



Handläggare

Tomas Söderlund

ÅF-Industry AB, Sundsvall

Tel +46 (0)10-505 24 68

Mobil +46 (0)70-384 15 12

tomas.soderlund@afconsult.com

Datum

2011-12-01

Uppdragsnr

401591



Kampanjkörning av TMP-linjer vid tillverkning av standard tidningspapper baserat på 100 % TMP

–Studie av förutsättningar och konsekvenser i en integrerad modellfabrik



Sammanfattning

Denna rapport belyser tekniska och ekonomiska för- och nackdelar med kampanjbaserad produktion av termomekanisk massa, TMP, för tillverkning av tidningspapper av standardkvalitet.

TMP och tidningspapper är kapital- och elenergiintensiva produkter, vars rörliga produktionskostnad till stor del beror av elpriset.

Med kampanjbaserad produktion eller kampanjkörning avses i den här rapporten att TMP-linjen uppreparande körs med överproduktion en period för att i efterföljande period stoppas. Vanligen sker det inom dygnet med några timmars stoppad TMP-produktion.

Modellen i rapporten beskriver fyra driftfall, som visar hur energi- och vattenbalanserna påverkas vid olika produktionsnivåer i TMP-linjerna och på pappersmaskinen. Resultaten är generella och relativt oberoende av om primärraffineringen sker med enkel- eller dubbeldiskraffinörer.

Produktionsstopp i TMP-linjerna ställer krav på att lagringskapaciteten för TMP är tillräcklig, att ångcentralen kan kompensera för bortfallet av återvunnen ånga och sekundärvärme samt att bakvattenöverskottet som uppstår på pappersmaskinen kan hanteras effektivt.

Rapporten visar att elkostnaden behöver vara relativt hög för att motsvara en vinstmarginal på 15 %. Produktionsenheter som har relativt låg vinstmarginal och stor andel rörligt pris i sitt elavtal påverkas i större utsträckning av högt spotpris på el. Dessa enheter kan med produktionsekonomisk fördel anpassa produktionstakten, t.ex. genom kampanjkörningar.

Kampanjkörningar förutsätter att det finns outnyttjad kapacitet i TMP-produktionen, vilket per definition utgör en kapitalkostnad.

Rapporten belyser också alternativa möjligheter att sänka den specifika energikostnaden, t.ex. genom gott kapitalutnyttjande, hög produktionsverkningsgrad, god ång- och sekundärvärmeåtervinning och anpassade elavtal.

Utredningen och rapporten har finansierats av ÅForsk.



Summary

This report highlights technical and economical advantages and disadvantages of campaign based production of thermo-mechanical pulp, TMP, for manufacture of newsprint of standard quality.

TMP and newsprint are capital and energy intensive products, whose variable production costs to a great extent are dependent of the electricity price.

In this report, campaign based production means that the TMP production line runs maximum production for a period and is shut down the next period. This is usually done within 24 hours with some hours of shutdown.

The model in the report describe four different production cases, that show how the energy and water balances are influenced by different production levels in the TMP lines and on the paper machine. The results are general and relatively independent of whether single or double disc refiners are used in primary refining.

Shutdown of TMP lines demands enough storage capacity of TMP and also that the steam plant can compensate for the lack of recovered steam and secondary heat. Further, it is important that the excess of white water that is created can be handled effectively.

The report shows that the electricity cost needs to be relatively high to correspond to a profit margin of 15 %. Production units that have relatively low profit margin and a big part variable price in the electricity contract are more influenced by high spot prices. These units could have an advantage of adjusting the production rate, e.g. through campaign production.

Campaign production requires that there is unused production capacity of TMP, which per definition is equivalent to a capital cost.

The report also highlights alternative possibilities to decrease the specific energy costs, e.g. through good capital utilisation, high production efficiency, good recovery of steam and secondary heat.

The investigation and report was financed by ÅForsk.



Innehållsförteckning

Sammanfattning	2
Summary	3
Innehållsförteckning	4
1 Bakgrund	5
2 Modell	6
2.1 <i>Presentation av modellen</i>	6
2.2 <i>TMP-linjerna</i>	7
2.3 <i>Pappersmaskinen</i>	8
2.4 <i>Bakvattensystem och lagringskapacitet</i>	9
2.5 <i>Ångcentralen</i>	10
3 Resultat	10
3.1 <i>Vattenbalans för TMP-linjer och pappersmaskin</i>	10
3.2 <i>Ång- och sekundärvarmebalans för TMP-linjer och pappersmaskin</i>	12
3.3 <i>Ångproduktion och mottryckskraft</i>	15
3.4 <i>Produktion och process</i>	16
4 Analys av elpriset	18
4.1 <i>Spotpriset 1999-2011</i>	18
4.2 <i>Spotpriset 2010</i>	19
4.3 <i>Extremer</i>	21
5 Produktionsekonomi	23
5.1 <i>Totala kostnader, elkostnader och vinstmarginal</i>	23
5.2 <i>Bränslekostnader och intäkter från mottryckskraft och fjärrvärmelieferanser</i>	24
6 Slutsatser	25



1 Bakgrund

Vid produktion av mekanisk massa och trähaltiga papperskvaliteter har kampanjkörningar och temporära produktionsstopp blivit en förekommande åtgärd mot den senaste tidens höga spotpriser på el. Ett ytterligare skäl till dessa åtgärder har varit och fortsätter, (i skrivande stund), att vara svagt marknadsläge för trähaltiga tryckpapper, d.v.s. tidningspapper, SC, och LWC.

Det finns exempel på massa- och pappersbruk som medvetet investerat i betydligt större lagringskapacitet av massa för att bättre kunna utnyttja produktionskapaciteten och ta tillvara möjligheten att producera i kampanjer.

Mer förädlade produkter, såsom SC och LWC, med lägre andel TMP, är mindre känsliga för höga elpriser än t.ex. standard tidningspapper baserat på 100 % TMP. Genom större returfiberandel, sulfatmassaandel och fyllmedel i produkterna kan känsligheten för höga elpriser reduceras något.

Kampanjkörningar, som innebär att TMP-linjer körs med överproduktion för att därefter temporärt stoppas med bibehållen produktionsnivå på pappersmaskinen, förutsätter att det finns outnyttjad produktions- och lagringskapacitet i TMP-linjen.

Vid kampanjkörningar behöver samtliga försörjningssystem ha erforderlig kapacitet för att klara av konsekvenser av omväxlande hög och stoppad TMP-produktion.

Det är en förhoppning att den här utredningen kan bidra till att klargöra en del av de kostnadsrelaterade drivkrafter som ligger bakom kampanjkörningar av TMP-linjer samt också närmare beskriva och förklara vilka effekter det innebär för process, vatten- och energibalanser samt energiproduktion.

Utredningen och rapporten har finansierats av ÅForsk.



2 Modell

2.1 Presentation av modellen

Syftet med modellen är att presentera realistiska nyckeltal och ge svar på hur energi- och vattenbalanser generellt påverkas av större produktionsförändringar, som i fallet med kampanjkörningar. I kombination med en elprisanalys är det en förhoppning att de viktigaste produktionsekonomiska drivkrafterna och förutsättningarna skall bli tydliga.

Det är omöjligt att baserat på en teoretisk modell fastställa bästa ekonomiska, tekniska och driftmässiga strategi för ett enskilt bruk, eftersom varje enhet har unika förutsättningar och möjligheter beroende av sin produktionsekonomiska situation, processlayout och kvalitetsinriktning, etc.

Inte minst beror förutsättningarna för kampanjkörningar av elavtalets utformning, marknadsläget och vinstmarginalen. För en enhet med stor andel eller 100 % säkrat pris finns marginellt eller inget incitament till kampanjkörningar, vilket också uteslutande är fallet när avsättningen och vinstmarginalen är god. Modellen har utgått ifrån ett integrerat tidningspappersbruk som producerar standard tidningspapper av hög kvalitet, baserat på 100 % TMP av gran. Modellen omfattar således tre produktionsavsnitt:

- En pappersmaskin för produktion av tidningspapper.
- Två TMP-linjer med gemensam rejektraffinerings.
- En ångcentral med en bibränsle- och en oljepanna samt en turbin.

Modellen är gjord i programmet Excel och har representativa indata för TMP-linjerna och pappersmaskinen. Fyra olika driftfall har studerats. Modellen omfattar på en övergripande nivå:

- Energibalans avseende ånga och sekundärvärme.
- Vattenbalans för processen.

Indata i modellen har utgått ifrån konventionell, modern teknik och processlayout med syfte att ge ett realistiskt och representativt utfall. Modellen är baserad på ett vinterfall då pappersmaskinens totala ång- och värmeförbrukning är som störst. Vid dygnsmedelproduktion, 1 067 adt/d, är produktionslinjen, (TMP-linjer och pappersmaskin), självförsörjande på ånga och sekundärvärme i form av hetvatten, 70-95 °C.

Bark, fiber- och bioslam ifrån renseri och vattenreningsanläggning förbränns i ångcentralen, som producerar mottryckskraft med en ångturbin. Ångcentralen har kapacitet att uthålligt försörja pappersmaskinen med ånga och värme när båda TMP-linjerna är stoppade.



De två TMP-linjernas medelproduktion är 960 bdt/d, 1 067 adt/d. Maxkapaciteten är 1 266 adt/d motsvarande maximal produktionskapacitet på pappersmaskinen, vilket är vid ytvikten 48 g/m², 100 % produktionsverkningsgrad och högsta hastighet, 1 850 m/min. Outnyttjad produktionskapacitet är i genomsnitt ca 4 h/d.

Linjerna producerar TMP av hög kvalitet vid CSF 90 ml. Utbytet är 95 %. Lagring av färdig TMP sker vid 10 % koncentration, (MC), i ett 2 000 m³-lagringstorn, motsvarande 200 bdt och fem timmars medelförbrukning.

Vid kampanjkörningar med fem timmars avställd TMP-produktion, krävs således ytterligare ett lagringstorn av motsvarande storlek, 2 000 m³, som det ordinarie tornet. I den här modellen bedöms ordinarie torn inte stå till förfogande för kampanjkörningar, även om det kan anses tillgängligt i praktiken.

Den specifika elenergiförbrukning i primäraffineringen är 1 700 kWh/bdt. Rejektavdraget är 25 %, motsvarande 240 bdt/d vid medelproduktion och 285 bdt/d vid maximal produktion. Den specifika elenergiförbrukningen i rejekt-raffineringen är 900 kWh/bdt rejekt, motsvarande 225 kWh/bdt färdig TMP till pappersmaskinen. Den totala specifika elenergiinsatsen i raffineringen är 1 925 kWh/bdt.

Spädvattnet i raffineringen utgörs av bakvatten vid 70 °C. Ångåtervinningsgraden är med avseende på levererad färskånga vid 3 bar från ångomformarna 70 % i primärsteget och 40 % i rejektsteget. Ångåtervinningsgraden definieras som andelen färskånga, (utgående från matarvattnets ångombildningsvärme vid 3 bar), som produceras från ångomformarna i förhållande till bruttoelenergiinsatsen i raffineringen.

Tryckhållningen i raffinörerna sker med mellantrycksånga, (10 bar), från ångcentralen. Avloppsflödet från flistvättarna är totalt 60 t/h vid TMP-produktionen 960 bdt/d.

2.3 Pappersmaskinen

Modellen har utgått ifrån en pappersmaskin med konventionell, modern teknik, processlösning och hög produktionskapacitet, 11,0 m banbredd på pope och hastigheten 1 850 m/min. Produktionsverkningsgradens årsmedelvärde är 90 %.

Presspartiet har fyra pressnyp. Temperaturen på spritsvattnet och bakvattnet i korta cirkulationen är 58 °C. Torkpartiet och värmeåtervinningsystemet i torken är av konventionell typ med återvinning till torkluft, processvatten- och lokalvärmesystem. Övrigt värmebehov i dessa system tillgodoses av sekundärvärme och ånga.

Tidningspappersmaskinens produktion är 368 000 adt/år eller 1 067 adt/d vid 345 produktionsdygn per år. Medelytvikten är 45 g/m². Ytviktsområdet är 42-48 g/m².

I modellen är det samlade och kontinuerliga rejecktavloppet från virvelrenare, silerier, presstråg, etc. totalt 90 t/h. Bakvattenöverskottet är i form av klar- och superklarfiltrat, som släpps i avlopp när bakvattentornen är fyllda. Den specifika färskvattenförbrukningen för processen är vid medelproduktion 4,5 t/adt tidningspapper. Den totala specifika elförbrukningen för hela anläggningen är på årsmedelbasis 3 000 kWh/adt tidningspapper.

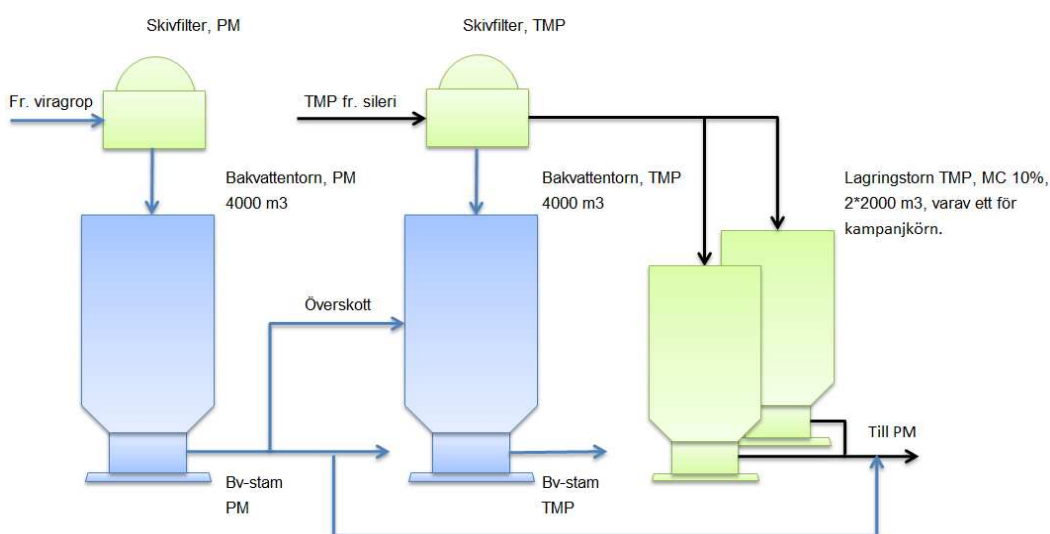
2.4 Bakvattensystem och lagringskapacitet

Bakvattensystemet kan ha olika utformning och beror framförallt av om pappersbruket och TMP-linjerna av processorsaker kan ha gemensamt system eller inte. I praktiken beror det i hög grad av brukets omfattning, övergripande processlösningar och hur det är integrerat.

I den teoretiska modellen har TMP-linjerna och pappersmaskinen gemensamt bakvattensystem. Det är en vanligt förekommande processlösning när produkten är oblekt standard tidningspapper baserat på 100 % TMP.

Fördelen med systemutformningen är förutom enklare och billigare processlösning också att vatten och värme distribueras och tas tillvara förhållandevis enkelt och effektivt. Nackdelen med gemensamt bakvattensystem kan eventuellt vara körbarhetsproblem orsakade av höga koncentrationer COD och vedharts i pappersmaskinens bakvattensystem när bakvattenutbytet är stort och effektiv massatvätt saknas.

I **figur 2** framgår övergripande bakvattensystem, processlösning och lagringstorn för bakvatten och TMP.



Figur 2. Bakvattensystem, bakvattentorn och lagringstorn för TMP, varav ett torn för fem timmars extra buffert vid kampanjkörning.



Pappersmaskinens bakvattentorn har i modellen en volym på 4 000 m³. Det motsvarar vattenbehovet vid ca tre timmars utskottsproduktion. TMP-brukets bakvattentorn har volymen 4 000 m³. Tornets omsättningstid är ca en timme vid maximal produktion.

Sekundärvärme från raffineringen, (5,5 MW vid medelproduktion), förs över till pappersmaskinen direkt i form av het TMP vid 10 % koncentration, samt genom värmeväxling, (17,1 MW vid medelproduktion), mellan bakvattensystemen.

2.5 Ångcentralen

Ångcentralen har en bibränslepanna och en oljepanna som backup. En ångturbin är ansluten med kapacitet att producera 15,7 MW mottryckskraft på totala ångproduktionen, (78,5 MW), vid alfavärdet 0,25. I samband med att TMP-linjerna stoppas krävs kapacitet att ersätta stor del av pappersmaskinens totala ång- och värmebehov, som är 68,3 MW vid medelproduktion.

I modellen har bedömningen gjorts att en relativt stor andel eldningsolja krävs i bränslesammansättningen, 25 % eller 19,6 MW, när ångcentralens pannor uthålligt körs utanför normalt driftfönster och i närheten av maximal effekt.

En antagen bränslesammansättning och -kostnad har i första hand använts för att göra en produktionsekonomisk bedömning, samt för att uppmärksamma de följd effekter som innebär ytterligare kostnader och intäkter i samband med kampanjkörningar.

3 Resultat

I modellen jämförs och studeras fyra olika driftfall och produktionsnivåer, 1-4. Medelproduktion i hela linjen utgör referenssituation för bedömning av kampanjkörningarnas konsekvenser. Resultatet sammanfattas i **tabell 1-2**.

3.1 Vattenbalans för TMP-linjer och pappersmaskin

Betingelserna vid produktionsstopp i TMP-linjerna, medel och maximal produktion valdes för att studera effekterna av kampanjkörningar på övergripande energi- och vattenbalanser. Data avser ång- och värmebehovet en kall vinterdag.

Driftfall 1 innebär referenssituation och medelproduktion i både TMP-linjerna och på pappersmaskinen. Driftfall 2 innebär att TMP-linjerna är stoppade och att pappersmaskinen körs med medelproduktion. Driftfall 3 innebär inkörningsperiod, d.v.s. maximal produktion i TMP-linjerna, men medelproduktion på pappersmaskinen. Driftfall 4 motsvarar maximal produktion i TMP-linjerna och på pappersmaskinen. Se **tabell 1**.


Tabell 1. Indata till modell och vattenbalans vid fyra olika driftfall.

Produktionsdata	Enhet				
Driftfall		1	2	3	4
Prod. TMP-linjer		Medel	0	Max	Max
Prod. PM		Medel	Medel	Medel	Max

Produktion & elenergiförbr., TMP-linj.	adt/d	1 067	0	1 266	1 266
	adt/h	44,5	0	52,8	52,8
	bdt/h	40,0	0	47,5	47,5
Elenergiinsats, prim. raffinering	MW	68,0	0	80,7	80,7
	kWh/bdt	1 700	0	1 700	1 700
Elenergiinsats, rejektraffinering	MW	10,2	0	10,7	10,7
	kWh/bdt	255	255	225	225

Produktion, PM (1850 m/min)	adt/h	44,5	44,5	44,5	52,8
	bdt/h	40,0	40,0	40,0	47,5
Ytvikt	g/m ²	45,0	45,0	45,0	48,0
Produktionsverkningsgrad, h		90 %	90 %	90 %	100 %

Vattenbalans, process. TMP-linj.					
<u>In</u>					
Vatten med flis	t/h	40	0	47,5	47,5
Bakvatten från PM, (58°C)	t/h	380	0	451	451
Totalt in	t/h	420	0	498	498
<u>Ut</u>					
Rejektavlopp	t/h	60	0	71,2	71,2
Vatten m. TMP till MC-torn, (70°C)	t/h	360	0	4 27	427
Totalt ut	t/h	420	0	498	498

Vattenbalans, process. PM					
<u>In</u>					
Vatten m. TMP fr. MC-torn, (70°C)	t/h	360	360	360	427
Färskvatten, spritsar	t/h	200	200	200	200
Totalt in	t/h	560	560	560	627
<u>Ut</u>					
Bakvatten till TMP, (58°C)	t/h	380	0	451	451
Kontinuerligt rejektavlopp	t/h	90	90	90	90
Torkluft, avdunstning	t/h	56	56	56	54
Vatten med papper	t/h	4,4	4,4	4,4	5,3
Filtratöverskott (diskont. avlopp)	t/h	30	410	-41	27
Totalt ut	t/h	560	560	560	627

Spec. färskvattenförbr., process	t/adt	4,5	4,5	4,5	3,8
----------------------------------	-------	-----	-----	-----	-----



Vid medelproduktion av TMP och tidningspapper, driftfall 1, är det kontinuerliga filtratöverskottet på pappersmaskinen 30 t/h. I modellen lagras TMP vid 10 % koncentration, (MC), vilket innebär relativt stor överbäring av vatten och värme från TMP-linjen till pappersmaskinen, jämfört HC-lagring, (35 % koncentration). Bakvattnet måste i MC-fallet returneras från pappersmaskinen till TMP-linjernas bakvattentorn och –system för att inte ett stort bakvattenunderskott skall uppstå.

I driftfall 2, som innebär att TMP-linjerna är stoppade, bör det stora bakvattenöverskottet som uppstår på pappersmaskinen, 410 t/h, användas till att fylla upp bakvattentornen innan filtratöverskottet släpps i avlopp. I modellen har bakvattentornen i TMP- och pappersbruk en volym på 4 000 m³ vardera.

Bakvattenöverskottet som uppkommer i pappersmaskinens bakvattensystem under fem timmars stopp i TMP-linjerna motsvarar 2 050 t, ca 25 % av total lagringskapacitet. En viktig fördel av att lagra bakvattenöverskottet är att belastningen på vattenreningsanläggningen minskar och hålls på en jämnare nivå samt att värme ackumuleras.

I driftfall 2 är nettobelastningen på vattenreningen 500 t/h jämfört 180 t/h i driftfall 1, medelproduktionsfallet. Det förutsätter dock att bakvattentornen är fulla och att allt bakvattenöverskott som konsekvens släpps i avlopp.

Lagringskapaciteten för TMP är i modellen totalt 400 bdt, 4 000 m³. Volymen är fördelad på två MC-torn, som har totalt ca 10 timmars buffert vid medelproduktion. Ett ytterligare lagringstorn på 2000 m³ krävs att lagra ca 5 timmars TMP-produktion.

Driftfall 3 motsvaras av maximal produktion av TMP och medelproduktion på pappersmaskinen, vilket innebär 90 % produktionsverkningsgrad. Överskottet av TMP lagras i lagertornen inför följande produktionsstopp i TMP-linjerna. Driftfall 4 innebär maximalt produktionsutnyttjande i hela linjen, vilket är vid högsta ytvikt, 48 g/m², och 100 % produktionsverkningsgrad på pappersmaskinen.

I den teoretiska modellen har produktionsverkningsgraden definierats som andelen färdigt producerat papper i förhållande till produktionsflödet över virapartiet. Således är exempelvis utskottsproduktionen 10 % vid produktionsverkningsgraden 90 %.

3.2 Ång- och sekundärvärmebalans för TMP-linjer och pappersmaskin

Pappersmaskinens totala ång- och värmebehov är en kall vinterdag 68,3 MW vid medelproduktion och 90 % produktionsverkningsgrad. Värmeöverföring genom uttag av TMP ur lagringstornet och bakvattenutbyte mellan TMP-linjerna och pappersmaskinen är 5,5 MW. Se **tabell 2**.

**Tabell 2.** Indata till modell samt ång- och sekundärvärmebalans.

Produktionsdata	Enhet				
Driftfall		1	2	3	4
Prod. TMP-linjer		Medel	0	Max	Max
Prod. PM		Medel	Medel	Medel	Max

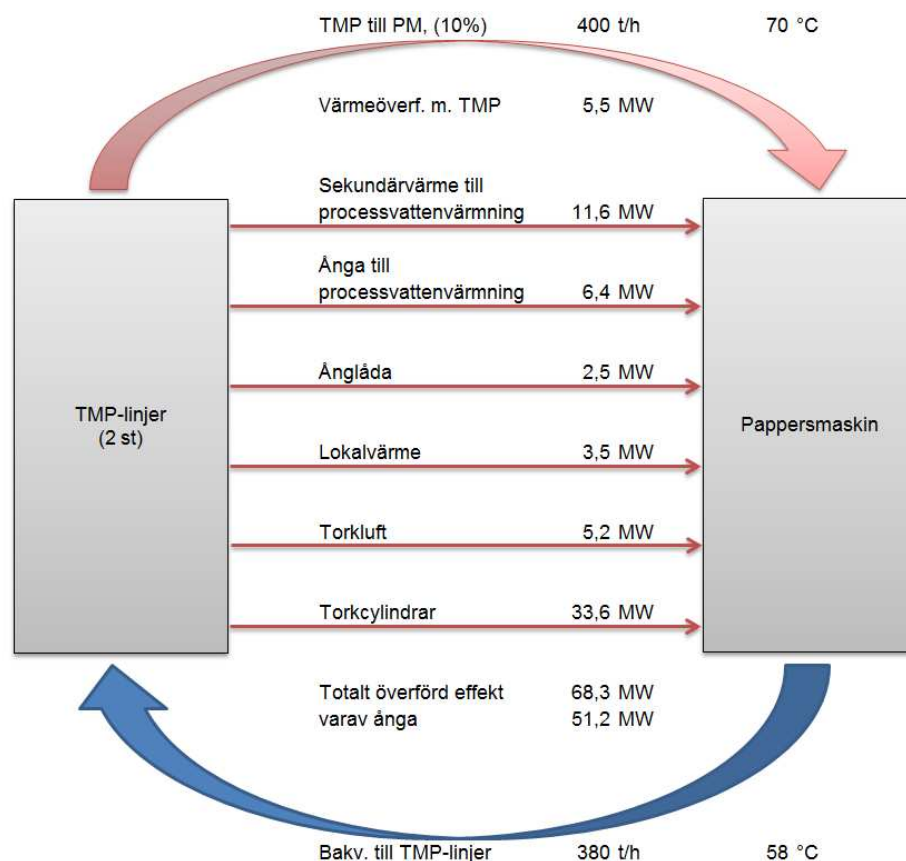
Ång- och värmeåterv., TMP-linjer					
Primär Raffinör, färskånga	MW	47,6	0	56,5	56,5
Ångåtervinningsgrad		70 %	0 %	70 %	70 %
Rejektraffinör, färskånga	MW	3,6	0	4,3	4,3
Ångåtervinningsgrad		40 %	0 %	40 %	40 %
Återvunnen färskånga t. PM, totalt	MW	51,2	0	60,7	60,7
	kWh/bdt	1 280	0	1 280	1 280
Sekundärvärme (hetv. vvx 70-95°C)	MW	11,6	0	13,8	13,8
	kWh/bdt	290	0	290	290
Sekundärvärme (TMP 10% konc. 70°C)	MW	5,5	0	6,5	6,5
	kWh/bdt	137	0	137	137
Tot. återv. ånga & värme, TMP-linjer	MW	68,3	0	81,0	81,0

Ång- och värmebalans, PM					
<u>Förbrukning PM</u>					
Ånga t. torkcylindrar	MW	33,6	33,6	33,6	35,9
Övrigt	MW	34,7	34,7	34,7	34,7
Varav ånga	MW	17,6	17,6	27,1	24,9
Varav sek. värme		17,1	17,1	7,6	9,8
Total ångförbrukning		51,2	51,2	60,7	60,7
Total ång- och värmeförbrukning	MW	68,3	68,3	68,3	70,6
<u>Produktion & återvinning</u>					
Total ång- och sek.-värmeåtervinning	MW	68,3	5,5	81,0	81,0
Ångproduktion (80 bar)	MW	0	78,5	0	0
Mottryckskraft (α 0,25)	MW	0	15,7	0	0
Ånga 3 bar (till pappersmaskin)	MW	0	62,8	0	0
Värmeöverskott (lev. till fjärrvärme)	MW	0	0	12,7	10,4

Återvunnen ånga från TMP-linjerna utgör 51,2 MW varav 33,6 MW förbrukas i torkcylindrarna och övrig ånga, 17,6 MW, används till processvattenvärmning, ånglåda, värmning av torkluft och lokalvärme.

Pappersmaskinens övriga värmebehov, 11,6 MW, utgörs av sekundärvärme i form av hetvatten, 70-95 °C, som överförs genom värmeväxling. Vid dessa betingelser och medelproduktion balanseras pappersmaskinens ång- och värmebehov till 100 % av TMP-linjernas ång- och värmeproduktion.

Pappersmaskinens korta cirkulation och spritsvatten värms till 58 °C, vilket delvis förklarar det stora behovet av processvattenvärmning. I **figur 3** framgår modellens processvärme- och ångbalans vid medelproduktion en kall vinterdag.



Figur 3. Modellens processvärme- och ångbalans för TMP-linjer och pappersmaskin. Data vid medelproduktion, 1 067 adt/d, en kall vinterdag. Processen är vid dessa betingelser självförsörjande på ånga och sekundärvärme i form av hetvatten, 70-95 °C.

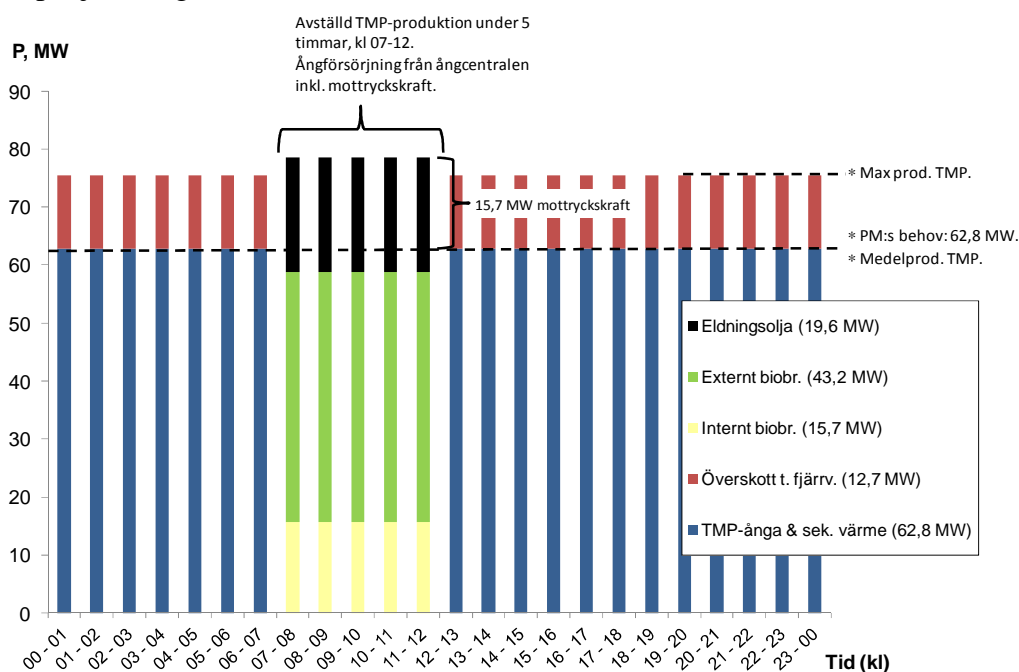
Väsentlig överföring av processvärme, 5,5 MW, sker från MC-lagringstornet till pappersmaskinen genom leverans av het TMP vid 10 % koncentration och 70 °C. Värmeöverföringen står givetvis i direkt proportion till flödet, massa-koncentrationen, bakvattenomsättningen och temperaturdifferensen mellan bakvattnen.

I modellen utgör värmeöverföringen av TMP från MC-lagringstornet 5,5 MW och den är således primärt beroende av uttaget ur tornet. Total värmeöverföring utgör 68,3 MW varav 62,8 MW behöver ersättas när TMP-linjerna är stoppade. Raffinörernas motorförluster är 5 %. I värmeöverföringen från TMP-linjerna till pappersmaskinen ingår också sekundärvärme som tillgodogjorts från tryckhållningsånga i raffineringen, värme från drifter som utför mekaniskt värmealstrande processarbete, såsom silar, pumpar, omrörare, etc.

3.3 Ångproduktion och mottryckskraft

Sommartid visar modellen ett påtagligt värmeöverskott, primärt relaterat till lägre uppvärmningsbehov av flis, torrluft, processvatten och lokalvärmesystem. Värmebehovet på pappersmaskinen sommartid är uppskattat till ca 10 MW lägre jämfört vintertid. Kampanjkörning innebär enligt modellen perioder av omväxlande värmeöverskott och värmeunderskott. Värmeöverskottet tas vintertid tillvara som fjärrvärme.

Under perioder av stoppad TMP-produktion ersätter ångcentralen bortfallet av återvunnen ånga och sekundärvärme med motsvarande ångproduktion, vilket i driftfall 2 är 62,8 MW. Mottryckskraft produceras. Alfavärdet är 0,25 i modellen. Bränslesammansättningen utgörs av 20 % internt biobränsle bestående av slam och bark, 55 % externt biobränsle bestående av flis och 25 % eldningsolja. I **figur 4** framgår ångåtervinning och -produktion per timme över ett dygn av kampanjkörning.



Figur 4. Energiproduktion omfattande ånga, hetvatten och mottryckskraft under ett kallt vinterdygn av kampanjkörning med avställd TMP-produktion under högprisperiod, kl 07-12. Ingående förutsättningar och data enligt modellen, driftfall 2-3.



3.4 Produktion och process

Ett vanligt och enkelt sätt att minska elenergikostnaden under perioder med höga spotpriser är att producera kvaliteter med låg ytvikt och kvaliteter med generellt låg elenergiförbrukning och vice versa. Åtgärden kräver ingen uppenbar extra produktions- eller lagringskapacitet i produktionslinjen och produktionen körs i ett känt drift- och kvalitetsfönster, utan onormalt hög belastning på vattenreningsanläggningen och energiförsörjningssystemen.

De flesta enheter har valt produktion ”just in time” som produktionsekonomisk metod. Det är delvis en begränsande strategi om det finns ekonomiska fördelar av att anpassa produktionen mot aktuella spotpriser.

I praktiken dimensioneras TMP-linjernas maximala produktionskapacitet för att uthålligt försörja pappersmaskinen vid högsta produktionsnivå, vilket är vid högsta ytvikt, hastighet och verkningsgrad. Ett lagringstorn för TMP-massa har i de flesta fall 5 timmars buffert, eller mer. Massan lagras vid LC, (ca 5 %), MC, (ca 10 %), eller HC, (ca 30 %), beroende av processlayout.

I modellen har MC-lagring av TMP valts som exempel. Överbäringen av vatten och värme med TMP till pappersmaskinen står i direkt relation till massakoncentrationen. Vid LC- och MC-lagring returneras vattenöverskottet från pappersmaskinen till TMP-linjerna, medan det inte är nödvändigt vid HC-lagring då separata bakvattensystem kan användas. Värmeöverskottet i TMP-fabrikens bakvattensystem förs också över till pappersmaskinen genom värmeväxling.

En tidningspappersmaskin som producerar kvaliteter i området 42-48 g/m² har vid oförändrad maskinhastighet och mäldsammansättning teoretiskt minst ca 14 % utnyttjad TMP-produktionskapacitet vid produktion av 42 g/m² jämfört 48 g/m². Det motsvarar en stopptid av TMP-linjerna på ca 3,5 h/d vid produktion av 42 g/m².

Incitamentet att investera i ytterligare produktions- och lagringskapacitet för att endast möjliggöra eller utöka kampanjkörningar borde för de flesta svenska enheter var mycket litet när alternativet är andra typer av anpassningar och förändringar av elavtalet. De enheter som redan har viss överkapacitet i TMP-linjerna kan eventuellt motivera en investering i ett ytterligare lagringstorn för att dra nytta av fördelarna av en större buffert.

Spotpriset varierar och är ofta svårt att prognostisera. Att stoppa produktionskapacitet kräver i det ideala fallet några dygns förberedelser. Det kan då genomföras på ett relativt ordnat och kontrollerat sätt, utan för stora negativa konsekvenser för utrustning, process, kvalitet och kunder och med möjlighet att utföra underhållsarbete. Om det är önskvärt att minska pappersproduktionen, t.ex. av marknadsskäl, är det givetvis praktiskt och ekonomiskt rationellt att temporärt stoppa en hel produktionslinje och planera in underhållsarbete och ombyggnationer till perioder med högt elpris.



Ett alternativ till att bemöta högt spotpris kan vara att på olika sätt sänka produktionstakten i hela eller valda delar av produktionslinjen. Alternativet kan ha drift- och kvalitetsmässiga fördelar, jämfört med att stoppa och starta produktionslinjer.

Längre produktionsstopp är av naturliga orsaker svåra att genomföra vintertid.

Enheter som handlar stor del eller hela sin elenergivolym på spot har naturligtvis större förutsättningar att göra besparingar på kampanjkörningar eller produktion mot lager jämfört enheter med stor andel fast pris och ”just in time”-produktion.

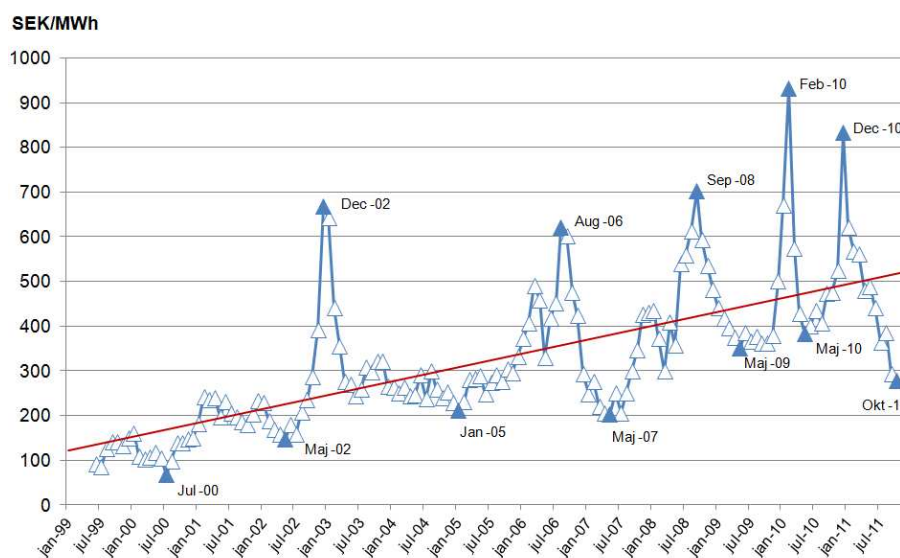
Den enskilt största kostnaden för ett modernt tidningspappersbruk är vanligen kapitalkostnaden, varför det generellt är mycket viktigt med ett gott kapitalutnyttjande. Med andra ord, för god konkurrenskraft krävs stordriftsfördelar, hög produktionsverkningsgrad, att hela linjens produktionskapacitet är väl balanserad utan flaskhalsar eller onödig och outnyttjad överkapacitet.

Produktion vid hög produktionsverkningsgrad är en av de viktiga nycklarna till att åstadkomma en låg specifik energiförbrukning, vilket tydligt framgår av driftfall 4 i modellen. Det här gäller i synnerhet TMP-processer som har god återvinning av ånga och sekundärvärme och som har möjlighet att leverera spillvärme till t.ex. ett fjärrvärmenät eller andra förbrukare, internt och externt.

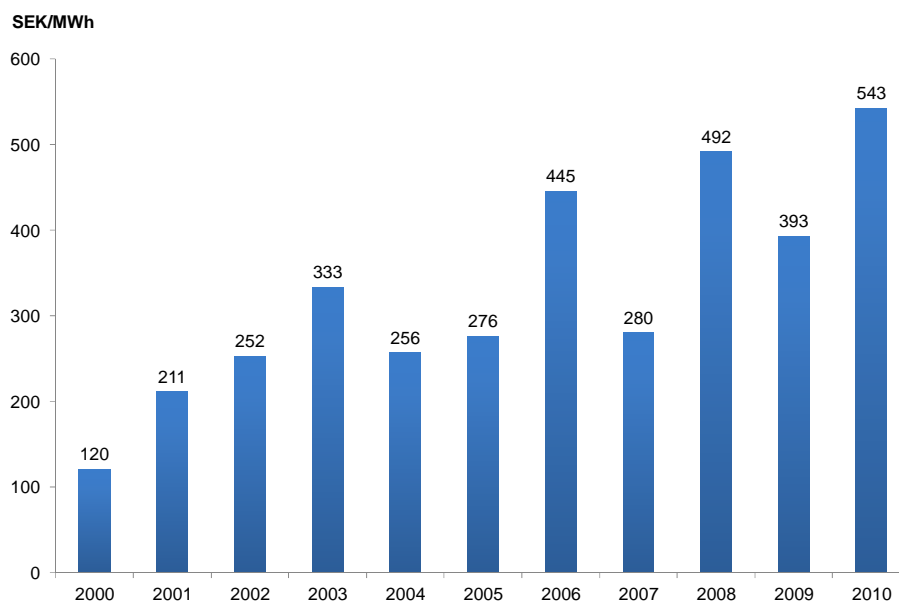
4 Analys av elpriset

4.1 Spotpriset 1999-2011

Spotprisets månadsmedelvärden de senaste 11 åren framgår av **figur 5**. Vanligen är spotpriset högst vintertid och lägst sommartid, men det finns flera undantag, t.ex. vintern 2003-2004, vintern 2004-2005, augusti-september 2006, sommaren 2008 och nyligt under hösten 2011. Årsmedelpriset har de senaste 11 åren ökat och varierat kraftigt, som framgår av **figur 6**.

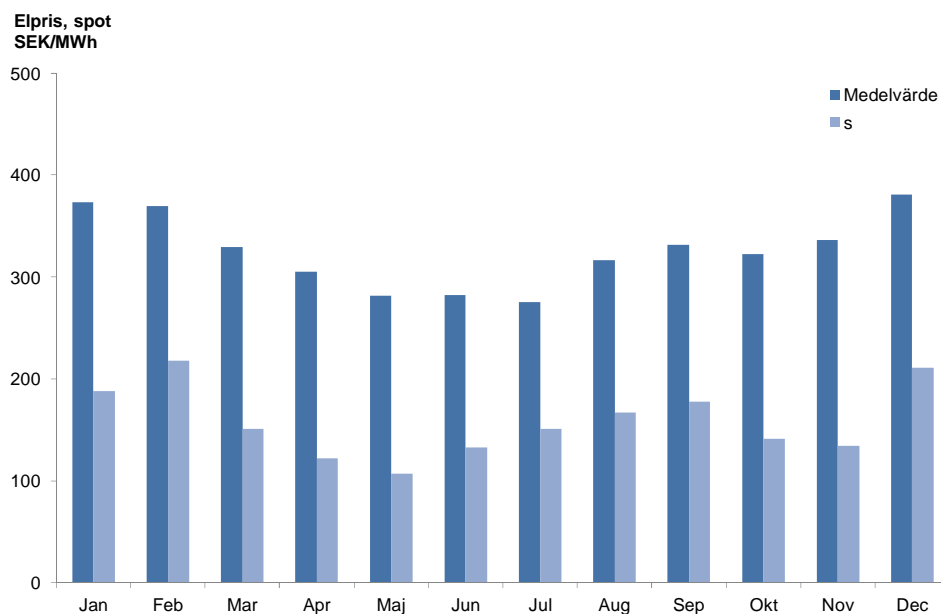


Figur 5. Spotpris, (SEK/MWh), månadsmedel jun. 1999 – okt. 2011 och linjär trend för perioden. Källa: Nordpool.



Figur 6. Spotpris, årsmedelvärden 2000 - 2010. Källa: Nordpool.

Spotprisets månadsmedelvärde de senaste 11 åren har varit högst i december-januari och lägst maj-juli. Se **figur 7** nedan.



Figur 7. Spotpris (SEK/MWh), månadsmedel och standardavvikelse juni 1999 - maj 2011. Källa: Nordpool.

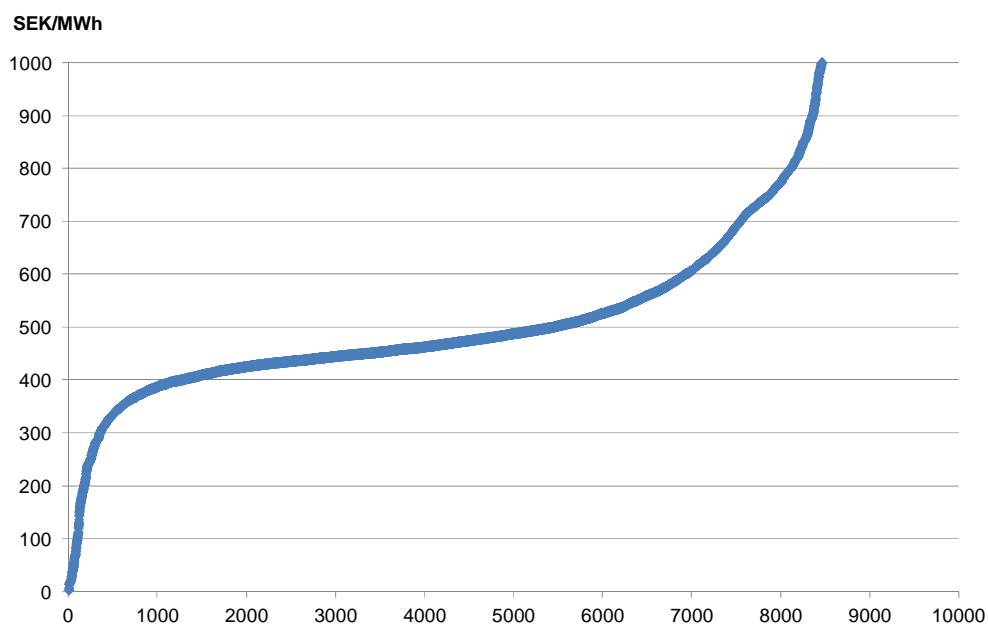
4.2 Spotpriset 2010

Under huvuddelen av året 2010, 6 571 timmar motsvarande ca 75 % tiden, var spotpriset 300-599 SEK/MWh. Detaljerad sammanställning av spotprisets fördelning för året 2010 framgår av **tabell 3**.

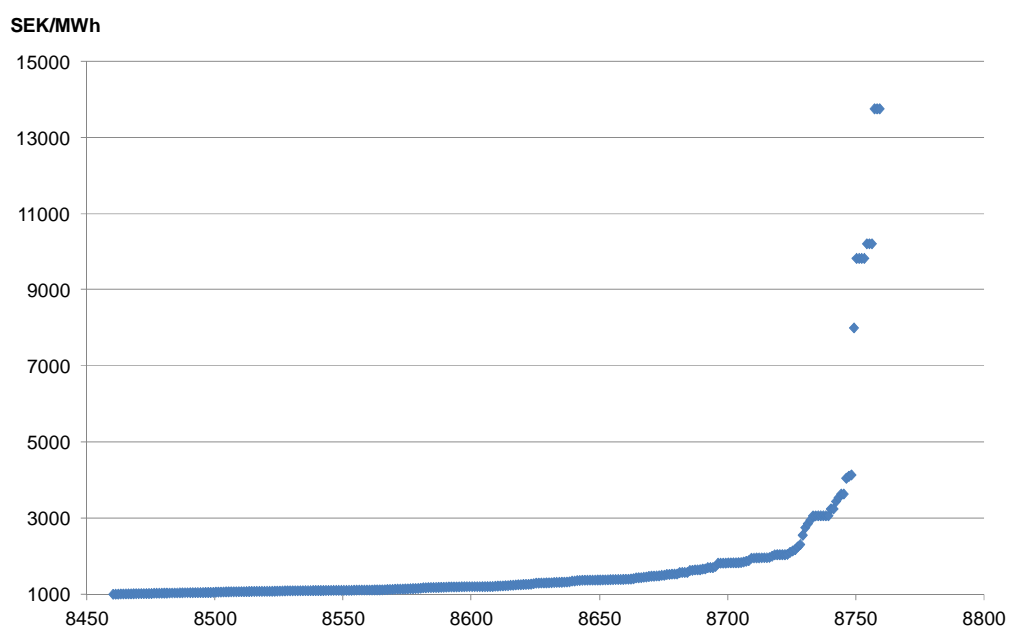
Tabell 3. Fördelning av spotpriset på el, 2010. Källa: Nordpool.

Spotpris (SEK/MWh)	Tid (h)	Spotpris (SEK/MWh)	Tid (h)
0-99	95	900-999	110
100-199	73	1 000-1 249	158
200-299	182	1 250-1 499	57
300-399	908	1 500-1 999	43
400-499	4 182	2 000-2 999	15
500-599	1 481	3 000-4 999	16
600-699	621	5 000-9 999	5
700-799	563	10 000-15 000	6
800-899	245		

Spotprisets fördelning per timme är för året 2010 sammanställd i två prisintervall och två figurer. Se **figur 8-9**. Under totalt 300 timmar översteg priset 1 000 SEK/MWh, vilket framgår av **figur 9**.

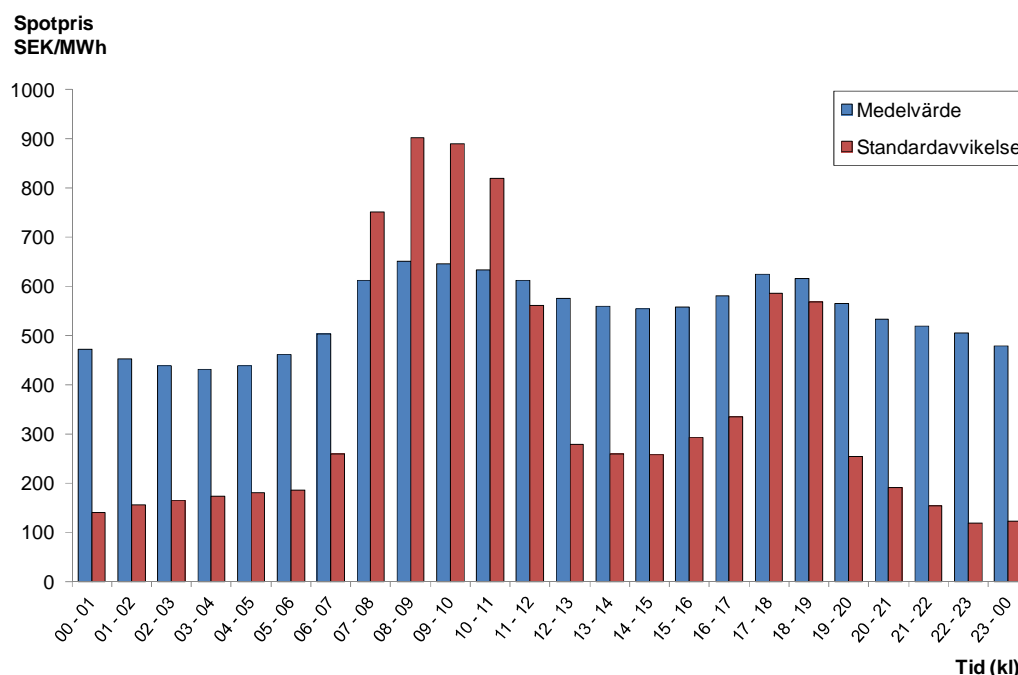


Figur 8. Fördelning av spotpriset på el, 1-8 459 timmar, 0-1 000 SEK/MWh, 2010. Källa: Nordpool.



Figur 9. Fördelning av spotpriset på el, 8 460-8 760 timmar, 1 000-15 000 SEK/MWh, 2010. Spotpriset var 1 000 SEK/MWh eller högre under 300 timmar. Källa: Nordpool.

Figur 10 visar medelspotpriset och standardavvikelsen per timme för året 2010. Statistiken visar att genomsnittsdygnet högsta spotpriser var kl. 07-19 och i synnerhet kl. 07-12 och kl. 17-19. Det var också under dessa perioder som priset varierade kraftigast och risken för extremt höga spotpriser var störst. Priset var normalt lägst och stabilast kl. 20-07.



Figur 10. Spotpris på el presenterat som årsmedelvärden och standardavvikelse per timme över dygnet, året 2010. Källa: Nordpool.

4.3 Extremer

Periodvis extremt höga spotpriser på el under de senaste åren, t.ex. i februari 2010, har haft väsentligt genomslag på den rörliga produktionskostnaden, även för de enheter som har haft relativt hög andel av volymen prissäkrad.

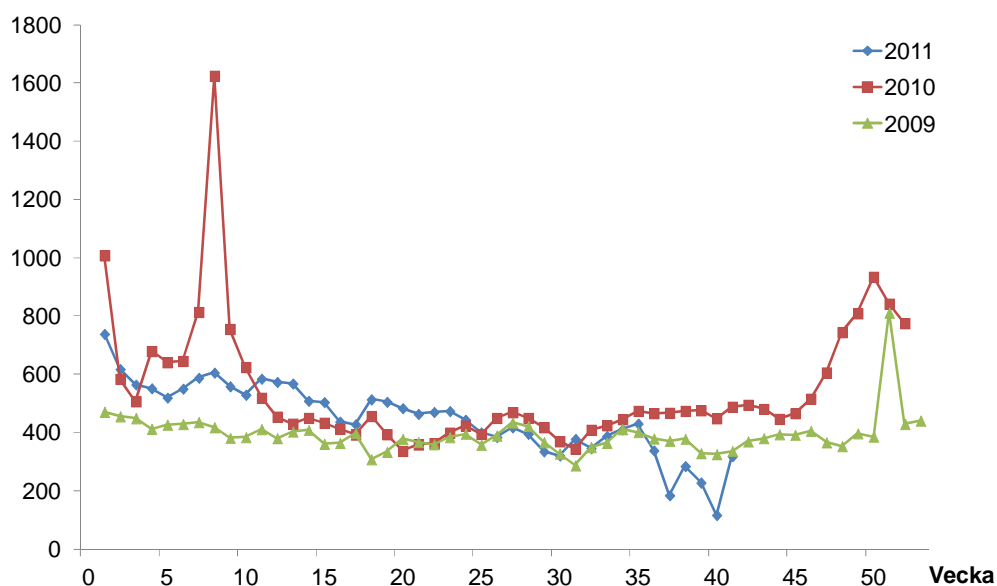
Dygnen 21-25/2 2010 var dygnsmedelpriset över 1 000 SEK/MWh. Priset kulminerade med ett dygnsmedelpris på 4 969 SEK/MWh den 22/2. Se **tabell 4**. Det högsta spotpriset hittills är 13 757 SEK/MWh på förmiddagen 22/2 2010.

I **figur 11** framgår hur spotpriset i form av veckomedelvärden varierat perioden 2000-okt. 2011.

Tabell 4. Spotpriset på el, (SEK/MWh), per timme under några dygn med extremt höga priser, 20-27:e februari 2010. Källa: Nordpool.

Tid	2010-02-20	2010-02-21	2010-02-22	2010-02-23	2010-02-24	2010-02-25	2010-02-26	2010-02-27
00 - 01	793	895	1 077	990	1 078	1 103	998	799
01 - 02	794	919	1 090	1 066	1 032	1 069	902	766
02 - 03	791	899	1 087	1 030	999	1 027	863	751
03 - 04	791	885	1 104	1 032	995	1 041	877	727
04 - 05	794	905	1 154	1 061	1 089	1 095	949	753
05 - 06	796	865	1 817	1 063	1 115	1 091	980	771
06 - 07	791	825	4 135	1 178	1 360	1 240	1 057	707
07 - 08	801	846	9 826	1 949	1 626	1 732	1 148	621
08 - 09	813	913	13 757	1 962	2 049	1 955	1 316	674
09 - 10	877	983	13 757	1 955	1 959	1 953	1 320	717
10 - 11	959	1 012	13 757	1 829	1 530	1 828	1 151	753
11 - 12	927	996	9 826	1 476	1 363	1 500	1 068	720
12 - 13	890	986	3 634	1 476	1 373	1 384	998	688
13 - 14	832	982	3 243	1 389	1 279	1 297	967	657
14 - 15	807	982	3 243	1 250	1 200	1 179	906	639
15 - 16	809	986	3 633	1 179	1 183	1 126	858	647
16 - 17	849	1 048	3 440	1 219	1 177	1 265	902	717
17 - 18	1 074	1 321	9 826	2 000	1 432	1 381	999	866
18 - 19	1 081	1 641	9 826	2 950	1 960	1 484	1 114	902
19 - 20	1 027	1 315	3 536	1 967	1 385	1 348	955	808
20 - 21	908	1 195	2 751	1 390	1 098	1 029	830	702
21 - 22	864	1 172	1 662	1 220	1 103	1 019	827	734
22 - 23	820	1 043	1 082	1 066	994	931	731	694
23 - 00	811	984	983	945	901	848	711	674
Min	791	825	983	945	901	848	711	621
Max	1 081	1 641	13 757	2 950	2 049	1 955	1 320	902
Average	862	1 025	4 969	1 443	1 303	1 289	976	729

Elpris, spot
SEK/MWh



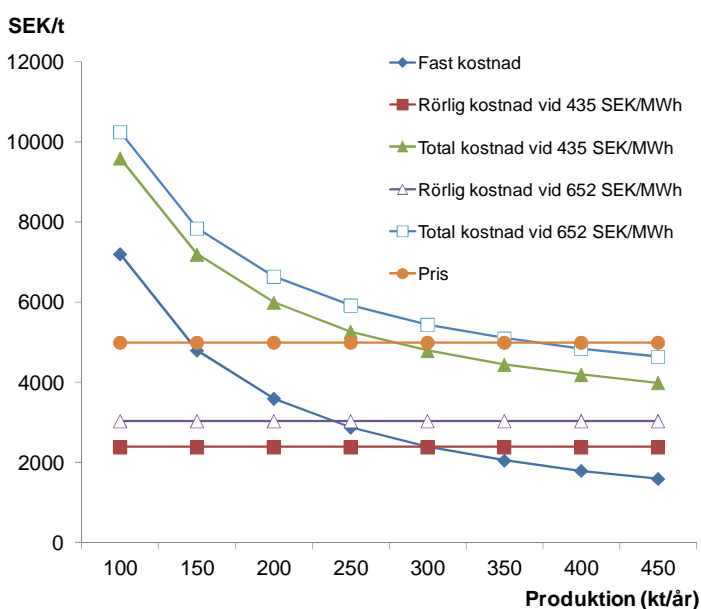
Figur 11. Spotpris, (SEK/MWh), veckomedel 2009 - 2011 (v41). Källa: Nordpool.

5 Produktionsekonomi

5.1 Totala kostnader, elkostnader och vinstmarginal

I **figur 12** framgår ett exempel på hur vinstmarginalen hos tidningspapper påverkas när den totala elkostnaden är 435 SEK/MWh respektive 652 SEK/MWh.

Vid 50 % högre total elkostnad, 652 SEK/MWh, uppgår i exemplet den extra elenergikostnaden till 650 SEK/t, motsvarande ursprunglig vinstmarginal, 15 %. Verksamheten gör ett nollresultat. Det motsvarar ett spotpris på 2 605 SEK/MWh när 90 % är säkrat vid 435 SEK/MWh. Under 2010 var spotpriset minst 2 605 SEK/MWh under totalt 30 timmar, till stor del fördelat på två dygn, 8/1 och 22/2.



Figur 12. Exempel på specifik produktionskostnad och vinstmarginal beroende av elpris och versus total årsproduktion. Produktion av standard tidningspapper baserat på 100 % TMP, 368 kt/år, 3 000 kWh/t. Vinstmarginal 15 % och 0 % vid totala elpriset 435 SEK/MWh respektive 652 SEK/MWh. Försäljningspriset är 5 000 SEK/t.

I **tabell 5** presenteras en grov budget som underlag till **figur 12**.

Tabell 5. Exempel på fördelning av totala kostnader, vinstmarginal och intäkt per ton tidningspapper vid totala elkostnaden 1 305 SEK/t. Utfall på årsbasis vid 368 kt/år.

Kostnad	Typ	Andel	SEK/adt
Kapital, drift och underhåll	Fast	30%	1 305
Personal & övriga fasta kostnader	Fast	15%	653
Råvaror, kemikalier, energi, etc.	Rörlig	25%	1 087
EI (435 SEK/MWh, 3,0 MWh/adt)	Rörlig	30%	1 305
Totala kostnader		100%	4 350
Vinstmarginal vid 368 kt/år		15%	650
Intäkt (pris)			5 000

Vid 25-50 % högre total elkostnad, 544-652 SEK/MWh minskar vinstmarginalen med 50-100 %. Det motsvarar ett spotpris på 1 525-2 605 SEK/MWh. Under 2010 var spotpriset i detta intervall under totalt 53 timmar. Hur mycket en enhet påverkas av rådande spotpris beror framförallt av hur stor andel av priset som säkrats, val av säkringsstrategi och hur stor del som handlas på spot.

5.2 Bränslekostnader och intäkter från mottryckskraft och fjärrvärmeleveranser

Enligt **tabell 6** visar modellen att mottryckskraftproduktionen vid kampanjkörningar, inklusive leverans av sekundärvärmeöverskott till fjärrvärmenätet, är lönsam när spotpriset överstiger 1 174 SEK/MWh. Spotpriset översteg 1 174 SEK/MWh under 145 timmar, året 2010.

Tabell 6. Ångproduktion, bränslesammansättning, intäkter och kostnader som använts i modellen. Utfall per dygn av medelproduktion och kampanjkörning med fem timmars produktionsstopp i TMP-linjerna. Bränslekostnaderna balanseras av intäkter från mottryckskraft när spotpriset på el är 1 174 SEK/MWh. I tabellen har avrundningar gjorts.

		Andel	P, MW	Tid, h/d	MWh/d	SEK/MWh	SEK/d
<i>Intäkter</i>	Mottryckskraft	α 0,25	15,7	5	79	1 174	92 161
	Fjärrvärme		12,7	19	241	250	60 325
	Totalt				320		152 486
<i>Kostnader</i>	Eldningsolja	25 %	19,6	5	98	650	63 781
	Internt biobr.	20 %	15,7	5	79	250	19 625
	Externt biobr.	55 %	43,2	5	216	320	69 080
	Totalt	100 %	78,5	5	393	389	152 486
<i>Resultat</i>							0

Utan intäkter från värmeleveranser till fjärrvärmenätet visar modellen nollresultat vid spotpriset 1 943 SEK/MWh. Spotpriset översteg 1 943 SEK/MWh under 51 timmar, året 2010.

Slutsatserna av denna analys är att tre huvudförutsättningar är avgörande för lönsam energiproduktion i samband med kampanjkörningar av TMP-linjer p.g.a. högt spotpris på el:

- Låga bränslekostnader, (vilket t.ex. förutsätter god tillgång på internt billigt biobränsle, låg andel eldningsolja).
- Högt alfavärde.
- God avsättning och ersättning för sekundärvärmeöverskott från TMP-linjerna, (internt eller externt).

Notera att i modellen är inte ångcentralen ansluten till fjärrvärmenätet.

6 Slutsatser

Några slutsatser och uppenbara förutsättningar och konsekvenser vid kampanjkörningar av TMP-linjer som åtgärd mot höga elkostnader:

- Temporärt stoppad TMP-produktion behöver återhämtas genom en efterföljande period av hög TMP-produktion. För detta krävs motsvarande produktions- och lagringskapacitet, som per definition utgör en extra kapitalkostnad.
- Bortfallet av återvunnen energi i form av ånga och hetvatten från TMP-linjerna behöver när linjerna är stoppade ersättas från ångcentralen. I ångcentralen behöver pannor och turbin ha erforderlig kapacitet och tillgänglighet.
- Ångcentralen körs under stopp i TMP-linjerna med hög belastning och kraftiga belastningsförändringar. Det medför risk för driftstörningar, fördyrad bränslekostnad och stora emissioner. Sannolikheten är stor att andelen externt bibränsle och eldningsolja i bränslesammansättningen är stor vid hög belastning.
- Intäkten från produktionen av mottryckskraft är god när spotpriset är högt, vilket förutsätter att turbinkapacitet finns och att alfavärdet är relativt högt.
- Hög produktion av återvunnen energi i form av ånga och hetvatten vid maximal TMP-produktion innebär risk för ekonomiska förluster om energiöverskottet inte kan avsättas internt eller externt. Förlusten är större sommartid än vintertid.
- Ångcentralen körs på låglast under perioder med hög TMP-produktion, vilket kan innebära driftmässiga svårigheter, (t.ex. om stora mängder fiber- och bioslam kräver samförbränning eller stödeldning).
- Större bakvattenöverskott och filtratavlopp från pappersmaskinen när TMP-linjerna är stoppade ställer högre krav på avloppsreningen och på lagringskapacitet för bakvatten. Det är större risk för värmeförluster och större överbäring av COD till recipient under dessa perioder.
- Generellt ökad risk för olika typer av haverier, driftstörningar och driftstopp när produktionslinjerna och övriga system som konsekvens körs med maximal belastning. Ökad risk för kvalitetsproblem och -variationer i samband med varierande produktionsbelastning och upprepade produktionsstarter och -stopp.
- Resultaten och slutsatserna är generella och relativt oberoende av om primärraffineringen sker med enkel- eller dubbeldiskraffinörer.