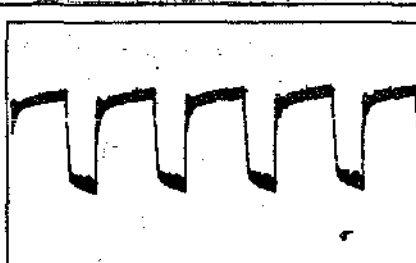
PLASMA-TECHNOLOGY

Ipsen advances in plasma technology heat treating. Carburizing and nitriding in a pulsed plasma

Ipsen has decades of experience in the design, manufacture and delivery of vacuum furnaces for a wide range of applications, especially furnaces in which components are to be carburized in a vacuum.

Based on our experience in this technology combined with an ongoing research and development program, Ipsen constructs and supplies pulsed plasma furnaces for carburizing and nitriding.

The Ipsen-specific developments in fully automatic operating plasma installations guarantee reproducible heat treating results of components, an essential requirement for such industries as the automobile, aircraft and aerospace.

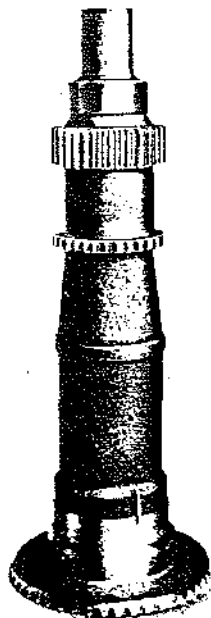


Process-specific features:

- ☐ up to 50% reduced treatment time
- ☐ no surface oxidation
- ☐ controlled nitriding — carburizing layers
- ☐ uniform case depth
- ☐ no grain boundary precipitation during nitriding
- ☐ increased resistance to fatigue
- ☐ reduced component distortion
- ☐ reproducibility of product quality
- ☐ cost savings through low post-treatment
- ☐ automatic process control

Ipsen-specific design features:

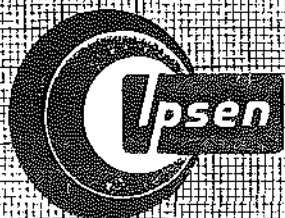
- ☐ automation
- ☐ energy saving
- ☐ reduction in cycle time
- ☐ reproducibility of treatment results
- ☐ environment protection



TOTAL SOLUTIONS FROM ONE SOURCE

Ipsen Industries International GmbH

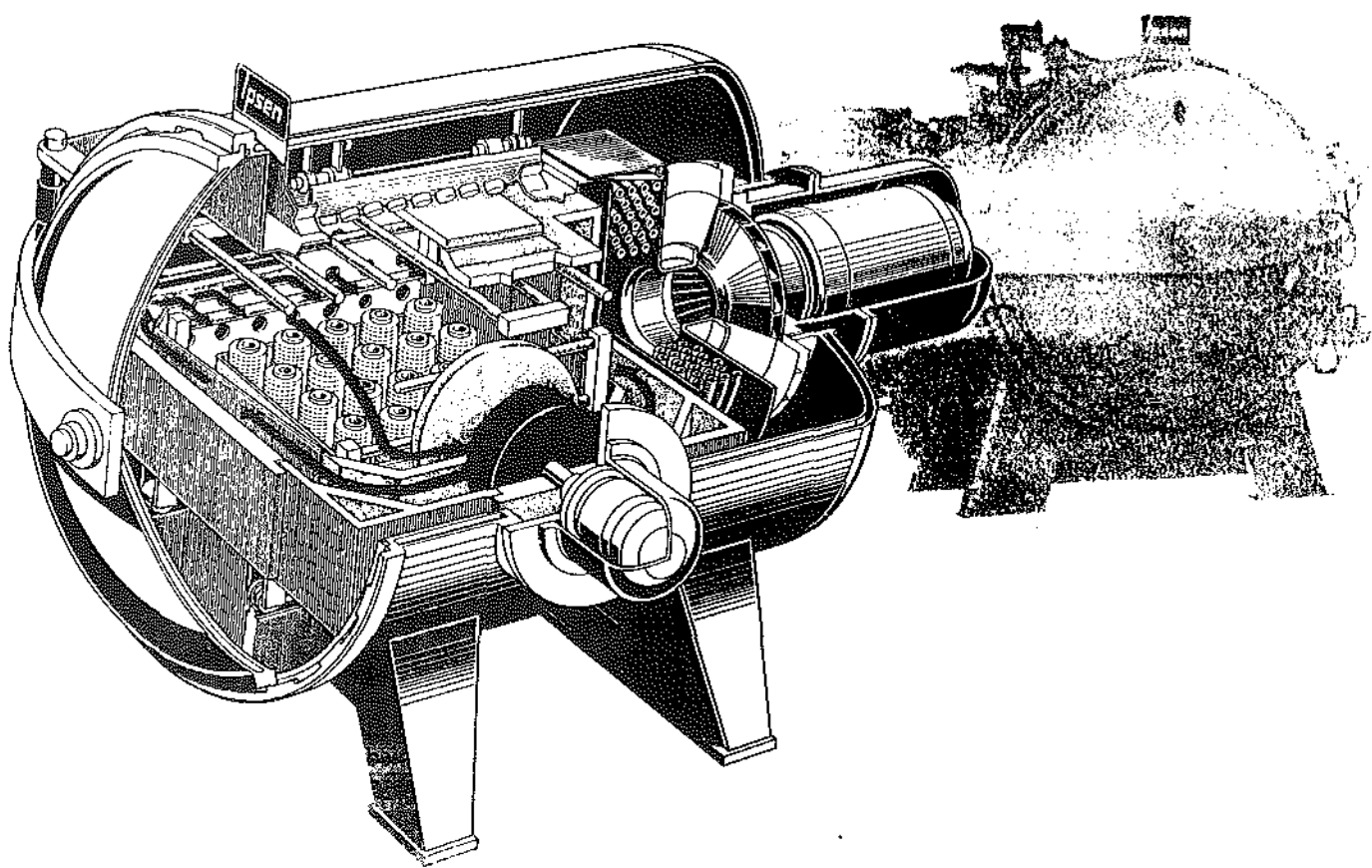
Flutstr. 52 • P.O. Box 1447 • D-4190 Kleve • Phone (2821) 804-0 • Telex 811 822 ipsend • Telefax (2821) 804324



VAKUUM-TECHNIK

Weiterentwicklung der
konvektionsgestützten
Wärmeübertragung.

Der neue VTTC-K



Konstruktionsmerkmale

- ☐ Vereinfachtes Be- und Entladen und Integrationsfähigkeit in vollautomatische Ofenlinien durch seitlich angeordnetes zusätzliches Ventilatorsystem.
- ☐ Vier-Seiten-Heizung, Drei-Zonen-Regelung.
- ☐ Gleichmäßige Erwärmung der Charge durch einstellbare Gasleitsysteme.

Leistungsvorteile

- ☐ Verkürzung der Anwärzeit um bis zu 30 % durch Kombination von Konvektions- und Strahlungserwärmung.
- ☐ Verkürzung der Anlaßzyklen um bis zu 50 % beim Härten und nachfolgendem Anlassen.
- ☐ 50 % höherer Chargendurchsatz bei gleich niedrigem Gasverbrauch durch vergrößerte, quadratische Herdfläche.
- ☐ Kein Evakuieren zwischen Härte- und Anlaßvorgang. Dadurch wesentlich verringerter Gasverbrauch.



ALLE KOMPONENTEN AUS EINER HAND

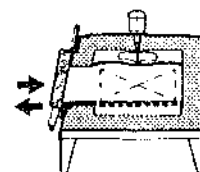
Ipsen Industries International GmbH

Flutstr. 52 · Postfach 1447 · D-4190 Kleve · Tel. (02821) 804-0 · Telex 811 822 ipsen d · Telefax (02821) 804324

EXEMPEL PÅ OLIKA UGNARS MODELLER

Einkammerofen Rückhol- oder Durchlaufprinzip Baureihe B/BT

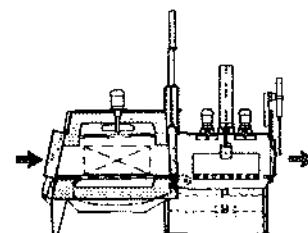
13 Standardgrößen. Sonderausführungen auf Anfrage
Arbeitstemperatur bis 1100 °C
Chargenabmessungen¹⁾ von 280x 460x 300 mm
bis 1220x 1520x 760 mm
Chargengewichte von 90 bis 2000 kg



¹⁾ Breite x Länge x Höhe

Einkammerofen Durchlaufprinzip Ölabschreckbad und Gasschnell- kühlung Baureihe TQ

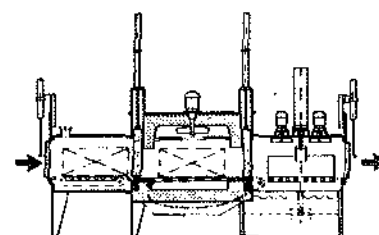
16 Standardgrößen. Sonderausführungen auf Anfrage
Arbeitstemperatur bis 1100 °C
Chargenabmessungen¹⁾ von 280x 440x 300 mm
bis 1220x 1820x 910 mm
Chargengewichte von 90 bis 2000 kg
Abschrecken im Ölbad, Kühlen in ruhendem oder umge-
wälztem Schutzgas.



¹⁾ Breite x Länge x Höhe

Einkammerofen mit Spülschleuse Durchlaufprinzip Ölabschreckbad und Gasschnell- kühlung Baureihe TQP

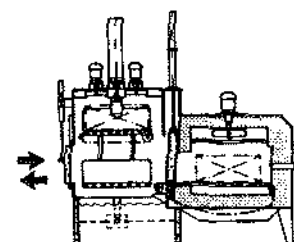
16 Standardgrößen. Sonderausführungen auf Anfrage
Arbeitstemperatur bis 1100 °C
Chargenabmessungen¹⁾ von 280x 440x 300 mm
bis 1220x 1820x 910 mm
Chargengewichte von 90 bis 2000 kg
Abschrecken im Ölbad, Kühlen in ruhendem oder umge-
wälztem Schutzgas.
Am Beispiel dieser Baureihe wird aufgezeigt, daß der Heiz-
kammer eine Spülkammer vorgeschaltet werden kann. In
ihr wird die Charge bereits mit der entsprechenden Atmo-
sphäre beaufschlagt. Dadurch gelangt keine Luft in die
Ofenkammer und die Ofenatmosphäre bleibt nahezu
konstant.



¹⁾ Breite x Länge x Höhe

Einkammerofen Rückholprinzip Ölabschreckbad und Gasschnell- kühlung Baureihe HTQ

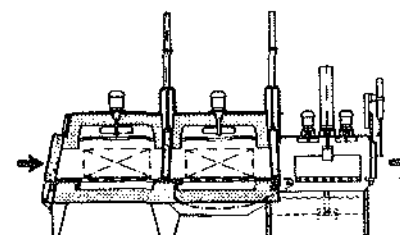
16 Standardgrößen. Sonderausführungen auf Anfrage
Arbeitstemperatur bis 1100 °C
Chargenabmessungen¹⁾ von 280x 440x 300 mm
bis 1220x 1520x 760 mm
Chargengewichte von 90 bis 1300 kg
Abschrecken im Ölbad, Kühlen in ruhendem oder umge-
wälztem Schutzgas.



¹⁾ Breite x Länge x Höhe

Zweikammerofen Durchlaufprinzip Ölabschreckbad und Gasschnell- kühlung Baureihe TQ-2

12 Standardgrößen. Sonderausführungen auf Anfrage
Arbeitstemperatur bis 1100 °C
Chargenabmessungen¹⁾ von 610x 910x 460 mm
bis 2220x 1520x 760 mm
Chargengewichte von 2x 350 kg bis 2x 2000 kg
Abschrecken im Ölbad, Kühlen in ruhendem oder umge-
wälztem Schutzgas.
Durch Leistungsverdoppelung und geringe Mehr-
investitionen äußerst günstiges Preis-/Leistungsverhältnis

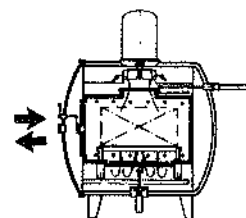


¹⁾ Breite x Länge x Höhe

**Vakuum-Einkammerofen
Baureihe VFC**

12 Standardgrößen.
Arbeitstemperatur bis 1320 °C
Chargenabmessungen¹⁾ von 200x 300x150 mm
bis 1220x1220x990 mm
Chargengewichte von 30 bis 1000 kg
Kühlen in Vakuum, ruhendem oder umgewälztem Inertgas.
Abschrecken mit erhöhtem Kühlgasdruck von 1 bis 4 bar.

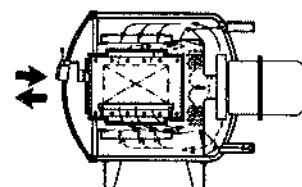
¹⁾ Breite x Länge x Höhe



**Einkammer-Vakuum-Ofen
für homogene
Hochdruck-
Gasabschreckung
Baureihe VTTC**

5 Standardgrößen. Arbeitstemperatur bis 1320 °C
Chargenabmessungen¹⁾ von 450x 610x350 mm
bis 760x1220x760 mm
Chargengewichte von 180 bis 1000 kg
Kühlgasdruck bis 5 bar. Variable Kühlgasdurchströmung
von oben und unten oder nur von oben bzw. nur von
unten.

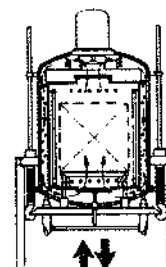
¹⁾ Breite x Länge x Höhe



**Vakuum-Hubwagenherd-
Ofen
Beschickung von
unten
Baureihe VVFC (BL)**

12 Standardgrößen.
Arbeitstemperatur bis 1320 °C
Chargenabmessungen¹⁾ von 600x 920 mm
bis 3000x3000 mm
Chargengewichte von 450 bis 4500 kg
Kühlung in Vakuum, ruhendem oder umgewälztem
Inertgas.
Baureihe für lange oder speziell geformte Teile, die auch
hängend behandelt werden können.

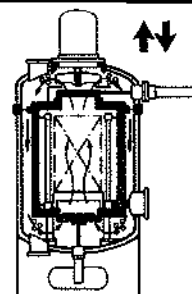
¹⁾ Durchmesser x Höhe



**Vakuum-Schacht-
Ofen
Beschickung von
oben
Baureihe VVFC**

16 Standardgrößen.
Arbeitstemperatur bis 1320 °C
Chargenabmessungen¹⁾ von 200x 300 mm
bis 1520x2130 mm
Chargengewichte von 25 bis 1800 kg
Kühlung in Vakuum, ruhendem oder umgewälztem
Inertgas.
Auf Wunsch mit homogener Hochdruck-Gasabschreckung.

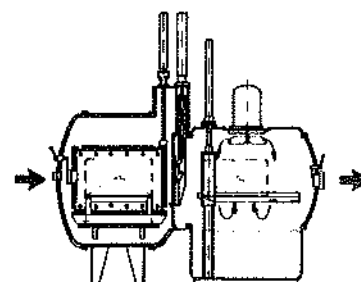
¹⁾ Durchmesser x Höhe



**Zweikammer-
Vakuum-Ofen
mit Abschreck-
schleuse
Baureihe RV**

6 Standardgrößen. Arbeitstemperatur bis 1320 °C
Chargenabmessungen¹⁾ von 300x 380x200 mm
bis 760x1220x760 mm
Chargengewichte von 60 bis 1200 kg
Kühlung in Vakuum, ruhendem oder umgewälztem
Inertgas oder Abschreckung in Öl.
Auch in Dreikammer-Ausführung lieferbar.
Lieferbar als Plasma-Aufkohlungsanlage mit entsprechen-
dem Zubehör wie Generator, Meßeinrichtung, elektrische
Steuerung und Regelung usw.

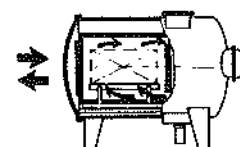
¹⁾ Breite x Länge x Höhe

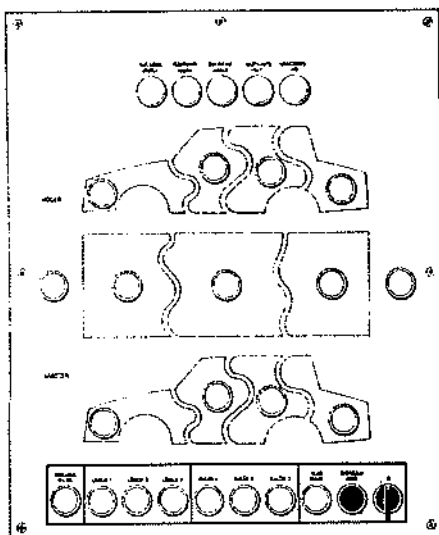


**Vakuum-Niedertemperatur-
ofen
Baureihe VDFC**

5 Standardgrößen. Arbeitstemperaturbereich 100 bis 760 °C
Chargenabmessungen¹⁾ von 450x 610x350 mm
bis 910x1220x610 mm
Chargengewichte von 180 bis 1000 kg
Evakuierung vor dem Erwärmen. Erwärmen, Halten und
Abkühlen der Chargen unter zwangsumgewälzter Inertgas-
Atmosphäre, beschleunigtes Abkühlen durch Schnellkühl-
system mit Wärmetauscher.

¹⁾ Breite x Länge x Höhe





ENERGIÄTGÅNG: CONSUMPTION OF POWER: ENERGIEVERBRAUCH:

Hel bil	
Whole car	9,5 KWH
Ganzes Auto	
Dörr	
Door	1,3 KWH
Tür	
TAK	
Roof	1,2 KWH
Dach	
Skärm + Dörr	
Fender + Door	2,2 KWH
Kotflügel + Tür	

Programeringsrutin

Exempel:

1. Välj biltyp
2. Välj kulör
3. Välj höger framdörr

Programming routine

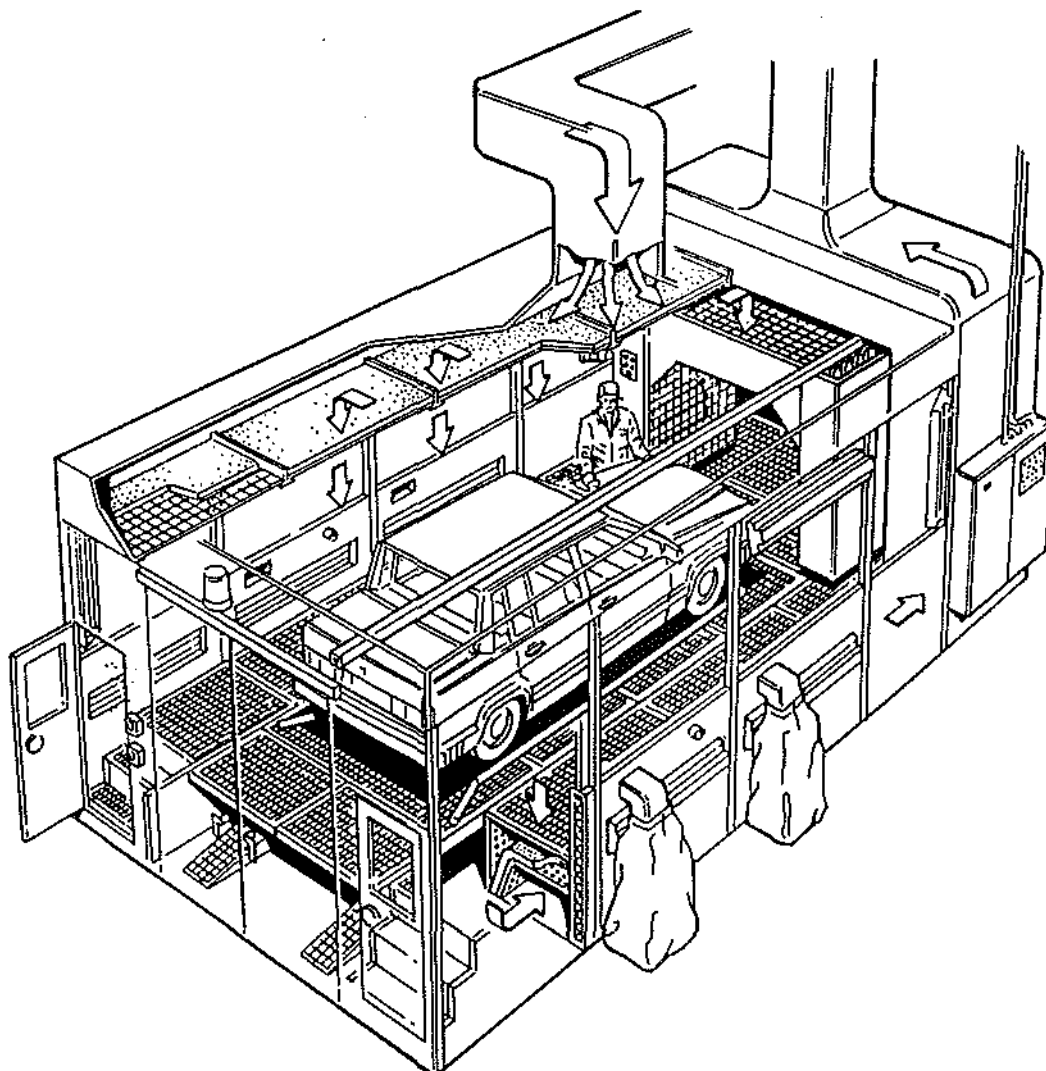
Example:

1. Choose car type
2. Choose colour
3. Choose right front door

Programmierungsroutine

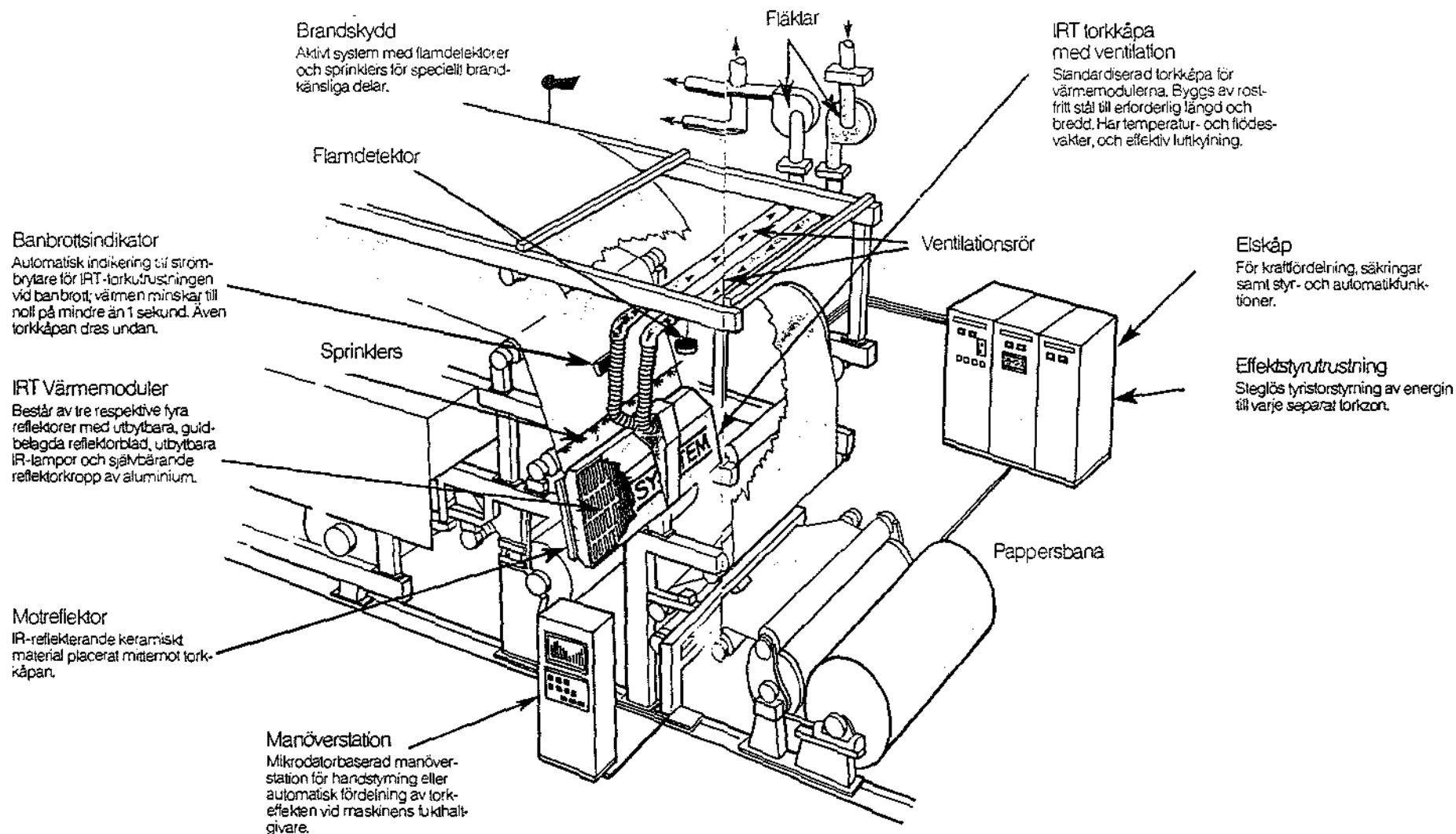
Exempel:

1. Wählen Sie den Autotyp
2. Wählen Sie die Farbe
3. Wählen Sie die rechte Vordertür



Papperstorkning sat i system.

INFRARÖD TEKNIK INFRATORIKAR I PAPPERSMASKIN



INFRARÖD TORK I
PAPPERSMASKIN

ROTARY 4000

Rotary 4000 är tillverkad helt i rostfritt stål, och är mycket lätt att hålla ren och snygg. Element och värmefläktar i absolut toppklass. På bara 16 minuter värmer du ugnen till 250°, och får exakt värmefördelning i hela ugnsrummet.

Robusta instrument för baktid och ånga med automatisk återställning och lättåtkomliga start- och stoppknappar. Elektronisk termostat med dubbla reglersteg för jämn och exakt temperatur.

Nytt ångsystem med mycket stor kapacitet.

All service görs från framsidan av ugnen.

Rotary 4000 är en mycket välisolerad och energisnål ugn med värmereflekterande glas i dörren.

Extra säkerhetsåtgärd. Alla Dahle's stickugnar har dörrvred även på insidan.

Största del i knock down är 590×1610×2400 mm. För 4001- och 4002-modellerna 855×1610×2400 mm.

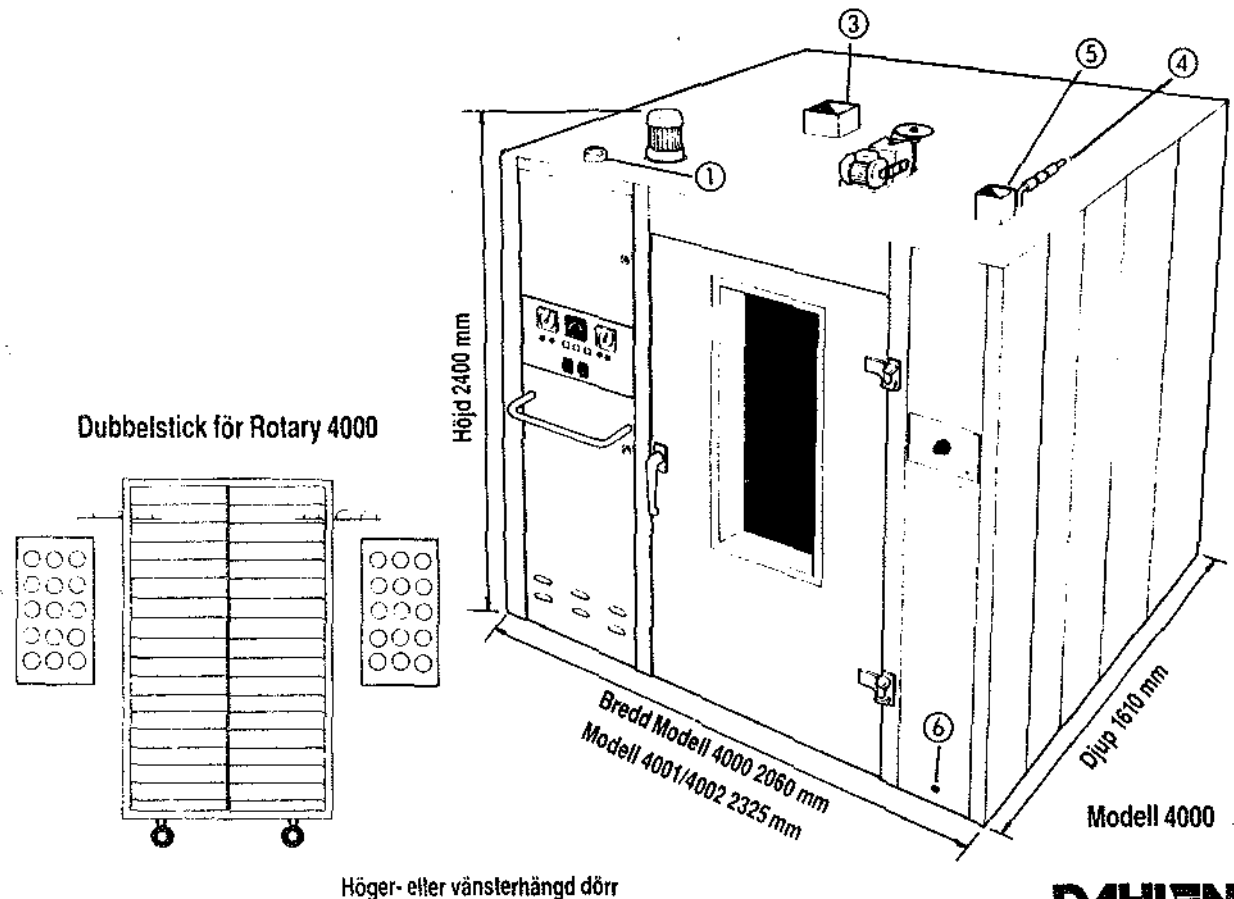
Dubbelsticket har valfritt gejderrantal 9-30 st och plåtstorlek 790×940 mm eller 2×462×762 mm.

Extra tillbehör och utrustning:

Imkupa.
Glasad baksida.

Modell	Effekt/kw	Btu/h	kcal/h	kJ/h
4000 EI	50-60 kw	-	-	-
4001 Olja/ 4002 Gas	2 kw	252000	63600	266000

- ① Kabelintag ④ Vattenanslutning ⑥ Dräneringsavlopp
- ③ Övertrycksspjäll ⑤ Avgasrör från ugnsrum



DAHLE INTERNATIONAL AB

BOX 862, 501 15 BORÅS
TELEFON 033-573 30. TELEX 36202
FAX 033-576 57

ROTARY 6000

Rotary 6000 är tillverkad helt i rostfritt stål, och är mycket lätt att hålla ren och snygg. Dubbla värmefläktar och termostat med dubbla känslkroppar ger jämn och exakt temperatur i hela ugnsrummet. Dessutom mycket snabb återhämtning efter temperaturfall.

Robusta instrument för baktid och ånga med automatisk återställning och lättåtkomliga start- och stoppknappar.

Nytt ångsystem med mycket stor kapacitet.

All service görs från framsidan av ugnen.

Extremt låg uppkörningsramp, bara 28 mm, gör att sticken lätt och säkert kan köras in på Rotorplattan.

Rotary 6000 är en mycket välisolerad och energisnål ugn med värmereflektande glas i dörren. Stor ruta ger bra överblick över hela ugnsrummet.

Extra säkerhetsåtgärd. Alla Dahle's stickugnar har dörrvred även på insidan.

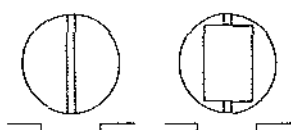
Största del i knock down är 1255x2465x2530 mm. Vid svåra installationsförhållanden kan måtten minskas ytterligare.

Alla sorters stick kan användas i Rotary 6000. T.ex. fyra enkla eller två dubbelstick för plåt upp till 450x750 mm, (ev. 462x762 mm) eller tre enkla stick för plåtstorlek 600x800.

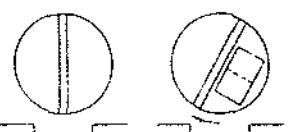
Modell	Effekt/kw	Btu/h	kcal/h	kJ/h
6000 EI	123 kw	—	—	—
6001 Olja/ 6002 Gas	3 kw	546000	138000	576000

- ① Kabelintag ④ Vattenanslutning ⑧ Friskluftsintag
③ Övertrycksspjäll ⑤ Avgasrör från ugnsrum

Stickvagnarnas placering

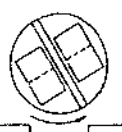


Normalt stoppläge

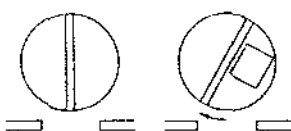


Normalt stoppläge

Tryck på knapp för vänster åndläge

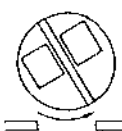


Tryck på knapp för höger åndläge

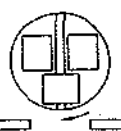


Normalt stoppläge

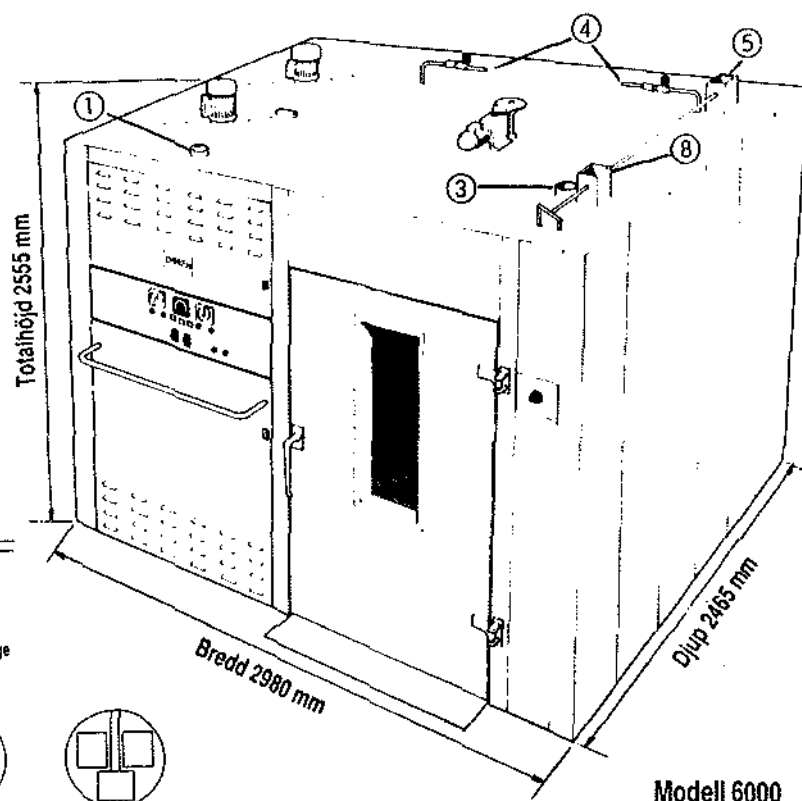
Tryck på knapp för vänster åndläge



Tryck på knapp för höger åndläge



Tryck på båda knapparna samtidigt



Modell 6000

Höger- eller vänsterhängd dörr

DAHLEN

DAHLEN INTERNATIONAL AB

BOX 862, 501 15 BORÅS

TELEFON 033-573 30. TELEX 36202

FAX 033-576 57

KÄLLA: "GLAS" av
Elisa Stenberg
Bo Simmings sköld.

Elektrisk glassmältning

TEKNISKT och ekonomiskt användbara metoder för elektrisk glassmältning har utarbetats, och åtskilliga glasbruk använder numera elektriska smältugnar. I dessa ugnar använder man själva glasbadet som motståndselement och tillför strömmen genom elektroder med vattenkylda anslutningar.

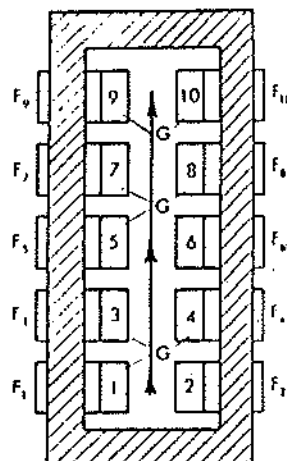
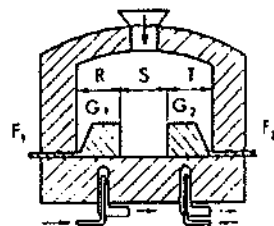
Glas börjar bli märkbart ledande för elektrisk ström vid 100 å 200° C, och ledningsmotståndet sjunker sedan snabbt med ökande temperatur. Eftersom ledningen är av elektrolytisk natur, kan endast växelström användas för motståndsupphettningen. Den svenske ingenjören E. Cornelius konstruerade redan i början av 1900-talet en elektrisk glassvanna, som arbetade med elektroder av mycket kolfattigt järn helt nedsänkta i glasbadet (fig. 49). Förvånansvärt litet järn från elektroderna upplöstes, men glaset blev dock tydligt färgat. Cornelius använde även en vanna, vars smältavdelning saknade valv. Mängd hölldes på kontinuerligt på glasytan och fungerade som ett utmärkt värmeisolerande skikt.

E. Borel har konstruerat en nu ofta använd ugnstyp, i vilken han använder elektroder av grafit. Den första ugnen av detta slag byggdes av Electroverre Romont S. A. i Schweiz och användes för smältning av fönsterglas enligt Fourcaultmetoden. Fig. 50 visar elektrodernas placering i vannan. De ligger vinkelrätt mot glasets strömningsriktning i närheten av glasytan, men dock helt nedsänkta i glasbadet. De båda elektroder som ligger mitt emot varandra körs in så långt i ugnen, att de nästan berör varandra. Ugnen ansluts över en upptransformator på så sätt till trefasnätet, att strömmen flyter genom glasbadet inte bara i vannans längdriktning utan också genom glasmassan, som befinner sig mellan mitt emot varandra liggande elektroder i vannan. Detta uppnås på så sätt, att antingen en av de mitt emot varandra liggande elektroderna erhåller högre spänning än den andra vid anslutningen till samma fas eller också genom anslutning av elektrodpar till olika faser. Huvudströmmen flyter dock genom badet i detsamma strömningsriktning. Eftersom ugnen är ansluten till trefasnätet över en regleringstransformator, kan spänningen på de olika faserna regleras var för sig. Därigenom kan strömgenomgången och därmed också temperaturförloppet i smältvannans längdriktning påverkas och inställas efter en lämplig smältkurva. Såsom framgått av tidigare resonemang är dock strömningsförhållandena i glaset av invecklad natur och påverkas starkt av den termiska strömningen. Då de enskilda elektroderna i ugnen medverkar som värmeelement, så antar glaset intill dessa en högre temperatur och stiger mot ytan. Borels första ugn producerade 25 å 30 ton glas per 24 timmar med en energiförbrukning på 1,8--2,0 kWh/kg glas. En liknande vanna har i flera år varit i drift i Sverige vid Emmaboda glasbruk (fönsterglas).

På senare år har man nått mycket goda resultat med molybden-elektroder, som i USA användes av L. Penberthy. Senare har The British Heat Resisting Glass Co. Ltd offentliggjort data rörande en konstruktion med molybden-elektroder, vars princip framgår av fig. 51.

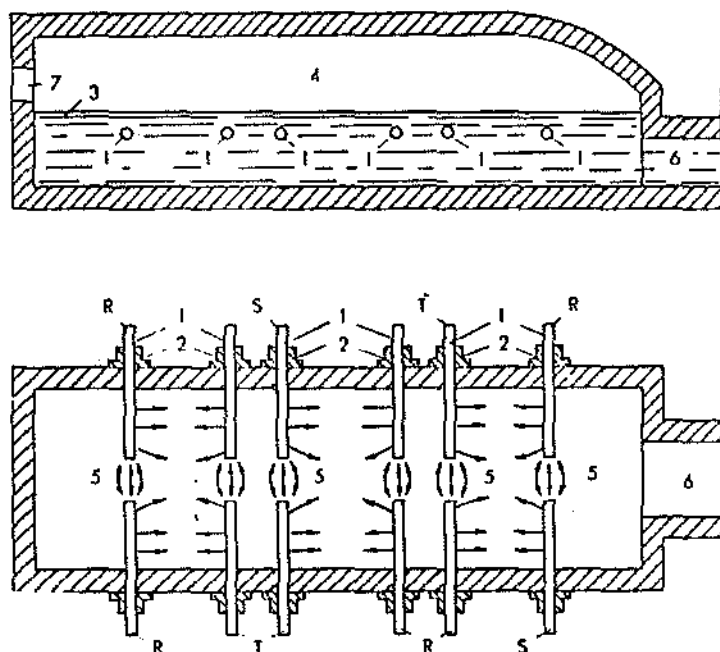
Alla typer av elektriska smältugnar, som arbetar med motståndsvärme i glasbadet, måste startas genom upphettning med olja eller gas.

49. Principskiss över Cornelius elektrosmältugn. G_1 — G_{10} elektroder, F_1 — F_{10} strömledningar, RST växelströmmätets faser.



50. Principskiss över elektro-smältvanna, system Electro-verre Romont S.A.

1 Elektroder av grafit. 2 Vattenkylda tilliedningar. 3 Glasyta. 4 Smältvanna. 5 Strömgenomgång tvärs över vannans mitt, erhållen genom anslutning av mitt emot varandra liggande elektroder till olika faser på växelströmnätet. 6 Genomlopp till arbetsvanna. 7 Inläggsöppning. RST Växelströmnätets faser.



Den elektriska smältugnen har vanligen betydligt högre verkningsgrad än den bränsleeldade ugnen, men den är givetvis endast konkurrenskraftig då den höga verkningsgraden förmår utjämna det på de flesta håll högre priset på elektrisk energi i förhållande till energi ur bränsle. Ännu så länge har man inte lyckats framställa förstklassigt färglöst glas i elektro-vannor, men lovande experiment pågår på detta område.

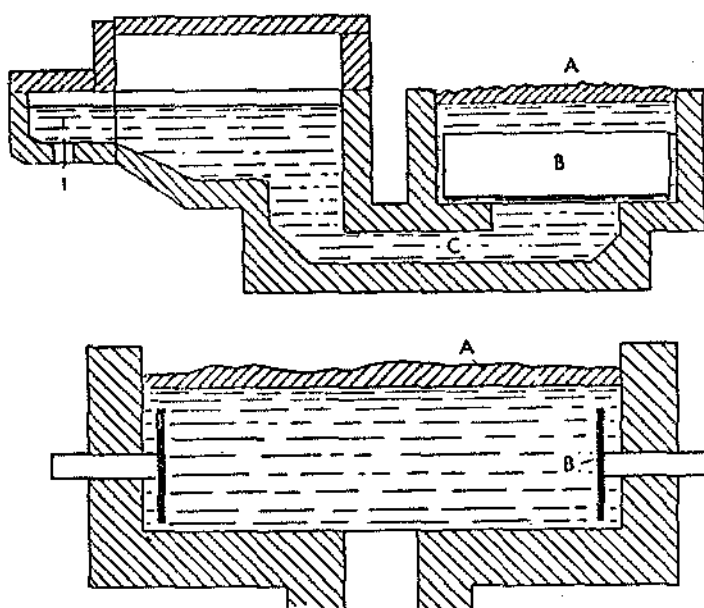
Allt större arbete kommer säkert att läggas ned på forskning med mål att få fram ändå bättre elektriska glassmältningugnar. Vi står inför atomåldern, och atomenergin kan relativt lätt omvandlas till elektrisk energi och utnyttjas för glassmältning i elektriska ugnar.

Slutligen bör nämnas att elektrisk tillsatsuppvärmning (eng. "booster melting") i bränsleeldade vannor numera blir allt vanligare. Man inför t. ex. elektroder i lutningszonen på en vanlig vanna och kan därigenom öka vannans smältkapacitet i hög grad.

51. Principskiss över en elektrisk smältvanna som konstruerats av the British Heat Resisting Glass Co, Ltd.

A Osmält mäng. B Molybden-elektroder. C Kanal till arbetsvannan.

Molybdenelektroderna täcker nästan två motstående sidor. Det smälta glaset rinner ned genom en kanal in i ett rum där det får svalna till arbetstemperatur och därifrån till en feederutbyggnad. I smältvannan använder man på samma sätt som Cornelius mängen som isolerande skikt. Vid starten av en sådan vanna sänker man ned ett valv över smältvannan och upphettar med flamma tills temperaturen stiger så högt att det bildade glaset börjar bli ledande för elektrisk ström.



Schablonuppställning

För att kunna göra en schablonmässig uppskattning över hur stor del av elenergin som förbrukas inom naturgasprojekterat område kan den tänkas ha samma proportioner som antalet arbetare i regionen i förhållande till antalet arbetare i hela landet. Den procentuella andelen inom naturgasområdet samt den därur uppskattade elförbrukningen i området redovisas i tabellen på nästa sida.

De processer som generellt sett har naturgaspotential är de som genererar värme för smält- och värmebehandlingsprocesser. Deras andel av elanvändningen sägs utgöra naturgaspotentialens teoretiskt sett. Siffran måste reduceras med tanke på de individuella processernas tekniska och ekonomiska konverterbarhet till naturgas.

SNI-kod	Näringsområde	Antal arbetare	% av totala i Sverige	Total elanvändning GWh	El, naturgasomr. GWh
23	Malmgruvor	1 703	27	2 362	638
29	Gruvor, mineralbrott	746	74	88	65
31	Livsmedel, dryck, tobak	44 102	87	2 146	1 867
32	Textil, beklädn., läder	21 200	94	411	386
33	Trävaruindustri	33 352	72	1 787	1 287
34	Massa o. Papper	52 694	81	17 410	14 102
35	Kemisk ind.	39 763	91	6 819	6 205
36	Jord o. stenvaru	12 102	76	1 210	920
37	Järn o. stål	28 608	83	7 511	6 234
38	Verkstad	212 891	85	6 605	5 614
39	Annan tillverkning	2 482	95	46	44
3720	Icke järnmetallverk		70	2 369	1 660

Källa: SCB Industristatistik, 1986

LITTERATURREFERENSER

Utredningar om industrins elanvändning:

- Industrins elanvändning - studie på uppdrag av Statens Energiverk, hösten 1986
- El-hushållning på 1990-talet
Elanvändningsdelegationen SOU 1987:68
- Elhushållning på 1990-talet, bilaga
Elanvändningsdelegationen SOU 1987:69
- Elpriser och svensk industri
Statens Energiverk 1988:7
- Effektivare energiteknik
Programplan för FOU 1987/88-1989/90
STU info nr 673-1988
- Effektiviserad elanvändning inom industrin - FOU-behov
STU info nr 677-1988

Litteratur om naturgas:

- Industriell naturgasteknik
STU info 702-1988
- Rekuperativa och regenerativa brännare i industriella processer
Värmeforsk

Litteratur om livsmedelsbranschen:

- Energiekonomi i bagerier
SIND 1979
- Livsmedelsindustrins energianvändning
LiTH 1976 åt STU
- Energikartering av livsmedelsindustrier
LiTH 1978 åt STU

- Återvinning av processvärme i ett bageri
LiTH 1981 åt STU
- Bageriers energianvändning
LiTH 1970
- Energihushållning i slakterier och charkuterier
SIND
- Energibesparing inom konservindustrin
Nordiskt ministerråd, 1985
- Mejerihandboken

Litteratur om sten, mineral, glasindustri:

- Tegelindustrin - Energisparhandbok
SIND
- Energihushållning i glasbruk
SIND
- Den manuella glasindustrins energianvändning

Litteratur om textilindustri:

- Energihushållning i tvätterier
SIND
- Energihushållning vid textilberedning
SIND
- Energibesparing inom glasindustri
Nordiskt ministerråd, 1986

Litteratur om petrokemisk industri:

- Plastindustrin - energisparhandbok
SIND
- Plastindustrins energianvändning
LiTH åt STU
- Gummiindustrins energianvändning
LiTH 1984 åt STU
- Polymerteknologi
KTH-kompedium

Litteratur om massa- och pappersindustri:

- Energianvändning inom massa- och pappersindustrin
SCA - Nordliner i Munksund
STU nr 174-1980
- Energiförbrukning i massa- och pappersindustrin 1984
ÅF-IPK
- Energihushållning i massa- och pappersindustrin
SCPF - Svenska Cellulosa- och Pappersbruksföreningen 1975
- Värme- och elkraftförbrukning vid massatillverkning
STFI 1973
- Energibesparing inom massa- och pappersindustri
Nordiskt ministerråd 1985

Litteratur om träindustrin:

- Energibesparing virkestorkning - energisparhandbok
SIND 1982

Övrig

- Sveriges Industri
Industriförbundets förlag 1983
- The IR-Handbook
Philips

samt diverse broschyrer från leverantörer av utrustning