

Futureheat

Svetsbarhet av fjärrvärmeapplikationer

etapp 2



Energiforsk projekt KVV63025

Joel Andersson

joel.andersson@hv.se

Lars-Erik Stridh

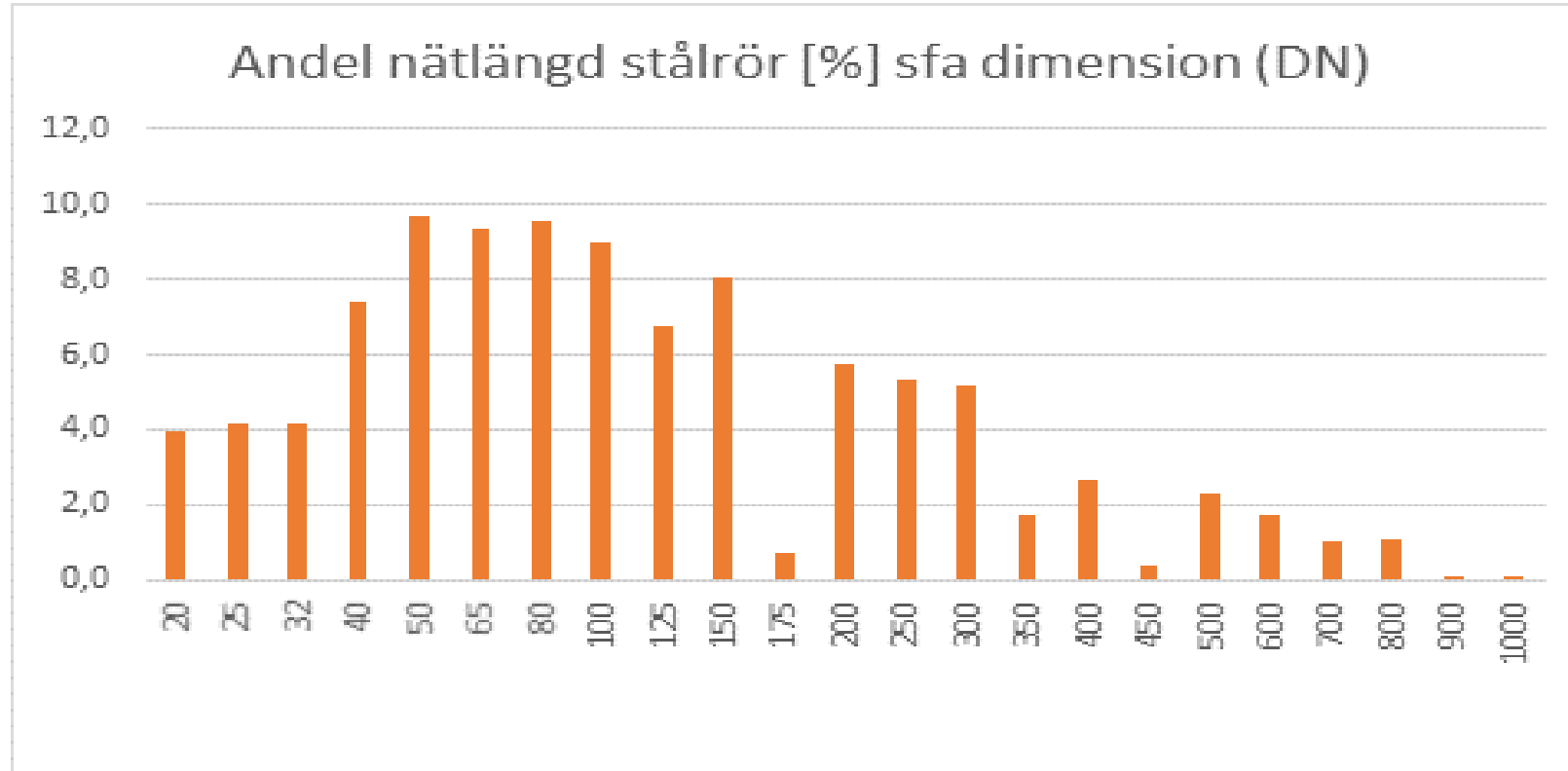
lars-erik.stridh@hv.se

Mål etapp 2



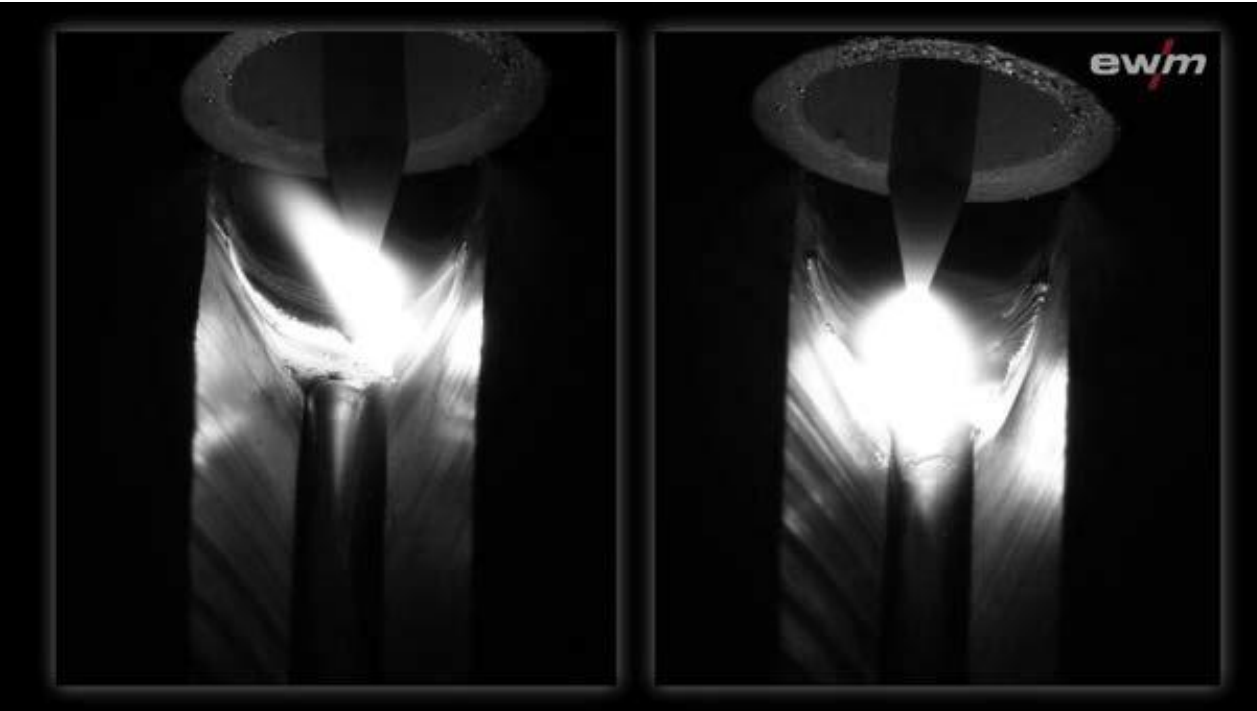
- Undersöka ytterligare dimensioner
 - Köra simuleringen med dessa resultat
 - Fullskaletest
 - Rörens påverkan av yttre faktorer
 - Rekommendera innehåll i D.211, 2020.
-

Fjärrvärmenäten

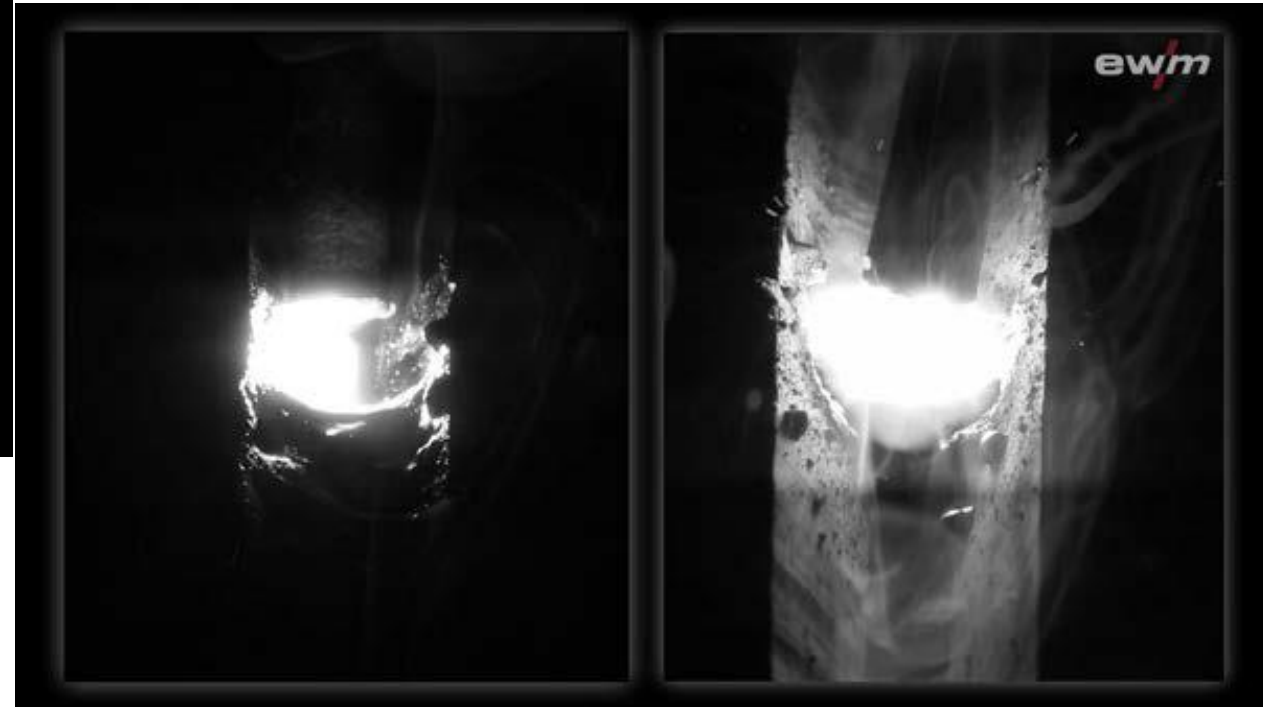


2020 var totala längden av Sveriges fjärrvärmenät 24 900 km.

Ljusbågsavlänkning



TIG-ljusbåge, vänster påverkad, höger opåverkad.



MMA-ljusbåge, vänster påverkad, höger opåverkad

Experiment



- DN 300 & DN 500, $t = 5,6$ resp. $6,3\text{mm}$
 - Mätning samma som fas 1, Hall $0,2 \times 0,2\text{mm}$, platt probe, noggrannhet = $\pm 0,5\text{G}$.
 - 200 mm isär, justerad magnetism, dokumenterad, förts samman, ökar faktor 4.
 - Erfaren rörsvetsare
 - Betygsskala, utifrån praktiska svårigheter
 - Höghastighetskamera, HD1-D1312-80-G2 Photon fokus A1312 CMOS med LinLog® teknologi.
-

Experiment forts.

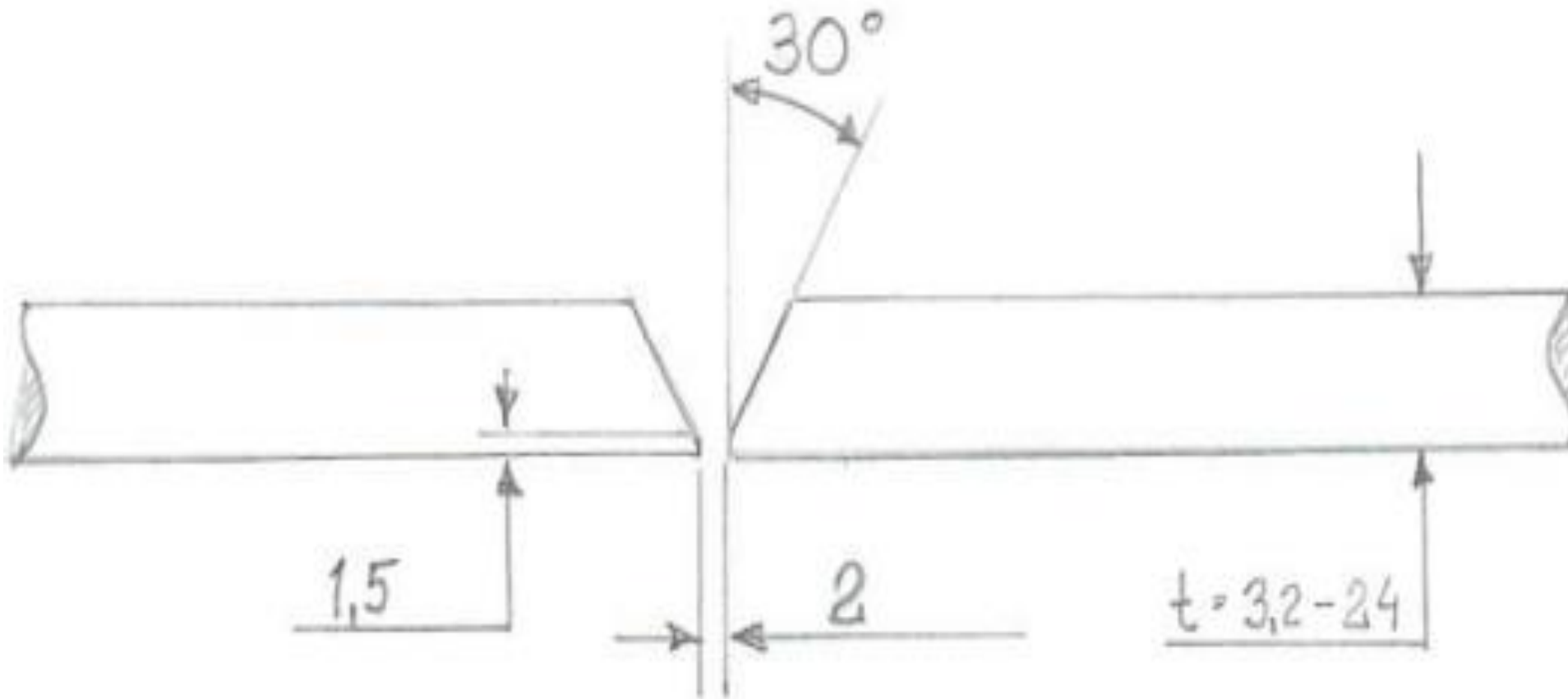


- 50 FPS för DN 300 & 100 FPS för DN 500
 - Kamera till PC via ethernet, i LabVIEW som jpeg plus en tidsvektor. (Film)
 - Kemppi Master 315 AC/DC för MMA
 - DC+, ESAB OK 48.00. AC, ESAB OK 48.15, 2,5mm
 - Vaccumpackade elektroder (varmhållningskoger)
 - Ström, spänning och tid reg. Med TVC MX II RS en svetsdatalogger.
 - Strömmätningarna synkades med videon
-

Experimentell uppställning



Fogberedningen



Mätning i spalten



Mätningar innan svets



Test No	DN	t (mm)	Rot öppning (mm)	Rörlängd (m)	Kvarvarande Magnetisk flödesdensitet vid näsan när rören är separerade med 200 mm (G)		Magnetisk flödesdensitet i rotöppningen när rören har förts samman, 2mm gap (G)
					Pipe 1	Pipe 2	
1	300	5.6	2.0	0.5	2.5	1,6	9–11
2	300	5.6	2.0	0.5	5	5	20–21
3	300	5.6	2.0	0.5	10	10	43–44
4	500	6.5	2.0	0.5	5	6	23–25
5	500	6.5	2.0	0.5	8	13	49–52

Svetsarens betygsskala



Betyg från svetsare	Ljusbågens uppförande	Konsekvenser
1	Ingen svårighet	Kan hanteras av svetsaren
2	Något ostabil ljusbåge	
3	Små sidorörelser och lite svetssprut	
4	Sidorörelser av ljusbågen, något svårt att tända ljusbågen för häftningen, större svetssprut	För en mindre erfaren svetsare är dessa nivåer ohanterbara. En erfaren svetsare kan hantera upp till betyg 5, däröver kommer svetsdefekter att uppstå.
5	Svårt att kompensera för sidorörelser, lite svårare att tända ljusbågen, variationer i ljusbåglängd	
6	Svetsbadet börjar nu att vara ostabilt på grund av att "ljusbågstrycket" varierar, större sprut	
7	Ökade sidorörelser och ljusbåglängdvariationer, svårt att tända ljusbågen, stora sprut	
8	Stora fluktuationer i smältbadet, bågen släcks intermittent	
9	Mycket svårt att tända ljusbågen, kortslutningar, stora sprut, elektroden fastnar	
10	Mycket svårt att tända ljusbågen, går ej att kompensera ljusbågen, "slingrande" sträng, smältdiken	

Resultat från experiment



Test nr	Rör dia, mm	Vägg tjocklek, mm	Rot öppn. mm	Ström type	Svetsström A	Magnetism i röret, G	Betyg från svetsaren	Magnetism efter 1st sträng, G	Magnetism efter 2:ra sträng, G
1	323,9	5.6	2,0	DC+	77	10	1	7 - 8	4 - 5
2	323,9	5,6	2,0	DC+	77	20	3 - 4	12 - 18	10 - 16
3	323,9	5,6	2,0	DC+	77	30	3 - 5	9–23	8 - 18
4	323,9	5,6	2,0	DC+	77	40	5 - 7	32 - 38	25 - 33
5	323,9	5,6	2,0	DC+	77	50	8 - 10	8 - 25	10 - 25
6	323,9	5,6	2,0	AC	77	50	4 - 6	12 - 23	9 - 16
7	508,0	6,5	2,0	DC+	77	40	5 - 7	32 - 35	28 - 30
8	508,0	6,5	2,0	DC+	77	100	10	N/A	N/A

Numerisk modellering

- Maxwells ekvationer magnetostatik:
 - Gausslag:
 $\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$ ($\mathbf{B}$: magnetisk flödestäthet)
 - Amperslag:
 $\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{0}$ ($\mathbf{H}$: magnetiskt fält)

Koppling:

$$\mathbf{B} = \mu_0(\mathbf{H} + \mathbf{M}) \quad (\mathbf{M}: \text{magnetiseringens fält}, \mu_0: \text{permeabiliteten i vakuum})$$

Konstitutivt samband: Jiles-Atherton

$$\mathbf{B} = \mu_0(\mathbf{H} + \mathbf{M}(\mathbf{H}))$$

Jiles-Athertons modell:

$$\frac{d\mathbf{M}}{dt} = c_r \frac{d\mathbf{M}_{an}}{dt} + \max\left(\chi \frac{d\mathbf{H}_e}{dt}, 0\right) \frac{\chi}{|\chi|}$$

$$\mathbf{H}_e = \mathbf{H} + \alpha \mathbf{M}$$

$$\mathbf{M}_{an} = M_s \text{Lan}\left(\frac{\|\mathbf{H}_e\|}{a}\right) \frac{\mathbf{H}_e}{\|\mathbf{H}_e\|}$$

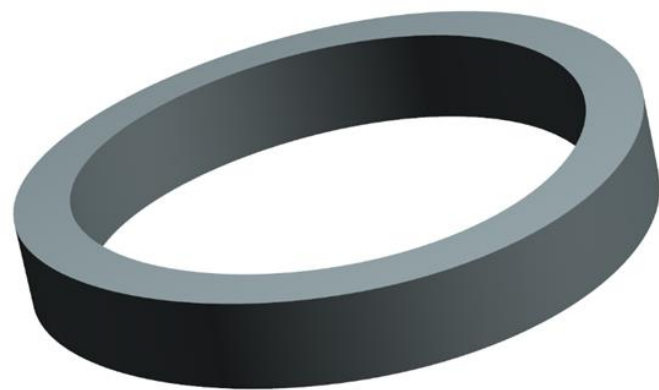
$$\text{Lan}(x) = \coth(x) - \frac{1}{x}$$

$$\chi = \frac{1}{k_p} (\mathbf{M}_{an} - \mathbf{M})$$

Jiles – Atherton modell

Jiles-Athertons modellparametrar	
M_s (saturation magnetization)	1.54×10^6 [A/m]
a (domain wall density)	455 [A/m]
k_p (pinning loss)	791 [A/m]
c_r (magnetization reversibility)	0.343 [-]
α (inter-domain coupling)	9.24×10^6 [-]

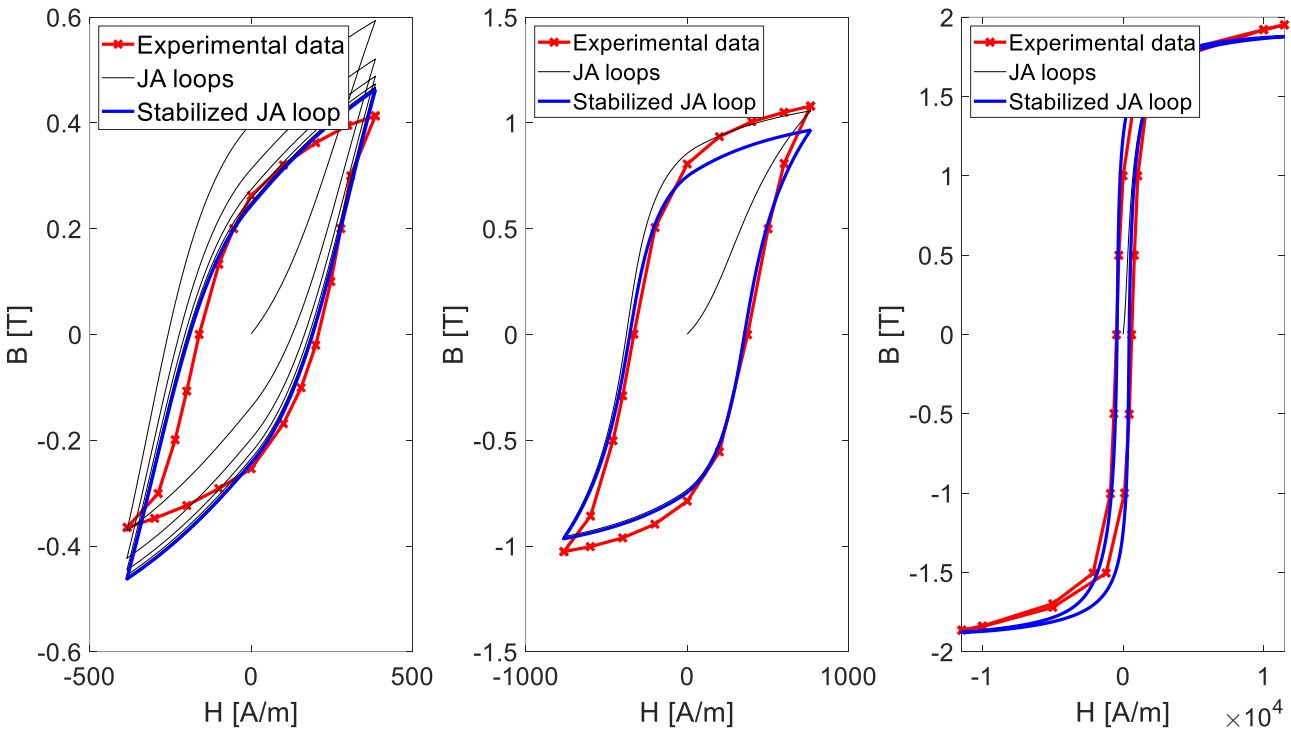
Kalibrering



Toroid

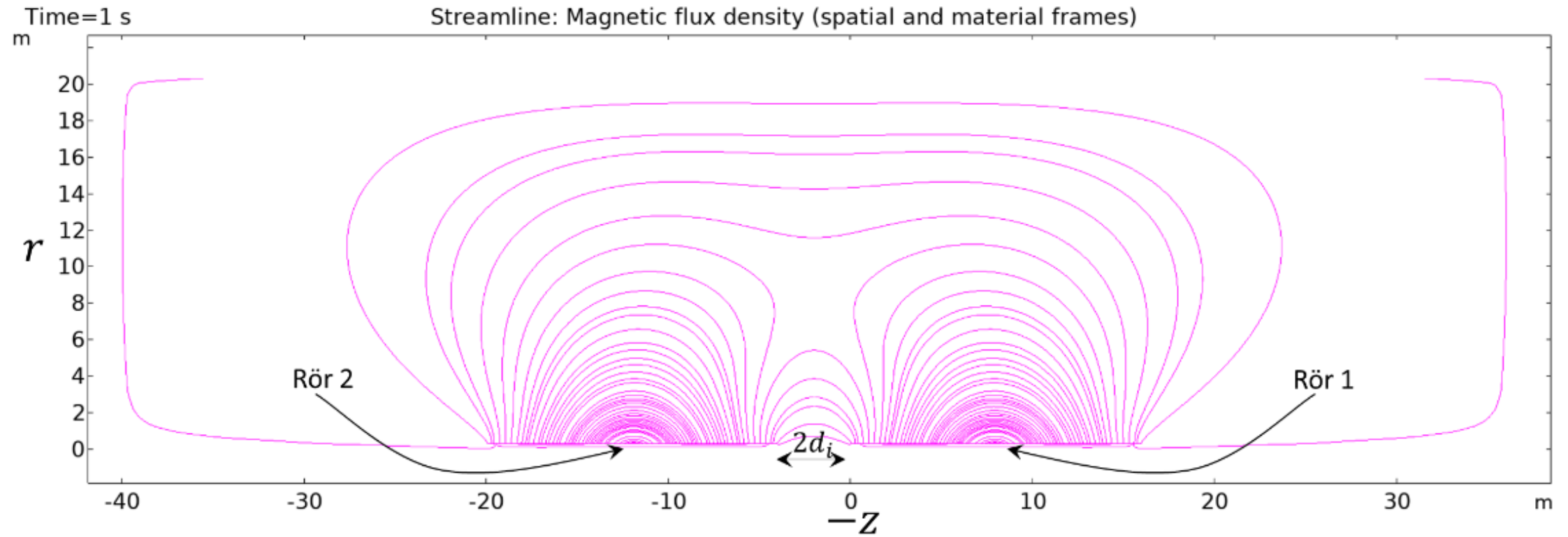
Kemisk sammansättning P235GH

	C	<u>Mn</u>	Si	P	S	<u>Cr</u>	Ni	Mo	Cu
<u>Wt%</u>	≤0.16	0.35	0.6–1.2	≤ <u>0.025</u>	≤0.01	≤0.3	≤0.3	≤0.08	≤0.3

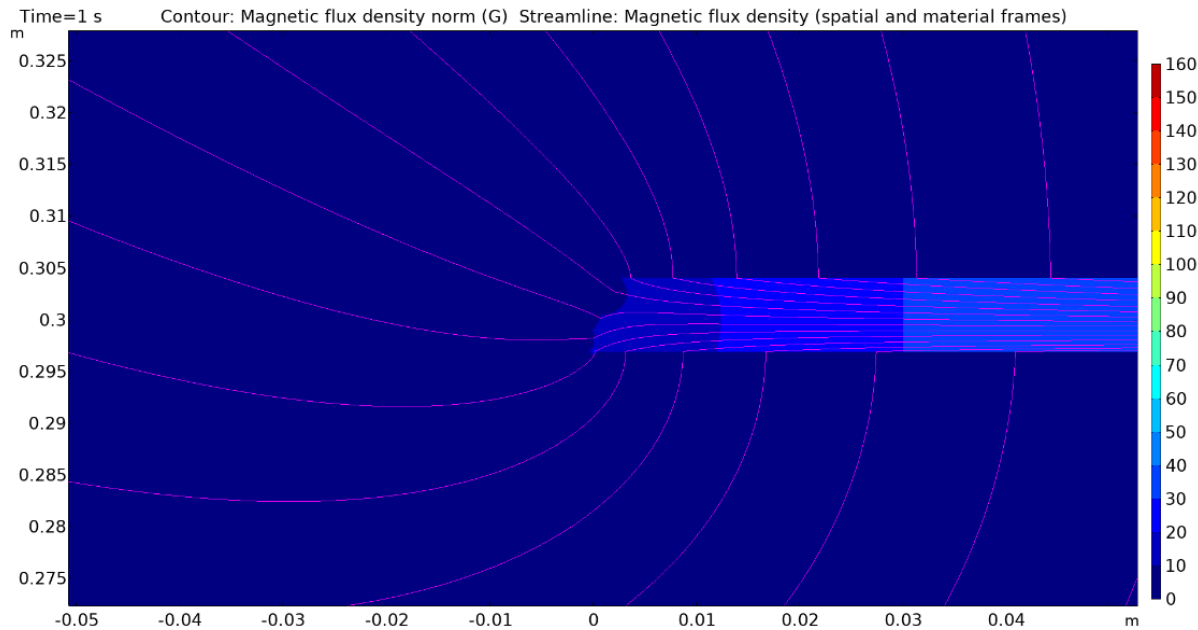


Experimentella och beräknade hysteres

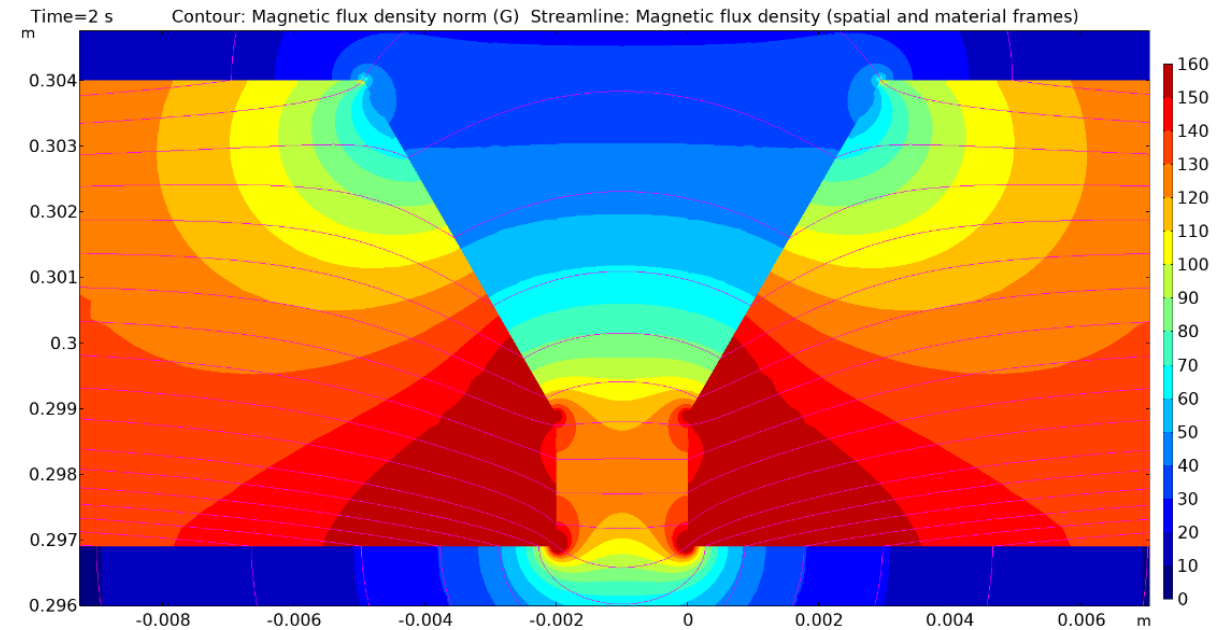
Magnetfältlinjer



Magnetfältstyrka

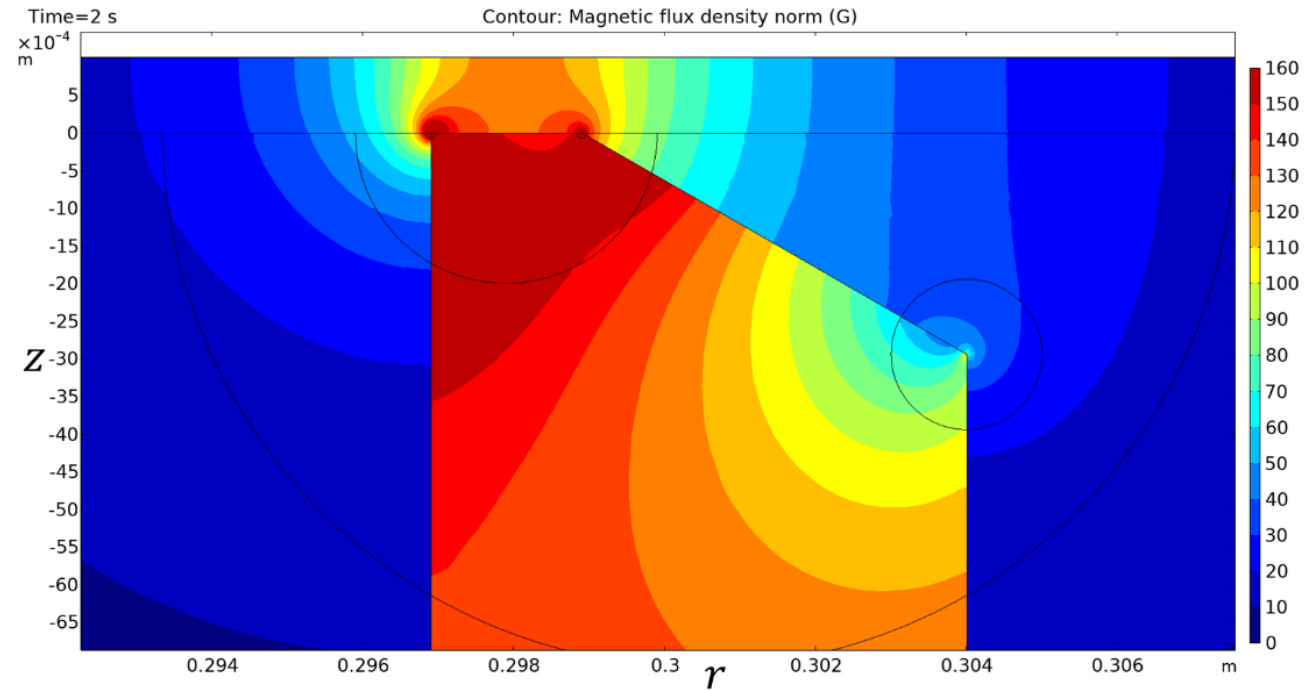


Innan sammanförning.

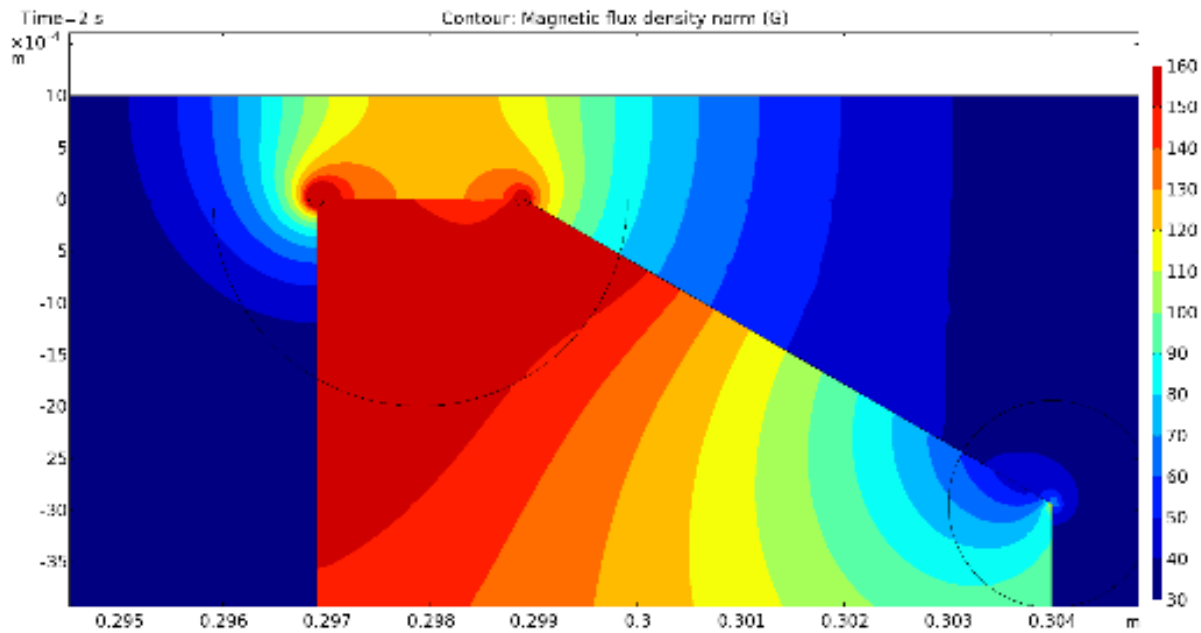


Efter sammanförning.

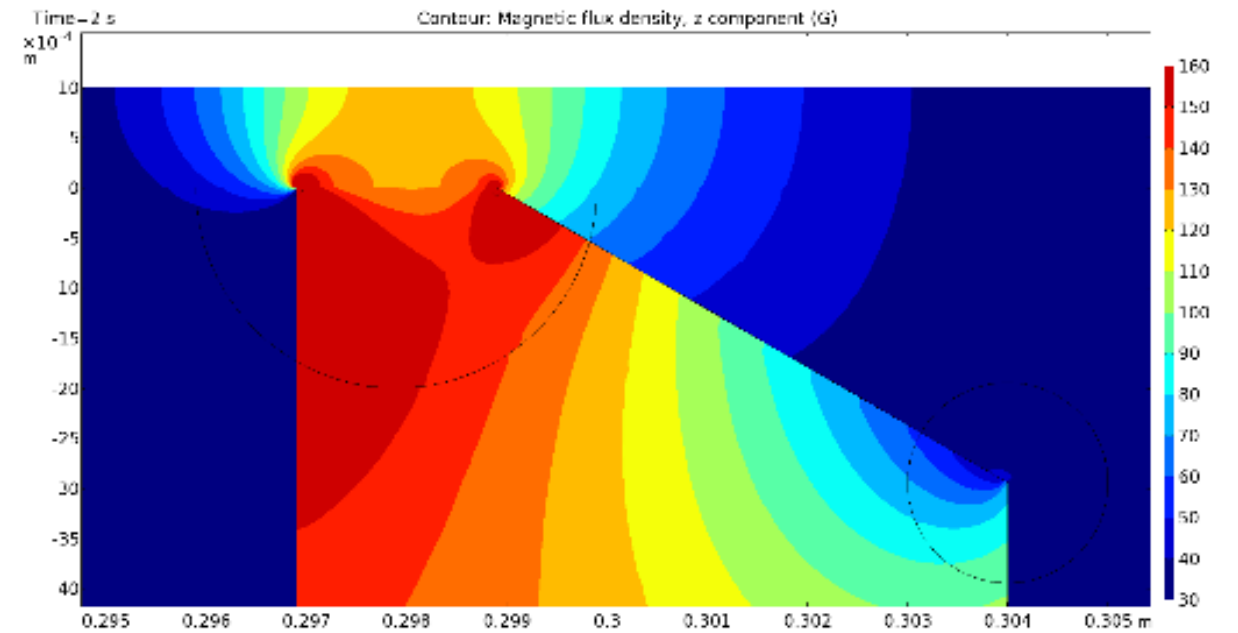
Magnetisering till ljusbågsavlänkning



Axiell komposant

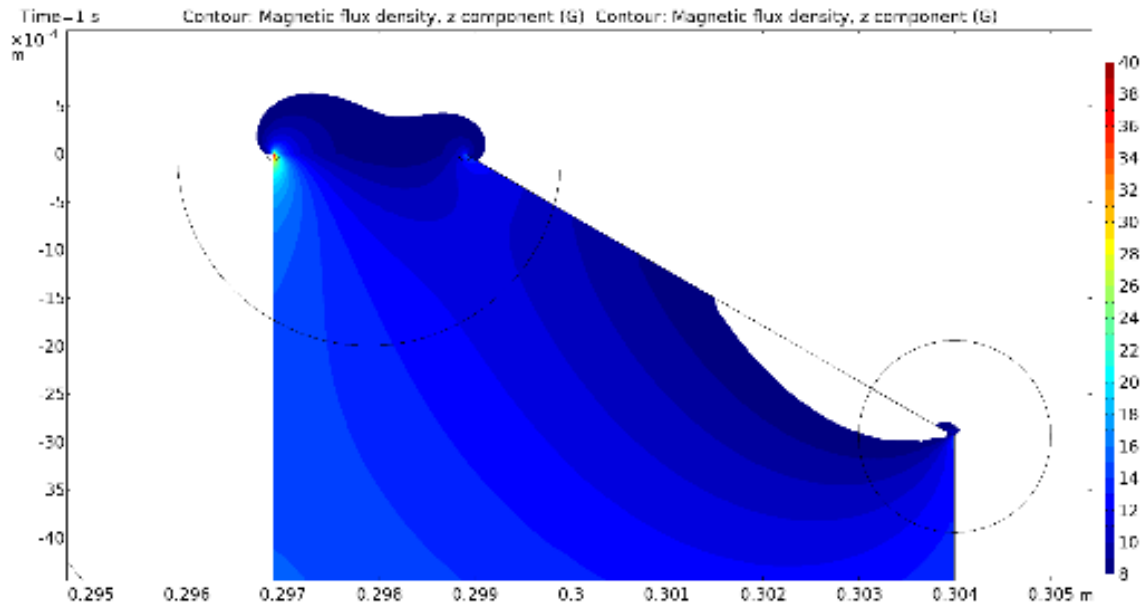


Fältstyrka ($\|\mathbf{B}\|$ -fält).

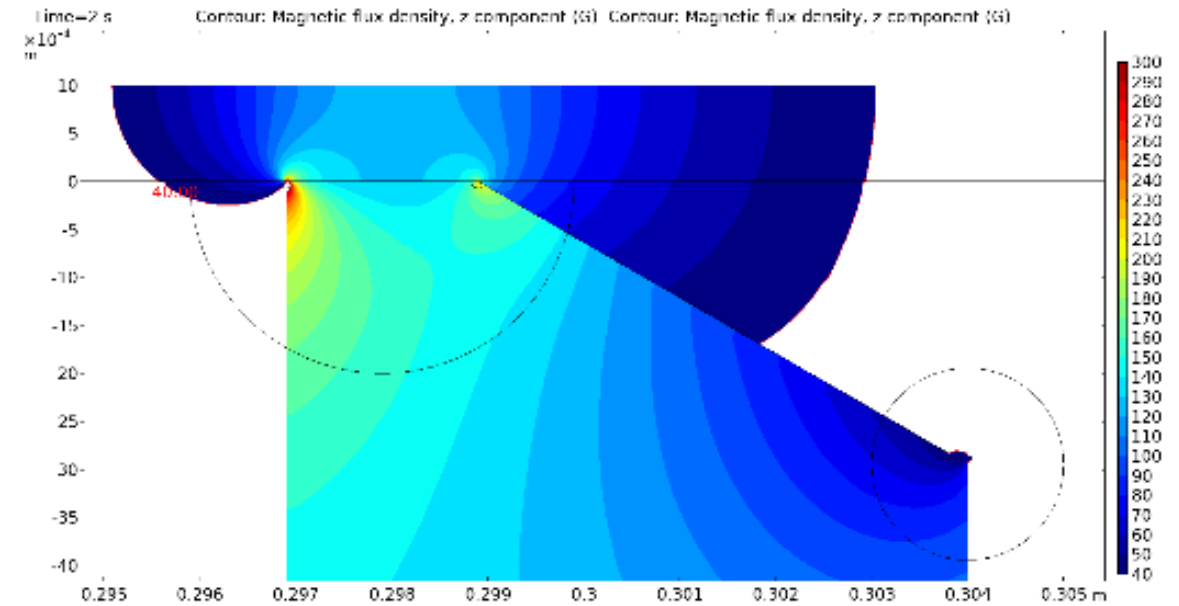


Axiellkomposant ($\mathbf{B}_z$).

Magnetfältsförstärkning i svetsspalt



Innan sammanförning.



Efter sammanförning.

Växelström kontra likström



- DC+ ger mest värme i smältan..bra, stabil inträngning
 - AC ger samma värme på elektrod och smälta..mindre inträngning
 - AC..magnetfältet runt ljusbågen vänder 50 ggr/sek..fältet över svetsspalten får svårare att påverka
 - AC..större "droppar"..lite svårare för operatören
 - Annan strömkälla
 - WPS gäller ej
 - Måste göra ny WPQR..dyrt!
-

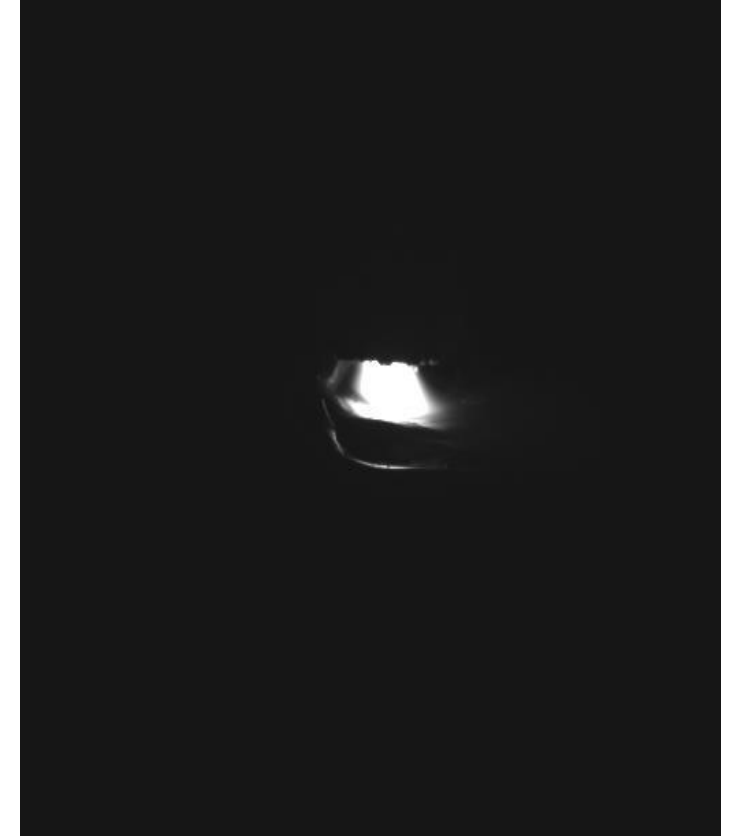
Mindre störning med AC



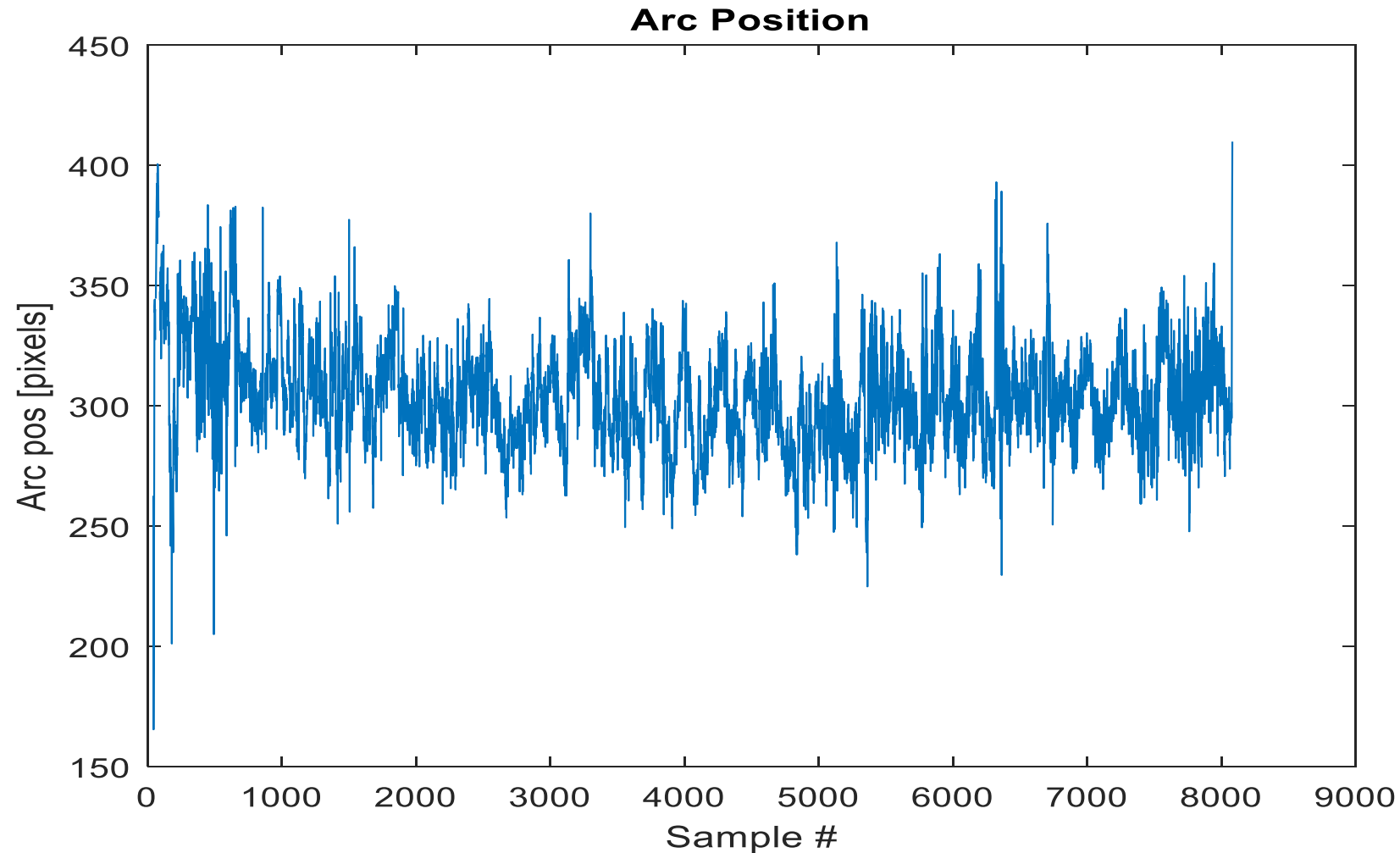
Test no	DN	Vägg tjocklek, mm	Rot öppn. mm	Ström typ	Svetsström A	Magnetism i rören, G	Betyg från svetsaren	Magnetism efter 1:a sträng, G	Magnetism efter 2:a sträng, G
5	300	5,6	2,0	DC+	77	50	8 – 10	8 - 25	10 - 25
6	300	5,6	2,0	AC	77	50	4 – 6	12 – 23	9 - 16

Bildanalys

- Binärisering av bilden
- Svarta & vita pixlar
- Vita = ljusbåge
- Beräkna masscentrum av vita pixlar
- Lika med ljusbågscentrum
- Detta görs med varje bildruta
- Nu ses fluktuationen i sida och höjd



Fluktuationsdiagram



Fullskalemätningar

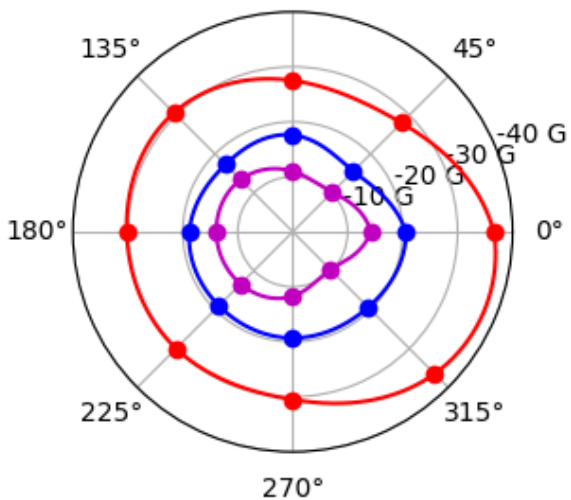


DN 600
16 m långa



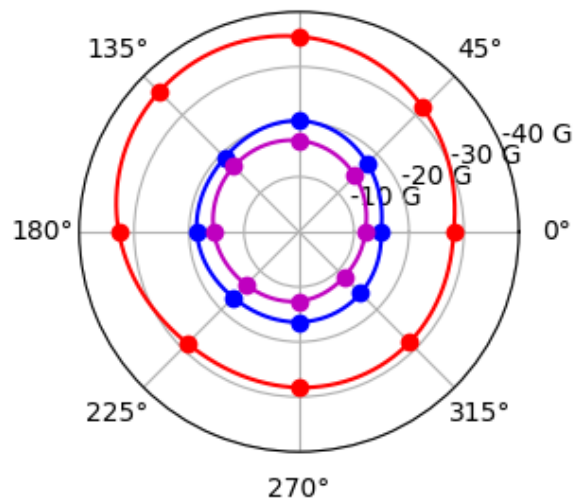
Mätvärden

Pipe end 1
90°

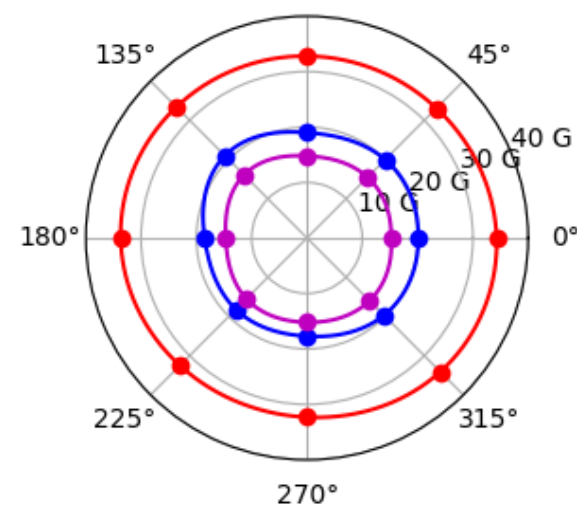


Rör 1

Pipe end 2
90°

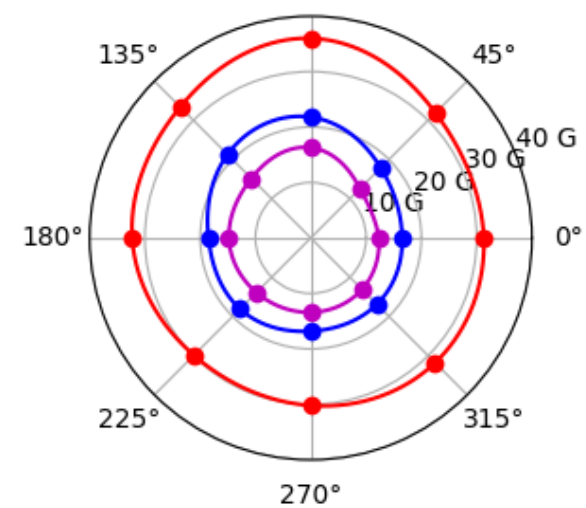


Pipe end 1
90°

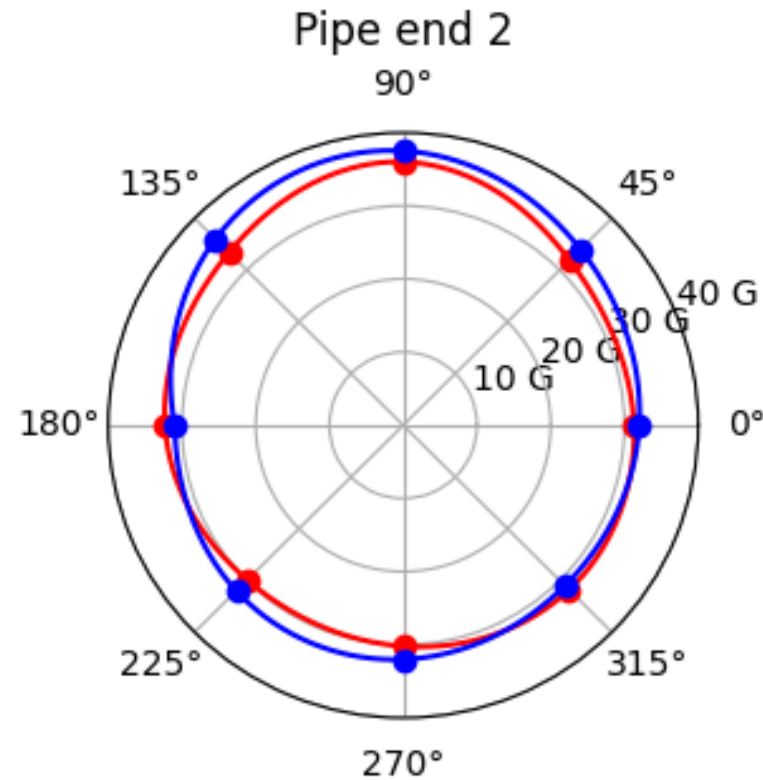
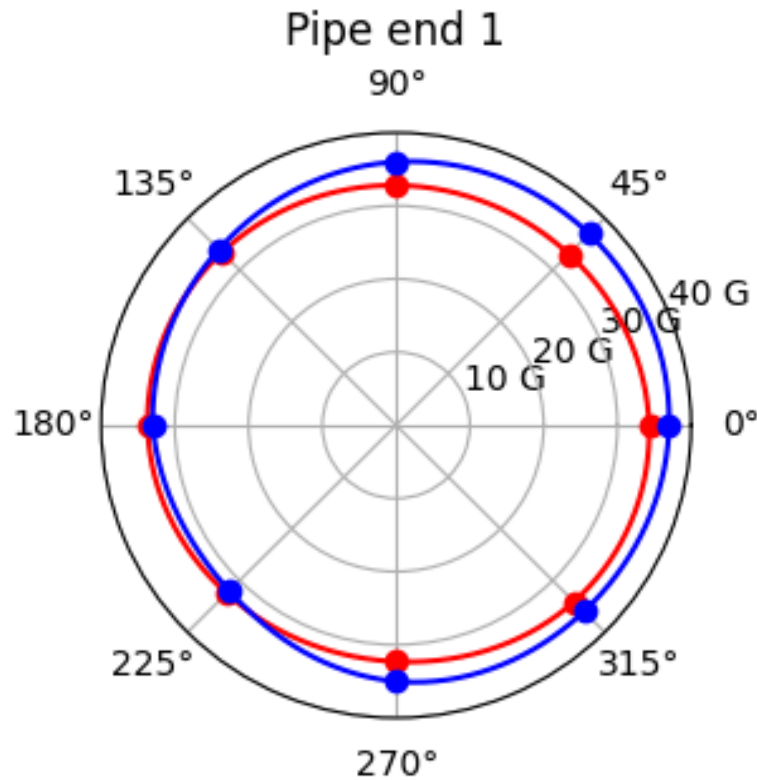


Rör 2

Pipe end 2
90°

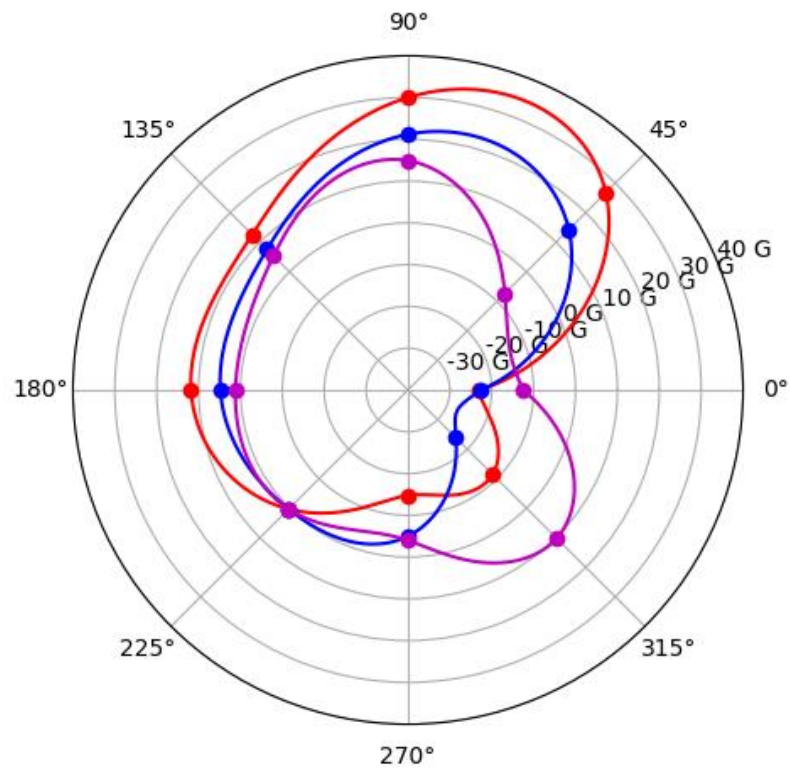


Väderstreck ?

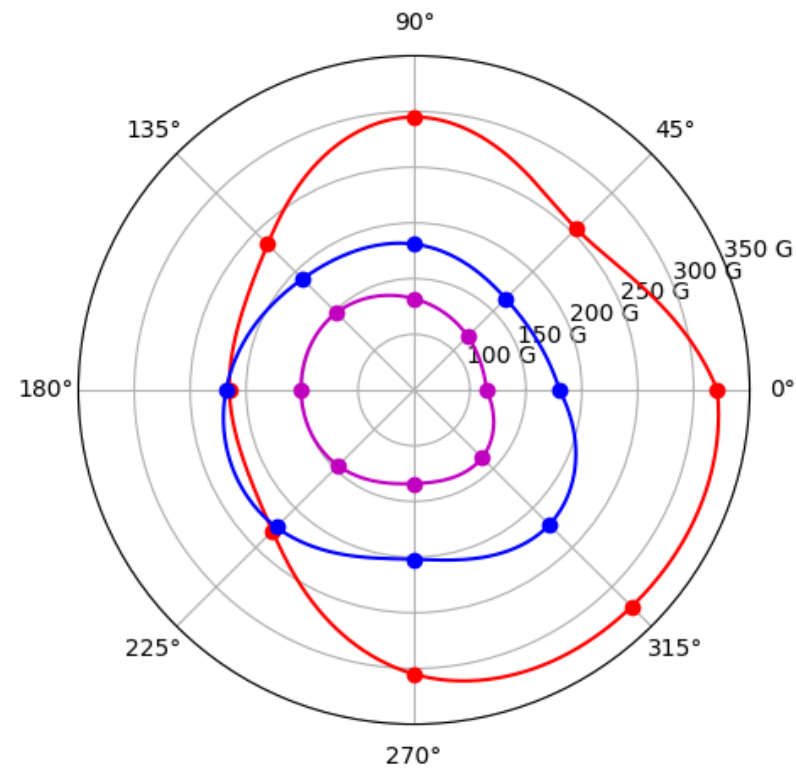


Röd = nord – syd
Blå = öst - väst

Sammanfört



Nord mot nord



Nord mot syd

Läggninginstruktion



Följande punkter föreslås ingå i instruktionerna:

- När ett projekt upphandlas bör inköpsspecifikationen för rör innehålla en maximal nivå av restmagnetismen av max 5 Gauss (1 mT).
 - En ankomstkontroll av rören till arbetsplatsen införs med mätning av varje rör, mätprocessen skall vara noggrant beskriven och ett kalibrerat instrument bör användas.
 - Rör med mindre än 5 Gauss kan direkt gå till svetsning och bör inte medföra några större problem.
 - Rör med högre värden än 5 Gauss, avmagnetiseras innan svetsning.
 - Efter avmagnetisering görs en kontrollmätning, därefter till svetsning om värdet är under 5 Gauss.
-

Läggningsinstruktion



- En utväg om avmagnetiseringen inte får ner värdet, är att avmagnetiseringsutrustningen körs kontinuerligt under svetsningen.
- En möjlig väg är att skaffa en kompletterande WPQR för svetsning med växelström (AC), det kan reducera problemen med "gränsfallsrör". I enlighet med de svetsförsök som utförts kan ljusbågsavlänkningen reduceras till viss del med att svetsa med AC, men det löser inte problemen om restmagnetismen är för hög. Med det förstås att vid en restmagnetism på c:a 35 G så kan svetsning med AC lösa problemen men inte vid högre värden.
- För att bestämma + resp. – pol på ett rör skall man kalibrera mätinstrumentet i en bestämd riktning, och alltid återkalibrera i samma riktning. När man sedan mäter på röränden visas ett + eller – tecken framför värdet, ta en krita och markera + eller – på den änden. Detta upprepas på nästa rör o.s.v. Om man nu vänder + mot + eller – mot –, så kommer styrkan på magnetfältet i spalten att vara oförändrad eller minska. Skulle man råka vända + mot –, så kommer magnetfältet att öka avsevärt i styrka.

Tack för uppmärksamheten



Joel Andersson

joel.andersson@hv.se

Lars-Erik Stridh

lars-erik.stridh@hv.se

Frågor mottages !
