LUND UNIVERSITY

Bestämning av tryckfallsfunktioner för T-stycke i F-system med mätdata

Jensen, Lars

2007

Link to publication

Citation for published version (APA):
Jensen, L. (2007). *Bestämning av tryckfallsfunktioner för T-stycke i F-system med mätdata*. (TVIT; Vol. TVIT-7011). Avd Installationsteknik, LTH, Lunds universitet.

Total number of authors:
1

General rights
Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.
• Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
• You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
• You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: https://creativecommons.org/licenses/

Take down policy
If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

Download date: 17. Dec. 2025

Bestämning av tryckfallsfunktioner för T-stycke i F-system med mätdata

Uppdrag för Lindab Ventilation AB

Lars Jensen

Avdelningen för installationsteknik
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet, 2007
Rapport TVIT--07/7011

Lunds Universitet

Lunds Universitet, med nio fakulteter samt ett antal forskningscentra och specialhögskolor, är Skandinaviens största enhet för forskning och högre utbildning. Huvuddelen av universitetet ligger i Lund, som har 100 400 invånare. En del forsknings- och utbildningsinstitutioner är dock belägna i Malmö, Helsingborg och Ljungbyhed. Lunds Universitet grundades 1666 och har idag totalt 6 000 anställda och 41 000 studerande som deltar i ett 90-tal utbildningsprogram och ca 1000 fristående kurser erbjudna av 88 institutioner.

Avdelningen för installationsteknik

Avdelningen för Installationsteknik tillhör institutionen för Bygg- och miljöteknologi på Lunds Tekniska Högskola, som utgör den tekniska fakulteten vid Lunds Universitet. Installationsteknik omfattar installationernas funktion vid påverkan av människor, verksamhet, byggnad och klimat. Forskningen har en systemanalytisk och metodutvecklande inriktning med syfte att utforma energieffektiva och funktionssäkra installationssystem och byggnader som ger bra inneklimat.
Nuvarande forskning innefattar bl a utveckling av metoder för utveckling av beräkningsmetoder för godtyckliga flödessystem, konvertering av direktelvärmda hus till alternativa värmesystem, vädring och ventilation i skolor, system för brandsäkerhet, alternativa sätt att förhindra rökspridning vid brand, installationernas belastning på yttre miljön, att betrakta byggnad och installationer som ett byggnadstekniskt system, analysera och beräkna inneklimatet i olika typer av byggnader, effekter av brukarnas beteende för energianvändning, reglering av golvvärmesystem, bestämning av luftflöden i byggnader med hjälp av spårgasmetod. Vi utvecklar även användbara projekteringsverktyg för energi och inomhusklimat, system för individuell energimätning i flerbostadshus samt olika analysverktyg för optimering av ventilationsanläggningar hos industrin.

Bestämning av tryckfallsfunktioner för T-stycke i F-system med mätdata

Uppdrag för Lindab Ventilation AB

Lars Jensen

© Lars Jensen, 2007

ISRN LUTVDG/TVIT--07/7011--SE(16)

Avdelningen för installationsteknik
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
22100 LUND

Innehållsförteckning

1 Problemställning, modell, metod och slutord 5

2 Kontroll av mätdata och urval 7

3 Bestämning av tryckfallsfunktion för genomlopp 9

4 Bestämning av tryckfallsfunktion för påstick 13

1 Problemställning, modell, metod och slutord

Syftet med arbetsrapport är att beskriva bestämning av tryckfallsfunktioner för T-stycke med mätdata för frånluftsfallet med konvergerande flöden för fallen med rakt genomlopp och avstick. Det tredje fallet med samling ingår inte. Arbetet görs på uppdrag av Lindab Ventilation AB med mätdata framtagna av Lindab Ventilation AB.

Problemställningen är att finna ett beräkningsuttryck för tryckfallet för genomlopp och ett beräkningsuttryck för tryckfallet för påstick, vilka som kan användas för olika huvud-diametrar kombinerat med lika eller mindre grendiametrar och för godtyckliga flöden. Dessa två beräkningsuttryck skall ingå i ett datorprogram för tryckfallsberäkningar ventilations-kanalsystem.

Modellen bygger på att beskriva tryckfall för genomlopp och för påstick med enkla linjära kombinationer av diametrar och hastigheter upphöjs till olika gradtal. De beskrivande variablerna, som har använts, anges nedan med en vald numrering och även de ingående sorterna anges. Alla ingående variabler förutsätt att vara positiva.

beteckning	beteckning	variabel	sort
u_1	konstant	konstant	-
u_2	diameter 1	diameter efter genomlopp	mm
u_3	diameter 3	diameter i påstick	mm
u_4	flöde 1	flöde efter genomlopp	l/s
u_5	flöde 3	flöde i påstick	l/s
u_6	hastighet 1	hastighet efter genomlopp	m/s
u_7	hastighet 2	hastighet före genomlopp	m/s
u_8	hastighet 3	hastighet i påstick	m/s

En kommentar är att det finns någon anledning att ta med alla de tre flödena, eftersom huvudflödet är lika med summan av de två övriga.

Åtta beskrivande variabler har valts ut enligt ovan och alla kombinationer tas fram med gradtal två. Detta ger total 36 kombinationer, vilka fås som summan av 8+7+6+5+4+3+2+1, där varje siffra anger antalet kombinationer mellan en beskrivande variabel och alla andra med högre nummer. De första åtta kombinationerna är de beskrivande variabler i följd och därefter följer variabel 2 multiplicerad med variabel 2 till 8. Den sista kombinationen är variabel 8 i kvadrat. Modell kan i det aktuella fallet även skrivas som följer:

$$
\begin{aligned}
y = & \\
& x_1 u_1 u_1 + x_2 u_1 u_2 + \ldots + x_8 u_1 u_8 + \\
& x_9 u_2 u_2 + x_{10} u_2 u_3 + \ldots + x_{15} u_2 u_8 + \\
& x_{16} u_3 u_3 + x_{17} u_3 u_4 + \ldots + x_{21} u_3 u_8 + \\
& x_{22} u_4 u_4 + x_{23} u_4 u_5 + \ldots + x_{26} u_4 u_8 + \\
& x_{27} u_5 u_5 + x_{28} u_5 u_6 + \ldots + x_{30} u_5 u_8 + \\
& x_{31} u_6 u_6 + x_{32} u_6 u_7 + x_{33} u_6 u_8 + \\
& x_{34} u_7 u_7 + x_{35} u_7 u_8 + \\
& x_{36} u_8 u_8 \qquad \text{(Pa)} \qquad (1.1)
\end{aligned}
$$

Modellen (1.1) används både för att beräkna tryckfall för genomlopp och för påstick.

Mätdata kontrolleras först med enkla gränser och redovisas i avsnitt 2. Mer urval sker vid själva anpassning genom att ta bort det mätdata som har det största felet i anpassningen. Detta upprepas tjugo gånger och antalet data blir därför 646.

Fallet med genomlopp redovisas i avsnitt 3. Modellparametrarna redovisas inte här utan översänds separat med en excel-fil.

Fallet med påstick redovisas i avsnitt 4. Modellparametrarna redovisas inte här utan översänds separat med en excel-fil.

Andra modeller med högre gradtal än två har testats, men modellen enligt (1.1) ger ett bättre resultat när modellfelet ställs mot antalet modellparametrar.

Stegvis reduktion av modeller med högre gradtal har också testats. Metoden innebär att den variabelkombination eller modellterm som påverkar modellfelet minst utesluts och motsvarande modellparameter sätts lika med noll. En ny sökning upprepas med de återstående variabelkombinationerna och så vidare. Denna uteslutningsmetod behöver inte leda till det rätt resultat utan egentligen bör alla möjliga kombinationer med olika variabelkombinationer beräknas och därefter jämföras inbördes. Detta är praktiskt sett omöjligt och med n variabel-kombinationer skall 2^n kombinationer räknas igenom.

Denna rapport har en nästan identisk tvilling TVIT—7020 som behandlar fallet med T-stycke i T-system. Det enda som skiljer är mätdata och bearbetningen och redovisningen är den samma.

Det finns en tredje rapport TVIT—7019 som också behandlar T-stycken och äldre tryckfallsfunktioner. Rapporten redovisar brister för övergångar mellan olika strömningsfall för ett T-stycke. Ett T-stycke kan ha fyra olika strömningssätt och de är samling, påstick, fördelning och avstick. Tryckfall vid övergångar mellan dessa fyra strömningssätt bör vara utan någon diskontinuitet i tryckfall.

Beräkning av flöden för ventilationssystem med godtyckliga kanalsystem med ett flertal T-stycken kan fallera, eftersom de numeriska lösningsmetoderna störs av diskontinuiter i tryckfall vid övergångar mellan olika strömningsfall.

Det finns därför ett behov för nya tryckfallsfunktioner som även beskriver övergångar mellan olika strömningssätt på rätt sätt utan diskontinuiter i tryckfall.

Det som också saknas är mätdata för det två fallen fördelning och samling.

De här framtagna tryckfallsfunktionerna med 36 anpassade parametrar har ingen fysikalisk tolkning, vilket är en brist. Det vore därför önskvärt att kunna ta fram tryckfallsfunktioner som bygger på hur själva strömningen genom ett T-stycke är.

2 Kontroll av mätadata och urval

Det totala antalet data var 926 med samtidig mätning av tryckfall för genomlopp och påstick.

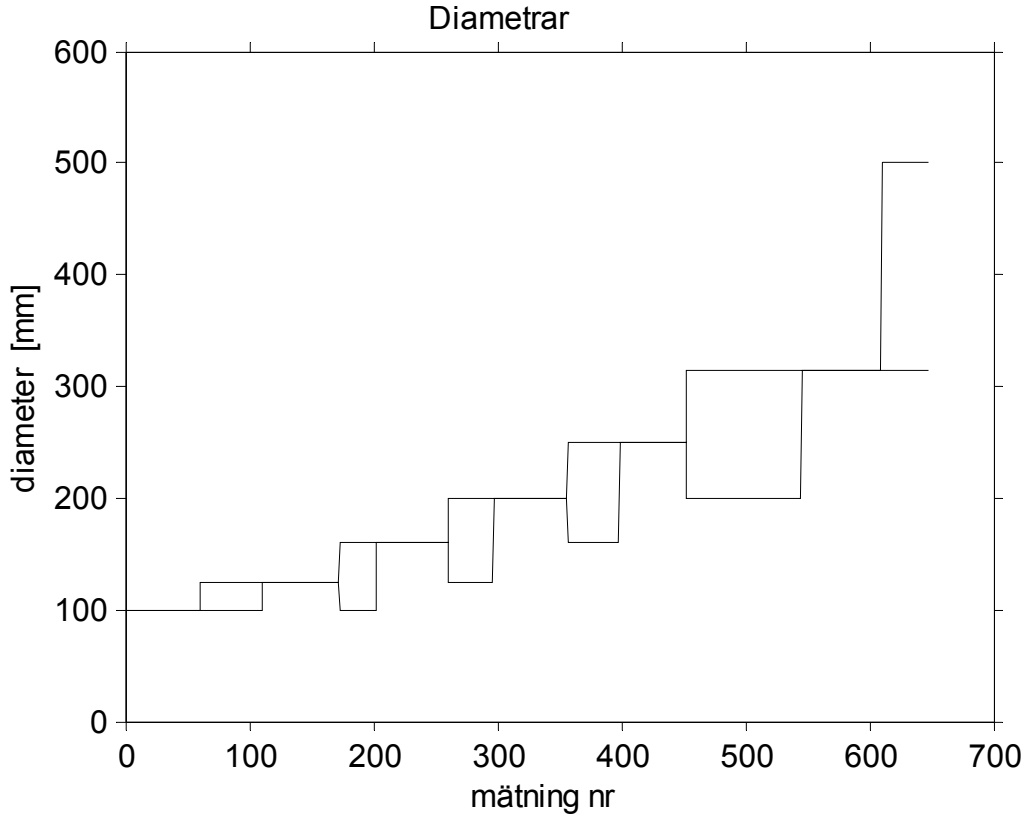
Fallet med T-stycke 500-500 har inte tagits med. Det återstår 860 data.

Negativa flöden förekommer och mot lägsta flödesgräns -10, -5, -2, -1 och 0 l/s blir antalet data 850, 842, 822, 808 respektive 792.

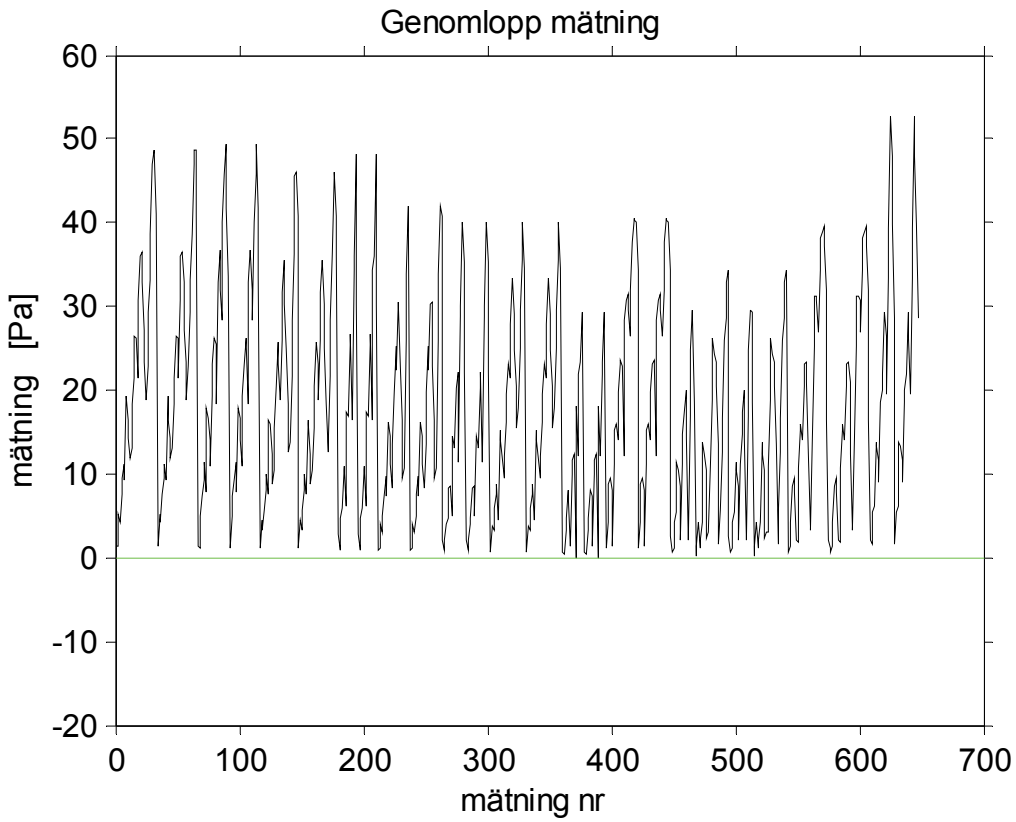
Höga hastigheter finns med, men de kan vara orimliga för praktisk dimensionering för de aktuella dimensionerna och mot en högsta hastighetsgräns 25, 20, 15 och 10 m/s blir antalet data 748, 714, 666 respektive 322.

Det urval av mätdata som kommer att användas i fortsättningen har positiva flöden, postiva hastigheter mindre än 15 m/s och fallet 500-500 ingår inte, vilket ger 666 mätdata för både genomlopp och påstick.

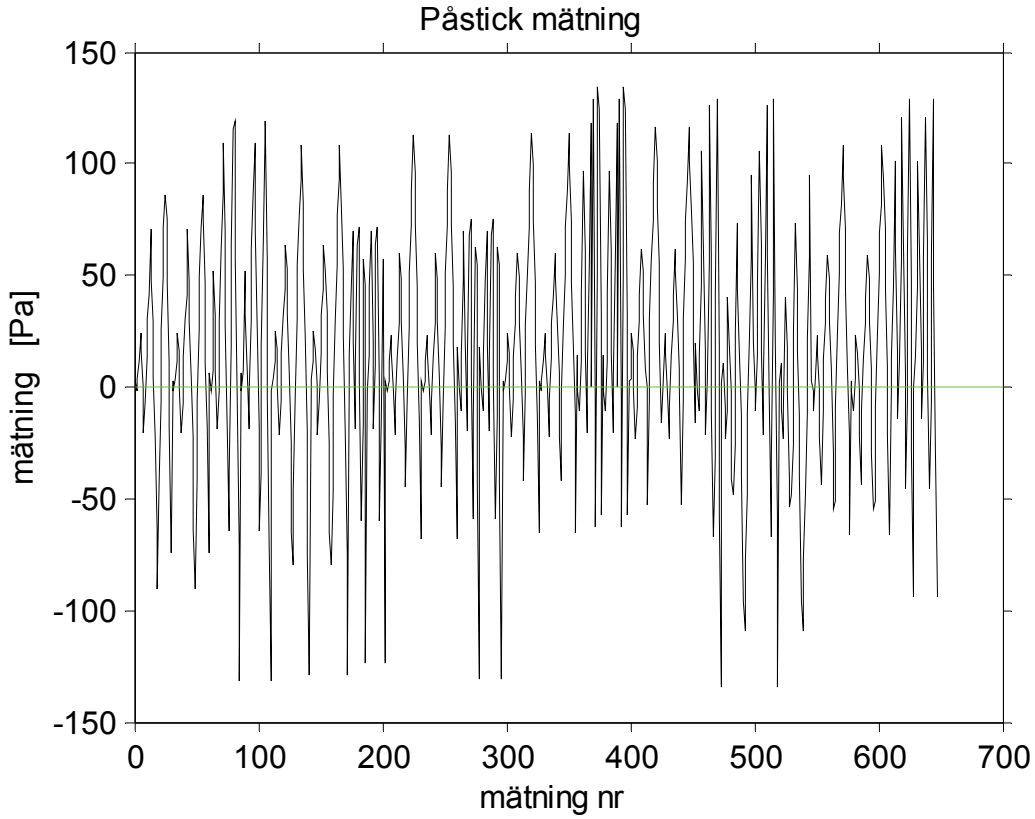
Diameterfallen redovisas i Figur 2.1 som funktion av mätdata nr och motsvarande tryckfall för genomlopp och påstick redovisas i Figur 2.2 respektive 2.3 på samma sätt.



Figur 2.1 Diameterfallen som funktion av mätdata nr.



Figur 2.2 Mätt tryckfall för genomlopp som funktion av mätdata nr.



Figur 2.3 Mätt tryckfall för påstick som funktion av mätdata nr.

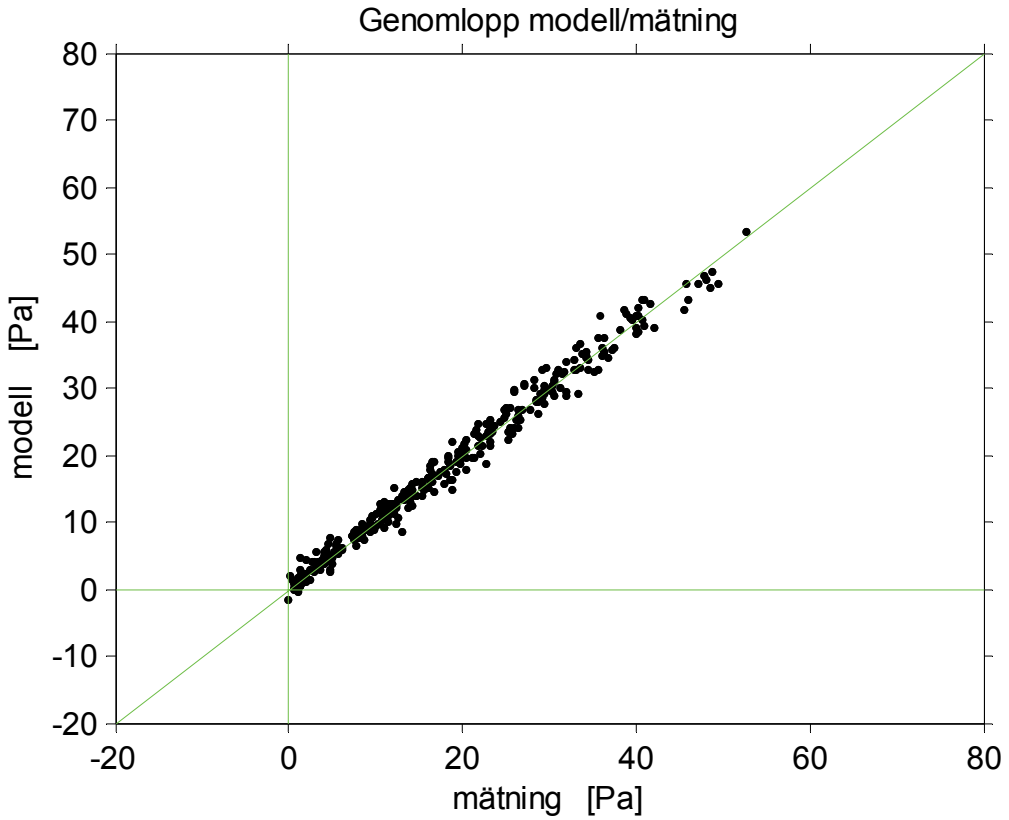
3 Bestämning av tryckfallsfunktion för genomlopp

Modell (1.1) har anpassats till de i avsnitt 2 utvalda mätdata och tjugo mätdata med det största absoluta felet har tagits bort en och en. Total har tjugo anpassningar gjorts. Hur väl modellen beskriver mätdata redovisas med modellen tryckfall som funktion av uppmätt tryckfall i Figur 3.1. Rottmedelkvadratfelet är 1.5 Pa.

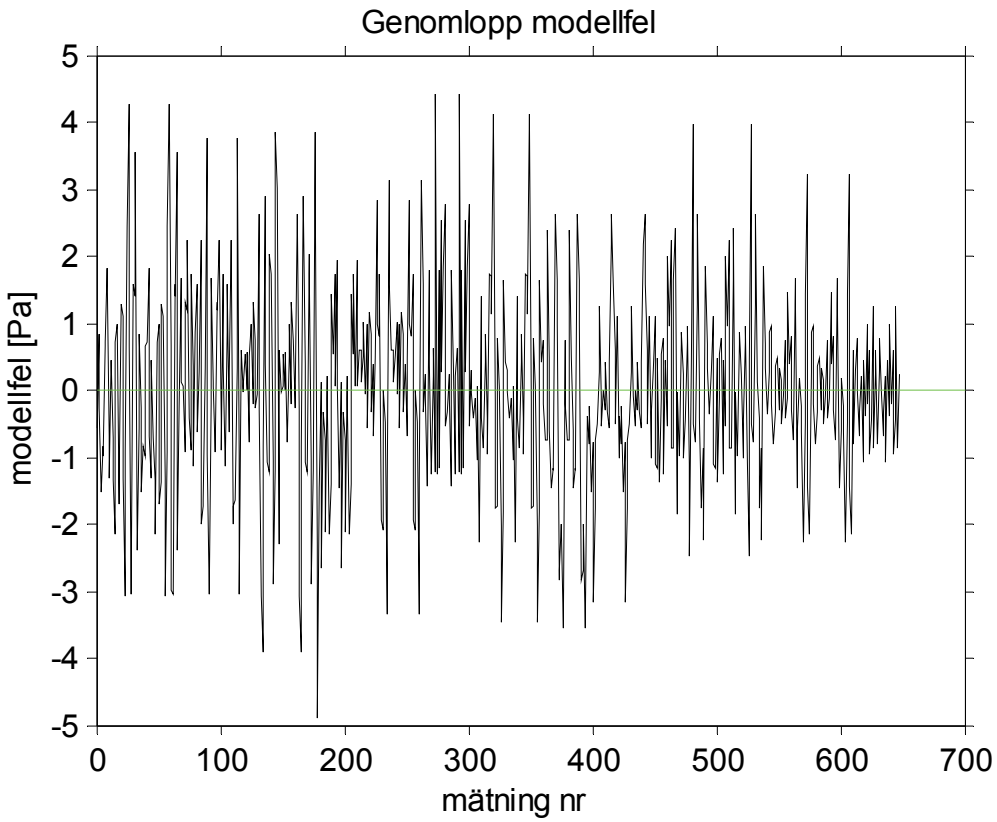
Modellfel redovisas i Figur 3.2 som funktion av mätdata.

Modellens beräknade tryckfall redovisas i Figur 3.3 som funktion av mätdata, vilket även kan jämföras med Mätdata i Figur 2.2.

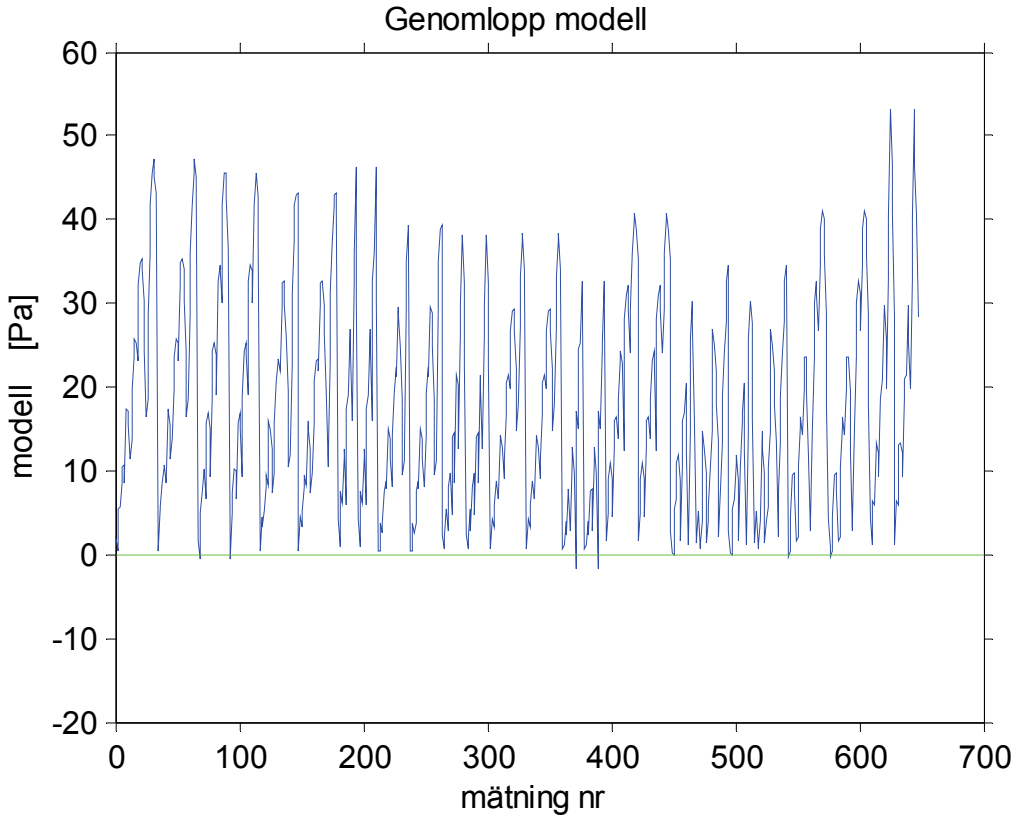
Hur rotmedelkvadratfelet och största och minsta fel avtar är tjugodata efterhand tas bort från anpassningen redovisas i Figur 3.4 respektive 3.5. Kurvorna visar rotmedelkvadratfelet avtar från värdet 2 Pa till 1.5 Pa, vilket är en viss förbättring. Skillnaden mellan största och minsta fel i Figur 3.5 minskar också något.



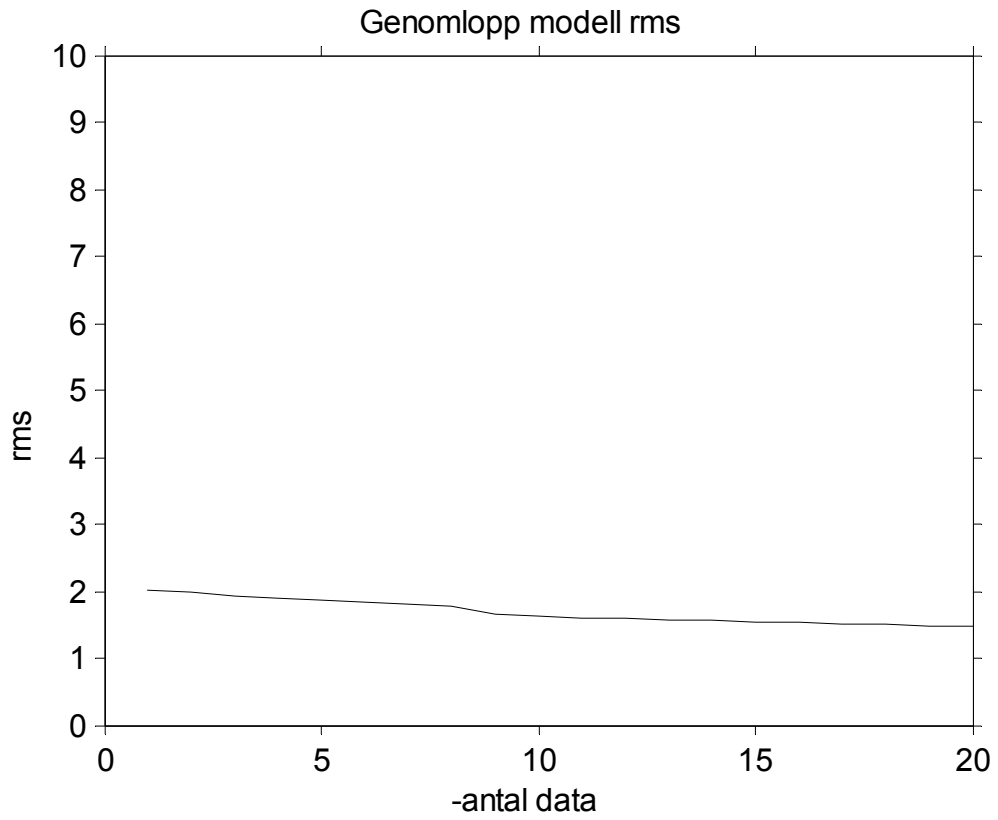
Figur 3.1 Beräknat tryckfall enligt modell (1.1) som funktion av uppmätt tryckfall.



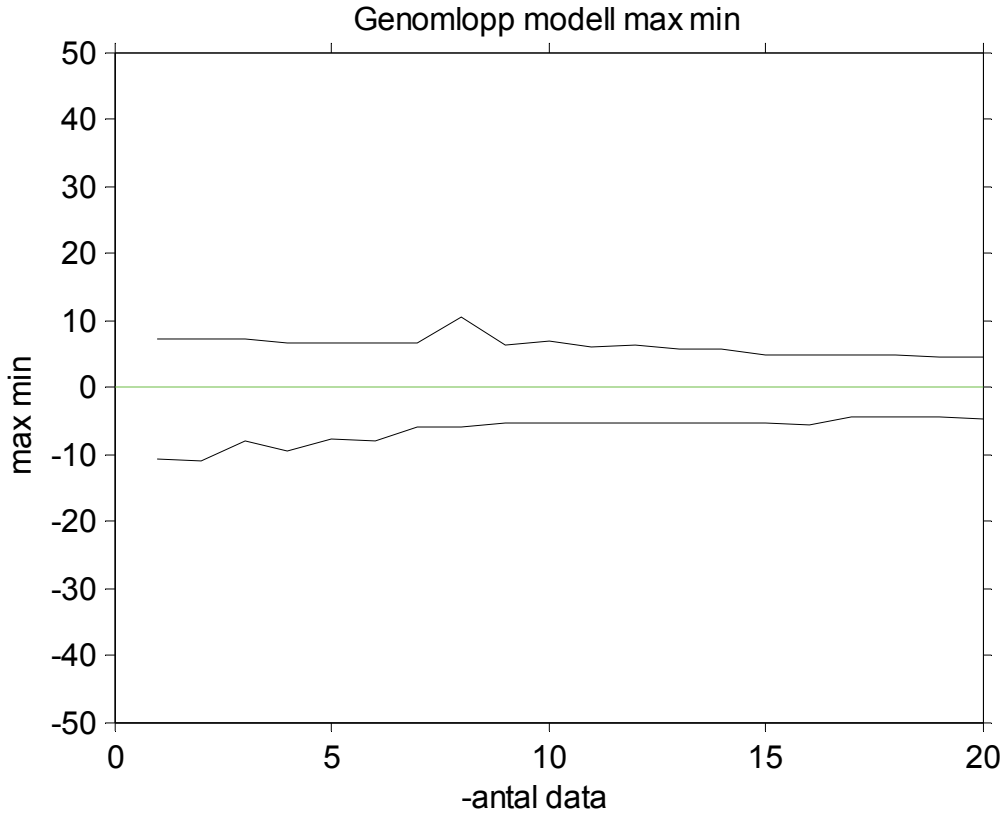
Figur 3.2 Modellfel enligt (1.1) som funktion mätdata nr.



Figur 3.3 Modellens tryckfall enligt (1.1) som funktion mätdata nr.



Figur 3.4 Rotmedelkvadrat som funktion av antal uteslutna mätdata.



Figur 3.5 Största och minsta fel som funktion av antalet uteslutna mätdata.

Ett enkelt korstest har genomförts genom att anpassa modell till udda data och testa mot jämna data och tvärtom. Detta gav rms-värdena 1.697 respektive 1.493. Modellanpassning på samtliga värden ger rms-värdet 1.482. Korstest bör ge något sämre värden.

Nedan redovisas arton kontrollvärden för beräkningsuttrycket med 36 parametrar beskrivet enligt (1.1). Modellparametrarna finns angivna i Excel-filen T_genomlopp_m36_070129.

Tabell 3.1 Kontrollfall för tryckfall för genomlopp

mm	mm	mm	l/s	l/s	l/s	m/s	m/s	m/s	Pa
100	100	100	7,853982	0	7,853982	1	0	1	0,305396
100	100	100	15,70796	7,853982	7,853982	2	1	1	1,445491
100	100	100	7,853982	7,853982	0	1	1	0	-0,81458
200	200	200	31,41593	0	31,41593	1	0	1	-0,61396
200	200	200	62,83185	31,41593	31,41593	2	1	1	0,736792
200	200	200	31,41593	31,41593	0	1	1	0	-0,7982
400	400	400	125,6637	0	125,6637	1	0	1	-4,7957
400	400	400	251,3274	125,6637	125,6637	2	1	1	-3,84548
400	400	400	125,6637	125,6637	0	1	1	0	-2,17333
100	100	100	78,53982	0	78,53982	10	0	10	13,97541
100	100	100	157,0796	78,53982	78,53982	20	10	10	80,92774
100	100	100	78,53982	78,53982	0	10	10	0	22,63176
200	200	200	314,1593	0	314,1593	10	0	10	11,46424
200	200	200	628,3185	314,1593	314,1593	20	10	10	71,77055
200	200	200	314,1593	314,1593	0	10	10	0	15,79906
400	400	400	1256,637	0	1256,637	10	0	10	-17,6249
400	400	400	2513,274	1256,637	1256,637	20	10	10	38,45857
400	400	400	1256,637	1256,637	0	10	10	0	-4,80497

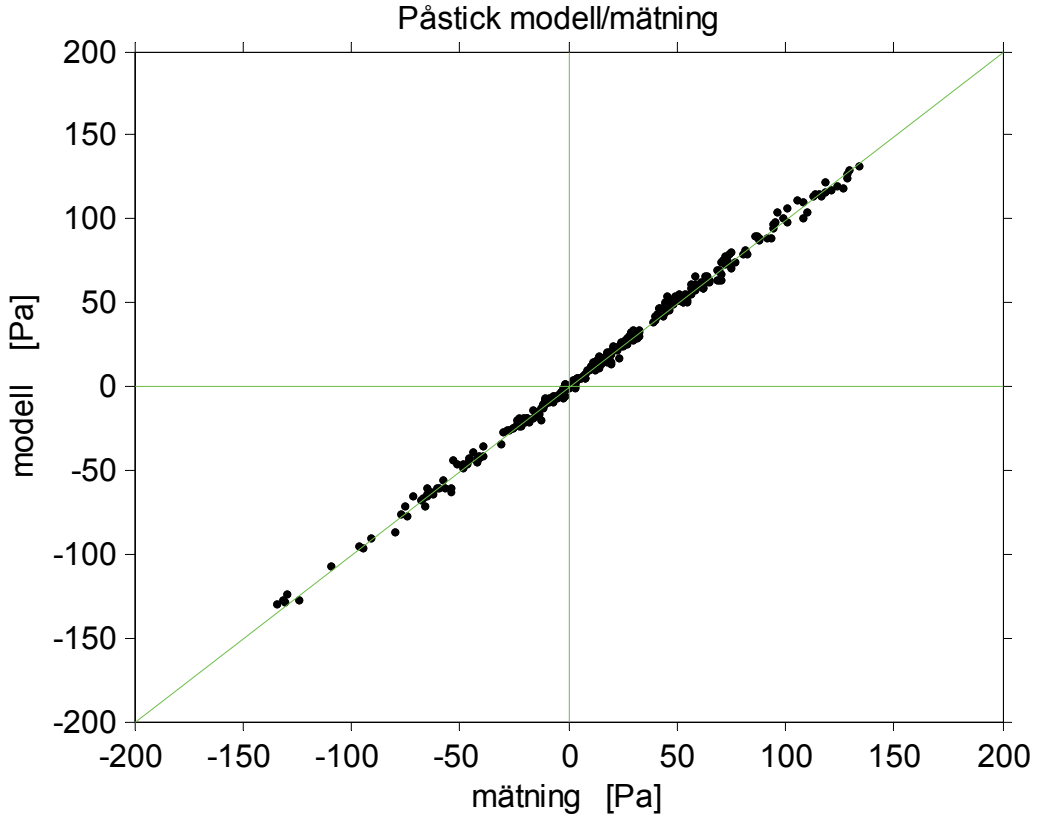
4 Bestämning av tryckfallsfunktion för påstick

Modell (1.1) har anpassats till de i avsnitt 2 utvalda mätdata och tjugo mätdata med det största absoluta felet har tagits bort en och en. Total har tjugo anpassningar gjorts. Hur väl modellen beskriver mätdata redovisas med modellen tryckfall som funktion av uppmätt tryckfall i Figur 4.1. Rotmedelkvadratfelet är 2.8 Pa.

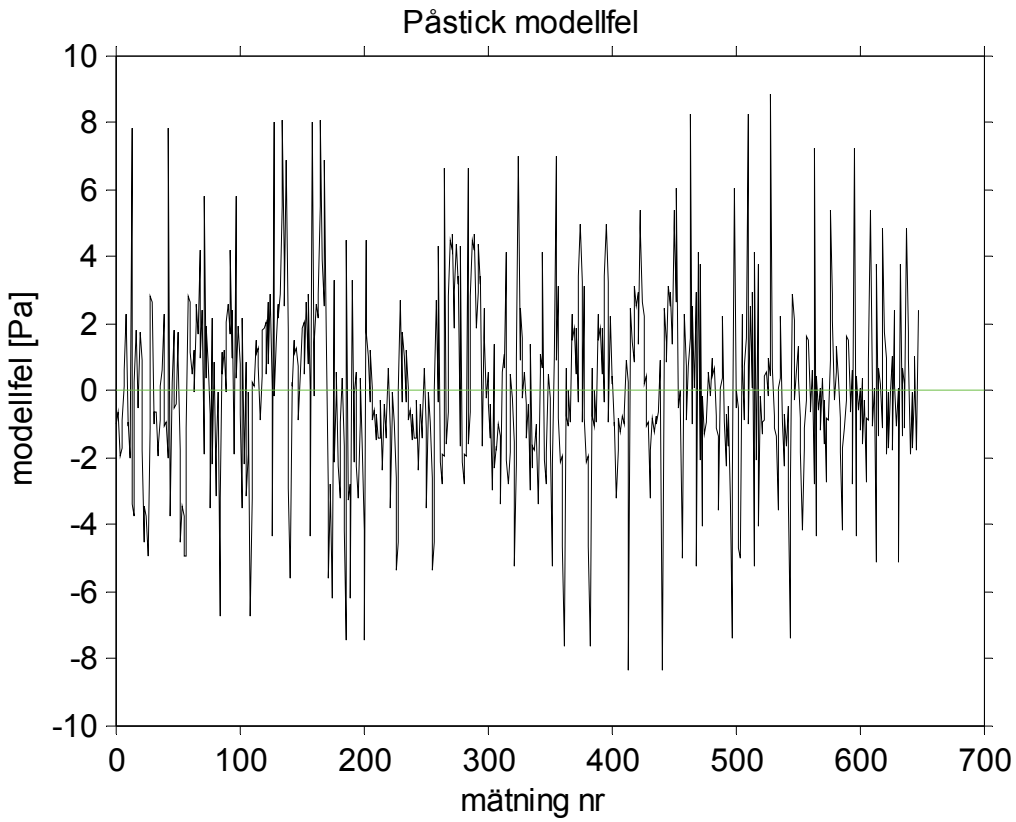
Modellfel redovisas i Figur 4.2 som funktion av mätdata.

Modellens beräknade tryckfall redovisas i Figur 4.3 som funktion av mätdata, vilket även kan jämföras med Mätdata i Figur 2.3.

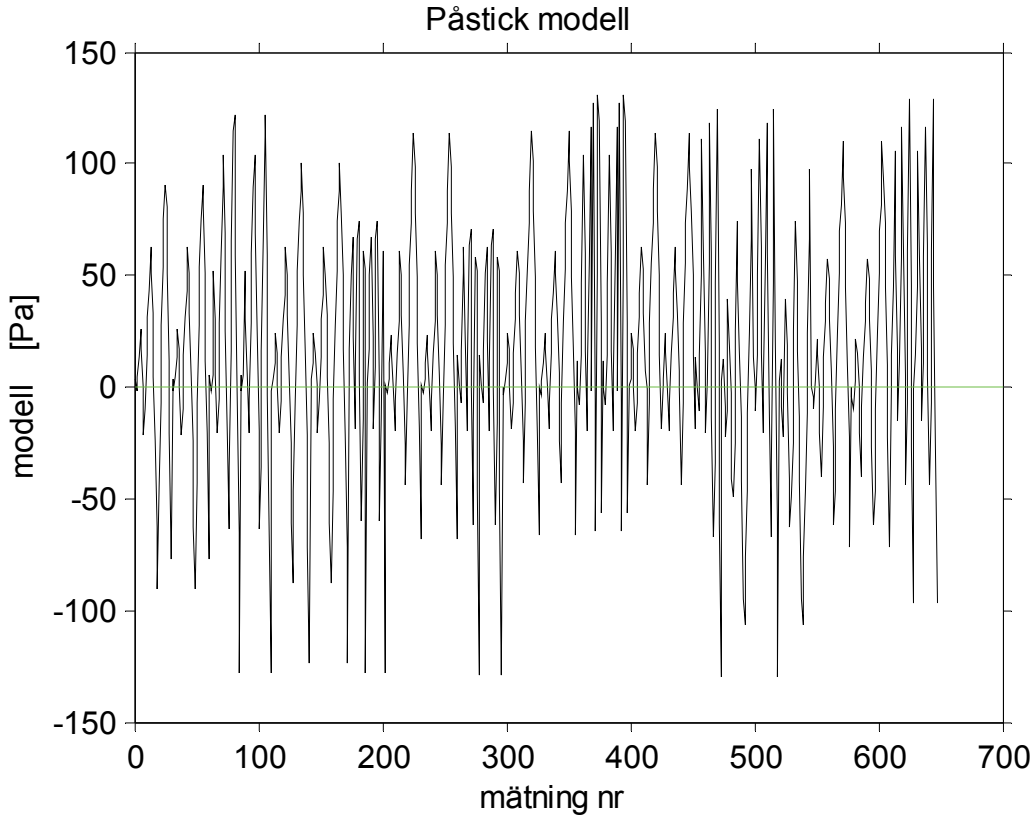
Hur rotmedelkvadratfelet och största och minsta fel avtar är tjugodata efterhand tas bort från anpassningen redovisas i Figur 4.4 respektive 4.5. Kurvorna visar rotmedelkvadratfelet avtar från värdet över 10 Pa till 2.7 Pa, vilket är en påtaglig förbättring. Skillnaden mellan största och minsta fel i Figur 3.5 minskar från över 100 Pa till mindre än 20 Pa. Slutsatsen är att det efter grovsortering finns en del mätdata som är felaktiga, eftersom modellen förbättras betydligt genom att utesluta ett antal data och redan fem mätdata färre förbättrar modellens anpassning betydligt.



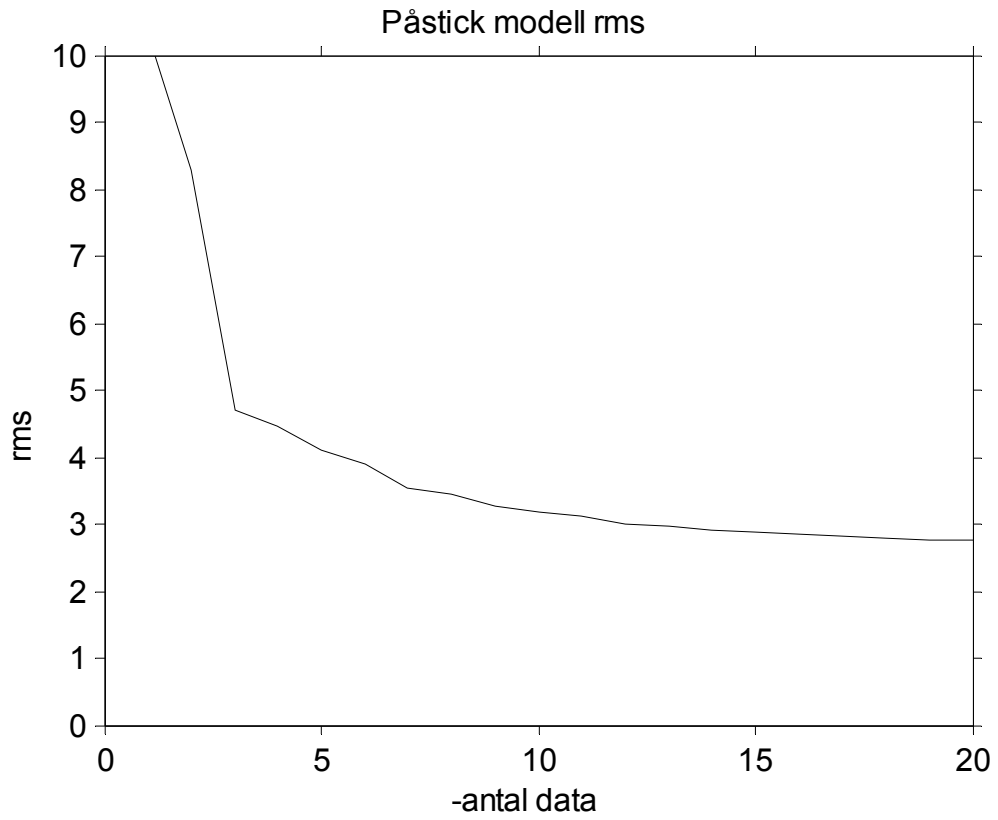
Figur 4.1 Beräknat tryckfall enligt modell (1.1) som funktion av uppmätt tryckfall.



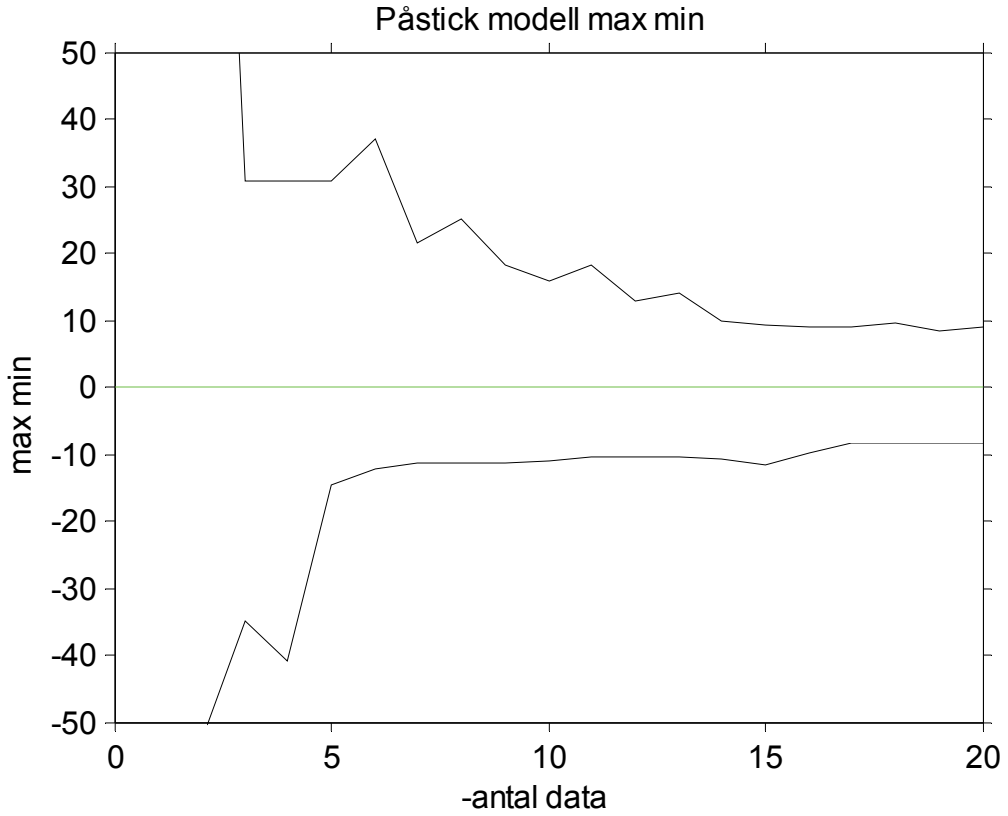
Figur 4.2 Modellfel enligt (1.1) som funktion mätdata nr.



Figur 4.3 Modellens tryckfall enligt (1.1) som funktion mätdata nr.



Figur 4.4 Rotmedelkvadrat som funktion av antal uteslutna mätdata.



Figur 4.5 Största och minsta fel som funktion av antalet uteslutna mätdata.

Ett enkelt korstest har genomförts genom att anpassa modell till udda data och testa mot jämna data och tvärtom. Detta gav rms-värdena 2.798 respektive 3.959. Modellanpassning på samtliga värden ger rms-värdet 2.747. Korstest bör ge något sämre värden.

Nedan redovisas arton kontrollvärden för beräkningsuttrycket med 36 parametrar beskrivet enligt (1.1). Modellparametrarna finns angivna i Excel-filen T_påstick_m36_070129.

Tabell 4.1 Kontrollfall för tryckfall för påstick

mm	mm	mm	l/s	l/s	l/s	m/s	m/s	m/s	Pa
100	100	100	7,853982	0	7,853982	1	0	1	1,602648
100	100	100	15,70796	7,853982	7,853982	2	1	1	2,082278
100	100	100	7,853982	7,853982	0	1	1	0	-0,30676
200	200	200	31,41593	0	31,41593	1	0	1	-2,96231
200	200	200	62,83185	31,41593	31,41593	2	1	1	-1,19298
200	200	200	31,41593	31,41593	0	1	1	0	-4,21847
400	400	400	125,6637	0	125,6637	1	0	1	-3,01021
400	400	400	251,3274	125,6637	125,6637	2	1	1	-2,39327
400	400	400	125,6637	125,6637	0	1	1	0	-2,21627
100	100	100	78,53982	0	78,53982	10	0	10	64,58598
100	100	100	157,0796	78,53982	78,53982	20	10	10	63,56391
100	100	100	78,53982	78,53982	0	10	10	0	-63,5181
200	200	200	314,1593	0	314,1593	10	0	10	62,34113
200	200	200	628,3185	314,1593	314,1593	20	10	10	60,23986
200	200	200	314,1593	314,1593	0	10	10	0	-58,3463
400	400	400	1256,637	0	1256,637	10	0	10	30,1224
400	400	400	2513,274	1256,637	1256,637	20	10	10	58,3893
400	400	400	1256,637	1256,637	0	10	10	0	-68,6979