

Optimering av spånmalning vid SCA BioNorr AB i Härnösand

Michael Finell, Torbjörn Lestander, Robert Samuelsson och
Mehrddad Arshadi

Pelletsplattformen
BTK-Rapport 2010:1

SLU
Biomassateknologi & Kemi, Umeå



Innehåll

Förord.....	3
Sammanfattning	4
Bakgrund	5
Målsättning	5
Processen	5
NIR-mätning	6
Försöksplan	6
Analys.....	7
Resultat och diskussion.....	7
Fukthalter spån.....	7
Fraktionsfördelning torkat spån	8
Process- och pelletsdata	13
Slutsatser.....	16
De viktigaste slutsatserna.....	16
Rekommenderad inställning.....	16
Rekommenderade fortsatta försök	16

Förord

Försöket med att optimera malningen vid SCA BioNorr AB i Härnösand genomfördes 18-19 maj 2009. Avsikten var att studera hur olika inställningar på den kombinerade torken/kvarnen påverkade pelletsegenskaperna och att utifrån detta ge riktlinjer för hur processen ska styras för att ge en optimal produktion av pellets.

Vi vill tacka BioNorrs personal som deltog i försöket och gjorde det möjligt att genomföra denna studie. Vi vill också tacka Carina Jonsson vid SLU BTK som har gjort analyserna på spån och pellets.

Umeå april 2010

Torbjörn Lestander

Programdirektör för pelletsplattformen

Sammanfattning

Försök med olika inställning på torkkvarnen vid linje 2 vid SCA BioNorr AB i Härnösand har gjorts genom att hålla en del andra viktiga parametrar så som utgående spånfukthalt och belastning på pressarna konstant. De inställningar som varierades var uppehållstiden i kvarnen (baffelinställning) och återföring av grovt material från siktet (vingeinställning).

Provtagning har bara gjorts efter en press och vi vet inte om denna är representativ för hela anläggningen. Detta betyder att man inte kan dra allt för stora slutsatser från försöket.

Genom att variera baffel- och vingeinställningar kunde vi signifikant påverka strömmen över kvarnen och andelen fines i slutprodukten. Övriga pelletsegenskaper så som hållfasthet och bulkdensitet påverkades inte.

Utgående från de resultat som detta försök har genererat så rekommenderar vi att man kör processen med helt öppen baffel (läge 1) då detta ger den lägsta energiförbrukningen. Om man samtidigt justerar vingen i siktet för maximal återföring (läge 8 i detta fall) så kan man fortfarande reducera finesinnehållet i pellets med 20 % jämfört med att inte återföra något från siktet.

Bakgrund

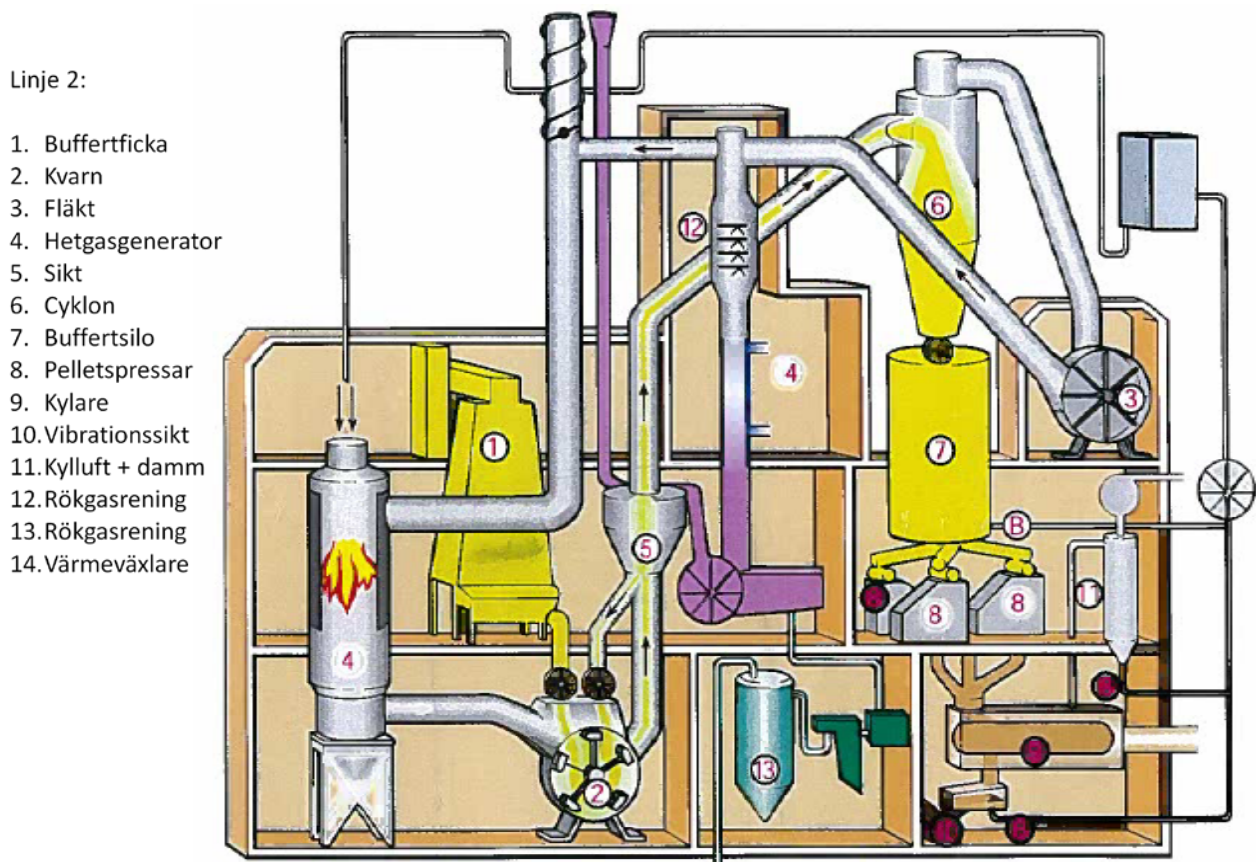
SCA Bionorr AB använder sig av en process där man torkar och mal spånet för pelletstillverkning i samma steg. I processen är det möjligt att reglera uppehållstiden och återförslen av överstora partiklar från siktet. Ingen systematisk undersökning av hur dessa parametrar påverkar pellets kvaliteten har dock tidigare utförts.

Målsättning

Målsättningen med detta försök var att studera kvarninställningarnas inverkan på energiförbrukning och pellets kvalitet samt att optimera processen med avseende på energiförbrukning och pellets kvalitet.

Processen

Torkningen och malningen av fuktigt spån sker i en hammarkvarn där heta rökgaser tillförs samtidigt. Efter kvarnen blåses det malda spånet till en sikt (tillverkare, modell, m.m.) där överstora partiklar avskiljs och återförs till kvarnen. Upphållstiden i kvarnen kan styras genom en baffel som kan regleras från läge 0 till 1. Baffeln kan regleras direkt från kontrollrummet. I siktningen kan återförslen av överstora partiklar regleras med hjälp av "vingar" inne i sikten. Dessa vingar kan regleras från läge 0 till 10 men i praktiken kan endast läge 8 till 10 användas. Kör man på lägre inställning får man stopp i retrurröret. "Vingarna" måste dock justeras manuellt.



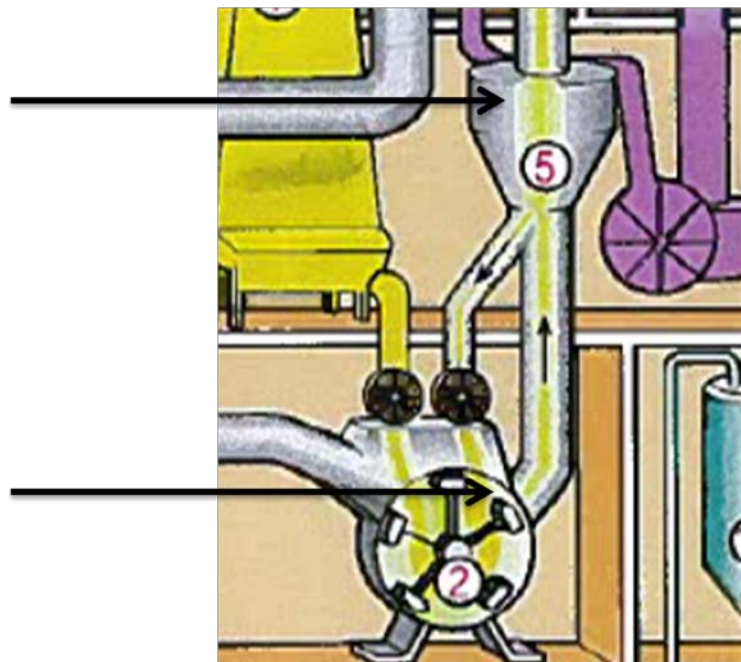
Figur 1. Skiss över torknings- och pelletteringsprocessen vid SCA BioNorr AB i Härnösand

Materialflödet är ca 10 ton torkat material per linje. Tre pelletspressar (tillverkare, modell, m.m.) är kopplade till varje linje. Man kör med konstant flöde genom hela processen oberoende av hur torken/kvarnen är inställd. Detta betyder högre energiförbrukning då uppehållstiden och återföringen av övergrov material ökar. Torken styrs dels genom temperaturen på utgående material och dels genom att följa fukthaltstrenden med hjälp av NIR-instrumentet. Man siktar på en fukthalt på 10 % men variationer ($\pm 0,5$ %) uppstår hela tiden beroende på variationer i ingående materials fukthalt.

Råmaterialet matas in i en silo som töms med en roterande bottenskruv för att ge ett homogent material. Vid helt fylld silo så räcker materialet för ca 14 h körning.

Sikt där överstora partiklar återförs till kvarnen.
Varieras mellan vingläge 8 (mycket återförs) och 10 (inget återförs)

Kvarn där uppehållstiden kan regleras med en baffel
Läge 1 = helt öppen
Läge 0 = maximalt stängd



Figur 2. Detalj av de parametrar som varieras under försöket.

NIR-mätning

Ett NIR-instrument (tillverkare, modell, mm.) är placerat före torken och ett annat NIR-instrument (tillverkare, modell, mm.) är placerat efter torken, dessa instrument används rutinmässigt för att hålla koll på fukthalten på spånet. NIR-instrumenten ger en kontinuerlig signal från spånet som passerar instrumenten och kan även kalibreras för andra egenskaper än fukthalt. I detta försök har dock inte denna möjlighet utnyttjats.

Försöksplan

Alla parametrar som inte ska ändras på i processen hölls så kontanta som möjligt under hela försöket. Detta betyder att vi under försöket hade:

- En konstant råvara (samma blandning tall/gran och samma fukthalt)
- Konstant genomflöde
- Konstant kapacitet på pressarna
- Konstant torrhalt på accepterat spån (10 %, detta betyder att torken styrs på normalt sätt)

Prover togs ut vid följande punkter:

- Råmaterial in till torken (vid NIR-instrument 1)
- Malt spån, accept, efter torken (vid NIR-instrument 2)
- Pellets direkt efter pressen (konstant kapacitet, press ?)

Dessutom loggades följande parametrar:

- Elförbrukning kvarn
- Elförbrukning pelletspressar
- Belastning pelletspressar

Variablerna "baffel" och "vingar" varieras på tre lägen vardera och vi gör tre upprepningar av centrumpunkter för att kunna räkna statistiskt på resultaten. Detta ger totalt 12 försök.

Tabell 1. Experimentell design med körordning, variabelinställningar och antal provtagningar vid varje försök.

Exp Namn	Körordning	Baffel inst	Vinge inst	Råspån	Torkat spån	Pellets
SCA10	1	0.5	9	3 x	3 x	3 x
SCA1	2	0	8	3 x	3 x	3 x
SCA2	3	0.5	8	3 x	3 x	3 x
SCA3	4	1	8	3 x	3 x	3 x
SCA11	5	0.5	9	3 x	3 x	3 x
SCA4	6	0	9	3 x	3 x	3 x
SCA6	7	1	9	3 x	3 x	3 x
SCA5	8	0.5	9	3 x	3 x	3 x
SCA7	9	0	10	3 x	3 x	3 x
SCA8	10	0.5	10	3 x	3 x	3 x
SCA9	11	1	10	3 x	3 x	3 x
SCA12	12	0.5	9	3 x	3 x	3 x

Analyser

Råspån och det torkade spånet analyserades med avseende på fukthalt. Det torkade spånet sållades också för att kunna studera fraktionsfördelningen efter de olika inställningarna.

Pellets uttagna direkt efter pressen analyseras med avseende på hållfasthet, bulkdensitet, fines och fukthalt. Ett medelvärde av de tre provtagningarna har används vid beräkningarna.

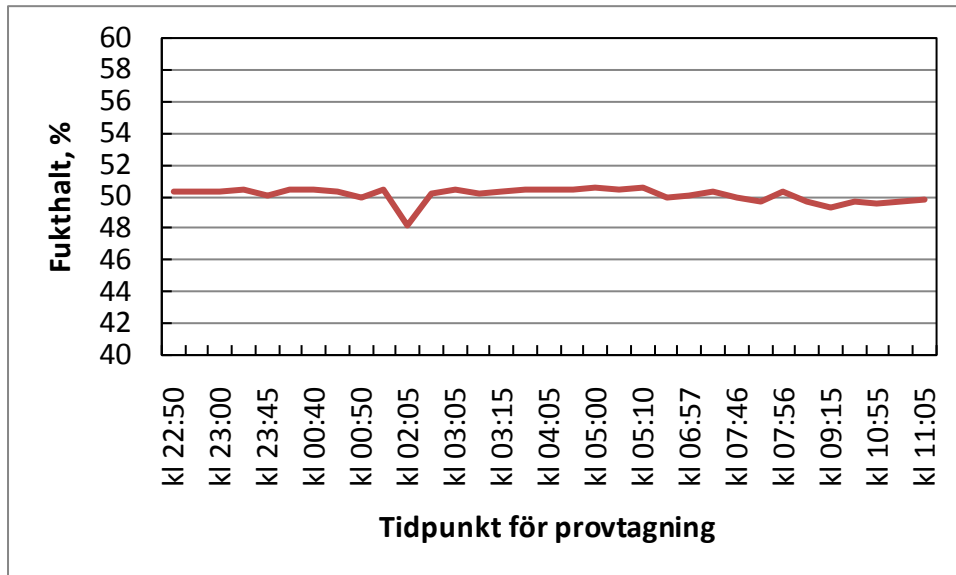
Resultat och diskussion

Fukthalter spån

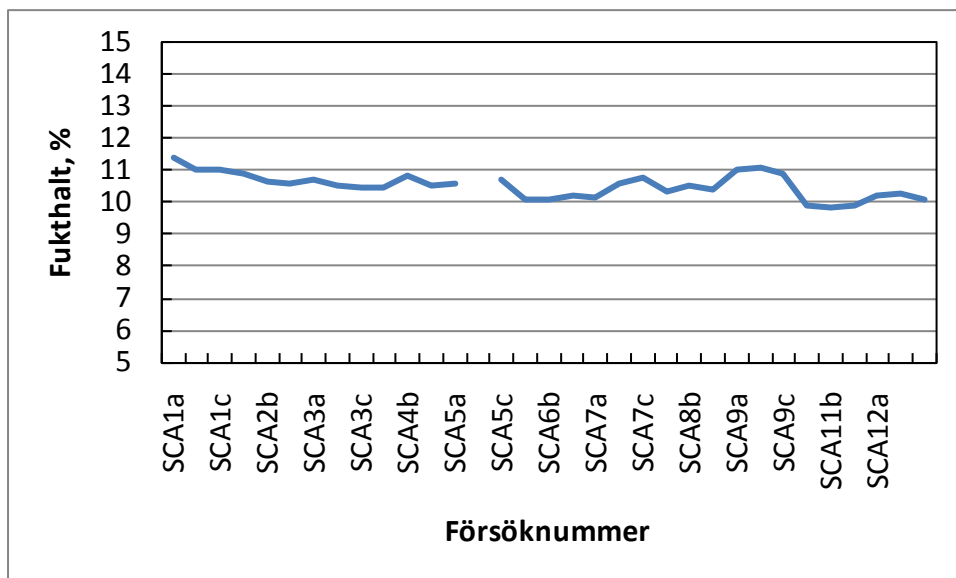
Fukthalten på ingående råspån visas i figur 3. Man ser att fukthalten har varit relativt konstant på ca 50 % under hela försöksperioden med undantag av en provtagningsspunkt vid kl. 02.05 då fukthalten

sjönk ett par procentenheter. Orsaken till detta är oklart men beror antagligen på variationer i råspånet.

Figur 4 visar fukthalten på torkat spån under försöket. Fukthalten har varierat mellan 10 och 11 % under tidsperioden.



Figur 3. Fukthalten på råspån under försöket.



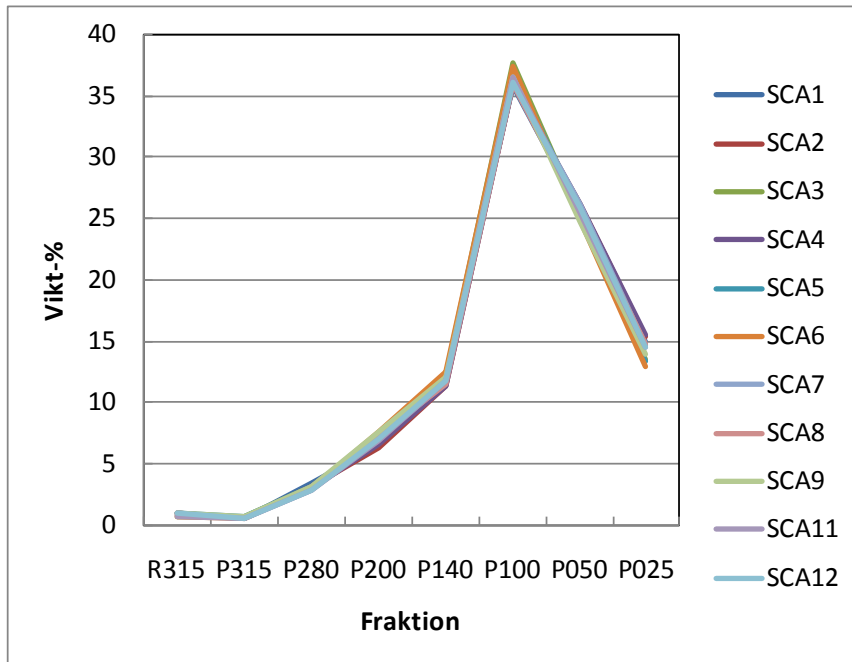
Figur 4. Fukthalten på torkat spån under försöket

Fraktionsfördelning torkat spån

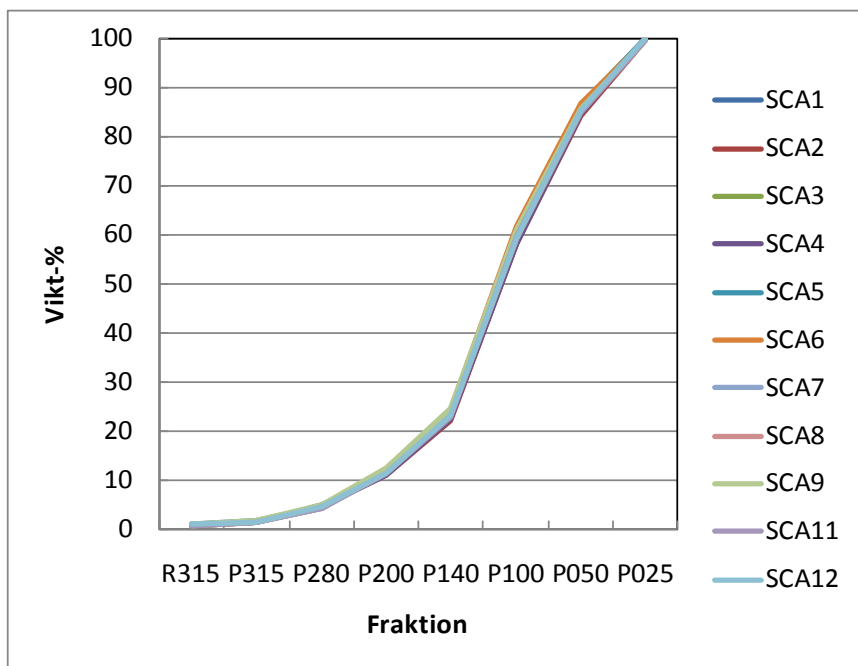
Figur 5 och 6 visar fraktionsfördelningen för torkat spån vid olika inställningar. R315 betyder material som blir kvar på 3,15 mm såll, P315 är det som passerar 3,15 mm men blir kvar på följande sållstorlek. P280 – P025 är de fraktioner som passerar sållet men blir kvar på följande mindre storlek.

Inga tydliga skillnader mellan olika inställningar kunde detekteras men en multivariat dataanalys (PLS) av fraktionsfördelningen visar att det finns en viss påverkan av processvariablerna på fraktionerna.

Speciellt fraktion P200, dvs. den fraktion som passerar genom 2 mm men blir kvar på 1,4 mm såll, påverkas signifikant. Även en liten påverkan på fraktion P050, dvs. den fraktion som passerar genom 0,5 mm men blir kvar på 0,25 mm kan detekteras.

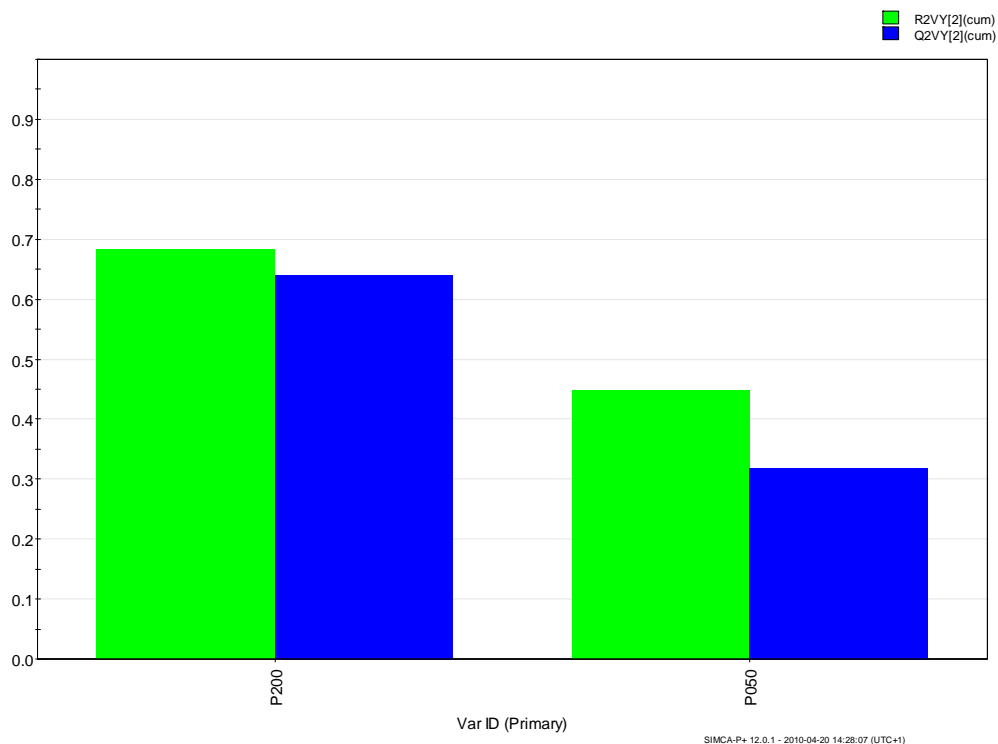


Figur 5. Fraktionsfördelningskurvor för torkat spån vid olika inställningar



Figur 6. Kumulativ fraktionsfördelning för olika inställningar.

Figur 7 visar hur bra modellerna för P200 och P050 är. P200 har ett R^2 -värde på 0,68 och ett Q^2 -värde på 0,64. För fraktion P050 är motsvarande värden 0,45 och 0,32. Detta betyder att modellen för P050 är så svag att man kan anse att endast en signifikant påverkan på fraktion P200 finns.



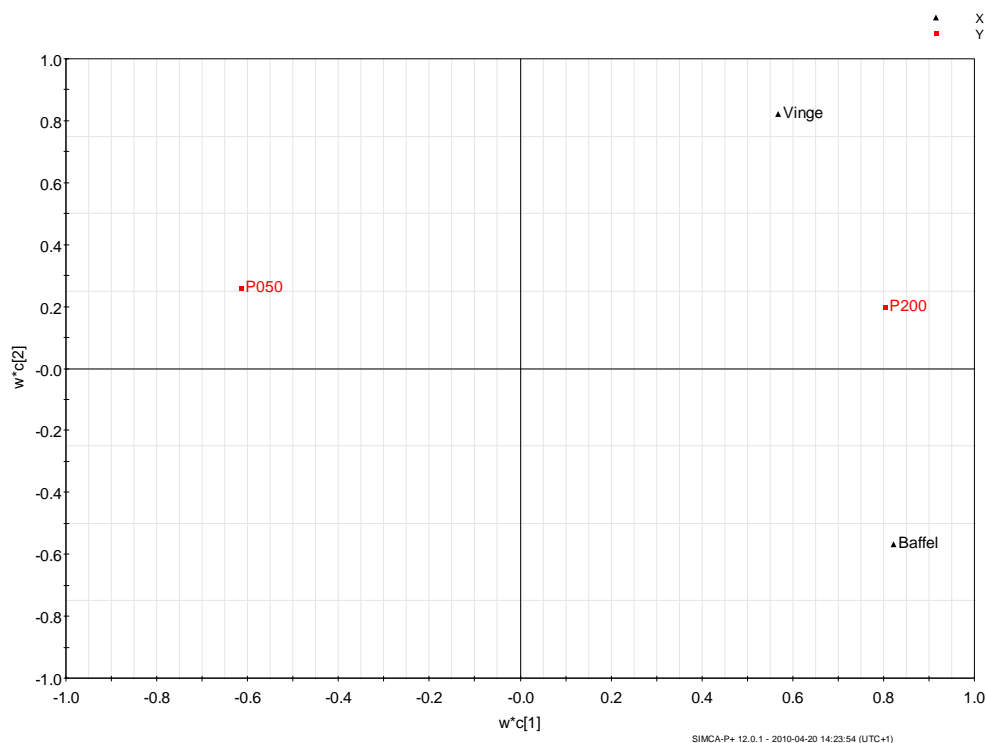
Figur 7. R^2 och Q^2 för modellen för fraktion P200 och P050.

Figur 8 visar sambandet mellan processparametrarna "baffel" och "vinge" mot responserna "P200" och "P050". Man kan se att ett högt värde på baffel och vinge korresponderar mot ett högt värde på

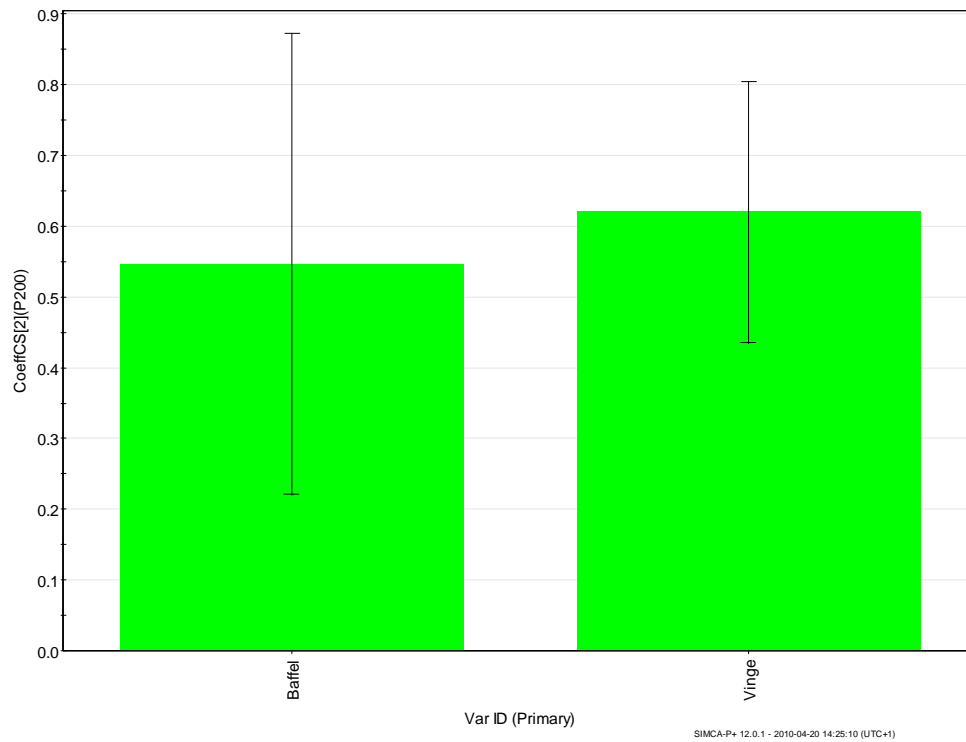
P200. För P050 är förhållandet det omvända. Höga värden på baffel och vinge ger låga värden på P050.

Figur 9 visar koefficienterna för variablernas inverkan på responsen "P200". Här ser man att både vinge och baffel korrelerar positivt med fraktion P200. Detta betyder att när man har en hög inställning på baffel, dvs. 1 – helt öppen och en hög inställning på vinge, dvs. 10 – ingen återföring så ger detta en högre andel av fraktionen P200.

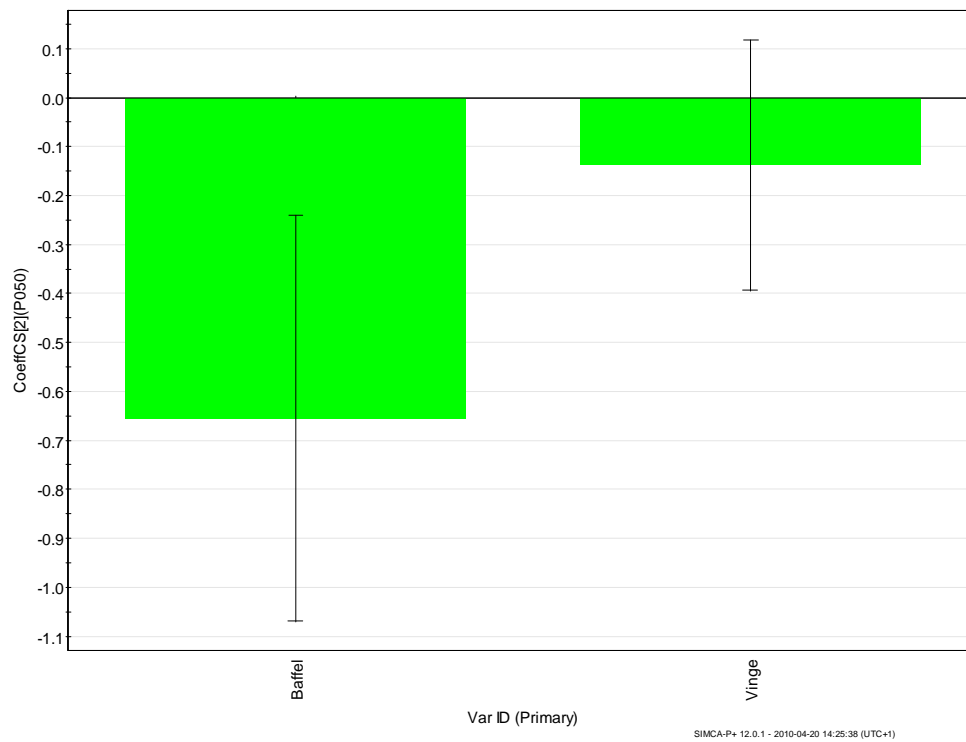
Figur 10 visar koefficienterna för variablernas inverkan på responsen "P050". Här ser man att endast variabel "baffel" är signifikant. Ett högt värde på baffelinställningen, dvs. 1 – helt öppen ger en lägre andel av P050-fraktionen.



Figur 8. Sambandet mellan X- och Y-variabler i modellen.



Figur 9. Koefficienter för fraktion P200.



Figur 10. Koefficienter för fraktion P050.

Process- och pelletsdata

Tabell 2 visar en sammanfattning av de processdata som loggades under hela försöksperioden. Tabell 3 visar en liknande sammanställning för uppmätta pelletsdata.

Tabell 2. Sammanställning av processdata från försöket

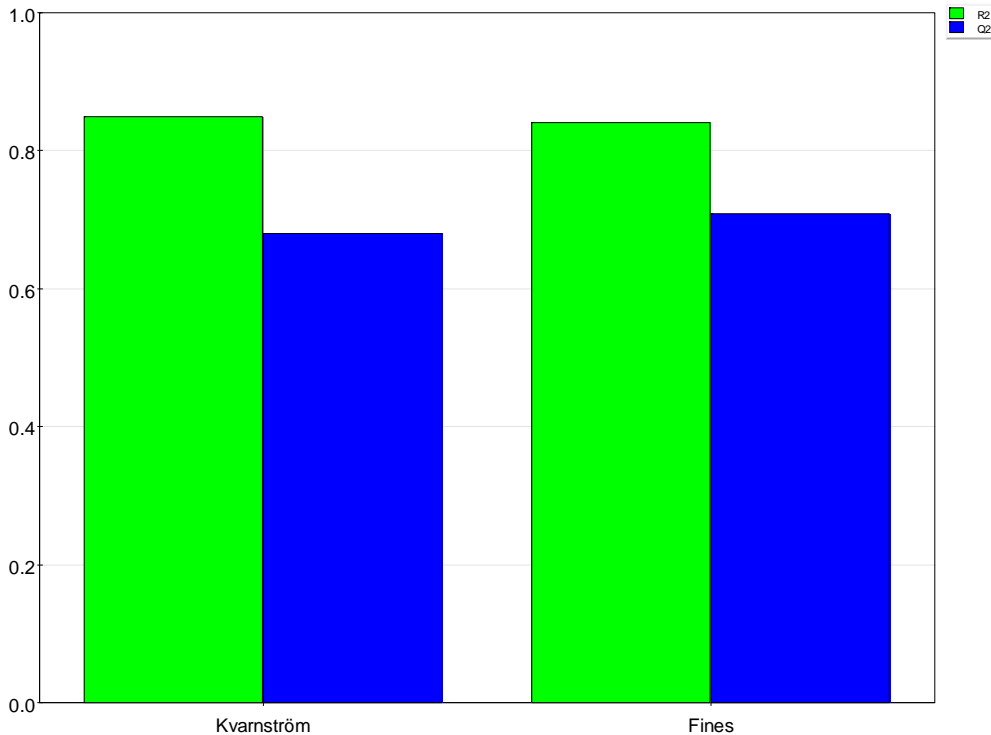
Processdata	Kvarnström, A	P4-ström, A	P5-ström, A	Belast P4, %	Belast P5, %
Medel	63.7	417	378	88.2	79.9
STDAV	4.79	5.78	7.35	1.25	1.51
REL STDAV, %	7.52	1.39	1.95	1.41	1.89
MIN	54.6	406	366	85.8	77.5
MAX	69.7	425	388	89.8	82.0

Tabell 3. Sammanställning av uppmätta pelletsegenskaper från försöket.

Pelletsegenskaper	Pelletsfukt, %	Bulkdensitet, kg/m ³	Fines, %	Hållfasthet, %
Medel	4.58	643	4.11	96.3
STDAV	0.17	6.61	0.47	0.44
REL STDAV, %	3.63	1.03	11.45	0.45
MIN	4.26	630	3.46	95.4
MAX	4.85	652	5.03	96.9

För att det ska vara möjligt att göra en multivariat modell (MLR) där man relaterar processparametrarna mot uppmätta egenskaper så bör de uppmätta egenskapernas variation vara så stor som möjlig. I allmänhet är det svårt att göra en modell om den relativa standardavvikelsen är mindre än 5 %. Detta innebär att vi kan förvänta oss att kunna göra signifikanta modeller endast för responserna "Kvarnström" och "Fines".

Det är dock intressant att strömmen över pelletspressarna och de övriga pelletsegenskaperna är så gott som oförändrade genom hela försöket. Detta tyder på att baffel- och vinginställning inte har någon inverkan på dessa parametrar.



Figur 11. R^2 och Q^2 för responserna Kvarnström och Fines

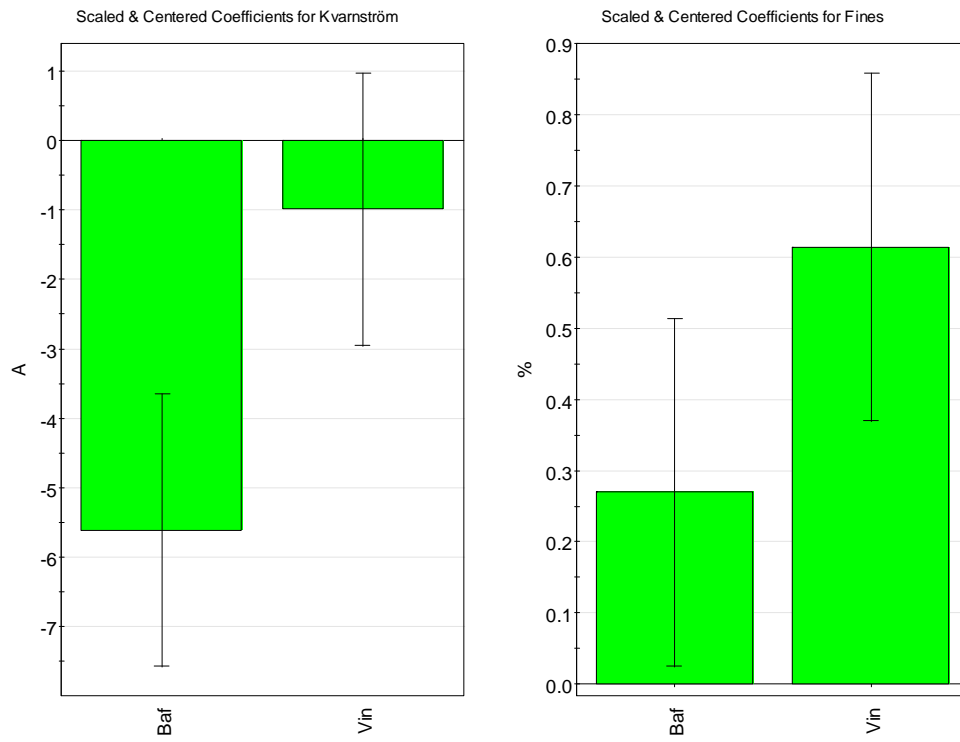
Figur 11 visar hur väl modellen kan anpassas till data och hur väl den kan användas för att prediktera utfallet för nya inställningar. Figuren visar att både kvarnström och fines ger bra modeller som kan användas för prediktion.

Figur 12 visar hur koefficienterna för hur variablerna påverkar responserna. För kvarnström är variabeln "vinge" inte signifikant. Det betyder att det är endast baffelinställningen som påverkar strömförbrukningen i kvarnen. Ett högt värde på baffeln, dvs. 1 – helt öppen, ger en låg ström över kvarnen.

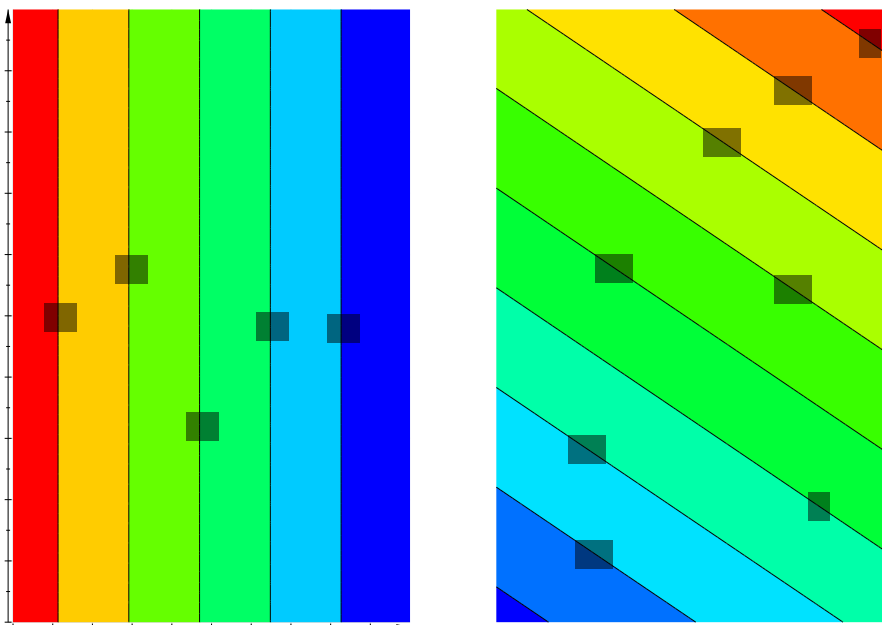
För Fines är både baffel och vinge signifikanta. Ett högt värde på både baffel och vinge ger ett högt värde på fines. Dvs. om man kör baffeln i läge 1, helt öppen och vingen i läge 10, ingen återföring så producerar detta den högsta andelen fines.

Figur 13 visar responsytor för kvarnström och fines. Från bilden kan man utläsa att den lägsta energibehovet erhålls vid körning med baffeln helt öppen. Vill man minimera andelen fines så bör man köra med stängd baffel, dvs. läge 0 och så mycket återföring som möjligt i sikten, dvs. läge 8.

En bra kompromiss är att köra med baffeln helt öppen men att ha vingen i läge 8. Då har man både en låg energiförbrukning och en ganska låg halt av fines.



Figur 12. Koefficienter för responserna "kvarnström" och "Fines"



Figur 13. Responssytor för Kvarnström till vänster och fines till höger.

Slutsatser

Försöken med olika inställning på baffel och vinge har gjorts genom att hålla en del andra viktiga parametrar så som spånfukthalt och belastning på pressarna konstant. Provtagning har också bara gjorts efter en press och vi vet inte om denna är representativ för hela anläggningen. Detta betyder att man inte kan dra allt för stora slutsatser från försöket.

Om man bortser från detta och antar att man har en konstant belastning hela tiden samt att fukthalten på torkat spån inte varierar mer än mellan 10 och 11 % så är det dock möjligt att dra vissa slutsatser.

De viktigaste slutsatserna

- Genom att variera inställningarna på baffel och vinge så påverkar man i huvudsak fraktionen P200, dvs. den fraktion som passerar ett 2,0 mm såll men blir kvar på 1,4 mm.
- Baffelinställningen påverkar också strömmen över kvarnen. Stängd baffel ger den högsta elförbrukningen medan öppen baffel ger den lägsta elförbrukningen. Elförbrukningen på kvarnen kan minskas med ca 12 % genom att köra med helt öppen baffel jämfört med helt stängd baffel.
- Finesandelen i producerade pellets påverkas av både baffel- och vinginställning. För att minimera finesandelen så bör man köra med helt stängd baffel och maximal återföring från siktet, dvs. vingen i läge 8. Med dessa inställningar kan man reducera finesinnehållet med drygt 30 % jämfört med att köra med helt öppen baffel och ingen återföring från siktet.

Rekommenderad inställning

Utgående från de resultat som detta försök har genererat så rekommenderar vi att man kör processen med helt öppen baffel (läge 1) då detta ger den lägsta energiförbrukningen. Om man samtidigt justerar vingen i siktet för maximal återföring (läge 8) så kan man fortfarande reducera finesinnehållet i pellets med 20 % jämfört med att inte återföra något från siktet.

Rekommenderade fortsatta försök

För att bekräfta dessa resultat bör ett fullskaligt försök utföras där hela linje 2 med alla pelletspressar ingår. Man bör också göra ett liknande försök med linje 1 som är något annorlunda än linje 2. I detta försök har fukthalten på torkat spån hållits konstant. Spånfukthalten är dock en mycket viktig parameter och i eventuella fortsatta försök bör även fukthalten på torkat spån varieras.