

ISSN 0280-5316
ISRN LUTFD2/TFRT--5753--SE

Visionsystem för kvalitetsgranskning av vävprocesser

Johan Karlsson

Institutionen för Reglerteknik
Lunds Tekniska Högskola
Februari 2005

Department of Automatic Control Lund Institute of Technology Box 118 SE-221 00 Lund Sweden		<i>Document name</i> MASTER THESIS
		<i>Date of issue</i> February 2005
		<i>Document Number</i> ISRN LUTFD2/TFRT--5753--SE
<i>Author(s)</i> Johan Karlsson		<i>Supervisor</i> Rolf Johansson at Automatic Control in Lund
		<i>Sponsoring organization</i>
<i>Title and subtitle</i> Visionsystem för kvalitetsgranskning av vävprocesser (Vision System for Quality of the Weaving Process)		
<i>Abstract</i> <p>This Master Thesis is dealing with a vision system for analysing the quality of a fabric that is used in the paper industry when the water is to be removed from the pulp. When the loom is stopped by any reason the fabric tends to slide a bit in one direction or the other which makes the density rise or decline and make a mark in the fabric. To avoid this the weaver has to adjust the loom before restarting it and this is of course quite a big problem since the position has to be within some 1/100° mm to avoid a mark in the fabric. The attempt is to create a system that can adjust the fabric automatically as start up and while the loom is running determine the dimensions of the threads, the density of the fabric in shots per decimetre and the stacking, that is the way the threads are placed in the fabric in relation to each other. For example they can be placed on top of each other (0% stacking) or beside each other (100% stacking) In addition to this the shot density is to be adjusted if it differs from the reference so the quality of the fabric the PC-program to the PLC controlling the loom results in adjustment of its movements</p>		
<i>Keywords</i>		
<i>Classification system and/or index terms (if any)</i>		
<i>Supplementary bibliographical information</i>		
<i>ISSN and key title</i> 0280-5316		<i>ISBN</i>
<i>Language</i> Swedish	<i>Number of pages</i> 54	<i>Recipient's notes</i>
<i>Security classification</i>		

The report may be ordered from the Department of Automatic Control or borrowed through: University Library, Box 3, SE-221 00 Lund, Sweden Fax +46 46 222 42 43

1	Sammanfattning	1
2	Vävstolen	3
3	Visionsystem.....	5
3.1	Omrons visionsystem.....	6
3.1.1	F150.....	7
3.1.2	F160.....	8
3.1.3	F210.....	9
3.1.4	F250.....	9
3.2	Kamera	10
3.2.1	Slutartid	10
3.3	Objektiv.....	11
3.3.1	Standardobjektiv	11
3.3.2	Mätobjektiv	11
3.3.3	Brännvidd.....	11
3.3.4	Mellanringar	11
3.3.5	Bländare	11
3.3.6	Skärpedjup.....	12
3.3.7	Telecentriskt objektiv.....	12
3.4	Belysning.....	14
4	Programmering	21
4.1	Användargränssnitt	21
4.2	Kommunikation	23
4.3	Behandling av mätdata.....	24
5	Upphängning.....	26
6	Reglering	27
6.1	Kompensering för fördröjningen (dödtid)	27
6.2	Iterative Learning Control.....	28
6.3	Simulering.....	30
6.4	Implementering på vävstolen.....	35
7	Resultat.....	39
8	Diskussion.....	42
A	Användning av programmet	45
	Referenser	50

1 Sammanfattning

När vävstolen stannas en längre tid glider väven åt ena eller andra hållet vilket får till följd att det blir märken i väven. För att undvika detta måste vävkanten justeras före start. Genom att automatisera denna justering med ett visionsystem kan även vävens kvalitet säkerställas under drift. Syftet med examensarbetet är således att konstruera ett sådant visionsystem.

Först gjordes en genomgång av de system som Omron har att erbjuda (eftersom de är samarbetspartner till Texo där examensarbetet utförts). När valet av system klarats av var nästa steg att skriva ett program för att hantera mätvärdena från visionsystemet. Detta program skrevs i Delphi för att kunna utnyttja de färdiga kommunikationsprotokoll som fanns till vävstolen.

Vävens kvalitet skulle säkerställas genom att mäta trådarnas dimensioner, skottätheten och hur trådarna överlagrade varandra. Eftersom belysningen placeras under väven och trådarna överlagrar varandra är det i princip omöjligt att mäta upp trådarnas dimensioner och hur trådarna överlagrar varandra om inte belysningens ljusstyrka stämmer exakt överens med hur mycket ljus väven släpper igenom. Hur mycket ljus som släpps igenom väven bestäms av trådarnas dimensioner, trådarnas färg och skottätheten i väven. Anledningen till att belysningen ändå placeras bakom är att det är ända möjligheten att med ”vanlig” belysning få fram en bild som visionsystemet klarar av att göra mätningar i. Mätningen av skottätheten kan göras med stor noggrannhet medan tråddimensioner och trådarnas överlagring blir uppskattningar baserade på de mätningar som utförs.

För att väven ska hålla en jämn kvalitet så regleras skottätheten. Detta görs genom att datorprogrammet räknar ut hur mycket den uppmätta skottätheten avviker från referensvärdet. Detta fel används för att reglera skottätheten med en ILC-algoritm (Iterative Learning Control) och sedan skickas ett värde till PLC:n som styr motorn till tygbommen så att skottätheten justeras. ILC har valts för att visionsystemet ska vara lättare att använda på olika vävmaskiner.

Kantens position har inte kunnat regleras automatiskt eftersom ombyggnader av vävstolen gjort att kameran inte har kunnat placeras tillräckligt nära kanten. Men de försök som utförts visar att kantens position kan fastställas och justeras. Noggrannheten är omöjlig att fastställa, men den ligger åtminstone inom någon tiondels millimeter.

Problembeskrivning

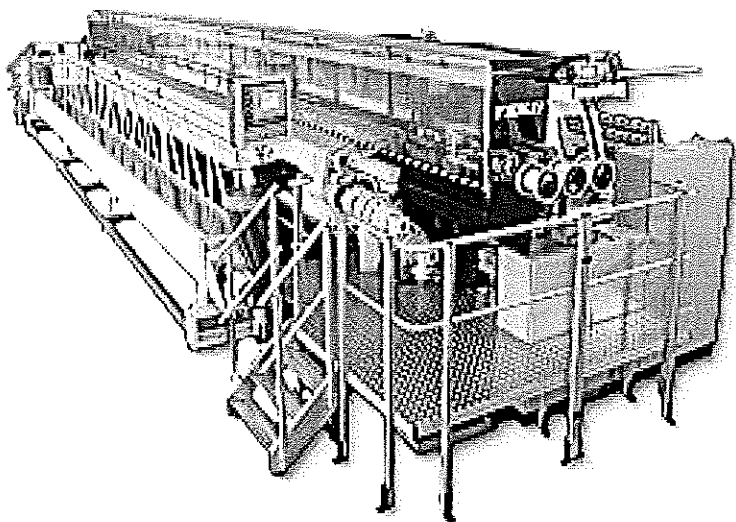
Vid stopp av en vävmaskin tenderar väven att glida vilket får till följd att det antingen blir för tätt eller för glest mellan skotten direkt efter start. För att undvika dessa ränder i väven sker idag en manuell justering innan uppstart, vilket naturligtvis är komplicerat. Här finns alltså klara fördelar med att automatisera justeringen vid uppstart som skulle kunna ge en mer exakt justering samtidigt som det skulle vara möjligt att använda ett sådant system för att övervaka vävens kvalitet under själva arbetet.

Målet med examensarbetet är att utveckla ett visionsystem för övervakning av vävprocessen så att en jämn kvalitet kan säkerställas. Det kommer att bestå av kamera och system för bildbehandling och mätfunktioner från Omron samt av ett PC-program som kommer att skrivas för att öka användbarheten samt minska risken för kopiering då det är tänkt att bli ett kommersiellt system. De primära egenskaperna är att vid igångsättning av vävmaskinen söka upp vävkanten och justera denna efter den bild som togs då maskinen stoppades samt att kontrollera skottäthet, tråddimensioner och stacking¹ under drift för att kunna säkerställa en jämn kvalitet. Dessutom ska en reglering av skottätheten implementeras.

¹ trådarnas överlagring, 0 % stacking innebär att trådarna helt överlagrar varandra medan 100 % stacking innebär att trådarna ligger maximalt förskjutna

2 Vävstolen

Väven, eller rättare sagt viran, som ska kontrolleras är en formeringsvira som används vid pappersframställning då vattnet ska pressas ut ur pappersmassan. Om inte viran är jämnt vävd eller om det finns något annat fel påverkar det direkt papperets kvalitet. Därför är det viktigt att tätheten i duken är rätt, att tråddimensioner stämmer och att stackingen är korrekt. Vävstolen som har använts för att testa visionsystemet är en Texo FormStar (Figur 1).



Figur 1: Vävstolen som använts som testrigg

Vävstolen använder en teknik som kallas rapier, det innebär att istället för att låta en skyttel transportera tråden från den ena sidan till den andra så används två skyttlar som går till mitten av väven där den andra skytteln (trådfångaren) övertar tråden från den första, därefter återgår skyttlarna till ändarna på vävstolen (Figur 2). Skyttlarna transporteras fram och tillbaka med hjälp av band, rapierband.



Figur 2: Rapierdrift på vävstolen

Maskinen är fortfarande under utveckling, men ungefärliga data för maskinen i dagsläget kan ses i tabellen nedan (Tabell 1).

Längd	vävbredd + 5,3 m
Bredd	5,9 m
Höjd	2,7 m
Vävbredd	12,5 m
Väv hastighet	65 skott/min
Skyttel hastighet	max 35 m/s
Tråddimensioner	0,10 - 0,70 mm
Skottäthet	10 - 120 skott/cm

Tabell 1: Data för den vävstol som använts i arbetet

Som synes är väven över 10 m bred, samtidigt som hastigheten är över 1 skott/s och tråddimensionerna ner till 1/10 mm. Det gör det omöjligt att täcka in hela vävytan utan mätningarna koncentreras till en ”punkt” i väven som är ca 4x4 mm. Därför kan väven ha fel som inte upptäcks av visionsystemet, men dessa fel är oftast sådana som är lätta att upptäcka på annat sätt.

3 Visionsystem

Ett visionsystem är ett system som kan utföra t.ex. en av följande uppgifter:

- Avsyrning
- Lokalisering
- Mätning
- Identifiering
- Textläsning

Ett visionsystem består, förutom mjukvara för bildbehandling och övriga beräkningar, av kamera, belysning, el-utrustning och oftast någon form av mekanisk utrustning för att hantera detaljerna. [1]

Det finns två huvudtyper av visionsystem, PC-baserade och generella standardprodukter. Dessa båda typer har lite olika applikationer, de PC-baserade används framförallt av leverantörer av systemlösningar som vill kunna göra anpassade mätningar medan generella standardsystem ger större möjligheter för slutanvändaren att göra egna inställningar. PC-baserade system är i regel enklare att anpassa genom att koppla in fler kameror, skapa nya mätfunktioner och nya bildbehandlingsmöjligheter, spara resultat för statistik etc. En annan fördel med PC-baserade system är att deras prestanda ökar i takt med att datorernas prestanda ökar, medan standardsystemen är låsta till sin prestanda. Å andra sidan är standardsystemen stabilare och mer anpassade för industriellt bruk än vad de PC-baserade systemen är.

3.1 Omrons visionsystem

Omron har ett antal visionsystem i sitt produktsortiment [2]. Det innefattar allt ifrån relativt enkla system som i stort sett bara klarar av mönsterigenkänning till kompletta system som klarar i stort sett alla behov vad gäller mätning och matchning av bilder. En relativt komplett jämförelse mellan Omrons visionsystem syns i tabellen nedan (Tabell 2).

The right system for your application - Omron's family of vision systems

	F10	F150	F400	F160	F210	F250	V530-R150	V530-R160
Gray search, predse search, pattern matching	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No
Rotation search	No	Optional	No	Yes	Yes	Yes	No	No
Gray edge position	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No
Position compensation	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
OCR/DCV	No	No	No	Yes	Yes	Yes	No	No
Edge pitch	No	Yes	No	Yes	Yes	Yes	No	No
Defect, plain measurement	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No
Edge-code technology	No	No	No	No	Yes	Yes	No	No
Fine matching (print quality)	No	No	No	No	Yes	Yes	No	No
Color filter	No	No	Yes	No	No	No	No	No
2-D code	No	No	No	No	No	No	Yes	Yes
Gravity, area, axis	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Conditional inspections (branching)	No	Optional	No	No	Yes	Yes	No	No
Customizable menus and display	No	No	No	Yes	Yes	Yes	No	No
Macro programming option	No	No	No	No	Yes*	Yes*	No	No

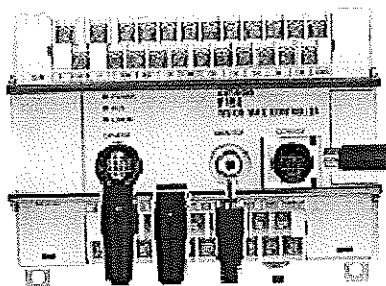
* Optional with Macro Functions software option

Tabell 2: Jämförelse mellan Omrons visionsystem

F10 är som synes ett väldigt enkelt visionsystem som i praktiken består av ett antal optiska sensorer som tillsammans kan detektera och känna igen olika mönster men har inte tillräckliga funktioner för att användas i denna applikation. F400 är ett visionsystem med färgfilter för att göra avsyningar på enskilda färger, det innebär att vita objekt inte kan detekteras. Eftersom det system som utvecklats även ska fungera för vita färger på trådarna så fungerar inte F400 i denna applikation, annars kan det vara lättare att detektera färgade trådar med detta system då det kan urskilja en enskild färg. De båda V530-systemen används för att identifiera produkter med 2D-koder och kan inte användas för att göra mätningar i bilden. De övriga systemen F150, F160, F210 och F250 är de system som granskats mer noggrant i detta arbete.

3.1.1 F150

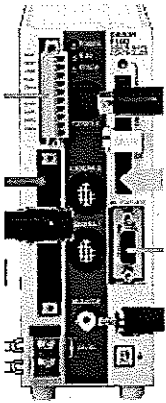
Till F150 går det enbart att koppla en kamera. Det finns ett tillbehör som gör att det går att koppla in två kameror men det innebär att dessa får dela på systemets upplösning, 512x484 pixlar. I denna tillämpning finns det inget behov av flera kameror så i det perspektivet räcker F150. När det gäller bildbehandling och mätfunktioner så är inte F150 så välutrustat, men återigen så räcker det till för denna applikation. Det finns även ett extra tillbehör, Vision Composer, som gör att det är möjligt att programmera om mjukvaran i systemet genom en PC för att kunna anpassa bildbehandling och mätfunktioner till applikationen. Bland annat kan hopp i koden programmeras så att olika objekt behandlas på olika sätt. Det finns även möjlighet att anpassa skärmbilden så att onödig information tas bort och markeringar eller text läggs till. Det går även att lagra mätvärden i PC:n för att visa kurvor och tid och datum för fel. Detta kan sedan användas i Excel för att föra statistik. I denna applikation finns det ingen möjlighet att använda detta hjälpmedel, utom möjligen för statistikberäkning, då extra bildbehandling eller mätfunktioner gör att beräkningarna i visionsystemet tar för lång tid. Istället har en egen programvara utvecklats för att ta hand om mätvärdena från visionsystemet som sedan behandlas i PC:n och därmed påverkas inte visionsystemets prestanda negativt.



Figur 3: F150

3.1.2 F160

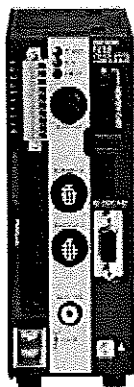
Till F160 kan två kameror kopplas utan att upplösningen blir lidande, som i fallet med F150. När det gäller bildbehandling och mätfunktioner finns det lite fler inställningsmöjligheter än vad som är standard i F150, men med Vision Composer blir F150 väl så bra. Motsvarande mjukvaruprogrammering finns även till F160 men förbättringen jämfört med standardsystemet blir inte lika markant. F160 är dock snabbare på att göra beräkningar så för att F150 ska konkurrera ut F160 krävs det att genomflödet av produkter är relativt lågt eller att beräkningarna är begränsade. I detta arbete begränsas beräkningarna eftersom all behandling av mätdata sker utanför visionsystemet, som alltså bara behöver skicka ut mätvärden. Det bör dock påpekas att all bildbehandling sker i visionsystemet, så ett visst beräkningsarbete är nödvändigt, men alla extra beräkningar på mätvärdena för att få fram skottäthet, stacking, tråddimensioner med mera utförs i PC:n. Därför räcker ett F150 till i denna tillämpning. Dessutom finns inget behov av de extra bildbehandlingsmöjligheter och mätfunktioner som F160, eller Vision Composer, erbjuder utan ett F150 standardsystem klarar alla de krav som finns.



Figur 4: F160

3.1.3 F210

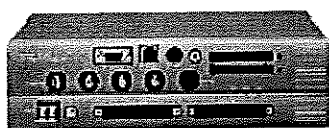
F210 är ett av Omrons senaste tillskott till visionfamiljen. Detta system kombinerar hårdvaran från F160 med mjukvaran från F250. Det har samma typ av PC-baserade programmering av mjukvaran som Vision Composer erbjuder till F150 med den flexibilitet det innebär. Liksom F160 går det att koppla in två kameror till F210. Eftersom F210 har i princip samma mjukvara som F250 men bara hårdvara motsvarande F160 så får inte alla möjliga beräkningsalternativ plats i systemet utan måste laddas ner till systemet. Det innebär att inställningsmöjligheterna för slutkunden blir begränsade jämfört med de andra tre systemens grundutförande, såvida inte hela mjukvaran, dvs. PC-programmet som möjliggör inställningarna, levereras till kunden. Det innebär av naturliga skäl ökade kostnader för kunden. Det samma gäller för övrigt även Vision Composer till F150 och F160.



Figur 5: F210

3.1.4 F250

F250 är Omrons flaggskepp bland visionsystemen. Här erbjuds PC-baserad programmering av mjukvaran och möjlighet att koppla in upp till fyra kameror, dessutom har F250 fler bildbehandlingsmöjligheter och mätfunktioner och snabbare beräkning än de övriga systemen. Till samtliga system finns en serieport, RS-232, och ett antal digitala in- och utgångar, antalet är beroende på modell, men till skillnad mot de andra systemen är det även möjligt att koppla in extern utrustning via Ethernet till F250. Det är en fördel eftersom allt fler produkter erbjuder denna kommunikationsmöjlighet som standard. Men till de flesta applikationer är kapaciteten i F250 överdimensionerad vilket medför onödiga kostnader för kunden.



Figur 6: F250

3.2 Kamera

Kameran som används i denna applikation är en relativt enkel 1/3" CCD-kamera. Det är en svart-vit kamera med slutare och extern trigg. I Omrons sortiment går den under namnet F150-S1A. Upplösningen är 659x494 bildpunkter, systemets totala upplösning är något lägre, 512x484 punkter. Det finns även en kamera med snabbare bildbehandling, F160. Den har dock samma upplösning som F150 kameran, någon kamera med högre upplösning finns inte i Omrons sortiment. Med tanke på trådarnas dimensioner skulle det vara önskvärt att ha tillgång till högre upplösning men det kompenseras av att ytan som betraktas i väven endast är ca 4x4 mm vilket ger en upplösning på ca 0,008 mm. Upplösningen blir alltså knappt en tiondel av den minsta tråddimension som används vilket borde räcka till, lite beroende på stackingen dvs. hur trådarna ligger i förhållande till varandra i väven.



Figur 7: Kamera, F150-S1A, naturlig storlek

3.2.1 Slutartid

Slutartiden bestämmer tillsammans med bländaren hur mycket ljus som släpps in i kameran. Om objektet rör sig är det viktigt att välja en slutartid som är tillräckligt kort för att objektet inte ska hinna flytta sig så långt att bilden blir oskarp och därmed ge sämre mätvärde. Den minskade slutartiden får då kompenseras med ökad bländare, vilket leder till sämre skärpedjup och kameran blir mer känslig för avståndsvariationer till objektet, eller genom att öka belysningen av objektet. Den kamera som använts i detta projekt kan ställas in med någon av följande slutartider (1/100, 1/500, 1/2000 och 1/10000).

3.3 Objektiv

Vid valet av objektiv är det viktigt att först och främst fastställa vilken storlek det är på objektet som ska undersökas. Därefter måste eventuella variationer i objektstorlek eller objektets position fastställas, framförallt gäller det om objektets avstånd till kameran varierar. Det kan försvåra detektionen då ett större skärpedjup krävs. [3], [4]

3.3.1 Standardobjektiv

Standardobjektiv är den enklaste typen av objektiv med begränsade egenskaper vad gäller skärpa och avbildning. Naturligtvis är det här det billigaste alternativet men det kan ibland komma till korta.

3.3.2 Mätobjektiv

Mätobjektivet har betydligt bättre egenskaper än standardobjektivet. Det innebär ökad skärpa och framförallt minskat avbildningsfel så att bilden har rätt dimensioner ända ut i kanterna. Detta åstadkoms genom att hålla en högre kvalitet på linserna.

Det finns ett antal sätt att anpassa objektiven efter olika mätsituationer. De viktigaste beskrivs kortfattat i de närmaste kapitlen.

3.3.3 Brännvidd

Brännvidden är avståndet mellan linsen och filmplanet, ju större brännvidd desto mer förstoras objektet och vice versa. Avståndet mellan lins och filmplan kan också styras med hjälp av mellanringar.

3.3.4 Mellanringar

Med hjälp av mellanringar kan förstoringen med ett givet objektiv ändras. Med en mellanring som har samma längd som brännvidden blir förstoringen 1:1, dvs. 1mm i verkligheten motsvarar 1mm på filmen. Längre mellanringar ger större förstoring och vice versa. Mellanringar kan inte användas på telecentriska objektiv eftersom dessa objektiv har raka strålgångar, bilderna blir bara suddiga.

3.3.5 Bländare

Bländaren används för att justera ljusmängden in till kameran. Det är helt enkelt en mekanisk anordning som bestämmer hur stort hålet som släpper in ljus till kameran ska vara.

3.3.6 Skärpedjup

Skärpedjupet påverkas av tre faktorer

- bländaren
- brännvidden
- avståndet till objektet

Större skärpedjup kan åstadkommas antingen genom att minska bländaren, minska brännvidden eller öka avståndet till objektet. På motsvarande sätt kan man också minska skärpedjupet. Som alltid är det en balansgång där större skärpedjup än nödvändigt inte bör användas eftersom det ger sämre skärpa i bilden, skärpan delas upp på flera nivåer.

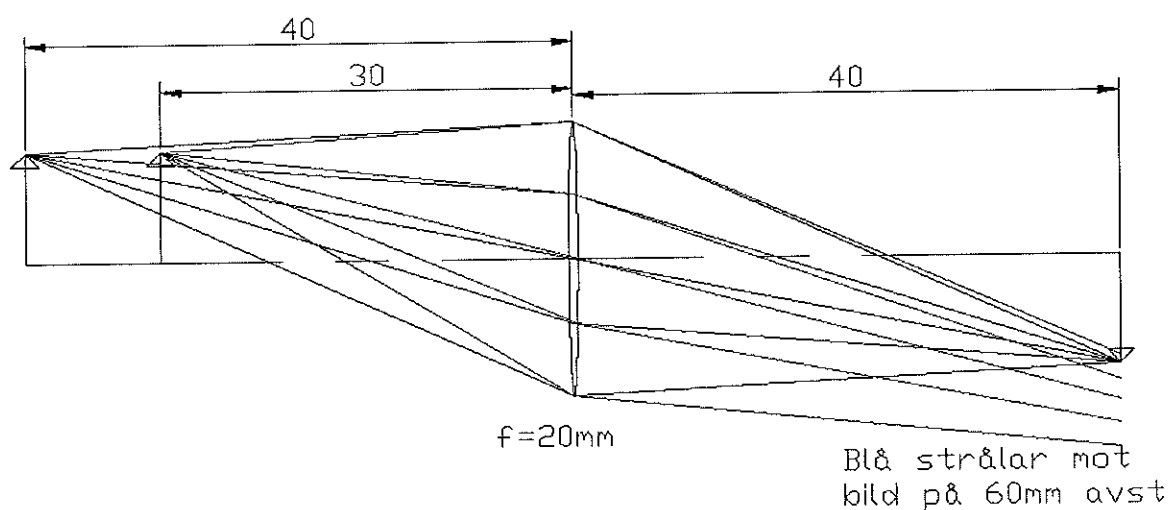
En sak som kan vara bra att komma ihåg är att skärpedjupet delas upp så att 2/3 hamnar bakom objektet och 1/3 framför.

3.3.7 Telecentriskt objektiv

Vid alla typer av avbildningar där mätningar ska göras i bilden är det viktigt att eliminera systematiska felkällor. En sådan är att ett vanligt objektiv har ett beroende mellan objektavstånd och förstoring (1).

$$M = \frac{f}{a - f} \quad (1)$$

En annan är att mätningar utanför fokallavståndet ger upphov till en suddig bild vars tyngdpunkt hamnar på ett annat avstånd från symmetriaxeln än när objektet är fokuserat (Figur 8). Detta ger en förvrängning av bilden som påverkar mätresultatet.



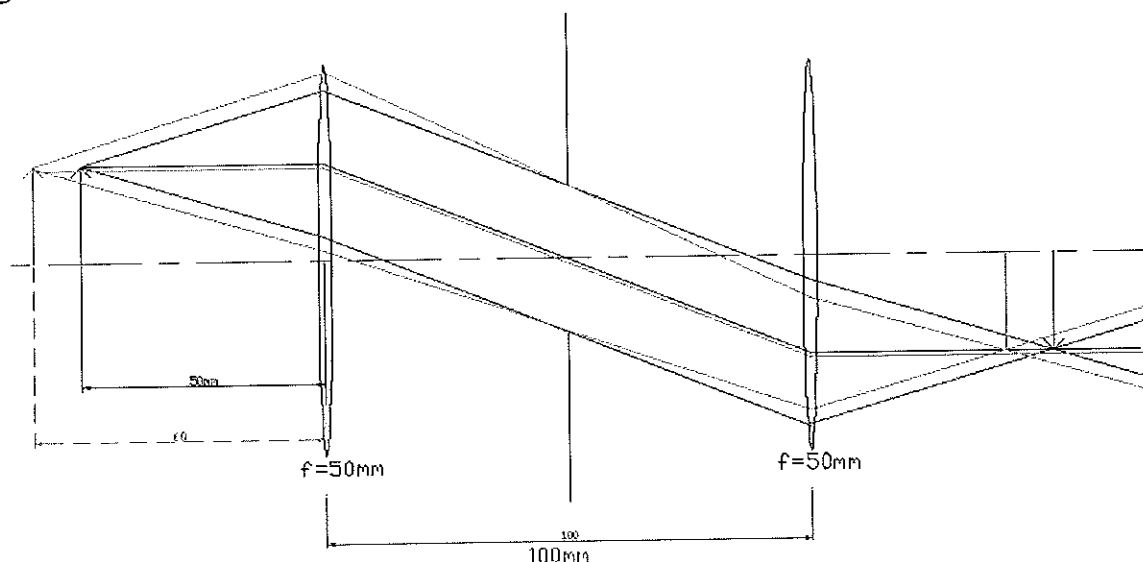
Figur 8: Strålgången genom ett standardobjektiv

Som synes i figuren ger en förflyttning av objektet upphov till en förflyttning av bilden, detta beroende är dock olinjärt. Vid små förflyttningar gäller ekvationen nedan (2).

$$\Delta b = -M^2 \Delta a \quad (2)$$

Δb är bildförflyttningen, M är förstoringen och Δa är objektförflyttningen. Eftersom M beror på a blir funktionen olinjär.

En lösning på dessa problem är ett så kallat telecentriskt objektiv. Ett telecentriskt objektiv har en annorlunda uppbyggnad än de tidigare beskrivna objektiverna, det består i princip av två objektiva vända med bildsidan från varandra. Framförallt så har ett telecentriskt objektiv raka strålgångar (Figur 9), utanför objektivets linser är strålarnas symmetrilinje parallell med objektivets symmetrilinje, det innebär att detta objektiv är mindre känsligt för variationer i objektavståndet. Eftersom strålgångarna är raka kan inte förstoringen påverkas med hjälp av mellanringar, de ger endast upphov till suddiga bilder, utan det gäller att rätt förstöringsgrad väljs från början.



Figur 9: Strålgången genom ett telecentriskt objektiv

I ett objektiv med förstoringen 1:1 har linserna samma fokallängd och då blir bildförflyttningen lika med objektförflyttningen. Sammanfattningsvis har alltså objektivet ett linjärt samband mellan objektförflyttning och bildförflyttning, förstöringsgraden är oberoende av objektavståndet dessutom ger objektavståndet ingen påverkan på bildens tyngdpunkt. Detta ger ett bättre resultat vid mätningar i bilden.

3.4 Belysning

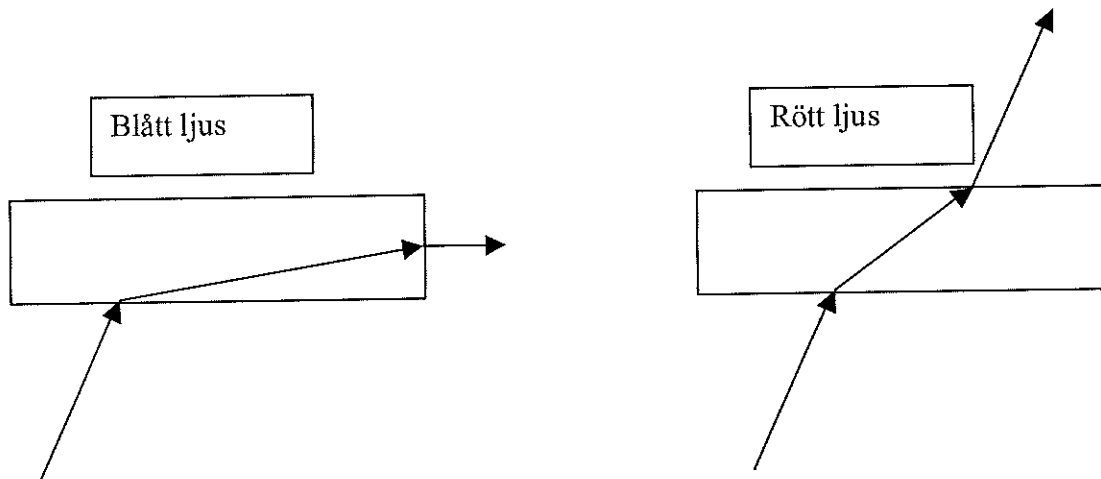
Belysningen är kanske den allra viktigaste delen i ett sådant här system, med fel belysning kan man aldrig uppnå ett bra resultat. Det finns ett antal krav som belysningen måste uppfylla. Dessa är

- stabilt ljusflöde
- hög (reglerbar) ljusstyrka
- rätt färg
- rätt position

Stabilt ljusflöde är viktigt för att bilden ska hålla en jämn kvalitet. Med exempelvis en 50 Hz ljuskälla blir bilden omväxlande ljus och mörk om man inte lyckas synkronisera bilduppdateringen, kamera-triggen, med ljusets variation på 50 Hz. Det är naturligtvis inte möjligt i denna applikation då kamera-triggen beror på vävhastigheten och den kan knappast antas vara synkroniserad med nätspänningen. För att uppnå stabilt ljusflöde bör ljuskällan ha så hög frekvens som möjligt, då hinner inte det ljusemmiterande materialet minska sin ljusstyrka så variationerna i ljusflödet blir mindre och tätare. Den optimala ljuskällan är naturligtvis en likströmsljuskälla, eftersom den inte varierar i ljusflödet över huvud taget, exempel på det är dioder. En annan fördel med dioder är att de är väldigt effektiva, de bildar knappt någon överskottsvärme och de drar därmed lite ström i förhållande till ljusutbytet.

Hög ljusstyrka är viktigt i denna applikation eftersom en kort slutartid måste väljas då hela vävstolen vibrerar relativt mycket, annars är det omöjligt att få fram en skarp bild. Det innebär att ljusstyrkan måste vara hög för att över huvud taget kunna få fram en bild. Under utprovning är det naturligtvis en fördel om ljusstyrkan är reglerbar. På så sätt är det möjligt att experimentera fram en optimal ljusstyrka för att få en så hög bildkvalitet som möjligt. Med en för hög ljusstyrka är risken att objektet blir genomlyst och därmed är omöjligt att detektera.

Färgnyansen är viktig för att få fram de detaljer som är intressanta att undersöka. De olika nyanserna har på grund av sina olika våglängder olika egenskaper när det gäller att lysa upp framförallt transparenta objekt. Till exempel så lyser blått ljus upp ytan eftersom blått ljus har ett högre brytningsindex, medan rött ljus går rakt igenom materialet. Detta fenomen kallas kromatisk aberration (Figur 8). Detta innebär också att reflektionsvinkeln, dvs. den minsta vinkel mot normalen då infallande ljus reflekteras istället för att gå in i materialet, blir mindre för blått ljus än för rött. [4]

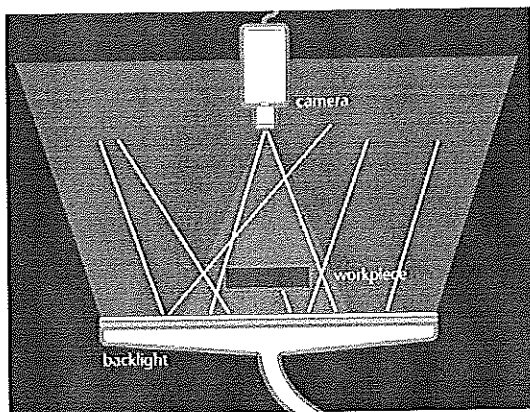


Figur 10: Kromatisk aberration, blått ljus bryts mer än rött

Belysningens position kan ge stora skillnader i hur bilden blir [5]. Det finns tre huvudvarianter på belysningspositioner

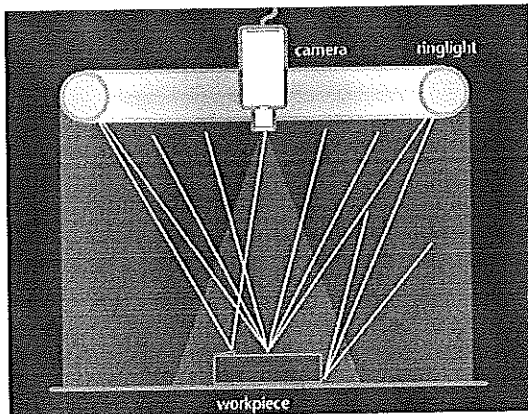
- bak objektet
- diffus framifrån
 - ring
 - sfär
 - diffus belysning
- direkt framifrån
 - snett från ena sidan med polarisationsfilter
 - snett från ena sidan utan polarisationsfilter
 - från två håll nära objektets horisontalplan
 - koaxial

Belysning bakom objektet används för att ge hög kontrast, det används speciellt vid avsyning av form och positionering.



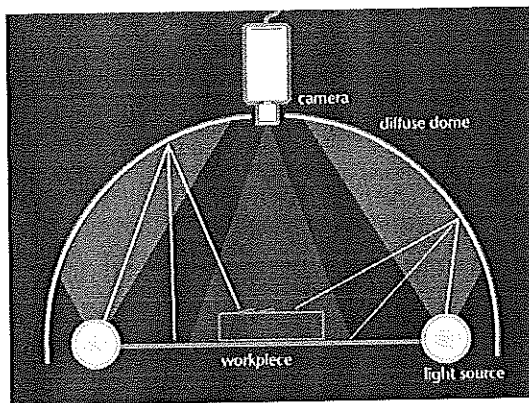
Figur 11: Belysning bakom objektet

Belysning med ring ger en jämn belysning av objektets yta och används därför företrädesvis vid ytavsyning.



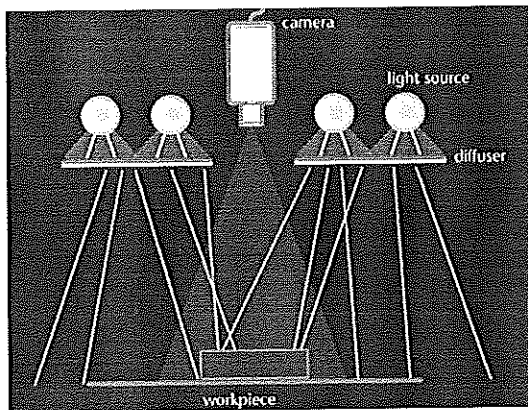
Figur 12: Belysning med ring, förstärker ojämnheter i ytan

Genom att använda en sfär som lyset får reflekteras i åstadkoms en väldigt jämn belysning av hela objektet och skuggningar av objektet kan minimeras. Används vid ytavsyning. Genom att använda en sfär utestängs omgivningens ljus och dess påverkan på mätresultatet kan minimeras. Vid de andra belysningsalternativen är det ibland nödvändigt att skärma av omgivningens belysning med en separat skärm.



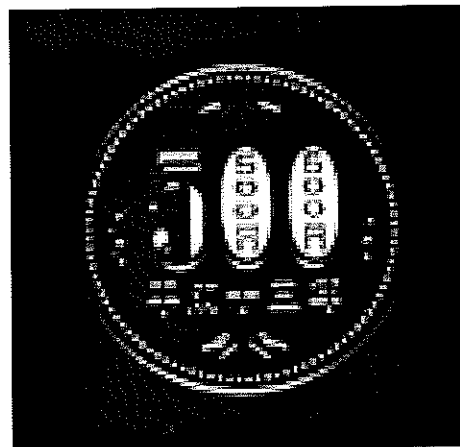
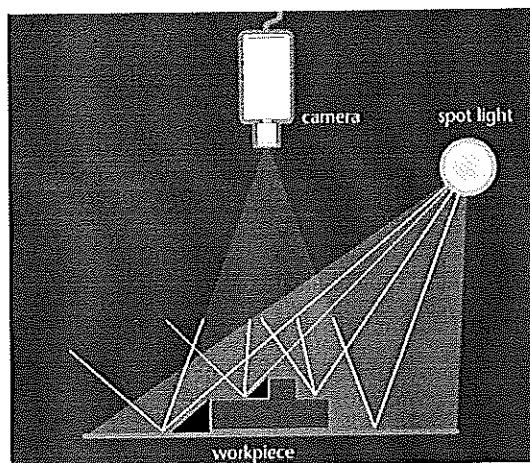
Figur 13: Belysning med sfär

Med diffus belysning kan oönskade reflektioner i objektet minskas. Används vid ytavsyrning.



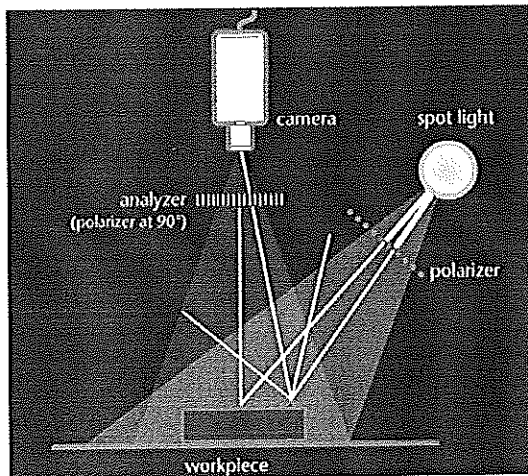
Figur 14: Diffus belysning

Med belysning snett framifrån är det enkelt att detektera ojämnheter i ytor.



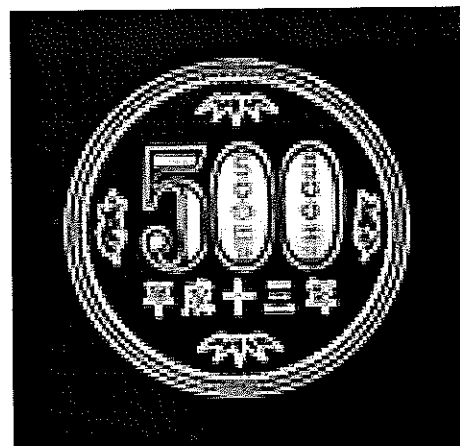
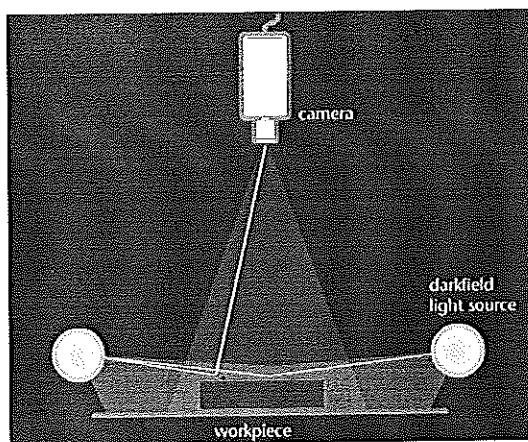
Figur 15: Belysning snett framifrån, framhäver även små nivåskillnader i ytan

Med polarisationsfilter kan oönskade reflexer i objektet elimineras. Används vid avsyning av ytstruktur.



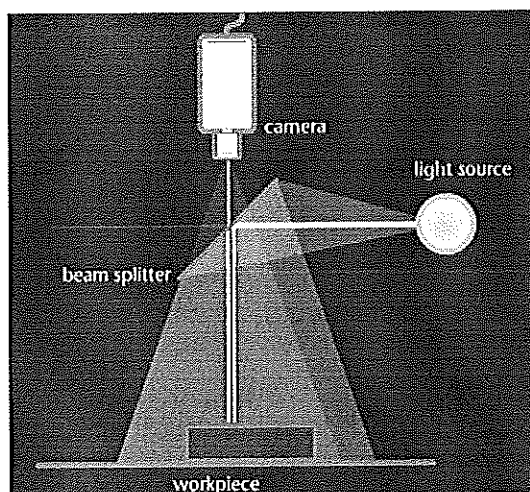
Figur 16: Belysning snett framifrån med polarisationsfilter, oönskade reflektioner undviks

Genom att placera belysningen nära objektets horisontalplan kan fina ytstrukturer bli väldigt tydliga. Ytor som avviker från horisontalplanet ger en reflektion upp i kameran, fotot är taget med en ringbelysning placerad nära horisontalplanet, med ringbelysning belyses objektet jämt runt om.



Figur 17: Belysning nära objektets horisontalplan, små variationer i ytan framhävs

Koaxial belysning ger en stabil bild med lite skuggningar även på ojämna ytor, kan användas vid ytavsugning, positionering och detektion av relativt små ytor. Ytor vinkelräta mot kamerans placering lysas upp medan övriga ytor blir mörka.



Figur 18: Koaxial belysning, endast ytor vertikala mot kameran reflekterar ljuset till kameran

Efter att ha testat alla dessa variationer och några till valdes att i denna implementation placera belysningen bakom objektet för att få en hög kontrast mellan tråd och hål i väven. Olika färger och filter har också testats för att försöka framhäva trådarna så bra som möjligt. Bland annat har rött ljus, blått ljus, grönt ljus, vitt ljus och polaroidfilter testats. Slutligen landade det på blå belysning som, på grund av kromatisk aberration (Figur 8), inte lysar rakt igenom tråden utan böjs av. På så sätt framträder trådarna tydligare. Även polaroidfiltret gjorde att trådarna framträdde tydligare på vissa viror (mönster) men på andra blev det snarare sämre, det innebär att detta filter inte kan användas som allmänt hjälpmedel till flera olika mönster på viror.

4 Programmering

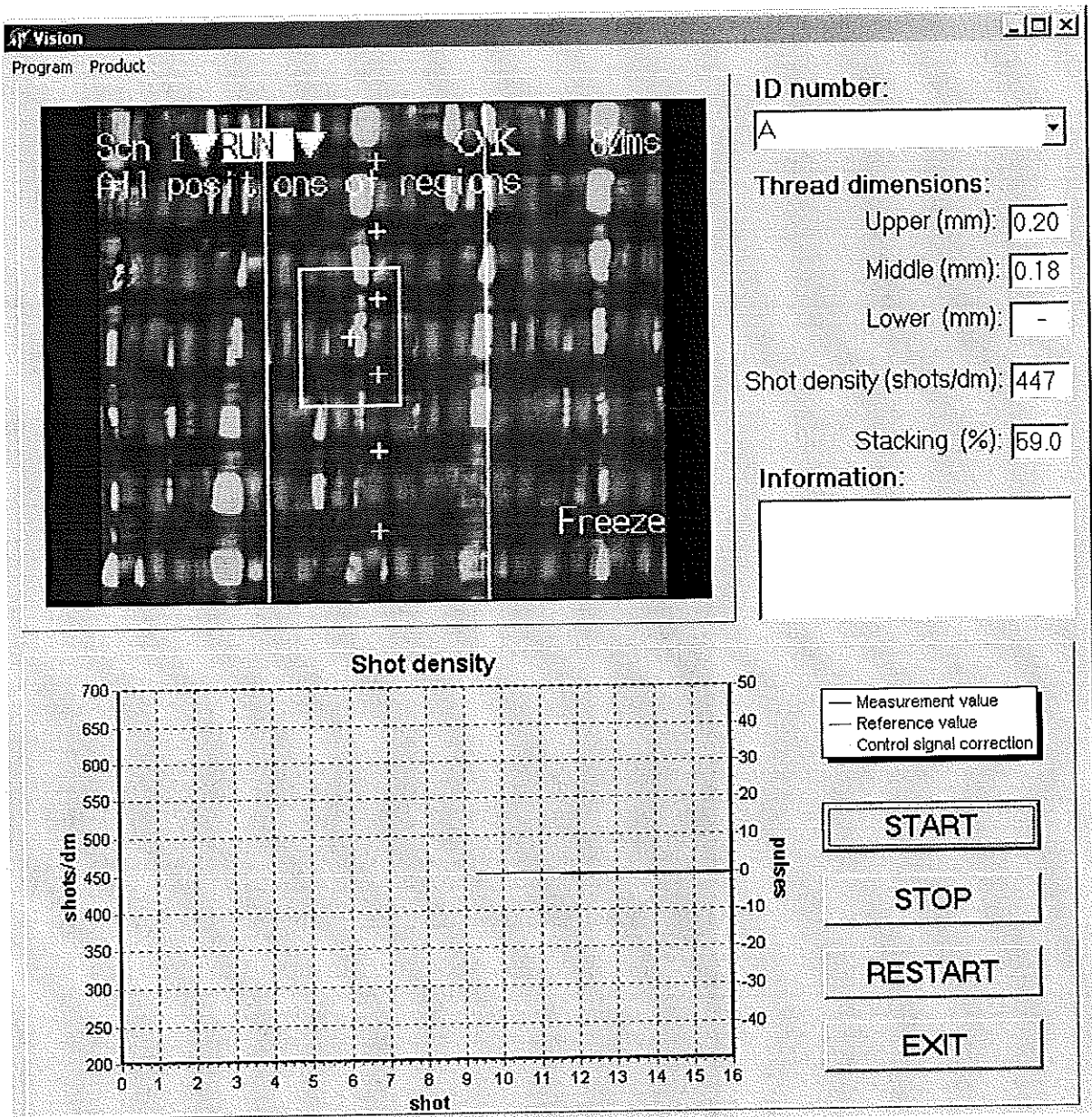
Som nämnts tidigare så har det gjorts ett datorprogram för att utföra beräkningar på visionsystemets mätdata. Detta program är skrivet i Delphi, eftersom det är det programspråk som använts på vävstolen i övrigt. Därför fanns det en del mer eller mindre färdiga kommunikationsmoduler, som kunde användas. [6]

4.1 Användargränssnitt

När det gäller layout på programmet (Figur 18), så har ledstjärnan varit att det ska passa även personer med begränsad datorvana, få inställningsmöjligheter och endast den mest relevanta informationen är tillgänglig direkt i huvudfönstret. Förutom det ska det även fungera på en pekskärm i industrimiljö. (Appendix A)

Programmet är uppbyggt på ett antal fönster:

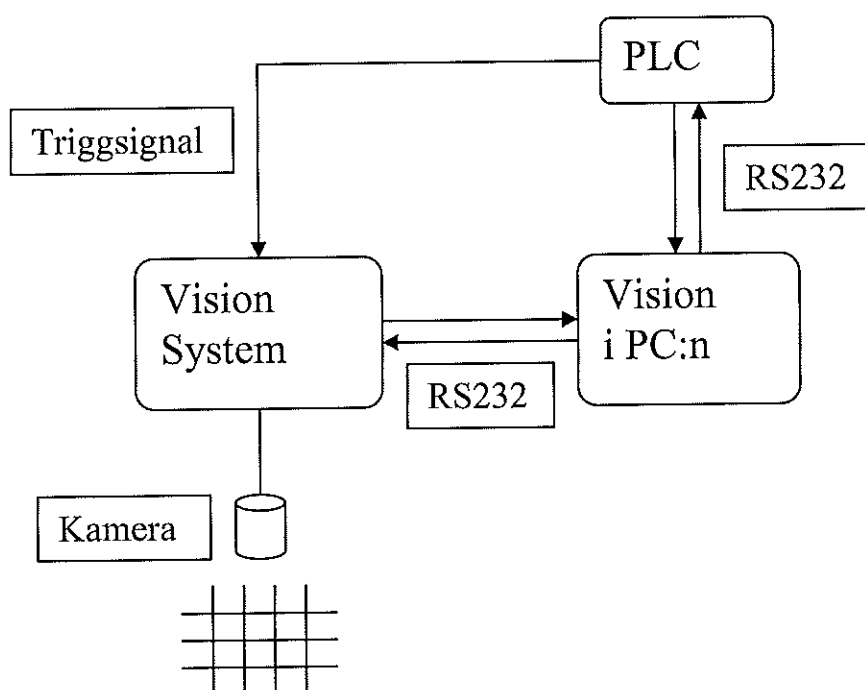
- Huvudfönstret där all mätinformation presenteras. Detta fönster är det enda som används vid normal drift. Härifrån kan mätningar startas och stoppas, en ny produkt kan väljas bland de produkter som är inlagda i programmet.
- Vid återstart efter ett stopp, när knappen "RESTART" trycks ner, öppnas ett nytt fönster där vävkantens position kan jämföras med den bild av vävkanten som togs vid stoppet. En automatisk justering av vävkanten utförs, men det finns möjlighet att justera den manuellt tills önskat resultat uppnåtts.
- Fönster för att lägga till en ny produkt. Används när en ny produkt ska läggas till i programmet. Fönstret öppnas genom att trycka på "Add Product" i menyn "Product".
- Fönster för ändring av inställningar. Detta fönster används om inställningarna på en redan inlagd produkt behöver ändras. Inställningarna nås genom "Change Settings" i menyn "Product".
- Fönster för borttagning av produkt. Används om en produkt inte längre är aktuell utan ska tas bort från programmet. Fönstret öppnas med "Delete Product" i menyn "Product".



Figur 19: Huvudfönstret

4.2 Kommunikation

Mellan Visionsystemet och PC:n sker kommunikationen via RS232 (serieport), detsamma gäller mellan PC:n och PLC:n. PLC:n skickar triggsignalen direkt till kameran via en digital utgång vid en given vinkel på ritten. Detta görs för att kameran ska kunna ta en bild av bra kvalitet och undvika vibrationerna i så stor utsträckning som möjligt. Om signalen tas via PC:n så blir det en fördröjning av triggsignalen som varierar, vilket omöjliggör en minimering av vibrationerna. Genom att ta triggsignalen direkt från PLC:n kan den justeras efter ritten så att bilden tas en stund efter anslaget. En principskiss över kommunikationen visas i figuren nedan (Figur 19).



Figur 20: Kommunikationen mellan systemen

4.3 Behandling av mätdata

Vid normal körning triggas visionsystemet av anslagsbommens position (Figur 20). När triggsignalen kommer till visionsystemet tas en bild direkt, denna bild används för att göra de valda beräkningarna. Så fort beräkningarna är färdiga skickas mätvärdena ut till PC:n. Programmet får en signal att det kommit ny data på serieporten och läser in meddelandet från bufferten.

När data läses in görs först en kalibrering så att mätvärdena som ges i bildpunkter översätts till millimeter. Efter det beräknas korrelationen (3) mellan mätvärdet "mess" och det filtrerade värdet "value" (4).

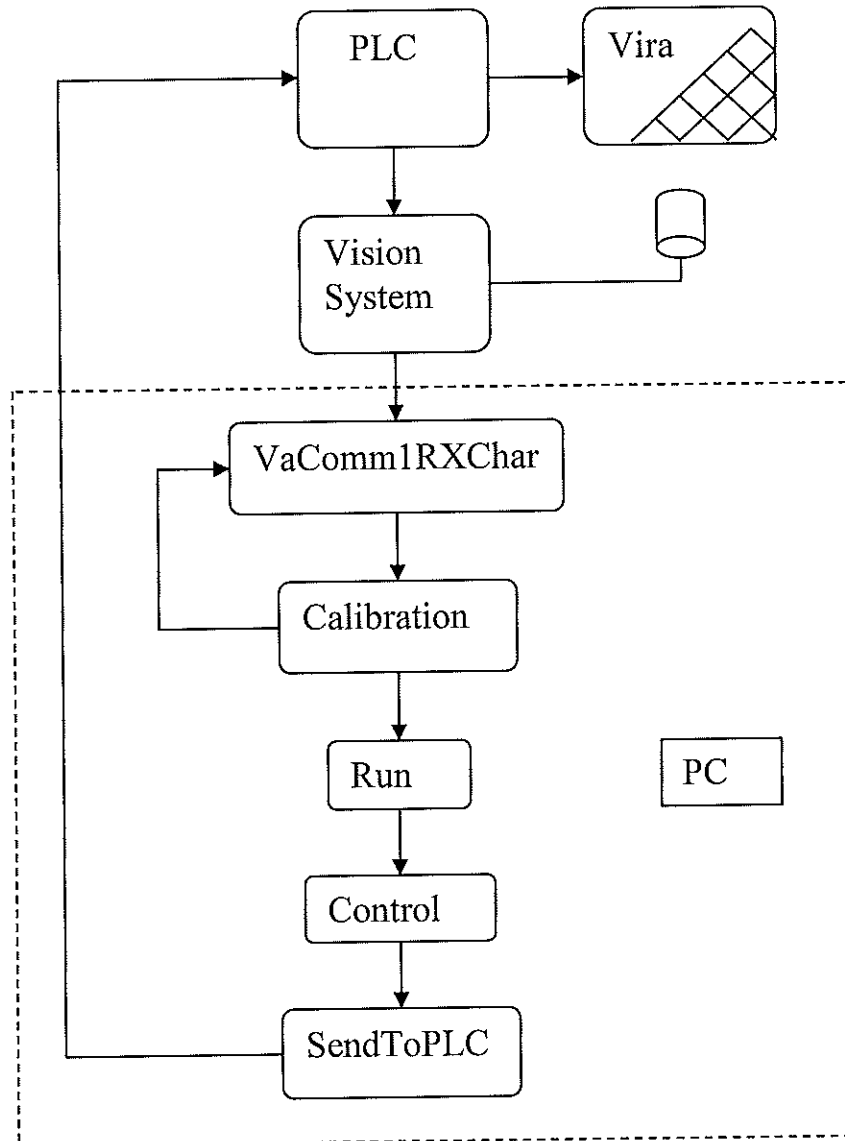
$$corr = 1 - \frac{abs(mess - value)}{mess + value} \quad (3)$$

Om mätvärdet och nuvarande filtrerade värde är nära varandra, sannolikheten är stor att mätvärdet är riktigt, blir värdet på "corr" nära ett. På motsvarande sätt blir "corr" nära noll om mätvärdet avviker mycket från det filtrerade värdet. Detta innebär att ett avvikande mätvärde inte ger så stort genomslag i det beräknade värdet. Därefter beräknas mätvärdet enligt ekvationen nedan (4) som fungerar som ett exponentiellt filter [7]. Ett exponentiellt filter har fördelen att det är bra på att filtrera bort störningar oberoende av frekvens eftersom det använder sig av samtliga mätvärden bakåt i tiden. Det kan dock vara något sämre när det gäller att följa den "riktiga" signalen snabbt, det är emellertid inte särskilt viktigt i detta fall.

$$value = (1 - (\alpha \cdot correlation \cdot corr)) \cdot value + (\alpha \cdot correlation \cdot corr) \cdot mess \quad (4)$$

Variabeln "correlation" ger en indikation på hur väl nuvarande bild stämmer överens med referensbilden. Detta värde skickas från visionsystemet till PC:n som ett resultat på mätfunktionen "Gray Search". Denna mätfunktion jämför den aktuella bilden med en referensbild som sparats i systemet. Variabeln används för att en dålig bild, t.ex. suddig, inte ska ge för stort bidrag, eventuellt felaktigt, till det beräknade värdet. En bra bild däremot ger ett stort bidrag till det beräknade värdet. Variabeln α sätts till ett värde mellan 0 och 1 och fungerar som en övre gräns eftersom variablerna "corr" och "correlation" båda ligger mellan 0 och 1.

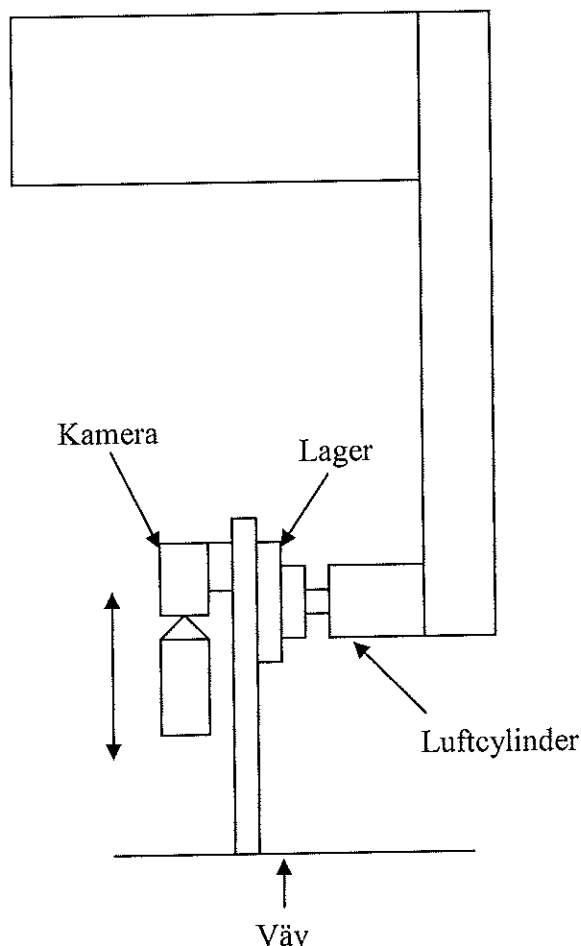
När alla mätvärden har lästs in går programmet vidare till proceduren "Run". Här sker beräkningar för att få fram skottäthet, stacking (överlagringen av trådarna) och tråddimensioner samt presentationen av mätvärdena till interfacet. Härifrån anropas proceduren "Control" som beräknar styrsignalen till maskinen (se kapitel 6). Avslutningsvis skickas styrsignalen till PLC:n innan en ny bild tas och nya beräkningar utförs. Där läggs den i dataminnenet, och PLC:n använder detta värde för att korrigera styrsignalen till tygbommen.



Figur 21: Normal programföljd

5 Upphängning

Kamerans upphängning har konstruerats för att kunna få en så bra bild som möjligt, därför hänger kameran lös och följer vävens rörelser genom ett anhåll mot väven (Figur 21). På så sätt bibehålls ett konstant avstånd mellan kamera och väv, sånär som på en vinkelvariation, som uppstår eftersom kamerans fokus och anhållet mot väven inte ligger i samma plan relativt vävkanten. Med ett konstant avstånd mellan kamera och väv får bilden alltid bästa möjliga skärpa. För att kameran ska kunna flyttas från mätning under körning till kantdetektion vid stopp finns det en luftcylinder mellan upphängningen och kameran. För att undvika alltför stora variationer i avståndet mellan väv och kamera är det nödvändigt att placera kameran en liten bit ifrån kanten, eftersom väven varierar en del i höjddled.



Figur 22: Upphängning av kameran

6 Reglering

Eftersom vävkanten rör sig en hel del i höjdlöd bör kameran appliceras en bit ifrån denna för att få en större noggrannhet i mätningarna. Samtidigt önskas en så tidig detektering som möjligt av ett eventuellt fel så att det kan åtgärdas relativt lätt. Detta innebär att kamerans placering blir en kompromiss mellan dessa bägge faktorer. Det gör att mätningen sker en bit in i väven och det blir en fördröjning från inslag till mätning, dödtid.

6.1 Kompensering för fördröjningen (dödtid)

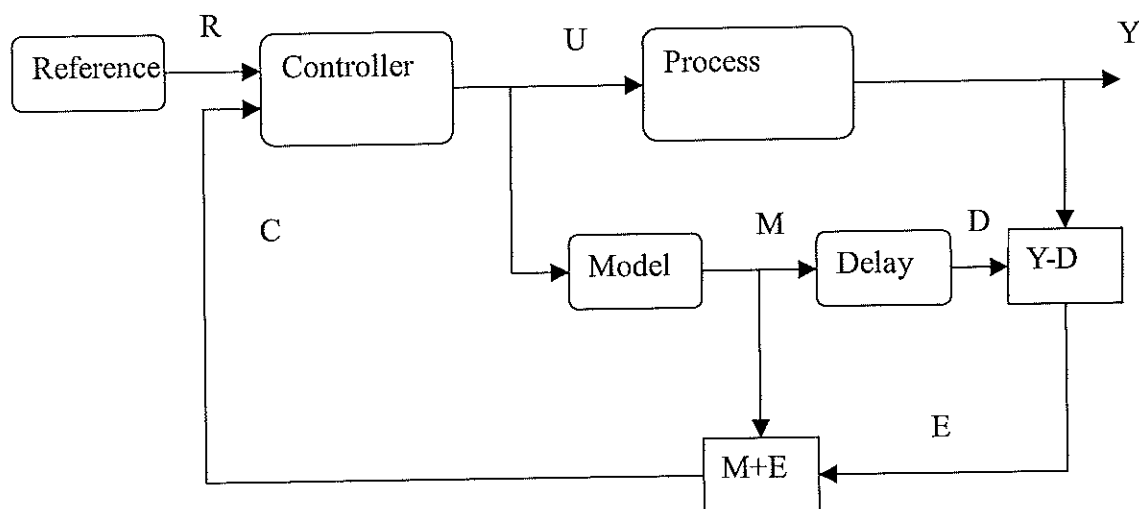
För att kompensera för fördröjningen beräknas mätvärdet enligt ekvationen nedan (5). [8]

$$C = M + (Y - D) \quad (5)$$

C är det beräknade mätvärdet, M är den utsignal som modellen ger, Y är mätsignalen från visionsystemet och D är modellens utsignal, M, fördröjt en tid motsvarande dödtid. Denna fördröjning beräknas med ekvationen nedan (6). Eftersom en ny bild tas vid varje skott, och därmed ett nytt mätvärde erhålls vid varje skott, motsvarar fördröjningen antalet skott från vävkanten till kamerans position.

$$\text{dödtid} = \text{avstånd (kamera} \leftrightarrow \text{vävkant)} \cdot \text{skottäthet} \quad (6)$$

Implementeringen av kompenseringen kan ses i figuren nedan (Figur 22).



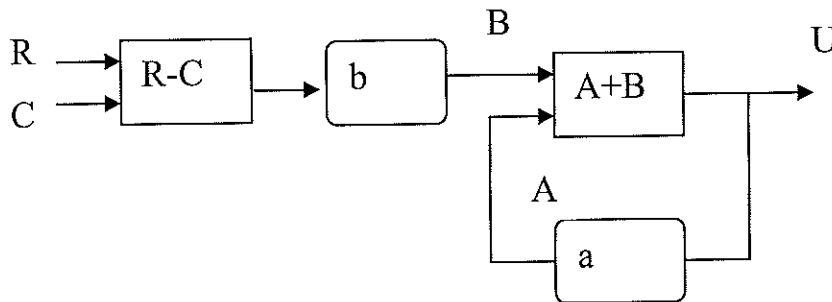
Figur 23: Dödtid-kompensering

6.2 Iterative Learning Control

Visionsystemet ska kunna användas på flera olika vävmaskiner, därför är det lämpligt att regleringen inte är beroende av en korrekt modell. Dessutom ska visionsystemets reglering endast fungera som en korrektion av den normala regleringen på vävstolen. På grund av detta har valet fallit på iterative learning control, ILC, som ändrar kontrollsignalen utifrån felsignalen istället för att beräkna en ny kontrollsignal varje gång (7). [9]

$$U = a \cdot U + b \cdot (R - C) \quad (7)$$

U är kontrollsignalen till systemet, a och b är designparametrar som sätts så att önskat uppträdande uppnås, R är referensvärdet och C är mätvärdet. Implementeringen syns i figuren nedan (Figur 23).



Figur 24: Iterative Learning Control

Variablerna a och b sätts för att få en bra reproduktion av referenssignalen utan att äventyra stabiliteten. Ett lågt värde på a ger ett relativt stort stationärt fel medan ett a nära 1 ger ett relativt litet stationärt fel. Variabeln b bestämmer hur snabbt kontrollsignalen U ska förändras med avseende på felsignalen, (R-C). Ett litet värde på b ger en långsam adaptering medan ett större värde ger en snabbare adaptering.

Optimal ILC innebär att kostnadsfunktionen (8) minimeras.

$$J_{k+1} = e_{k+1}^T W_e e_{k+1} + u_{k+1}^T W_u u_{k+1} \quad (8)$$

J är kostnaden, e är felet, u är kontrollsignalen och k är en diskret tidpunkt, W_e och W_u är viktningsmatriser som bestämmer hur mycket felet och kontrollsignalen ska viktas relativt varandra. Genom att minimera denna funktion med avseende på

$$(u_{k+1} - u_k)^T (u_{k+1} - u_k) \leq \delta \quad (9)$$

vilket innebär att insignalen till systemet begränsas, kan kostnadsfunktionen skrivas om med Lagrange-multiplikatorn som

$$J_{k+1} = e_{k+1}^T W_e e_{k+1} + u_{k+1}^T W_u u_{k+1} + \lambda \left((u_{k+1} - u_k)^T (u_{k+1} - u_k) - \delta \right) \quad (10)$$

Felet e ges av avvikelserna mellan referenssignalen, y_d , och utsignalen, y .

$$e_{k+1} = y_d - y_{k+1} = (I - T_r)y_d - T_u u_{k+1} \quad (11)$$

där T_r är överföringsfunktionen från referenssignal, y_d , till utsignal, y , och T_u är överföringsfunktionen från insignal, u , till utsignal, y . Nu kan J_{k+1} differentieras med avseende på u_{k+1} .

$$\begin{aligned} \frac{\partial J_{k+1}}{\partial u_{k+1}} &= -T_u^T W_e e_{k+1} + W_u u_{k+1} + \lambda (u_{k+1} - u_k) = \\ &= -T_u^T W_e (I - T_r)y_d + T_u^T W_e T_u u_{k+1} + W_u u_{k+1} + \lambda (u_{k+1} - u_k) = 0 \end{aligned} \quad (12)$$

Ett optimum uppnås då differentialen är noll. Genom att lösa denna ekvation med avseende på u_{k+1} fås följande resultat.

$$u_{k+1} = Q(u_k + L e_k) \quad (13)$$

$$Q = (W_u + \lambda \cdot I + T_u^T W_e T_u)^{-1} (\lambda \cdot I + T_u^T W_e T_u) \quad (14)$$

$$L = (\lambda \cdot I + T_u^T W_e T_u)^{-1} T_u^T W_e \quad (15)$$

Om $\lambda > 0$, $W_e = I$ och $W_u = \rho I$ där $\rho > 0$ så kan stabiliteten garanteras [7]. I denna implementering ger det följande ekvationer för Q och L (16).

$$Q = ((\rho + \lambda) \cdot I + T_u^T T_u)^{-1} (\lambda \cdot I + T_u^T T_u) = \frac{\lambda + 1}{\rho + \lambda + 1} \quad (16)$$

$$L = (\lambda \cdot I + T_u^T T_u)^{-1} T_u^T = \frac{1}{\lambda + 1} \cdot \left(\frac{O}{P} \right)^{-1}$$

O är tygbommens omkrets och P är antalet pulser per varv för tygbommen.

6.3 Simulering

Med följande värden, $\rho = 1$ och $\lambda = 10$, så kan Q och L beräknas med ekvationen nedan (17).

$$Q = \frac{10+1}{1+10+1} = \frac{11}{12} \approx 1$$

$$L = \frac{1}{10+1} \cdot \left(\frac{600}{600000} \right)^{-1} \approx 100$$
(17)

Då kan styrsignalen beräknas enligt ekvationen nedan (18).

$$u_{k+1} = 1 \cdot (u_k + 100 \cdot e_k)$$
(18)

Genom att kombinera ILC (13) med dödtid-kompensering (5) fås följande ekvationer (19, 20) för att beräkna styrsignalen. En simulering har gjorts i PC-programmet med $Q = 1$ och $L = 100$. Referensvärdet på skottätheten har satts till 600 skott/dm, det ger att referensavståndet, R, blir $(3 \cdot 100)/600 = 0.5$ mm (3-lagrad vira), och det simulerade avståndet, Y, beräknas med ekvation (21) nedan.

$$U_{k+1} = Q \cdot (U_k + L \cdot (R - C_k))$$
(19)

$$C_k = M_k + (Y_k - D_k)$$

$$M_k = R + \frac{O}{P} \cdot U_k$$
(20)

$$D_k = M_{k-Deadtime}$$

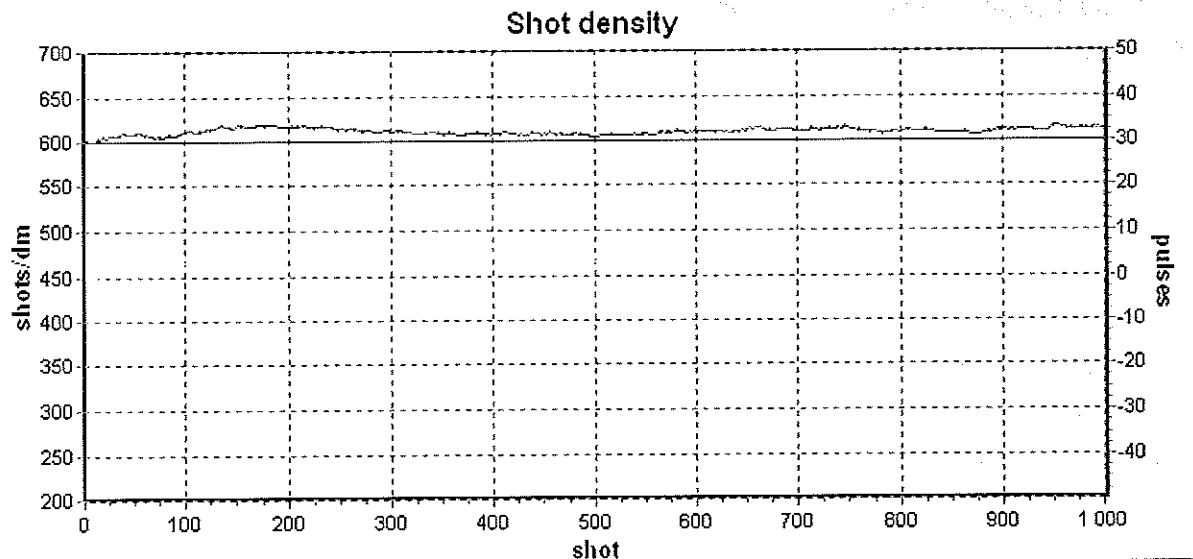
$$Y_k = R + \frac{O}{P} \cdot U_{k-Deadtime} + V_k$$
(21)

Där O är tygbommens omkrets, P är antalet pulser per varv för tygbommen och V är vitt brus. Med insatta värden fås följande ekvation för att beräkna styrsignalen (22).

$$U_{k+1} = 1 \cdot \left(U_k + 100 \cdot \left(-\frac{600}{600000} \cdot U_k - V_k \right) \right) \Rightarrow$$
(22)

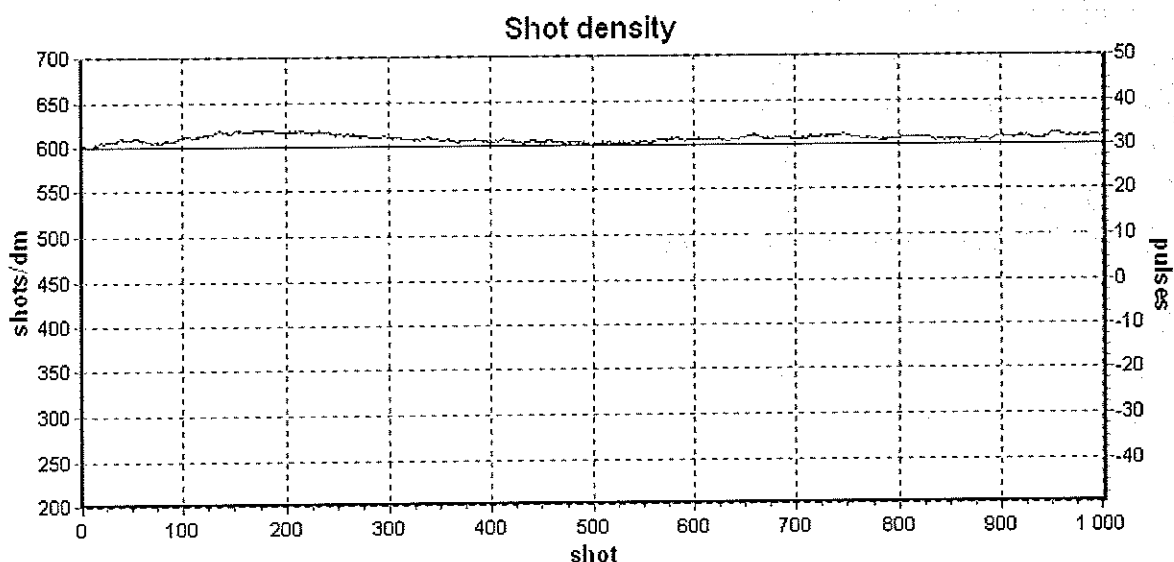
$$\Rightarrow U_{k+1} \approx 0.9 \cdot U_k - 100 \cdot V_k$$

Simuleringar har genomförts för ett antal olika värden på λ och ρ . Distansen mellan vävkanten och kameran sattes till 40 mm för att dödtiden inte skulle bli alltför lång under simuleringen. Först valdes λ till 1 och ρ till 10, resultatet kan ses i figuren nedan (Figur 24). Som synes är det stationära felet relativt stort. Det beror på att Q är litet, $Q = 2/12$ (16). Bättre resultat åstadkommes genom att sänka värdet på ρ (eller höja värdet på λ).



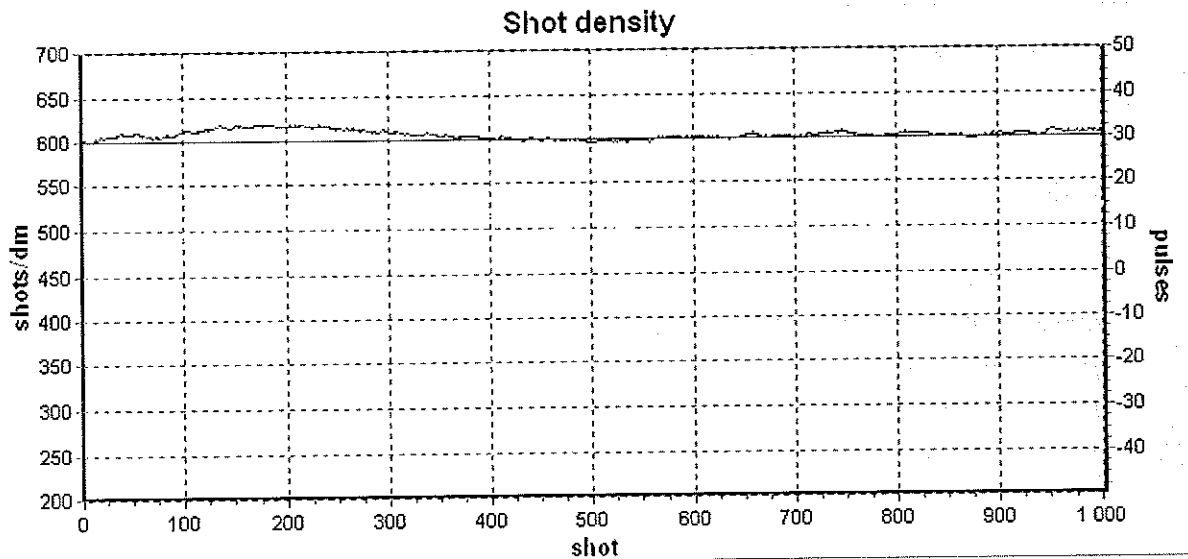
Figur 25: $\lambda = 1$, $\rho = 10$, distance = 40

Med λ satt till 1 och ρ till 1 blir resultatet något bättre, men det är fortfarande inte särskilt bra (Figur 25). Det stationära felet är för stort och gör att skottätheten inte kan regleras riktigt bra.



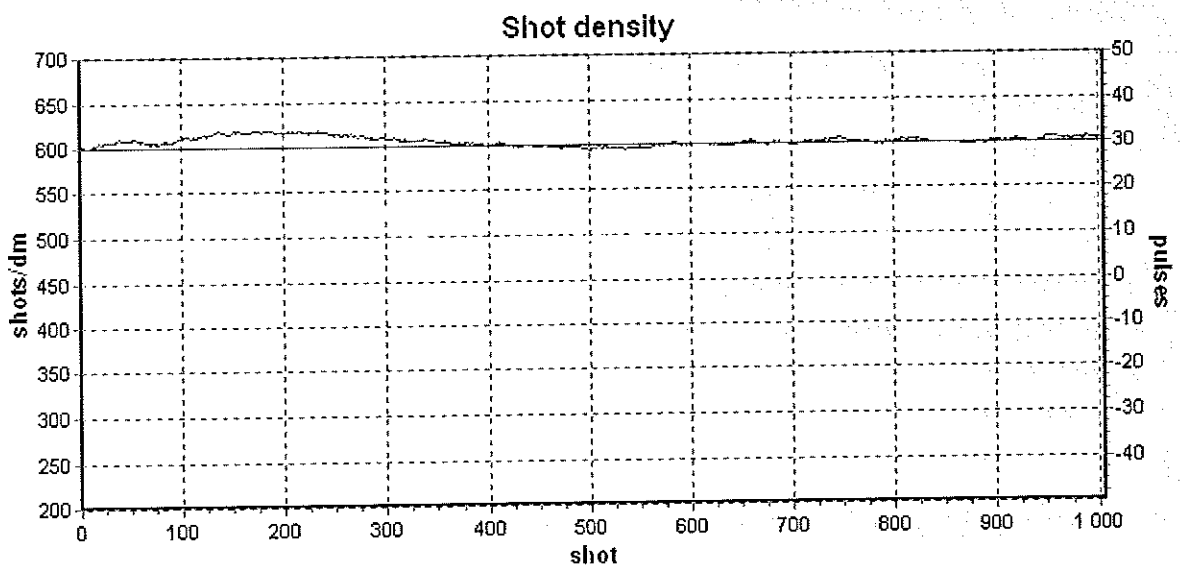
Figur 26: $\lambda = 1$, $\rho = 1$, distance = 40

Ytterligare sänkningar på ρ ger ett bättre resultat (Figur 26), här har ρ satts till 0,1. Som figuren visar regleras skottätheten kring börvärdet.



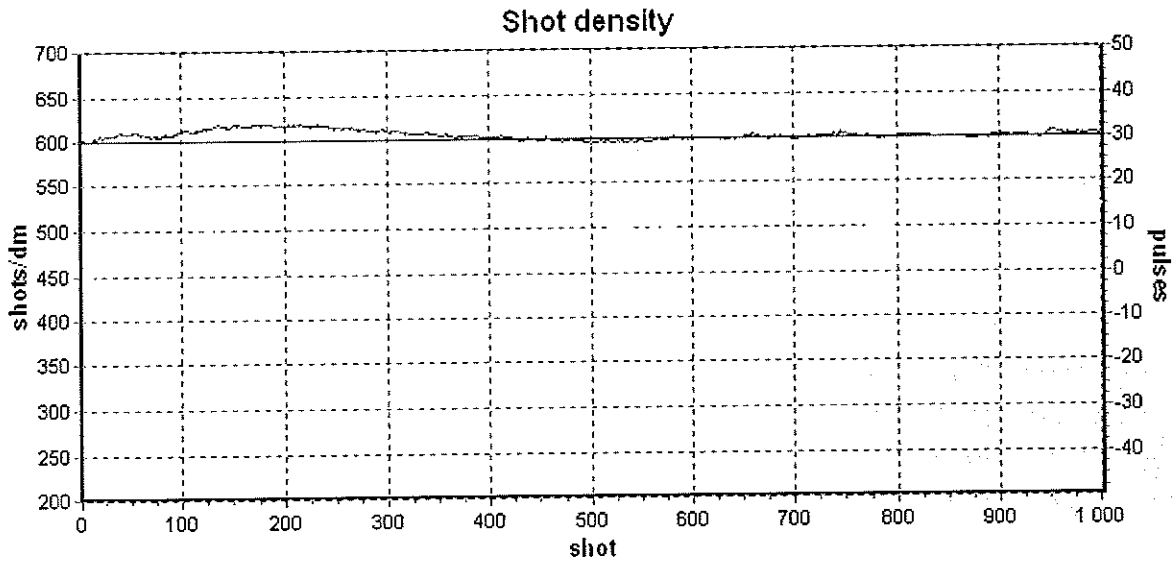
Figur 27: $\lambda = 1$, $\rho = 0.1$, distance = 40

För att minska det stationära felet ytterligare något sätts ρ till 0,01. Det ger följande resultat (Figur 27).



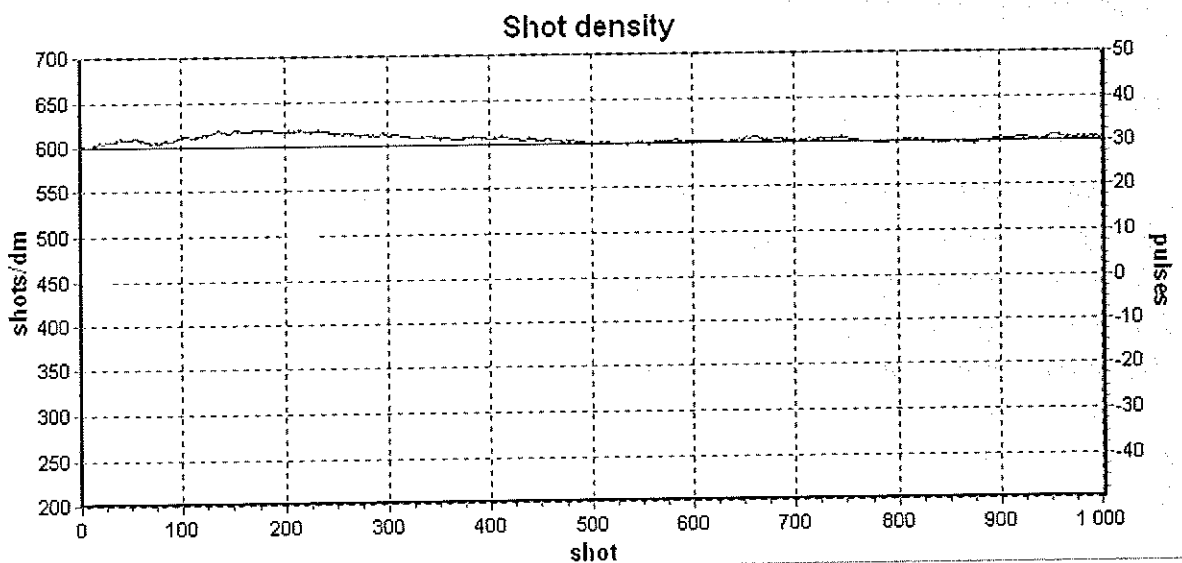
Figur 28: $\lambda = 1$, $\rho = 0.01$, distance = 40

Som synes i figurerna blir styrsignalen mer och mer orolig. För att stabilisera styrsignalen så ökas värdet på λ till 10 (Figur 28). På så sätt minskas värdet på L (14) så att regleringen blir mindre känslig för störningar. Detta påverkar dessutom det stationära felet i positiv riktning, det blir alltså mindre eftersom skillnaden mellan λ och ρ ökar.



Figur 29: $\lambda = 10$, $\rho = 0.01$, distance = 40

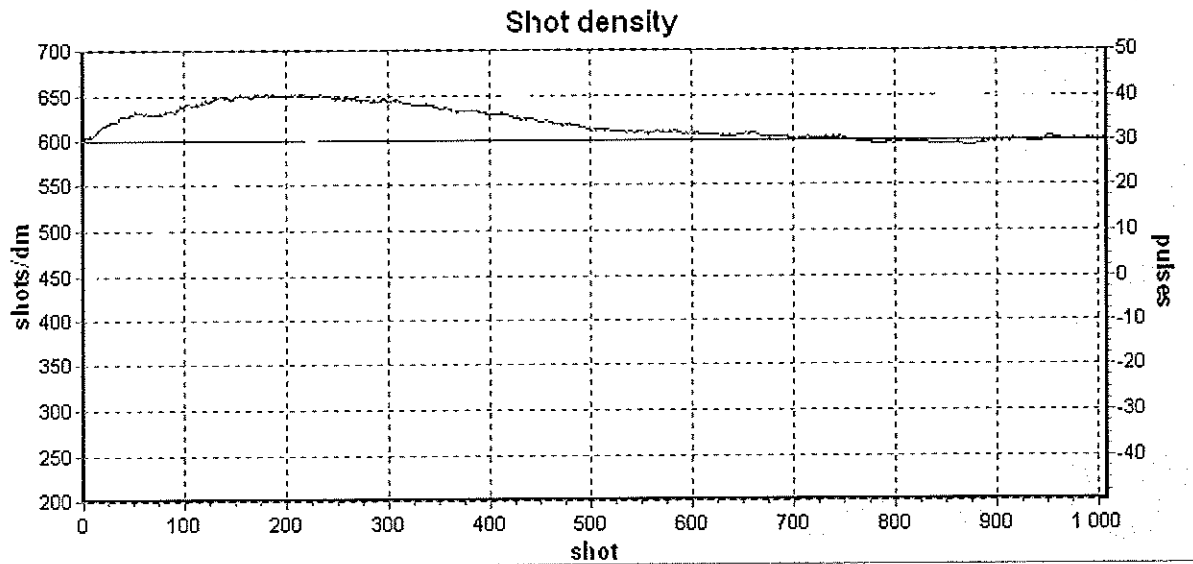
Eftersom styrsignalen fortfarande är lite orolig ökas λ till 100. Resultatet kan ses i figuren nedan (Figur 29). Vid jämförelse med de tidigare resultaten syns det att regleringen blir något långsammare men i gengäld blir alltså regleringen mindre störningskänslig.



Figur 30: $\lambda = 100$, $\rho = 0.01$, distance = 40

Enligt tidigare resonemang ger ett Q nära 1 ett relativt litet stationärt fel medan ett Q nära 0 ger ett stort stationärt fel. På motsvarande sätt ger ett L nära 0 en långsam reglering medan ett större L ger en snabbare reglering. Med ett stort värde på λ så blir L litet och $\lambda \gg \rho$ ger ett Q nära 1 medan $\lambda \ll \rho$ ger ett Q nära 0. För att uppnå en snabb reglering med ett litet stationärt fel ska alltså λ väljas litet och ρ väljas så att $\lambda \gg \rho$. Detta bekräftas av simuleringarna.

För att kontrollera hur regleringen fungerar om modellen inte är helt korrekt har en simulering gjorts där mätvärdet har satts till 0,95 gånger modellens värde (Figur 30). Regleringen blir inte riktigt lika bra, framförallt blir den långsammare, men den klarar av att reglera skottätheten kring börvärdet utan alltför stora variationer i styrsignalen.

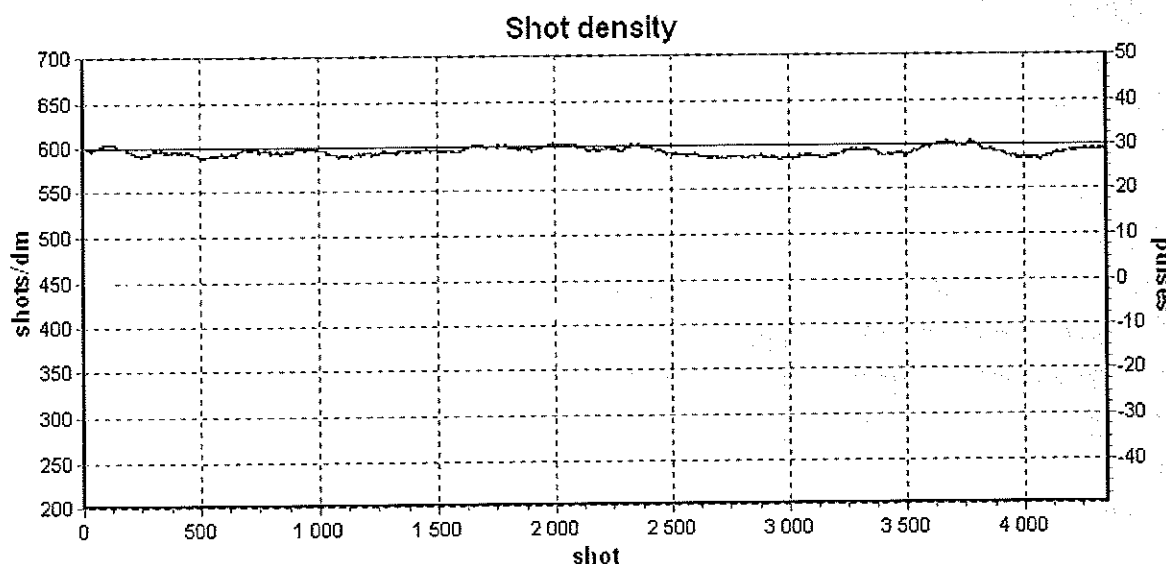


Figur 31: 0,95 * modell

6.4 Implementering på vävstolen

Implementeringen av regleringen bygger på att tygbommen styrs av PLC:n och PC:n skickar ett korrektionsvärde till PLC:n om skottätheten inte är den önskade. På så sätt kan hela visionsystemet kopplas ur utan att påverka körningen av vävstolen. Vävstolen fungerar då som den gjorde innan visionsystemet kopplades in.

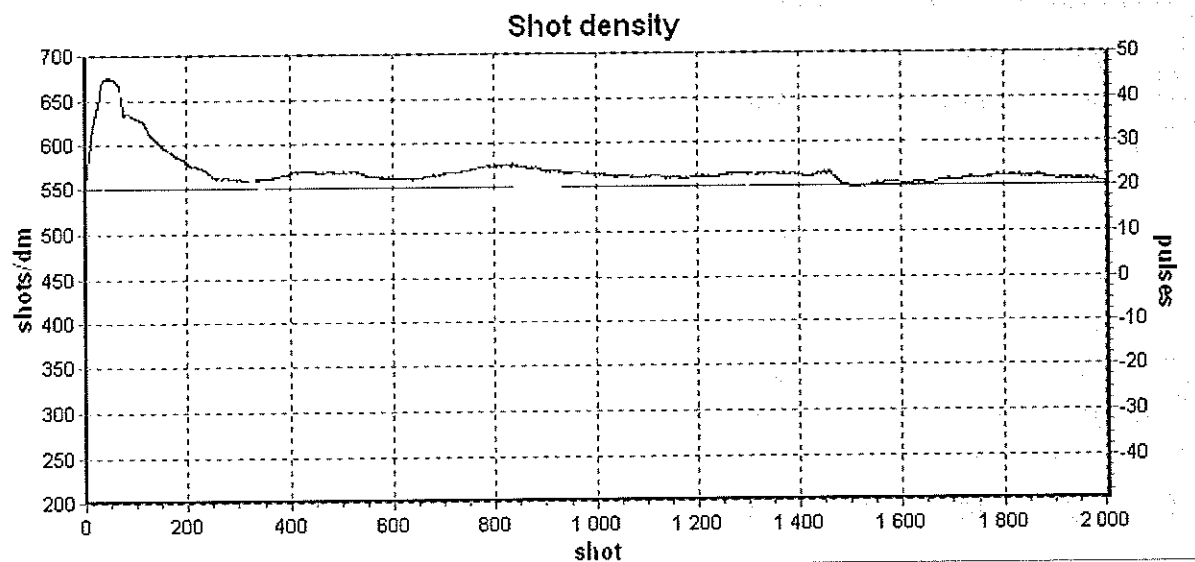
Styrsignalen beräknas på samma sätt som i simuleringen (19, 20) men mätsignalen Y är den verkliga mätsignalen från visionsystemet. Ett antal körningar har gjorts utan återkoppling till maskinen för att se att mätsignalen verkar stämma och att regleringen inte uppför sig konstigt (Figur 31-33).



Figur 32: Körning utan återkoppling

Skottätheten ligger omkring referensvärdet, satt till 600 skott/dm. Styrsignalen är relativt lugn och gör inga stora svängningar trots att mätvärdet avviker från referensvärdet under en rätt så lång tid. Eftersom det är den genomsnittliga skottätheten som ska regleras skulle det vara möjligt att minska svängningarna i mätsignalen genom att minska varje mätvärdes påverkan på det beräknade värdet. Detta har gjorts i programmet där korrelationen, "correlation", mellan nuvarande bild och referensbild läses in från visionsystemet.

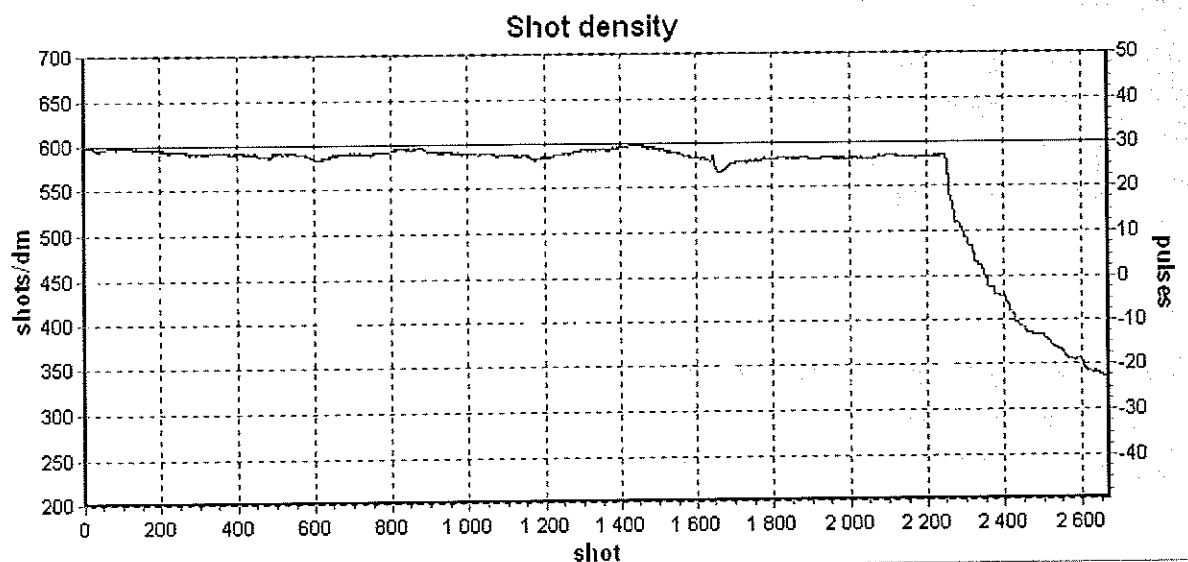
Vid en körning förändrades virans färg genom att en del blåa trådar ersattes med vita. På så sätt blev viran mer genomsläpplig för ljus och bilden alltså ljusare. Det innebär att mätfunktionen "Edge Pitch" inte hittar samma antal trådar och därmed måste en uppdatering av parametrarna ske innan mätvärdena är relevanta (Figur 32).



Figur 33: Parameterjustering efter färgförändring i viran

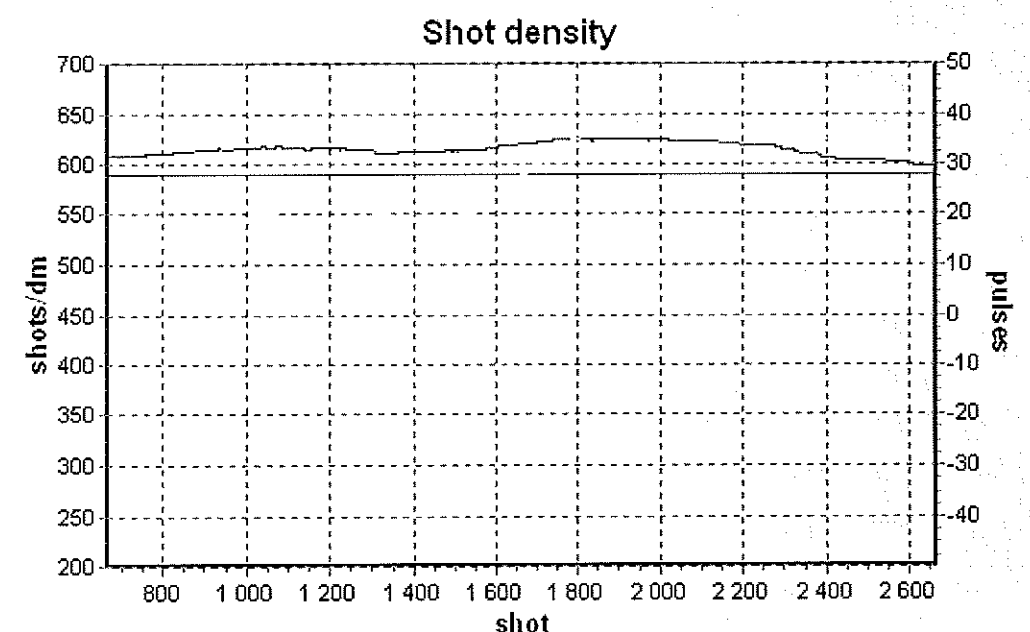
Styrsignalen ser lite orolig ut, men det tar lite tid innan parametrarna justerats. Poängteras bör att detta inte är något normalt förfarande under drift utan där vävs hela viran med samma färger och dimensioner rätt igenom och har parametrarna en gång justerats, så förändras dessa inte så länge förutsättningarna är de samma.

Under en av körningarna mot vävstolen utan återkoppling slocknade mer än hälften av dioderna på grund av en kortslutning. Det innebar att bilden blev i det närmaste svart och mätvärdena från visionsystemet saknade relevans (Figur 33). För att undvika liknande fadäser i framtiden bör någon form av begränsning på avvikelser sättas. På så vis kan en bild som avviker mer än ett givet värde inte påverka det beräknade värdet över huvud taget. I programmet kan detta göras där korrelationen, "correlation", mellan nuvarande bild och referensbilden läses in från visionsystemet. Genom att sätta variabeln "correlation" till 0 om den understiger ett visst värde så kan liknande problem undvikas. Då förblir mätsignalen den samma oavsett vilket värde som visionsystemet skickar. Ett bekymmer med detta är att om mätvärdet avviker från referensvärdet, så kommer styrsignalen att fortsätta räknas upp hela tiden vilket inte är önskvärt. Därför måste även styrsignalen blockeras om korrelationen understiger det givna värdet. Det enklaste är att testa om variabeln "correlation" är 0 innan beräkningen av styrsignalen anropas.



Figur 34: Körning utan återkoppling, belysningen slutade fungera strax efter 2200 skott

För att undvika alltför stora variationer i styrsignalen då återkopplingen mot maskinen skulle genomföras valdes ett mindre värde på α i ekvation (4).

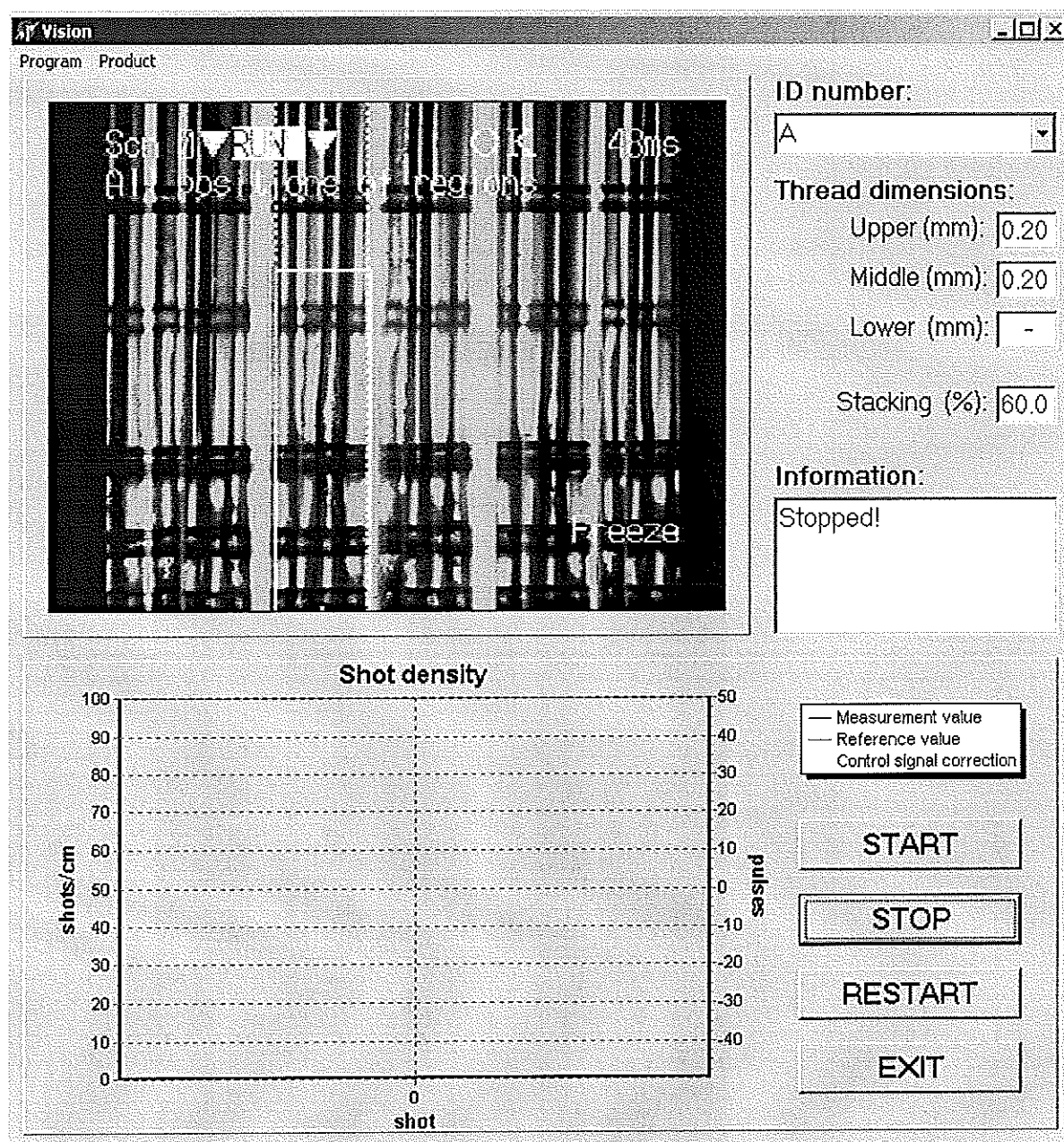


Figur 35: Körning med återkoppling, referensvärdet satt till 595 skott/dm

Figuren ovan (Figur 34) visar att regleringen försöker justera skotttätheten till den valda men tyvärr gick det inte att köra tillräckligt länge för att se att reglering verkligen fungerade. Detta beror på att varvspänningen inte reglerades utan varpbommen vreds ett antal grader för varje skott beroende på vilken täthet som ställts in. Om det uppmätta värdet inte överensstämmer med det inställda försöker tygbommen reglera väven så att skotttätheten blir rätt i duken, det får till följd att varvspänningen ökar (eller minskar) eftersom den inte är reglerad och maskinen stannar om varvspänningen avviker alltför mycket från den inställda varvspänningen. Det var vad som hände under denna körning, inte bara en utan två gånger. En möjlighet skulle kunna vara att låta parametrarna justeras och därefter reglera kring det värde som uppnåtts, men det bedömdes inte ge något ytterligare värde till resultatet. Det enda som skulle kunna visas är att mätningen är stabil eller hur jämn väven är (dvs. se om skotttätheten är någorlunda stabil). Men om skotttätheten skulle förändras under drift av en eller annan anledning så skulle återigen maskinen stanna på grund av för hög (låg) varvspänning. Enda sättet att lösa det är att ha en reglering på varvspänningen, som kan justera denna efterhand. Tyvärr gavs ingen möjlighet att testa detta då kundbesök och utvecklingsarbete av vävstolen fick gå före. Man skulle kunna tänka sig att man skickar ett korrektionsvärde för att ändra den i maskinen inställda skotttätheten istället för att korrigera direkt på pulserna till motorn som styr tygbommen. Detta ger dock inte samma möjlighet till finjustering av skotttätheten.

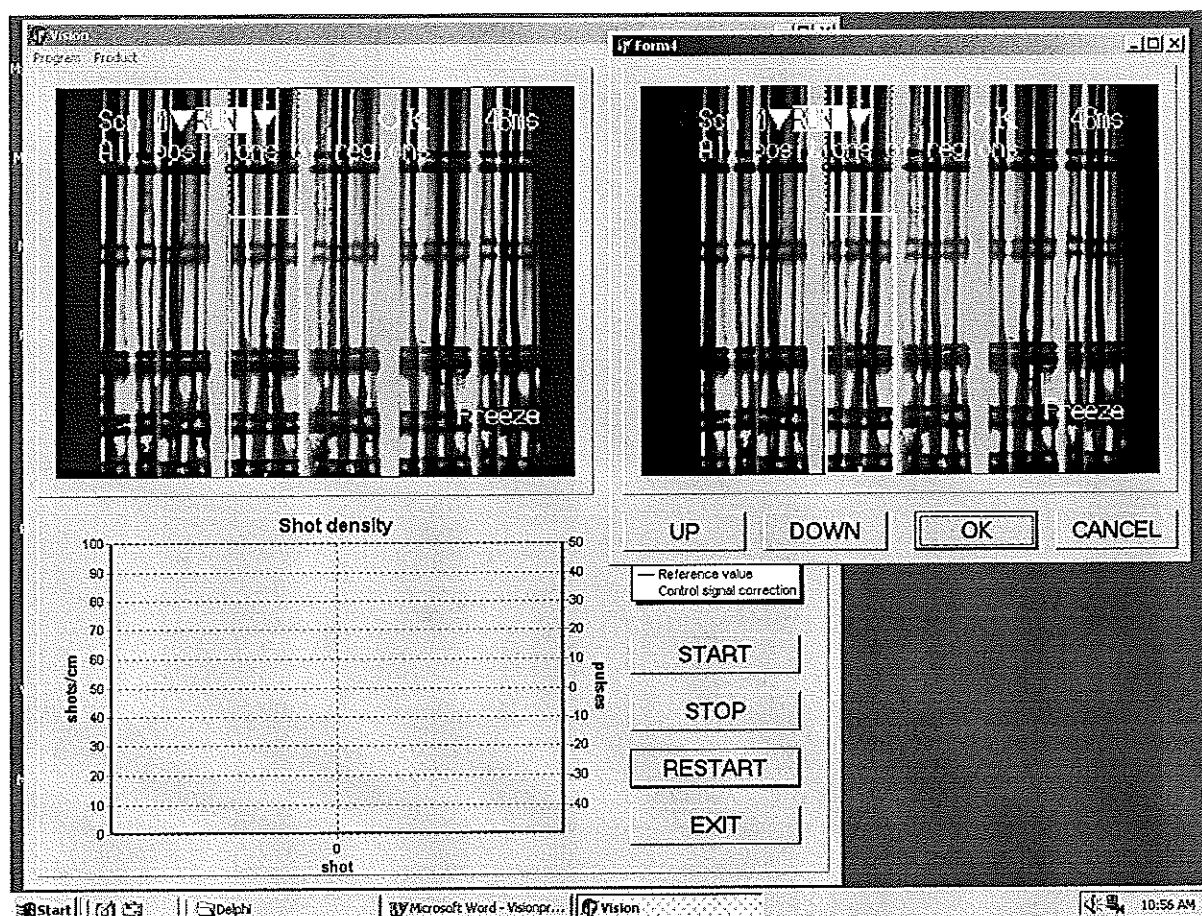
7 Resultat

När det gäller kantdetekteringen och justeringen vid uppstart kunde det inte utföras automatiskt då kameran inte kunde placeras tillräckligt nära kanten på grund av ombyggnader i vävstolen. Det gjordes emellertid några försök att se om kameran kunde upptäcka avvikelser i kantpositionen. Det togs en bild (Figur 35) varefter kameran manuellt flyttades någon millimeter och därefter startades mätningarna genom att trycka på knappen "Restart".



Figur 36: Mätningarna stoppade, kameran skjuts fram till vävkanten och tar en bild.

Eftersom kanten var förskjuten i förhållande till kameran borde inte fönstret där justeringen av kanten godkänns öppnas, vilket det inte heller gjorde. Kameran återställdes till ursprungsläget och fönstret öppnades automatiskt eftersom kantens placering stämde med den sparade bilden (Figur 36). Genom att trycka på knappen "OK" startas mätningarna. Vid automatisering av detta förfarande återkommer samma problematik med den oreglerade varvspänningen som vid reglering av skottätheten. Men eftersom denna justering endast sker vid start av maskinen krävs det relativt många stopp innan det blir några märkbara skillnader i varvspänningen.

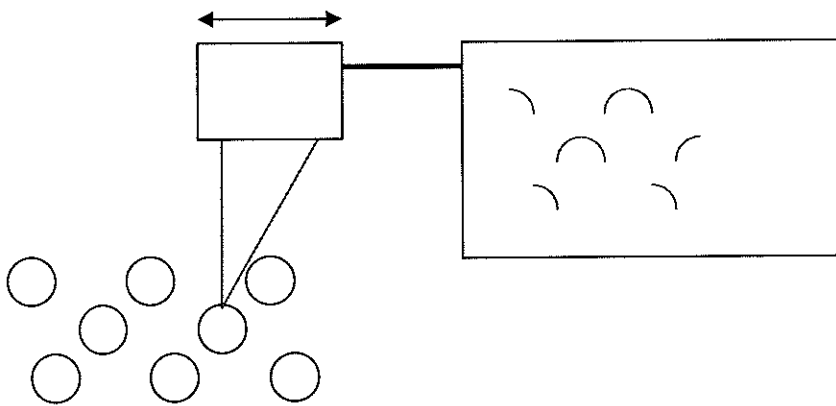


Figur 37: När kanten stämmer med den sparade bilden öppnas ett nytt fönster där justeringen av kanten kan godkännas.

Det är besvärligt att mäta tråddimensioner och skottäthet med ett kamerasystem där väven genomlyses, eftersom färg och dimension kan variera en hel del. Det gör att det blir olika lätt att lysa igenom väven, exempelvis kan en mörk trådfärg i kombination med tjocka trådar i flera lager göra det i det närmaste omöjligt att få en tydlig kontrast mellan hål och tråd, eftersom det är svårt att lysa igenom väven, bilden blir mörk. Samma problem kan uppstå om trådfärgen är ljus och trådarna är tunna i få lager, då genomlyses trådarna lätt och bilden blir för ljus. Detta går till viss del att kompensera genom att justera belysningens styrka och bländarens öppning, men särskilt användarvänligt blir det inte eftersom dessa justeringar måste göras varje gång en ny väv ska vävas och justeringen påverkar även övriga parametrar som därför måste ställas in på nytt. Under körningen visade det sig att mätfunktionen ”Edge Pitch” var ganska osäker beroende på ljusförändringar och dessutom är det besvärligt att ställa in kameran så att mätningarna blir bra. Genom att endast använda mätfunktionen ”Gray Search” och jämföra med en referensbild blir det beräknade värdet mer tillförlitligt, men även i detta fall krävs det vissa kunskaper om antal lager i viran, eftersom det bestämmer vilka bilder som kan jämföras med varandra.

8 Diskussion

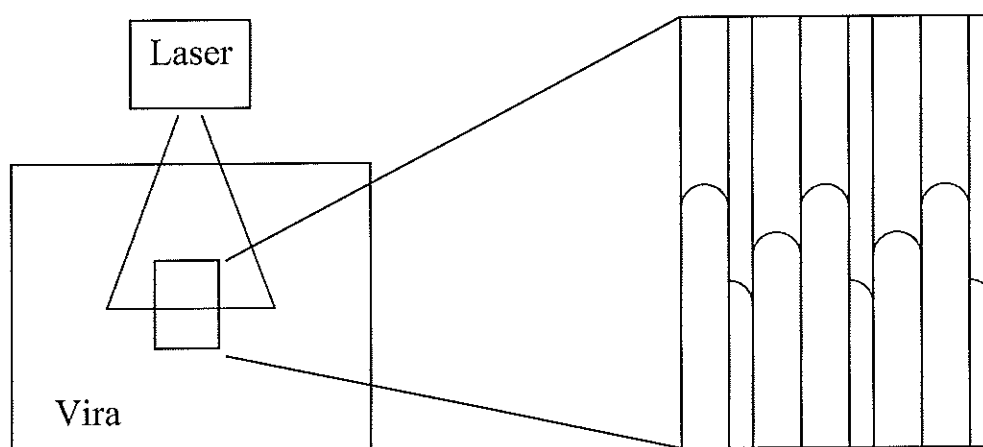
En lösning på problemet med belysningen bakom väven är att använda sig av en lasergivare som läser av vävens konturer istället för en kamera (Figur 37). Problemet här blir istället att storleken på laserstrålen bör vara maximalt $10\mu\text{m}$ eftersom trådarnas dimension är ner till $0,1\text{mm}$. Sådana givare är svåra att få tag i, den minsta storleken i Omrons sortiment är $50\mu\text{m}$, det är ytterst tveksamt om den upplösningen räcker till för att mäta stacking och tråddimensioner. För att mäta skottätheten räcker det dock till eftersom det då räcker att detektera maximum eller minimum vilket kan göras med stor noggrannhet. Men utvecklingen på detta område går framåt så inom en inte alltför avlägsen framtid finns det säkert tillgång till lasersensorer med bättre upplösning till ett pris som innebär att de kan användas i en tillämpning som denna. Denna lösning fungerar dock dåligt under drift eftersom den är känslig för variationer i vävens position (avstånd) i förhållande till givaren.



Figur 38: Lasergivare

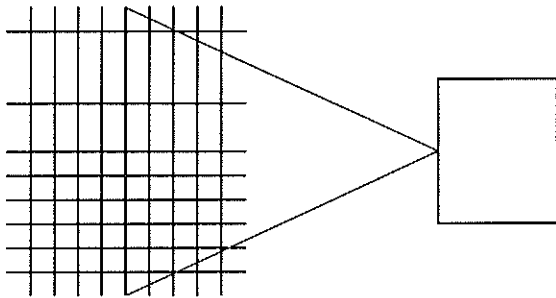
En annan lösning är fotometrisk stereo, det innebär att (minst) två bilder tas av objektet med belysning från olika håll. Då kan man räkna fram nivåskillnader i ytans topografi med hjälp av skuggmönstret i bilderna. Problemet med denna metod är att eftersom objektet (väven) rör sig i höjdlid och hamnar i olika vinklar relativt kameran så måste belysningen följa med i dessa rörelser för att kunna räkna ut korrekta värden på tråddimensioner och skottäthet, dessutom bör väven vara i samma position när de båda bilderna tas. I praktiken är det därför omöjligt att använda denna metod under drift. Om väven ligger stilla är den däremot användbar men något otymplig och krånglig för de mätningar som ska göras, det finns betydligt enklare alternativ exempelvis lasergivare enligt ovanstående resonemang. Fördelen är att det endast behövs två bilder för att täcka in en hel yta, medan lasergivaren måste flyttas över väven för att få fram mätvärden.

Ytterligare ett alternativ är optisk triangulering (Figur 38), där en laserstråle belyser ytan snett från sidan medan kameran tar en bild rakt uppifrån. På så sätt framträder en kontur av vävens yta genom att laserlinjen bildar en kurva i kamerabilden. Även med denna lösning är det viktigt att laserstrålens bredd är tillräckligt tunn för att upplösningen ska bli tillräcklig, men kraven är inte lika höga som i fallet med lasergivare. Detta är nog den lösning som har störst potential att lyckas då den är relativt enkel att använda även under drift, den kräver dock en del beräkningsarbete för att få fram skottäthet, stacking och tråddimensioner. Framförallt ger denna metod tillsammans med lösningen med lasergivare en tydlig visuell bild av hur trådarna ligger i väven (under förutsättning att laserstrålen kan göras tillräckligt tunn). Men till skillnad från lösningen med lasergivare, så kan optisk triangulering alltså användas även under drift.



Figur 39: Optisk triangulering

När det gäller kantdetekteringen vid stopp så kan samma funktion åstadkommas med en lasergivare med en utbredd stråle (Figur 39). En sådan givare har en analog utsignal, vars storlek beror på avståndet till föremålet, och kan på det sättet användas för att detektera en kant. Vid stopp sparas värdet för att sedan jämföras med givarens värde innan vävstolen startas, om de inte är lika justeras väven så att de båda värdena stämmer överens.



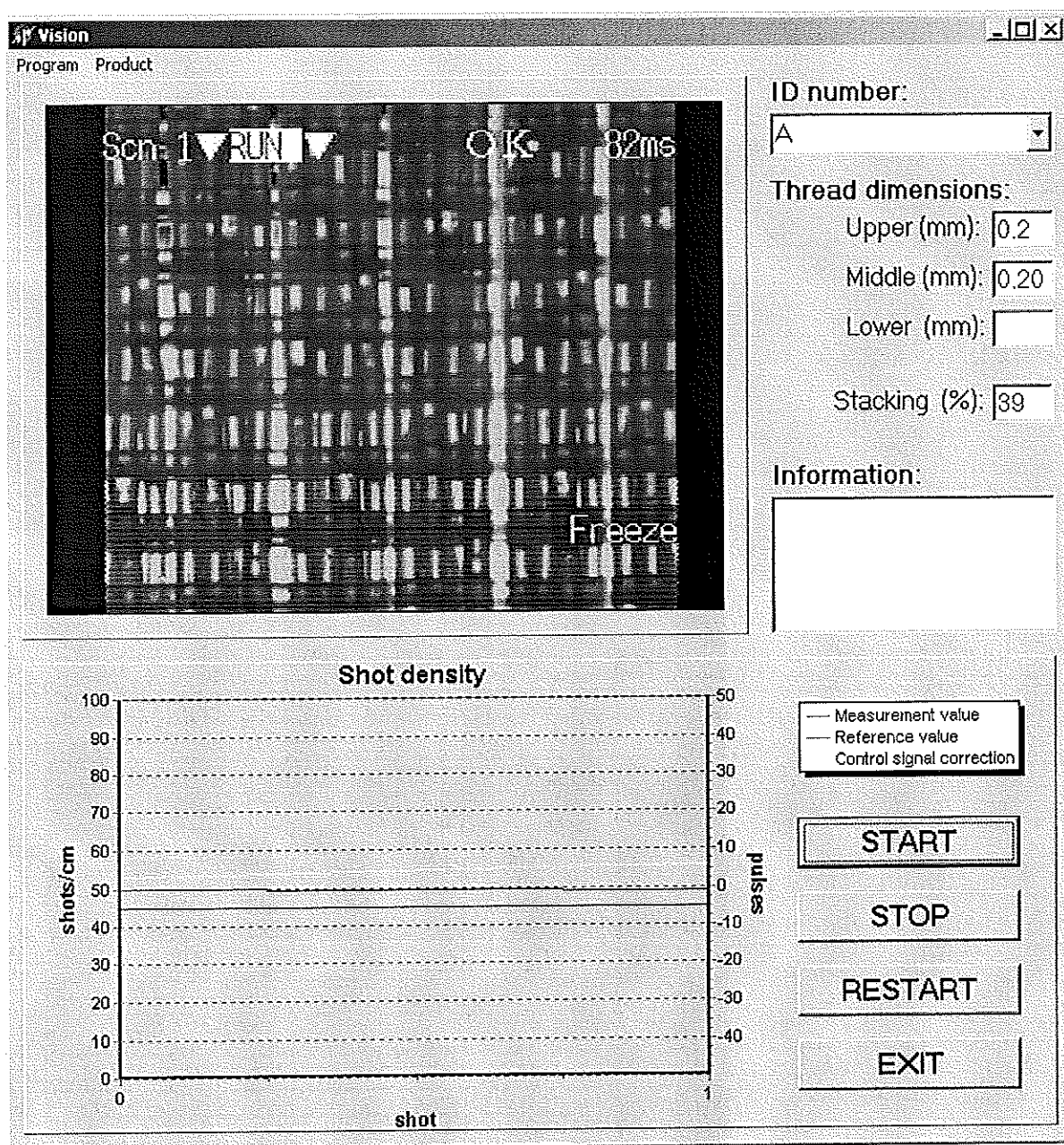
Figur 40: Kantdetektering med lasergivare

Ju större område som laserlinjen täcker desto säkrare blir kantdetekteringen, förutsatt att givarens upplösning räcker till.

Det bör påpekas att det inte har funnits utrymme för att testa dessa förslag i praktiken, det är därför möjligt att det tillkommer något annat problem som inte tagits hänsyn till i resonemanget ovan.

A Användning av programmet

Huvudfönstret (BILD) ger information om valt ID-nummer, trådarnas dimensioner, stacking och skottäthet. Här ges också en visuell bild av trådarnas läge och dimensioner som motsvarar ca 16 mm² av väven. I fältet "Information" ges information om programfaser samt eventuella problem i kommunikationen mellan de olika enheterna. I diagrammet "Shot density" visas önskad skottäthet (grön, "Reference value") samt uppmätt skottäthet (röd, "Measurement value") på vänstra axeln och på högra axeln visas korrektionspulser (gul, "Control signal correction") till tygbommen för att reglera skottätheten.

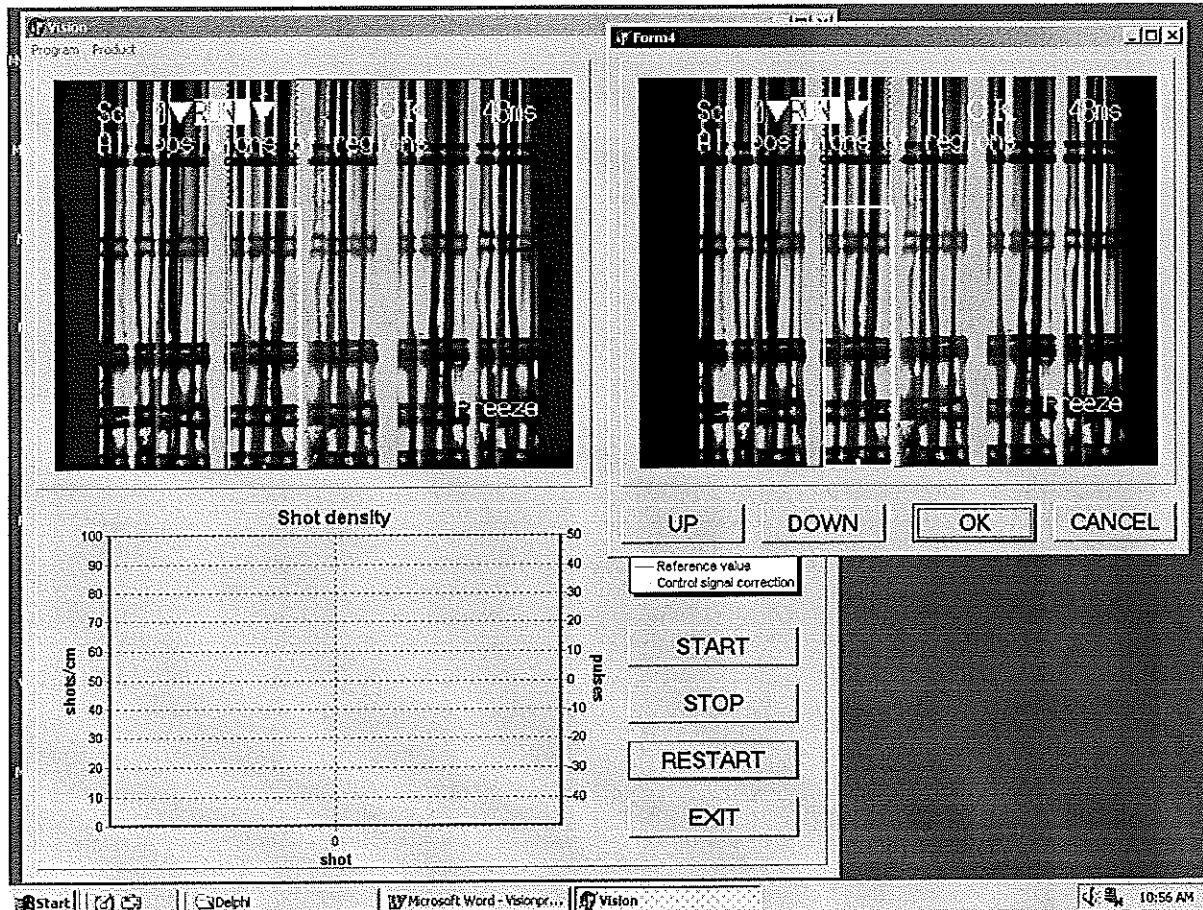


I fältet "ID number" kan en av de inlagda produkterna väljas, när programmet startas väljs den produkt som senast användes automatiskt. Knappen "START" används när produkten börjar köras efter ett produktbyte. Med denna knapp startar mätningarna utan att någon kantsökning utförs, därför ska inte denna knapp användas efter ett tillfälligt stopp i produktionen. När knappen "STOP" trycks in skjuts kameran fram mot vävkanten och en bild tas. Texten "Stopped!" visas i fältet "Information". Denna bild används sedan för att justera kantens position vid återstart så att variationer i skottätheten på grund av stopp i vävprocessen kan undvikas.

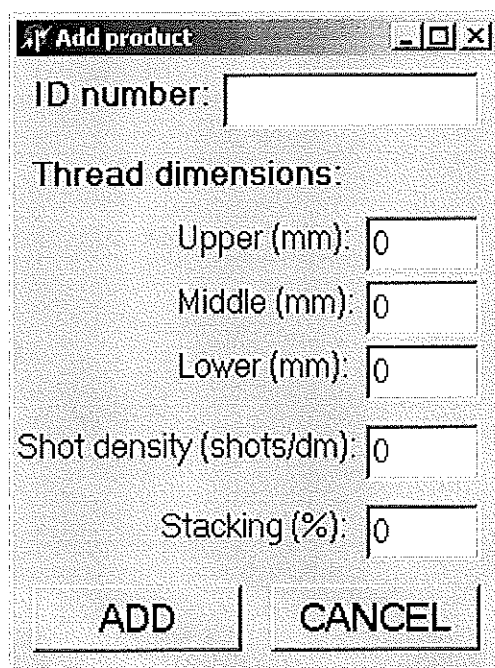
The screenshot shows the Vision software interface with the following components:

- Top Bar:** "Vision" logo and window controls.
- Program Product:** A menu bar.
- Camera View:** A grayscale image of a textile grid. Overlaid text includes "Scan", "RUN", "OK", "48ms", "All positions of regions", and "Freeze".
- Control Panel (Right):**
 - ID number:** A dropdown menu showing "A".
 - Thread dimensions:**
 - Upper (mm): 0.20
 - Middle (mm): 0.20
 - Lower (mm): -
 - Stacking (%): 60.0
 - Information:** A text box containing "Stopped!".
 - Buttons:** START, STOP, RESTART, and EXIT.
- Graph (Bottom Left):**
 - Title:** Shot density
 - Y-axis:** "shots/cm" (0 to 100) and "pulses" (-40 to 50).
 - X-axis:** "shot" (0).
 - Legend:**
 - Measurement value (dashed line)
 - Reference value (solid line)
 - Control signal correction (dotted line)

När det är dags att starta igen trycks knappen "RESTART" in och programmet justerar kanten så att den sammanfaller med kantens placering vid stoppet. Ett nytt fönster öppnas där det finns möjlighet att göra manuella inställningar, knapparna "UP" och "DOWN", innan kantens position godkänns. Positionen godkänns genom att knappen "OK" trycks in.



När en ny produkt ska läggas till i programmet används menyn "Products", där väljs "Add Product". Ett nytt fönster öppnas (BILD) där ID-nummer, tråddimensioner, skottäthet och stacking kan fyllas i. Kameran måste justeras manuellt så att en så tydlig bild som möjligt syns i huvudfönstret. När inställningarna är klara bekräftas de genom att trycka på knappen "ADD".



Add product

ID number:

Thread dimensions:

Upper (mm):

Middle (mm):

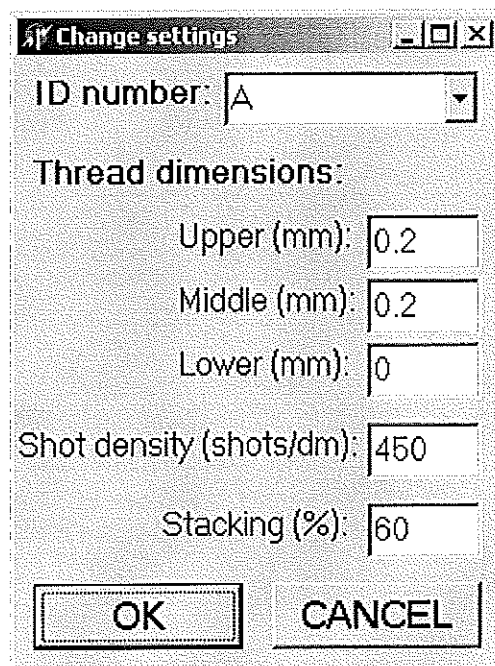
Lower (mm):

Shot density (shots/dm):

Stacking (%):

ADD **CANCEL**

Om det behöver göras några förändringar på inställningarna som gjordes när produkten lades till så används "Change Settings" i menyn "Products". Efter att inställningarna gjorts bekräftas de med "OK".



Change settings

ID number:

Thread dimensions:

Upper (mm):

Middle (mm):

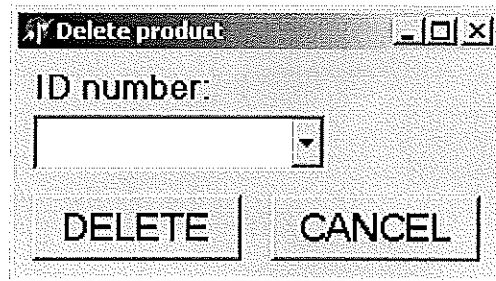
Lower (mm):

Shot density (shots/dm):

Stacking (%):

OK **CANCEL**

Om en produkt inte ska finnas kvar i programmet längre kan den raderas genom att gå in på "Delete Products" i menyn "Products" och sedan välja ID-numret för den produkt som inte längre ska användas. Raderingen sker när knappen "DELETE" trycks ner.



Alla inställningar kan när som helst avbrytas genom att trycka ner knappen "CANCEL".

Referenser

- [1] http://www.ivs.se/Vision_produkter.htm
- [2] http://www.europe.omron.com/se_sv/cor/iab/home/product_catalog/Advanced_Sensors/Vision_Sensors_Systems/
- [3] <http://www.biox.kth.se/gmcourses/Optmaet/Telecentr.htm>
- [4] Jönsson, Göran (1994): *Våglära och optik*. Teach Support. ISBN: 91-972499-0-4
- [5] <http://www.us.schott.com/fiberoptics/english/products/machinevision/techniques/index.html>
- [6] Lischner, Ray (2000): *Delphi in a Nutshell*. O'Reilly & Associates, Inc. ISBN: 1-56592-659-5
- [7] Olsson, Gustaf & Rosen, Christian (2003): *Industrial automation*. Department of Industrial Electrical Engineering and Automation, Lund Institute of Technology.
- [8] Ingimundarsson, Ari (2003): *Dead-Time compensation and Performance Monitoring in Process Control*. Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology.
- [9] Johansson, Rolf (2002): *Lecture notes*. Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology.