

Exergiflöden i indu

av Göran Wall, Chalmers tekn

Exergibegreppet tillämpas för beskrivningen av en massa- och pappersindustri och ett stål- och valsverk. Syftet med denna rapport är att visa enkelheten i och värdet av att använda exergibegreppet vid analys av industriella processer samt att utveckla konventioner och standarder på detta område. De stora förluster som avslöjas vid en exergibetraktelse av en process skall ses som en utmaning till tekniska förbättringar inte som ett oöverstigligt hinder. Studien är finansierad av STU.

Inledning

Ofta begränsas våra möjligheter att se nya lösningar av den rådande tekniken. Vi överskattar ofta dagens teknik i förhållande till gårdagens teknik och framtidens möjligheter. Så är t ex dagens mest sofistikerade datamaskiner rena tröskverken vid minsta jämförelse med den enklaste biologiska cell eller framtidens datorer, vilket också återspeglas i den snabba utvecklingen på dataområdet. Det är viktigt att definiera sitt problem skilt från rådande tekniska begränsningar. En sådan beskrivning måste baseras på naturvetenskapliga begrepp som exergi, annars blir vår bild av verkligheten felaktig och kan därför i stället utgöra ett hinder för viktiga tekniska framsteg.

Användningen av exergibegreppet ökar kraftigt i den internationella litteraturen. De senaste åren har det publicerats ett flertal läroböcker, konferensrapporter och vetenskapliga artiklar. Trots detta används det fortfarande lite i Sverige. Jag anser detta beklagligt då jag är helt övertygad om att begreppet kommer att vara standard vid all processanalys inom en nära framtid. Exergibegreppet är både enkelt att förstå och att använda. Denna artikel kan förhoppningsvis bidra till att fördjupa förståelsen av exergibegreppet samt öka dess användning särskilt vid studier av industriella processer.

Exergibegreppet medger en beräkning av det teoretiskt minimala resursbehovet (behov av energi och material) för en process. Detta ger i sin tur uppgifter om de maximala besparingar som kan uppnås med ny teknik och nya processer. Ny teknik och nya processer

kommer inte fram av sig självt. Exergibegreppet ger genom en ökad insikt om processen ett bättre underlag för vad som bör förbättras och hur stora resursbesparingar som kan väntas. Exergikalkyler som ett komplement till nuvarande material- och energibalanser kan ge en ökad och fördjupad insikt om processen samt nya oanade idéer till förbättringar, vilket är speciellt värdefullt vid långsiktig planering av t ex forskningsinsatser för att effektivisera resursanvändningen. Det är dock viktigt

att standarder på detta område utformas snarast för att underlätta användandet inom industrin och vid t ex energiplanering.

Exergi

Energi anges ofta som arbete eller förmåga till arbete. Detta är fel. Energi bör i stället anges som *rörelse eller förmåga till rörelse*. En visserligen mindre specifik men riktig definition. Energi är härigenom oftast ett alltför otillräck-



De många spåren och ledningarna på rangebangården får symboliskt illustrera de många flöden energin använder si

Industriella processer

tekniska högskola, Göteborg

ligt begrepp. Exergin kan på liknande sätt formuleras: *Exergi är arbete eller förmåga till arbete.* (Se Energiteknik, nr 3, 1982.) Låt oss nu tillämpa detta på två viktiga industriprocesser.

Ett massa- och pappersbruk

Denna beskrivning är baserad på en energistudie av SCA-Nordliner i Munksund av Jan Fors och Börje Nord 1980 (STU information nr 174-1980) samt kontakt med driftchef Bo Häger

vid bruket. Vid bruket producerades årligen 265 000 ton oblekt kraftliner, från 210 000 ton oblekt sulfatmassa och 55 000 ton returpapper, vilket huvudsakligen används som råvara för wellpappkartonger. Bruket som består av sulfatfabriken och pappersbruket återges schematiskt i Figur 1. Efter rensning, barkning och flisning av den inkommande veden kokas flisen i en kontinuerlig kokare till sulfatmassa. Den avskilda barken eldas tillsammans med olja för produktion av ånga och

elektricitet vilket används i processen. Efter kokningen avskiljs kokkemikalierna med avdragsluten. Via flashtankar, indunstning, sodapanna och mesaugn återvinns merparten av kokkemikalierna samtidigt som luten används för produktion av ånga. Den tvättade sulfatmassan går sedan till pappersbruket där den formas, avvattas, pressas, torkas, tillskåres och rullas upp på en sk tambur för leverans.

Figur 2 är ett exergiflöde över hela processen. Flödena anges i exergi per ton producerat papper (MJ/tp). Observera dock att i pappersbruket tillförs fibrer via returpapper varför den egentliga produktionen av pappersmassa i massafabriken motsvarar en produktion av ca 0.78 ton papper. (För att i stället få värdena i ton per ton massa multipliceras alltså med 1.22.) Utbytet vid processen angivet som mängden torr ved (fibrer) som återfinns i papperet är 57%. Detta diagram kan med fördel jämföras med energiflödet (Fors & Nord 1980). De mest exergiförbrukande processerna är lätta att urskilja. Intressant är också att stora mängder exergi cirkulerar runt processen som lut och tjocklut. Kretsloppet av kokkemikalier i avdragslut, blandlut, tjocklut, grönlut och vitlut är också lätta att urskilja. (I energifallet utgör de ej nyttjade utflödena 57% av de totala förlusterna men i exergifallet bara 7%. De ej nyttjade utflödena utgör alltså egentligen en betydligt mindre resurs än vad en energikalkyl ger vid handen.)

Ett stål- och valsverk

Halmstads järnverk hade 1976 en årskapacitet av ca 280 000 ton armeringsstål. I stålverket smälts råvarorna i två elektroslåugnar om vardera 50 ton och gjuts sedan i två stränggjutningsmaskiner med vardera tre strängar. I två valsverk (verk 5 och verk 6) valsas ämnen till stänger och tråd i runddimensioner från 6 till 32 mm. (Data är baserade på månadsproduktionen i mars 1976, se STU information nr 88-1978 av Jan Fors och Rune Hardell.) I Figur 3 visas processen schematiskt. Exergiflödet anges per ton producerat armeringsstål (MJ/ta), se Figur 4. Totalt inflöde är ca 12 700 MJ/ta och utflödet av armeringsstål är ca 6 800 MJ/ta. De ej nyttjade utflödena motsvarar ca 1000 MJ/ta vilket ger en exergiverkningsgrad av 54%. Detta diagram ger också



er sig av inom en avancerad industri. Foto: TIOFOTO, Stockholm.

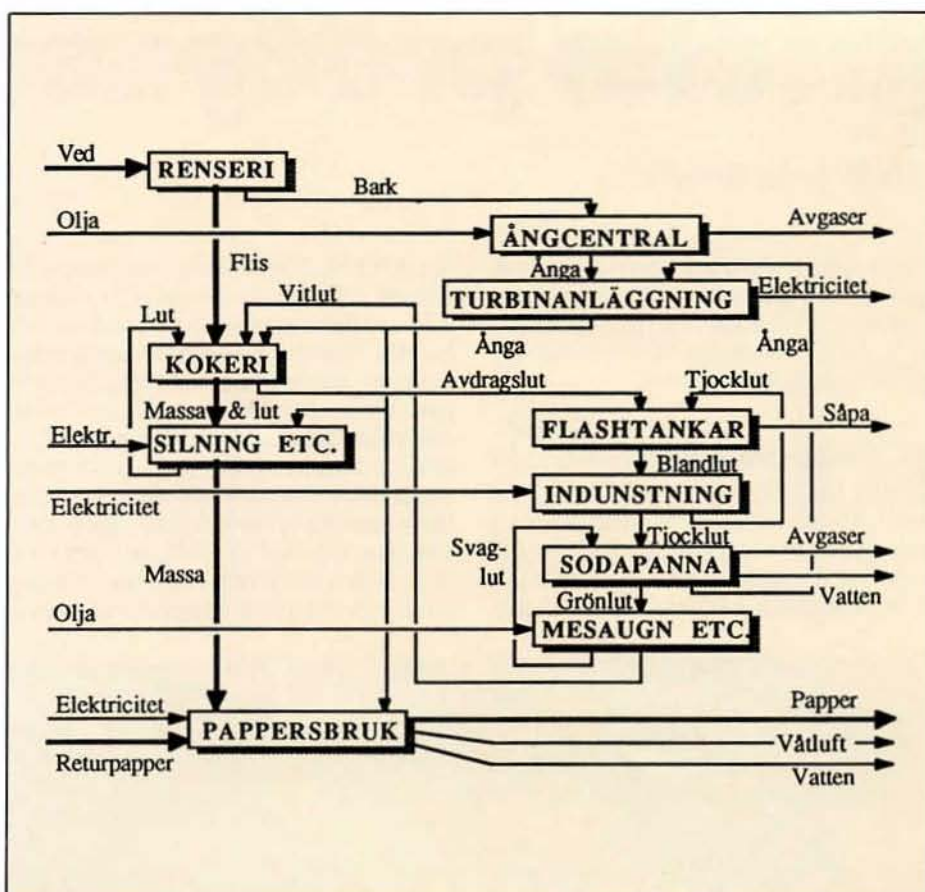
en god helhetsbild över resursflödena av elektricitet, olja, värme och stål i verket.

Vid en energikalkyl framstår förlusterna i de ej nyttjade utflödena som viktigast vid sidan av direkta förluster i själva processerna. En viktig skillnad är att i exergikalkylen utgör omvandlingsförlusterna i stället den helt dominerande förlusten. De ej nyttjade utflödena som spillvärme och avsvavlingsförlusterna är av mindre betydelse.

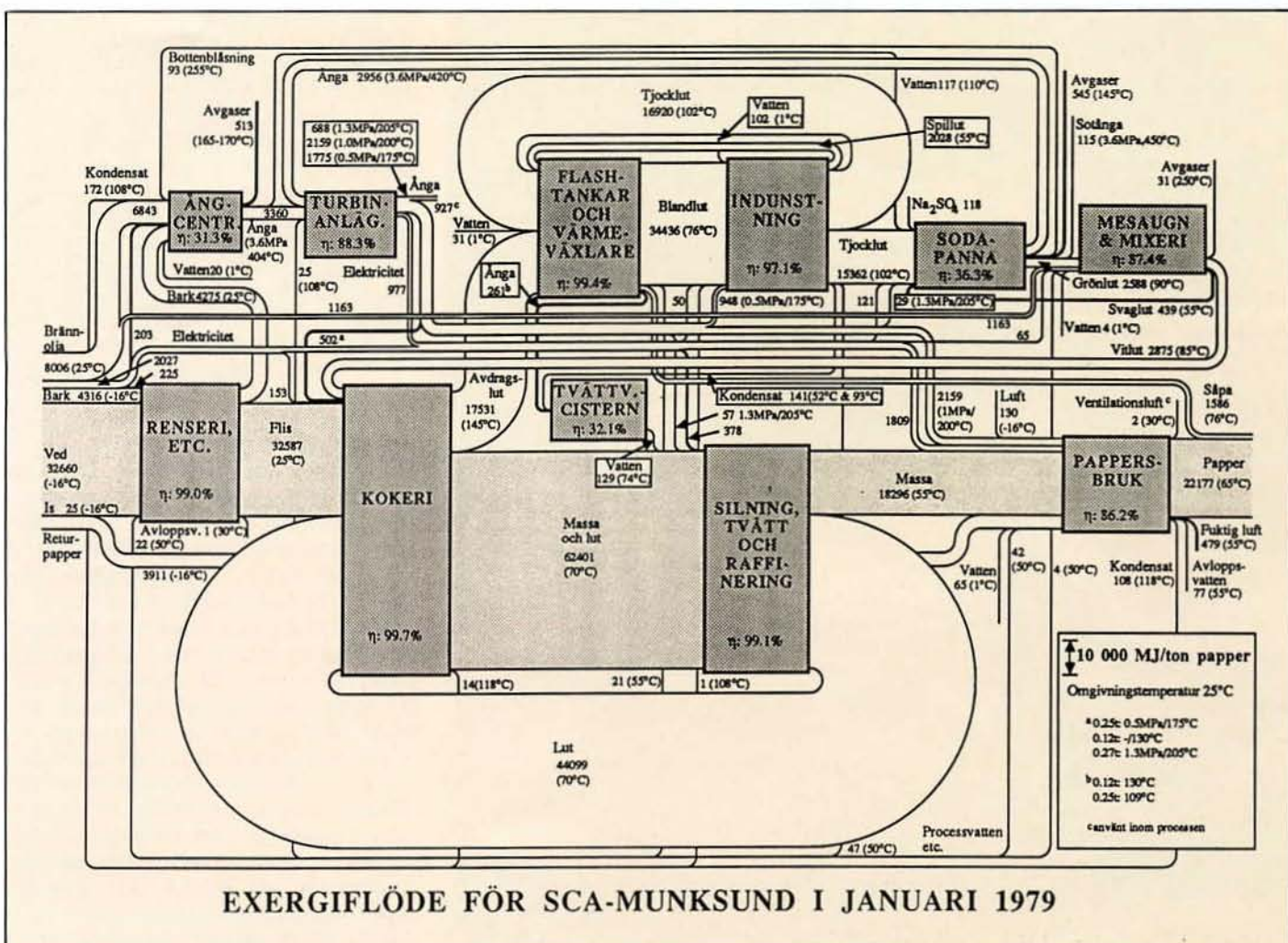
Slutsatser

I de processer som studerats avslöjar exergiflödet framför allt uppvärmningsprocesserna som ineffektiva. Detta gäller ofta vid exergibetraktelser och beror på att exergivärdet för värme ofta är mycket lägre än energivärdet särskilt vid temperaturer nära omgivningen. Sålunda är också processer med högre temperatur som smältning av stål bättre då ju exergivärdet ökar med temperaturen över omgivningen. Spillvatten med några enstaka graders temperatur över omgivningen innehåller praktiskt taget ingen exergi.

Industriella processer framstår dock som effektiva jämfört med processer som husuppvärmning där ju effektiviteten endast är mellan 1,5 och 5 %, se



Figur 1. Massa- och pappersbruket med viktigare flöden.



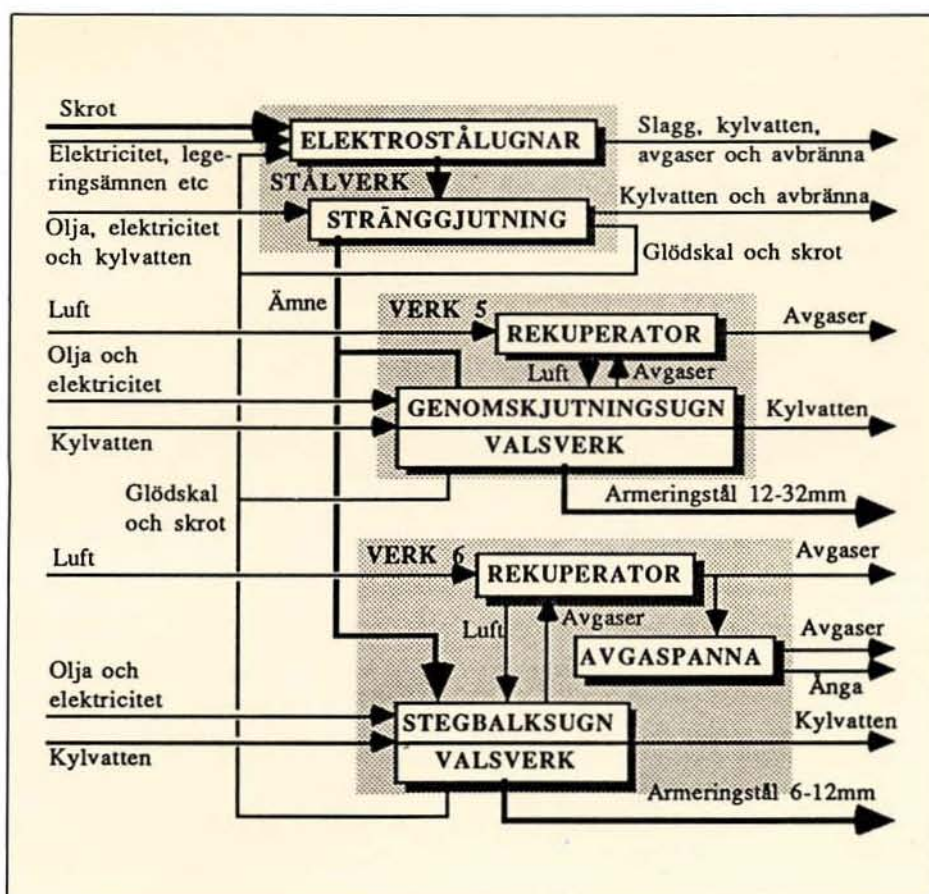
Figur 2. Exergiflödet genom massa- och pappersbruket.

Energiteknik nr 3, 1982. En förklaring kan vara att man inom industrin på grund av konkurrens och lönsamhetskrav måste eftersträva en bättre resurshållning med resurserna. Lönsamhetskrav är ofta mindre uttalade i icke industriella processer.

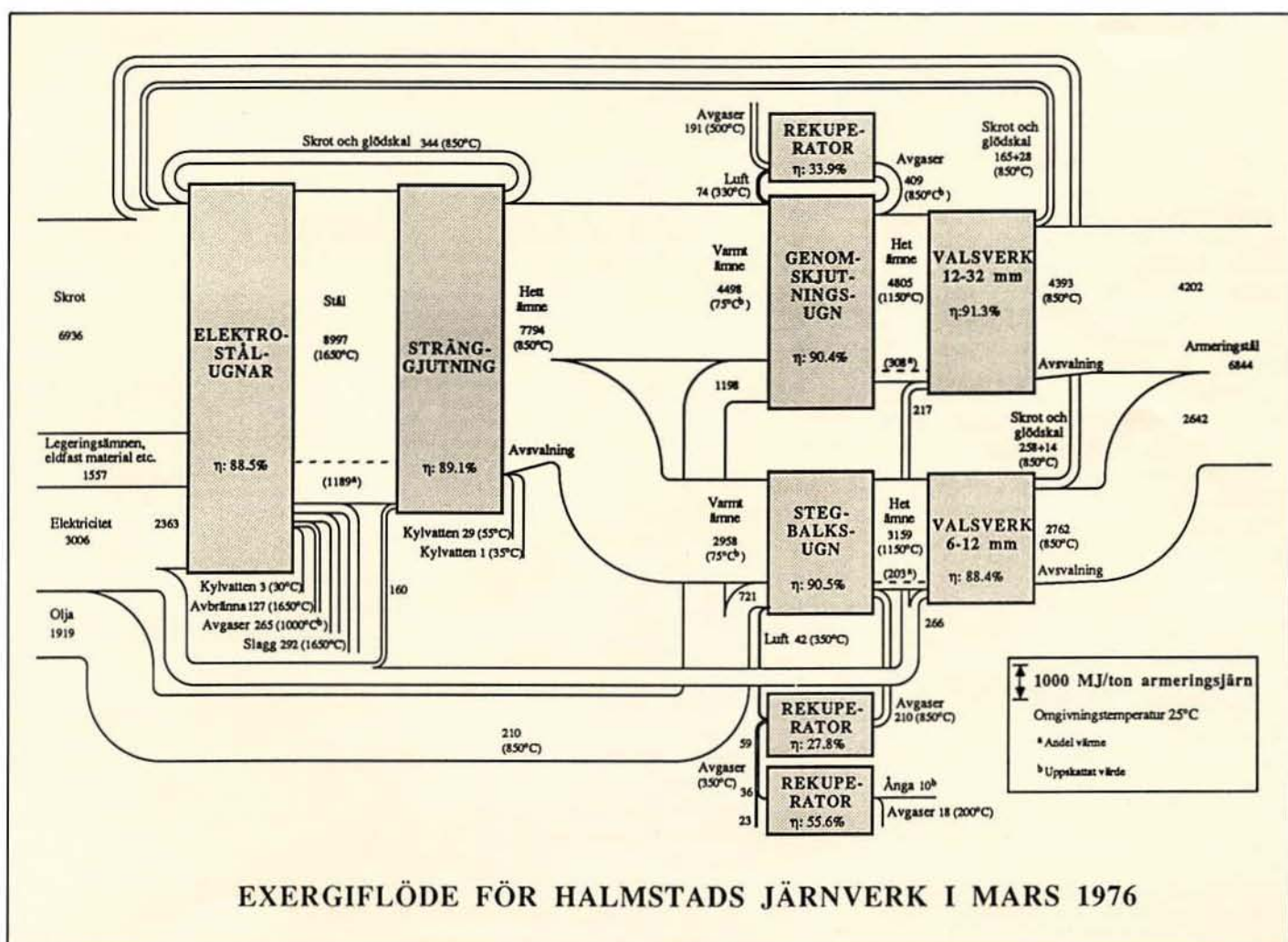
Avslutningsvis skall också nämnas att tillämpningen av exergibegreppet framför allt ger information för en långsiktig planering mot resurshållning. I dag finns god kompetens och erfarenhet för en kortsiktig planering. Tyvärr har detta tillsammans med bristen på kompetens för en mer långsiktig planering ibland hindrat utvecklingen av ny effektiv teknik. Exergibegreppet är här ett värdefullt komplement.

I doktorsavhandlingen, *Exergy - a Useful Concept*, som kan beställas från författaren (330 sidor, 100 kr) beskrivs bl a detta mer fullständigt med datorprogram.

STU dnr 80-4041
85-4356 a + b
Proj-led Göran Wall
Ort Göteborg
Tfn 031/81 01 00



Figur 3. Stålverket med viktiga flöden.



EXERGIFLÖDE FÖR HALMSTADS JÄRNVERK I MARS 1976

Figur 4. Exergiflödet genom stålverket.