



Rapport

Vurdering af varmebehandling i inhomogene produkter

Annemarie Gunvig og Mianne Darré

13. december 2017
Proj.nr. 20004287_wp2
Version 1
AGG/MTDE/MT

Sammendrag

Baggrund

Ifølge lovgivningen skal fødevarer varmebehandles til 75°C. Normalt registreres temperaturen i det geometriske centrum, men det svarer ikke nødvendigvis til det koldeste punkt i produkter bestående af flere muskler og fedtlag med forskellige tykkelser. Placeringen af dette punkt samt bakteriernes følsomhed over for varmepåvirkningen vil variere afhængig af produktets sammensætning. Det er relevant at få dokumenteret, om det er nødvendigt med en holdetid for at korrigere temperaturforskelle mellem det geometriske og det termiske centrum.

Formål

Formålet er at bestemme det geometriske og det termiske centrum i fire forskellige udskæringer og beregne holdetider for worst case-situationer, som sikrer, at produktet får en varmebehandling med $F_{75^{\circ}\text{C}}=0,2$ minutter svarende til 4 logs inaktivering af *L. monocytogenes*.

Konklusion

Der er målt geometrisk og termisk centrum i fire forskellige udskæringer:

- svinenakke
- oksecuvetter
- rullesteg af svineslag
- svinekam med svær

Alle udskæringer har forskellige dimensioner og fedtlag, enten intramuskulært eller på oversiden. Generelt er der højst 1-2 cm imellem det geometriske og det termiske centrum, eller de er identiske.

Største forskel er målt i nakkeenden af svinekam med svær og svinenakke uden svær.

Almindelig praksis er at måle temperatur i geometrisk centrum, og hvis denne måling afviger 1-2 cm fra det faktiske geometriske centrum, kan temperaturen være 8-14°C lavere. Dette kræver øget holdtid for at opnå en $F_{75^{\circ}\text{C}}=0,2$ minutter.

Følgende holdetider er beregnet for de fire udskæringer til korrektion af temperaturforskel mellem geometrisk og termisk centrum:

Udskæring	Holdetider for tilberedning ved 58-65°C	Maksimal temperaturforskel
Svinenakke uden svær	80-13 minutter	14°C
Oksecuvetter	78-11 minutter	10°C
Rullesteg af svineslag	81-15 minutter	14°C
Svinekam med svær	76-11 minutter	8°C

Holdetiderne sikrer, at hele produktet har fået en varmebehandling svarende til $F_{75^{\circ}\text{C}}=0,2$ minutter og inaktivering af 4 log af *L. monocytogenes* ($D_{60^{\circ}\text{C}}=8,7$ minutter og $z=6,3^{\circ}\text{C}$).

Baggrund

Indledning

Ifølge lovgivningen skal fødevarer varmebehandles til 75°C. Normalt registreres temperaturen i det geometriske centrum, men det svarer ikke nødvendigvis til det koldeste punkt i produkter bestående af flere muskler og fedtlag med forskellige tykkelser. Placeringen af dette punkt samt bakteriernes følsomhed over for varmepåvirkningen vil variere afhængig af produktets sammensætning. Det er relevant at få dokumenteret, om det er nødvendig med en holdetid for at korrigere temperaturforskelle mellem det geometriske og det termiske centrum.

Formål

Formålet er at bestemme det geometriske og det termiske centrum i fire forskellige udkæringer og beregne holdetider for worst case-situationer, som sikrer, at produktet får en varmebehandling med $F_{75^{\circ}\text{C}}=0,2$ minutter svarende til 4 logs inaktivering af *L. monocytogenes*.

Fremgangsmåde

Måling af temperaturer i tværsnit

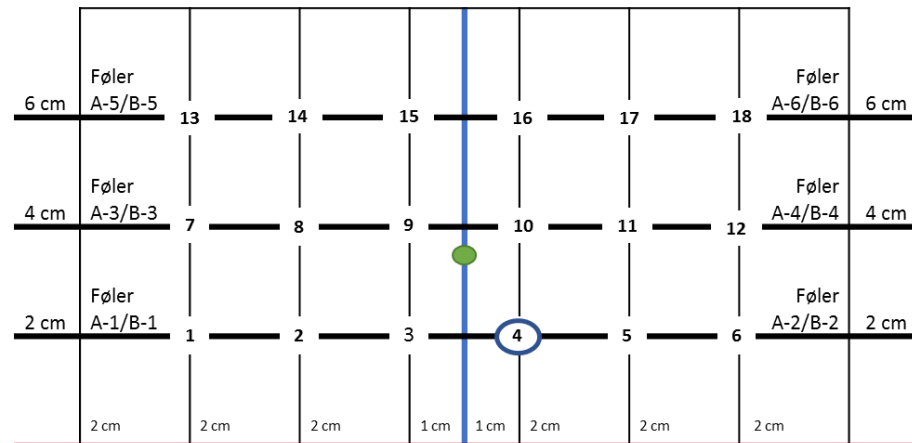


Efter montering af 3-punkts termologgere i kødet blev opstillingen sat på en rist og placeret i ovnen to riller over drypbakken. Dermed blev det sikret, at der var en god ventilation omkring hele kødstykket. Alle stege blev tilberedt ved 200°C, indtil der var opnået en temperatur på ca. 63°C i alle målepunkter.

Måling af temperatur under opvarmning blev registreret i 18 punkter, placeret i et 2x2 cm gitter (se figur 1).

Geometrisk centrum blev beregnet som halvdelen af højden i midterlinjen (grøn bullet i figur 1). F-værdi for geometrisk centrum blev beregnet for de målepunkter, som ligger nærmest. Worst case anvendes til sammenligning med termisk centrum (= koldeste sted).

Termisk centrum defineres som det punkt, hvori 63°C opnås senest under stegeprocessen. I figur 1 er punkt 4 markeret som det termiske centrum. Billeder af tværsnit taget umiddelbart efter varmebehandling kan ses i logbogen ([16-12-2016 Termisk centrum log-bog.docx](#)).



Figur 1. Målepunkter for seks 3-punkts termologgerføler, svarende til 18 målepunkter.

Råvarer

Svinenakker



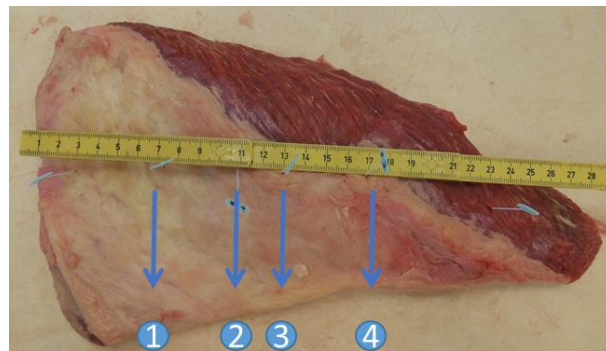
Nakkerne var ca. 27-30 cm lange og 4-6 cm høje.

Ved en højde på 4-6 cm i hovedenden blev der målt i 4 tværsnit med 4 cm afstand:

1. Tværsnit 9 cm fra hovedenden
2. Tværsnit 13 cm fra hovedenden
3. Tværsnit 17 cm fra hovedenden
4. Tværsnit 21 cm fra hovedenden

Der er i alt tre gentag for hver af de fire tværsnit, svarende til 12 målinger for nakker. Tids- og temperaturprofiler for de enkelte målinger kan ses i bilag 1.

Oksecuvetter



Fra hofteenden blev der målt i fire tværsnit med 4 cm afstand:

- Tværsnit 1 – 7 cm fra tykstegen (hoften)
- Tværsnit 2 – 11 cm fra tykstegen (hoften)
- Tværsnit 3 – 13 cm fra tykstegen (hoften)
- Tværsnit 4 – 17 cm fra tykstegen (hoften)

Der var i alt 3 gentag for hvert tværsnit. Tids- og temperaturprofiler for de enkelte målinger kan ses i bilag 2. Generelt var der stor variation i cuvetternes dimensioner (se billede herunder).

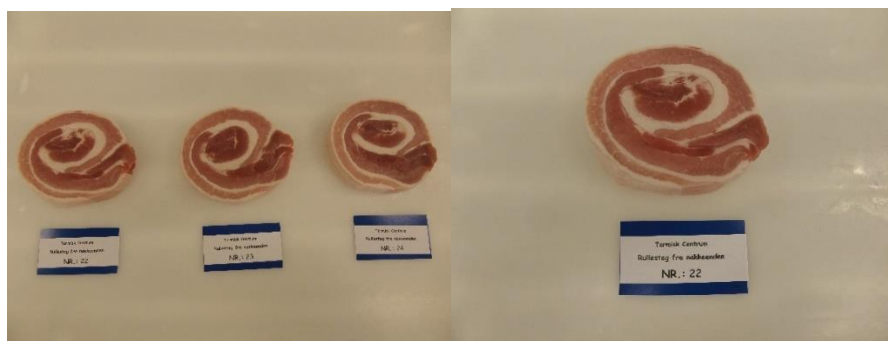


Rullesteg



- Steg 1 – nakken
Tværsnit 1 – 12 cm fra nakkeenden
Tværsnit 2 – 16 cm fra nakkeenden
- Steg 2 – midt
Tværsnit 3 – 26/27 cm fra nakkeenden
Tværsnit 4 – 30/31 cm fra nakkeenden
- Steg 3 – slagenden
Tværsnit 5 – 40 cm fra nakkeenden
Tværsnit 6 – 44 cm fra nakkeenden

Målingerne i seks tværsnit er gennemført på tre udskæringer (ca. 27 cm) af hele rullestegen på 44 cm. Udvalgte billeder af tværsnit af fersk rullesteg kan ses nedenfor, hvor også fordeling mellem fedt og kød kan ses.



Svinekam



Seks tværsnit markeret med blå strip

Nakkeenden

1. tværsnit: 8 cm
 2. tværsnit: 12 cm (+ 4 cm)
- Overskæring 8 cm fra 2. tværsnit

Midterstykker

3. tværsnit: 7 cm inde
 4. tværsnit + 4 cm
- Overskæring 7 cm fra 4. tværsnit

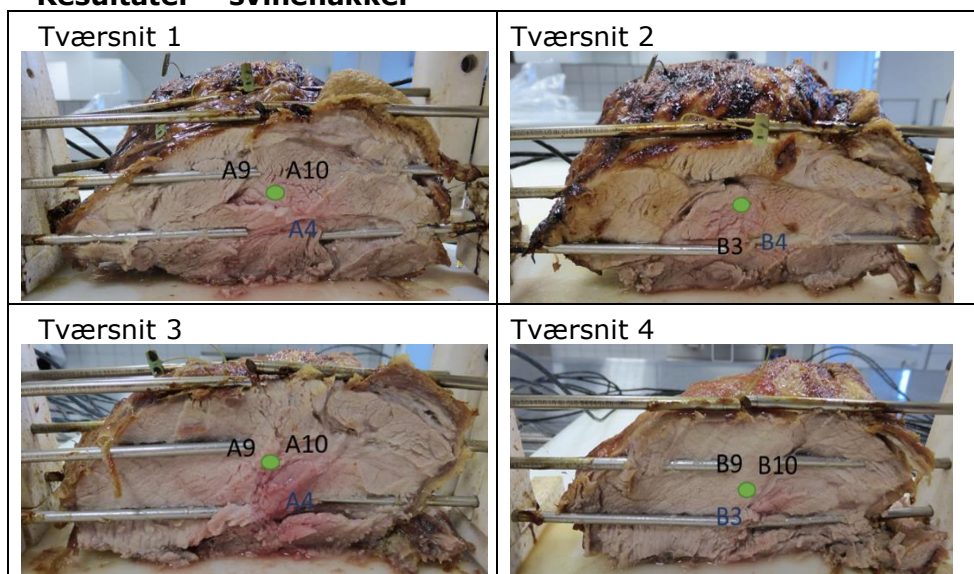
Hoftestykke

5. tværsnit: 8 cm fra kant
 6. tværsnit: + 4 cm
- Overskæring 8 cm fra 6. tværsnit.

<i>Data</i>	<p>Alle tids- og temperatur profiler kan ses i logbog (16-12-2016 Termisk centrum logbog.docx).</p> <p>Rådata kan ses her: ..\Termisk centrum\Temperatur\</p>
<i>Beregninger</i>	<p>For konkrete tids- og temperaturprofiler er $F_{75^{\circ}\text{C}}$-værdien beregnet vha. DMRI's varmebehandlingsregneark.</p>
<i>Vurdering</i>	<p><i>Situation #1: geometrisk > termisk centrum</i></p> <p>De beregnede $F_{75^{\circ}\text{C}}$-værdier er sammenlignet for hhv. geometrisk og termisk centrum i de enkelte tværsnit. Det tværsnit, der har den lavest $F_{75^{\circ}\text{C}}$-værdi i geometrisk centrum, anvendes til at beregne forskel i tid, indtil en konkret temperatur er opnået i termisk centrum. Tidsforskellen adderes til holdetiden for geometrisk centrum.</p> <p><i>Situation #2: geometrisk = termisk centrum</i></p> <p>Hvis geometrisk og termisk centrum er identiske i tværsnit med lavest $F_{75^{\circ}\text{C}}$-værdi, betragtes disse som worst case.</p> <p>Ud fra måling af temperatur i det geometriske punkt med laveste $F_{75^{\circ}\text{C}}$-værdi (=mindst varme) beregnes tillægsholdetid for at opnå den ønskede sikkerhed i termisk centrum.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bestem $F_{75^{\circ}\text{C}}$ i geometrisk og termisk centrum i de enkelte tværsnit. 2. Vurder, om der forskel mellem $F_{75^{\circ}\text{C}}$ i geometrisk og termisk centrum. 3. Find tværsnit med laveste gennemsnitlige $F_{75^{\circ}\text{C}}$-værdi i geometrisk centrum. 4. Vurder variation i gentag i tværsnit med laveste $F_{75^{\circ}\text{C}}$-værdi. 5. Beregn tidsforskel mellem geometrisk og termisk centrum for at opnå en konkret temperatur i worst case-gentag (størst forskel mellem C_{term} (termisk centrum) og C_{geo} (geometrisk centrum). 6. Beregn holdetid i geometrisk centrum, som sikrer 4 log reduktion af <i>L. monocytogenes</i> i termisk centrum for worst case-tværsnit. 7. Total holdetid = beregnet tidsforskel + holdetid for at opnå 4 log reduktion af <i>L. monocytogenes</i>. Beregn $F_{75^{\circ}\text{C}}$ for denne behandling.

Resultater – svinenakker

Udseende, svine-
nakke



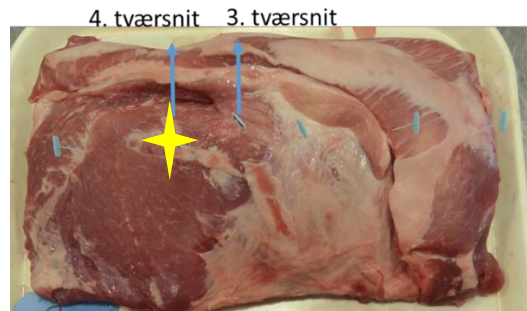
Ovenstående billeder viser, at det termiske centrum (punkt med blå skrift) generelt ligger under eller oven i det geometriske centrum, men i alle tilfælde tæt på geometriske centrum.

I tværsnit 4 er der målt den laveste $F_{75^{\circ}\text{C}}$ -værdi. Analyse af data for tværsnit 4 viser, at der generelt er en temperaturforskel på ca. 14°C imellem geometrisk og termisk centrum i temperaturintervallet $58\text{--}65^{\circ}\text{C}$ (se bilag 1). I geometrisk centrum stiger temperaturen med $1,4^{\circ}\text{C}$ pr. minut. Det betyder, at der skal være en tillægstid på 10 minutter, før der opnås samme temperatur i C_{term} som i C_{geo} .

Ved udligning til $58, 60, 63, 65^{\circ}\text{C}$ i termisk centrum vil drabet være hhv. $0,1; 0,3; 1,2;$ og 2 log. I tabel 1 ses den samlede holdetid i geometrisk centrum, som sikrer 4 log reduktion af *L. monocytogenes* i termisk centrum.

Tabel 1. Beregning af holdetid i geometrisk centrum af svinenakker, som sikrer 4 log reduktion af *L. monocytogenes* i termisk centrum af tværsnit 1 ($n=3$)

Temperatur (T) i C_g	Temperatur (T) i C_t	Log drab i C_t til $T = C_g$	Tillægstid for at opnå temp i C_t	D-værdi (minutter) ved T	Total holdetid (min) i C_g (= 4 log red i C_t)	$F_{75^{\circ}\text{C}}$ ved total holdetid
58	44	0.1	10	18	80	0.2
60	46	0.3	10	8.7	42	0.3
63	49	1.2	10	2.9	18	0.4
65	51	2	10	1.4	13	0.3

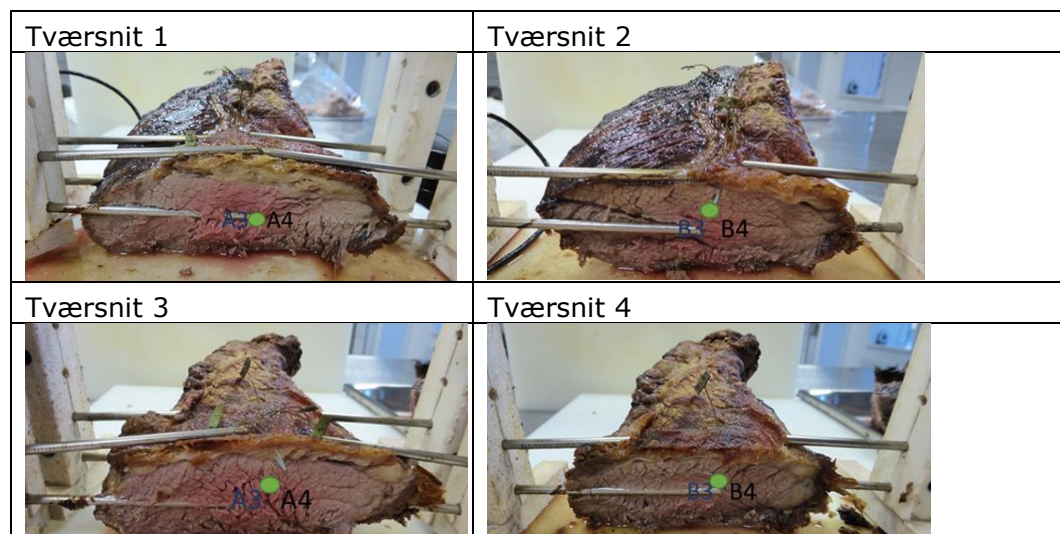


Konklusion – nakker

- Geometrisk og termisk centrum ligger tæt på hinanden.
- Worst case er, når geometrisk centrum er i en afstand af 1-2 cm fra termisk centrum i tværsnit 4, da det har lavest $F_{75^{\circ}\text{C}}$ -værdi.
- Mål centrumstemperatur 21 cm inde fra hovedenden (gul stjerne på ovenstående billede).
- Når den ønskede centrumstemperatur i intervallet $58-65^{\circ}\text{C}$ er opnået, slukkes/justeres ovnen, og temperaturen holdes i 13-80 minutter, afhængig af den målte temperatur (se tabel 1).
- Hele svinenakken har fået en varmebehandling til minimum $F_{75^{\circ}\text{C}}=0,2$ minutter og 4 log reduktion af *L. monocytogenes* ($D_{60^{\circ}\text{C}}=8,7$ minutter og $z=6,3^{\circ}\text{C}$).

Resultater – cuvetter

Udseende, cuvetter



Ovenstående billeder af tværsnit efter varmebehandling viser, at termisk og geometrisk centrum ligger meget tæt på hinanden. I tværsnit 4 er der ikke et lyserødt centrum.

Som det ses i råvareafsnittet, er der stor variation i dimensioner på cuvetterne og derfor stor variation i målingerne.

Tværsnit 2 er valgt som worst case-tværsnit, da den laveste $F_{75^{\circ}\text{C}}$ -værdi er målt i dette tværsnit. I tværsnit 2 kan der være en temperaturforskel på 10°C mellem geometrisk og termisk centrum, og temperaturen stiger med ca. $1,3^{\circ}\text{C}$ pr. minut. Det betyder, at der skal adderes 8 minutter til holdetiden for at sikre, at den ønskede temperatur og det ønskede drab af *L. monocytogenes* opnås.

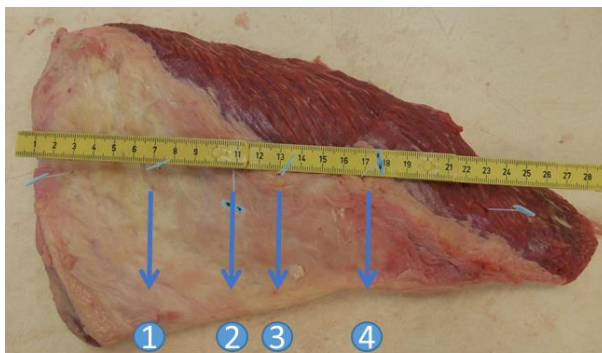
I tabel 2 ses den samlede holdetid i geometrisk centrum, som sikrer 4 log reduktion af *L. monocytogenes* i termisk centrum.

Tabel 2. Beregning af holdetid i geometrisk centrum af oksecuvetter, som sikrer 4 log reduktion af *L. monocytogenes* i termisk centrum af tværsnit 1 (n=3)

Temperatur (T) i C_g	Temperatur (T) i C_t	Log drab i C_t til $T=C_g$	Tillægstid for at opnå temp i C_t	D-værdi (minutter) ved T	Total holdetid (min) i C_g (= 4 log red i C_t)	$F_{75^{\circ}\text{C}}$ ved total holdetid
58	38	0.1	8	18	78	0.2
60	40	0.3	8	8.7	40	0.2
63	43	0.5	8	2.9	18	0.2
65	45	1.9	8	1.4	11	0.2

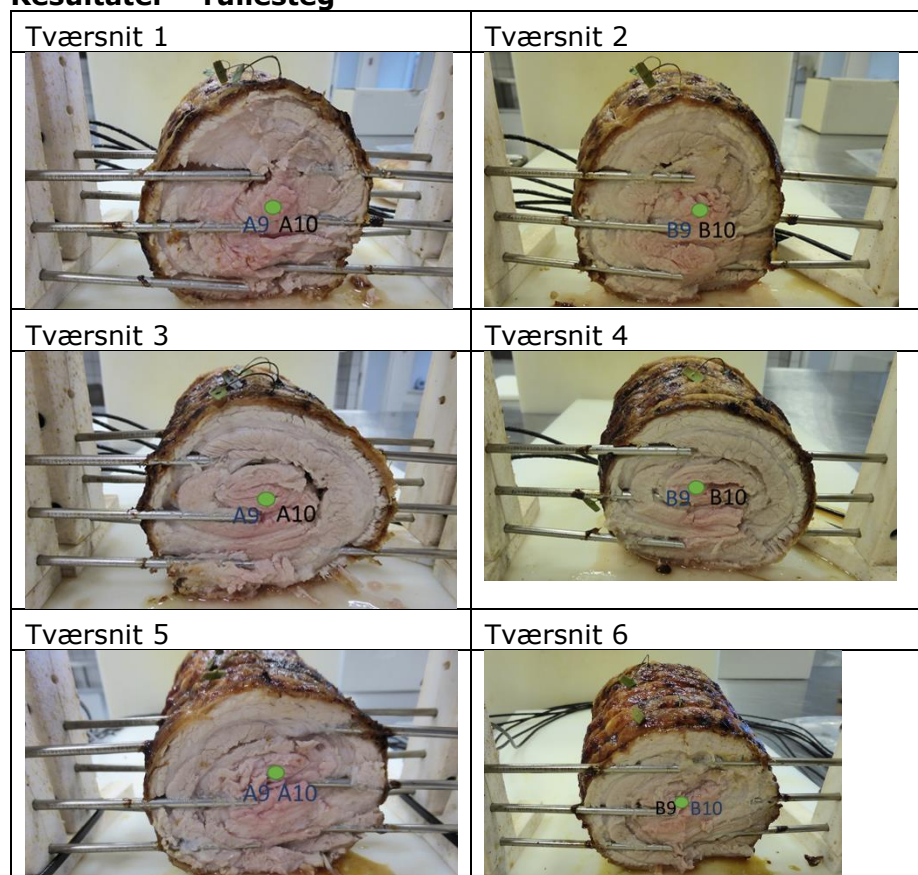
Konklusion – cuvette

- Geometrisk og termisk centrum ligger tæt på hinanden.
- Worst case er, når geometrisk centrum er i en afstand af 1-2 cm fra termisk centrum i tværsnit 2, da det har lavest $F_{75^{\circ}\text{C}}$ -værdi.
- Mål centrumstemperatur 11 cm inde fra hofteenden (pkt. 2 på nedenstående billede).
- Når den ønskede centrumstemperatur i intervallet $58\text{-}65^{\circ}\text{C}$ er opnået, slukkes/justeres ovnen, og temperaturen holdes i 11-78 minutter, afhængig af den målte temperatur (se tabel 2).
- Hele cuvetten har fået en varmebehandling til minimum $F_{75^{\circ}\text{C}}=0,2$ minutter og 4 log reduktion af *L. monocytogenes* ($D_{60^{\circ}\text{C}}=8,7$ minutter og $z=6,3^{\circ}\text{C}$).



Resultater - rullesteg

Udseende rullesteg



Overstående billeder af tværsnit efter varmebehandling viser, at termisk og geometrisk centrum ligger meget tæt på hinanden uanset tværsnit.

Måling af temperatur 1-2 cm fra geometrisk centrum kan resultere i en temperaturforskel på 14°C (se bilag 3), og denne situation svarer til worst case. I rullesteg stiger temperaturen med 1,1-1,4°C pr. minut. Det betyder, at der skal adderes 13 minutter (~ 1,1°C/minut) til holdetiden i geometrisk centrum for at sikre, at der er opnået en $F_{75^\circ\text{C}}$ -værdi på 0,2 minutter i det termiske centrum.

Under udligning af temperaturforskel mellem geometrisk og termisk centrum vil der være opnået en inaktivering på mellem 0,2 og 2,4 log af *L. monocytogenes* i termisk centrum, og differencen op til 4 log reduktion skal sikres i holdetiden (se tabel 3).

I tabel 3 ses den samlede holdetid i geometrisk centrum, som sikrer 4 log reduktion af *L. monocytogenes* i termisk centrum.

Tabel 3. Beregning af holdetid i geometrisk centrum af rullesteg, som sikrer 4 log reduktion af *L. monocytogenes* i termisk centrum.

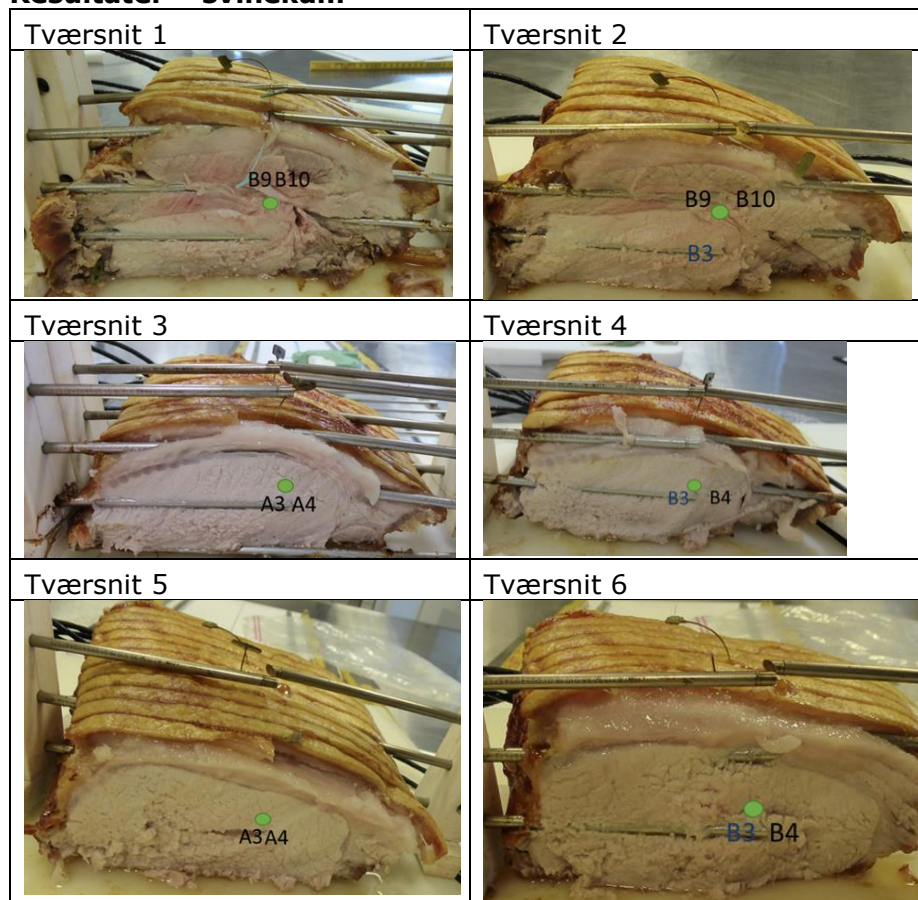
Temperatur (T) i C _g	Temperatur (T) i C _t	Log drab i C _t til T=C _g	Tillægstid for at opnå temp i C _t	D-værdi (minutter) ved T	Total holdetid i C _g (min) (= 4 log red i C _t)	F _{75°C} ved total holdetid
58	44	0.2	13	18	81	0.2
60	56	0.4	13	8.7	44	0.2
63	59	0.9	13	2.9	22	0.2
65	61	2.4	13	1.4	15	0.2

Konklusion – rullesteg

- Geometrisk og termisk centrum ligger tæt på hinanden.
- Worst case er, når geometrisk centrum er i en afstand af 1-2 cm fra termisk centrum.
- Mål centrumstemperatur 12 cm inde i rullesteg, målt fra skærefladen (nakke-enden).
- Når den ønskede centrumstemperatur i intervallet 58-65°C er opnået, slukkes/justeres ovnen, og temperaturen holdes i 15-81 minutter, afhængig af den målte temperatur (se tabel 3).
- Hele rullestegen har fået en varmebehandling til minimum F_{75°C}=0,2 minutter og 4 log reduktion af *L. monocytogenes* (D_{60°C}=8,7 minutter og z=6,3°C).

Udseende

Resultater – svinekam



I tværsnit 1 og 2 i nakkeenden ses tydeligt et lyserødt centrum. I tværsnit 3-6 i midter- og hoften er der intet lyserødt centrum.

I 5 ud af 6 tværsnit er der overensstemmelse mellem det geometriske og termiske centrum. I tværsnit 3-6 er $F_{75^{\circ}\text{C}}$ -værdien under den ønskede værdi på 0,2 minutter, hvilket betyder, at der skal beregnes en tillægstid. I tværsnit 1 er den på 0,4 minutter.

Worst case ses i tværsnit 2 (12 cm inde, målt fra nakkeenden), hvor placering af geometrisk og termisk centrum er forskellig.

Ved måling i det geometriske centrum i tværsnit 2 er der en temperaturforskel på op til 8°C (se bilag 4). I svinekam med svær stiger temperaturen med $1,0^{\circ}\text{C}$ pr. minut. Det betyder, at der skal adderes 8 minutter til holdetiden i geometrisk centrum for at sikre, at der er opnået en $F_{75^{\circ}\text{C}}$ -værdi på 0,2 minutter i det termiske centrum.

I tabel 4 ses den samlede holdetid i geometrisk centrum, som sikrer 4 log reduktion af *L. monocytogenes* i termisk centrum.

Table 4. Beregning af holdetid i geometrisk centrum af svinekam med svær, som sikrer 4 log reduktion af *L. monocytogenes* i termisk centrum.

Temperatur (T) i C _g	Temperatur (T) i C _t	Log drab i C _t til T=C _g	Tillægstid for at opnå temp i C _t	D-værdi (minutter) ved T	Total holdetid (min) i C _g (= 4 log red i C _t)	F _{75°C} ved total holdetid
58	50	0.2	8	18	76	0.2
60	52	0.4	8	8.7	39	0.2
63	55	1.1	8	2.9	16	0.6
65	57	2.2	8	1.4	11	0.5

Konklusion – svinekam med svær

- Geometrisk og termisk centrum ligger tæt på hinanden for midterstykket og hoftestykke.
- Worst case er i nakkeenden (tværsnit), hvor geometrisk centrum er i en afstand af 1-2 cm fra termisk centrum.
- Mål centrumstemperatur 12 cm inde i nakkestykket, målt fra nakkeenden.
- Når den ønskede centrumstemperatur i intervallet 58-65°C er opnået, slukkes ovnen, og temperaturen holdes i 11-76 minutter afhængig af den målte temperatur (se tabel 4).
- Hele svinekammen har fået en varmebehandling til minimum F_{75°C}=0,2 minutter og 4 log reduktion af *L. monocytogenes* (D_{60°C}=8,7 minutter og z=6,3°C).

Samlet konklusion

Der er målt geometrisk og termisk centrum i fire forskellige udskæringer:

- svinenakke
- oksecuветter
- rullesteg af svineslag
- svinekam med svær

Alle udskæringer har forskellige dimensioner og fedtlag, enten intramuskulært eller på oversiden. Generelt er der højst 1-2 cm imellem det geometriske og det termiske centrum, eller de er identiske.

Største forskel er målt i nakkeenden af svinekam med svær og svinenakke uden svær.

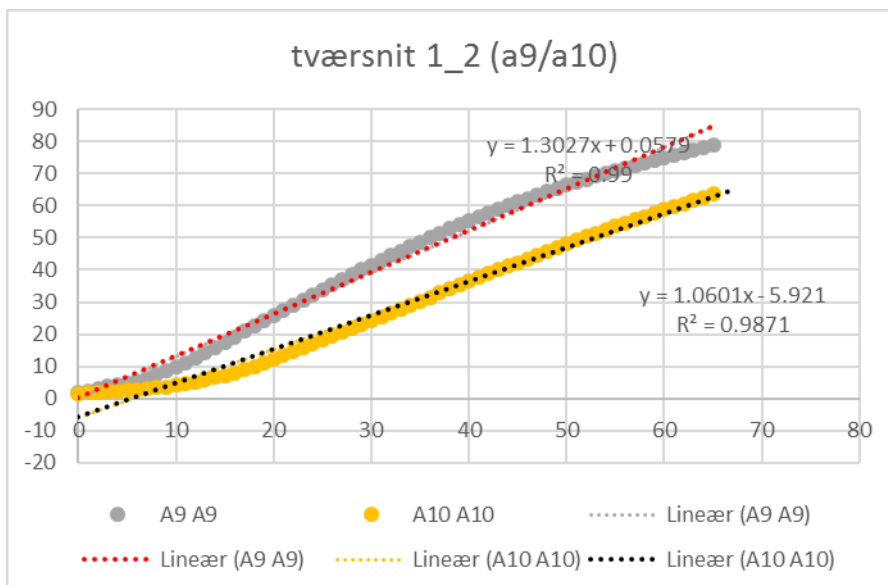
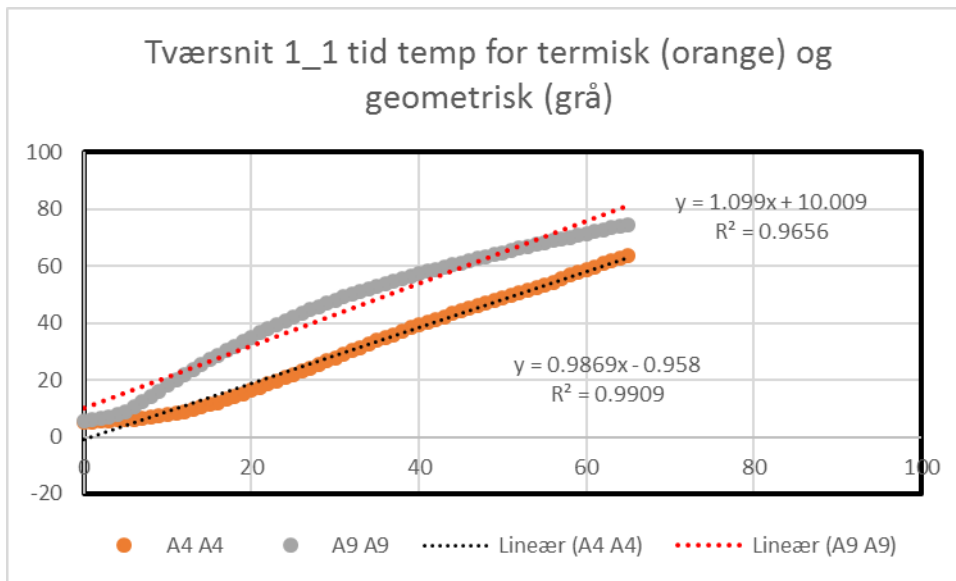
Almindelig praksis er at måle temperatur i geometrisk centrum, og hvis denne måling afviger 1-2 cm fra det faktiske geometriske centrum, kan temperaturen være 8-14°C lavere. Dette kræver øget holdtid for at opnå en $F_{75^{\circ}\text{C}}=0,2$ minutter.

Følgende holdetider er beregnet for de fire udskæringer til korrektion af temperaturforskelle mellem geometrisk og termisk centrum:

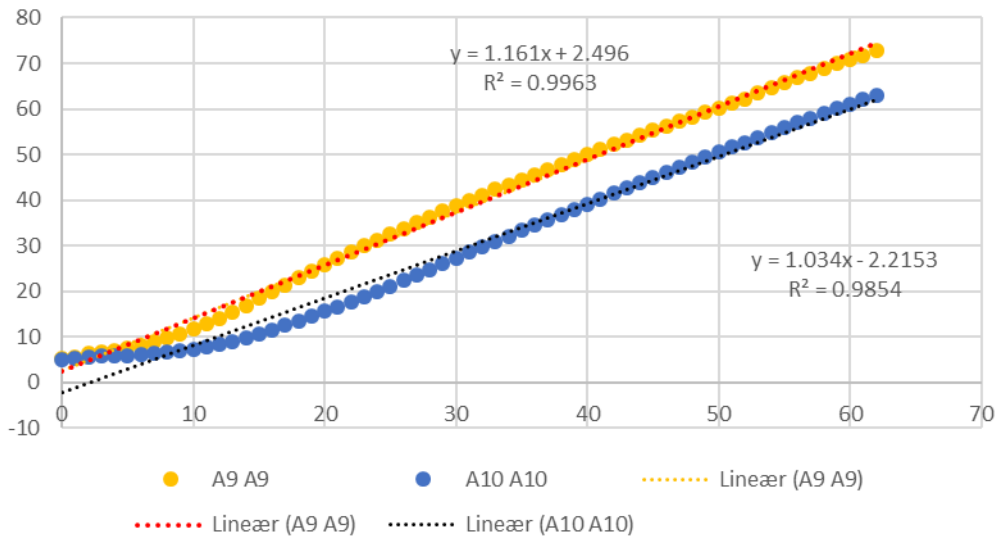
Udskæring	Holdetider for tilberedning ved 58-65°C	Maksimal temperaturforskelle
Svinenakke uden svær	80-13 minutter	14°C
Oksecuветter	78-11 minutter	10°C
Rullesteg af svineslag	81-15 minutter	14°C
Svinekam med svær	76-11 minutter	8°C

Holdetiderne sikrer, at hele produktet har fået en varmebehandling svarende til $F_{75^{\circ}\text{C}}=0,2$ minutter og inaktivering af 4 log af *L. monocytogenes* ($D_{60^{\circ}\text{C}}=8,7$ minutter og $z=6,3^{\circ}\text{C}$).

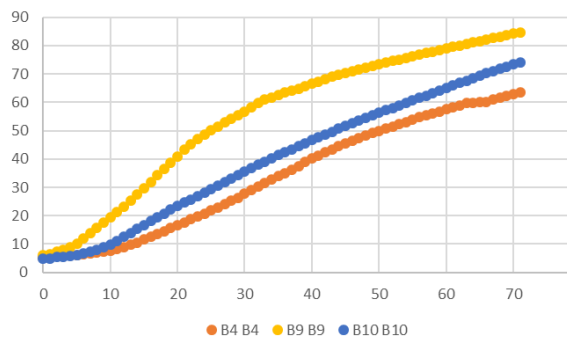
Temperaturprofiler for termisk og geometrisk centrum i svinenakker



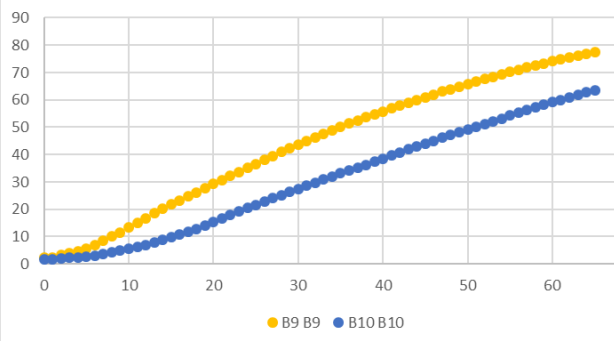
Tværsnit 1_3



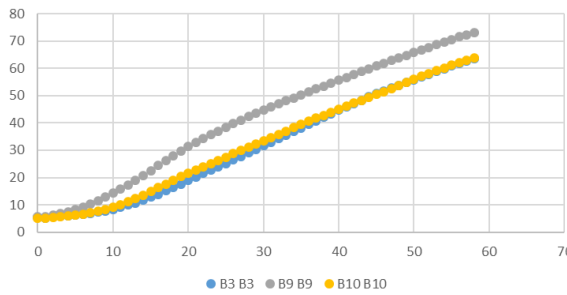
nakke 2_1



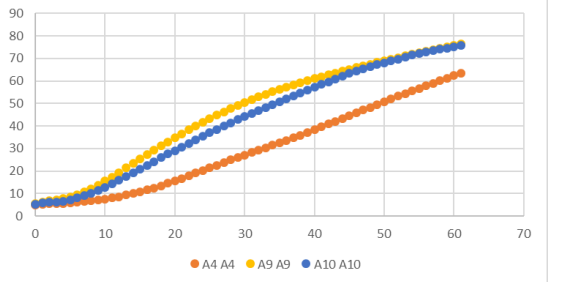
Nakke 2_2



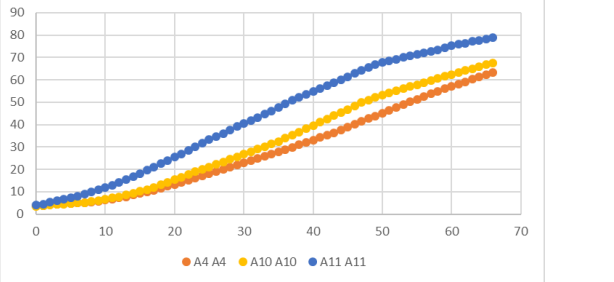
Nakke 2_3

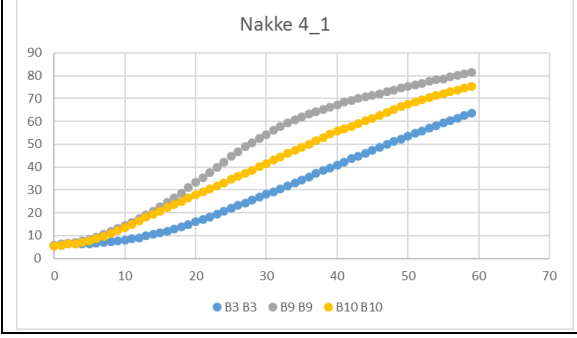
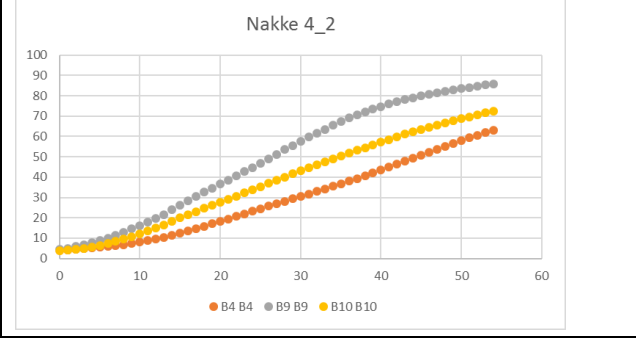
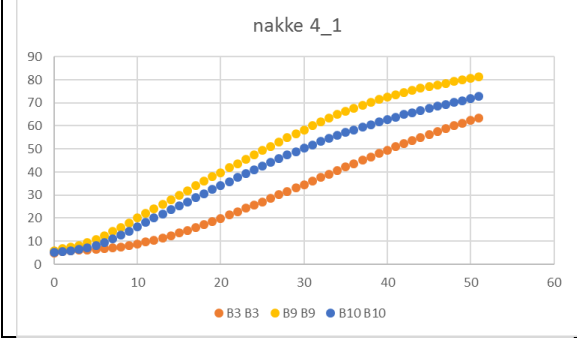
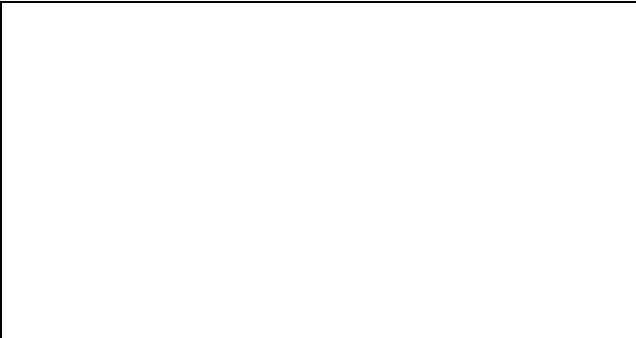
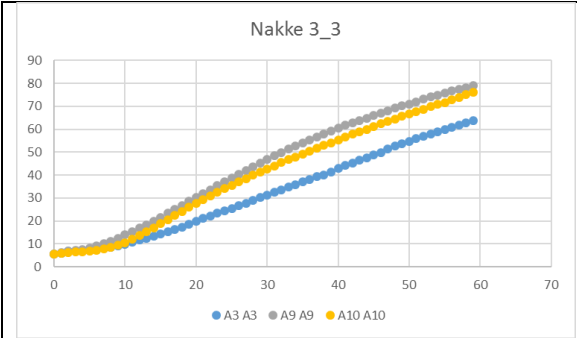


Nakke 3_1

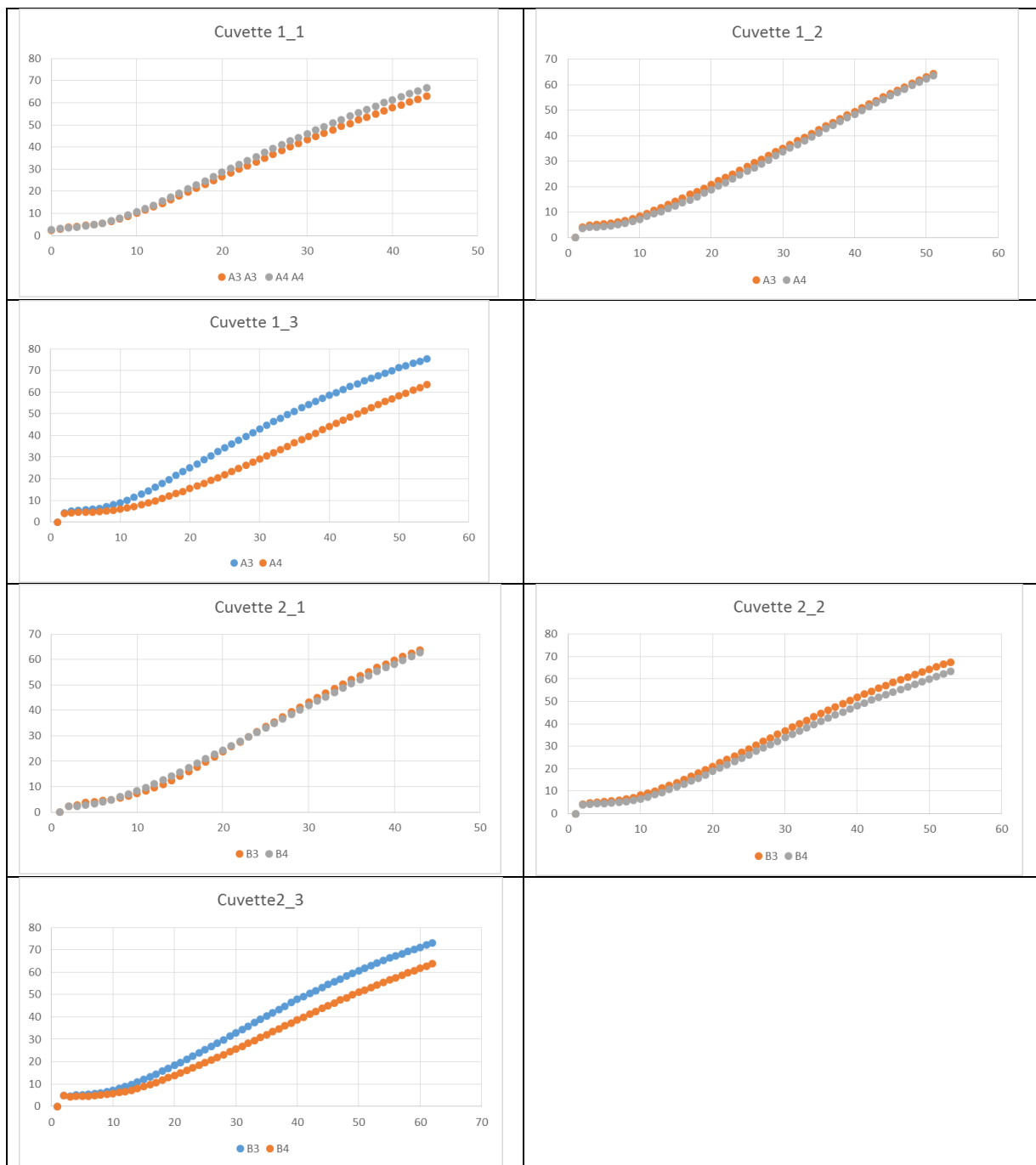


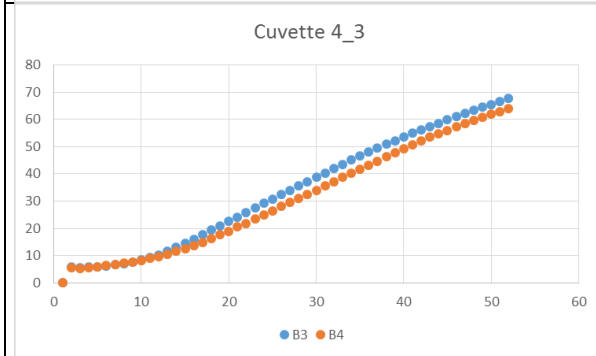
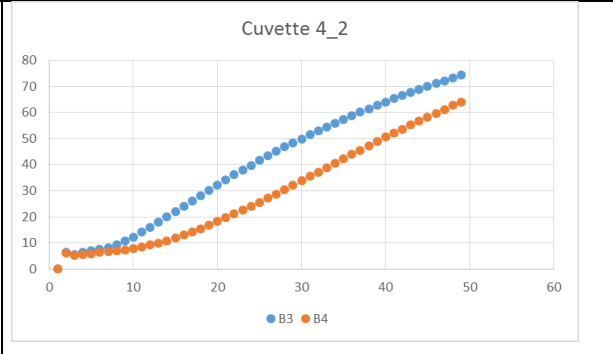
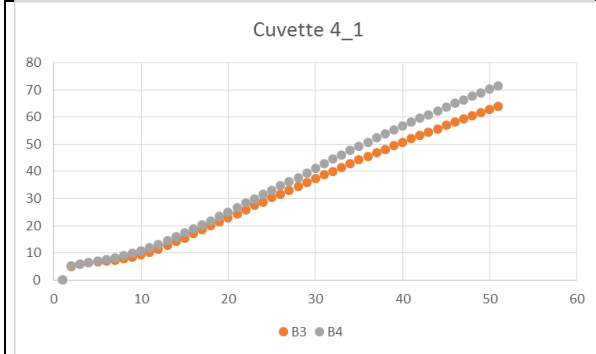
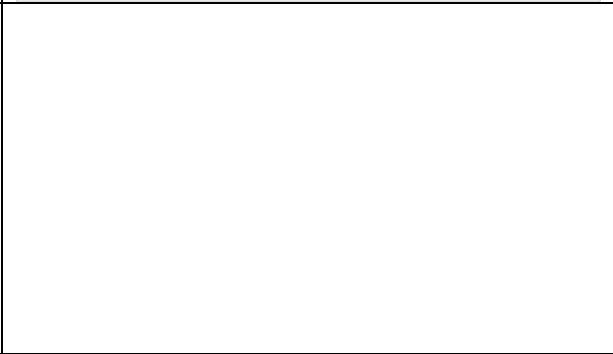
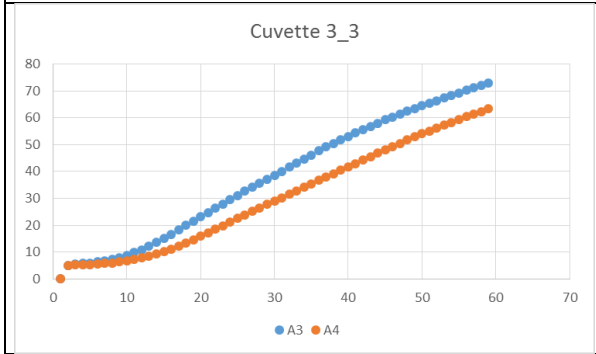
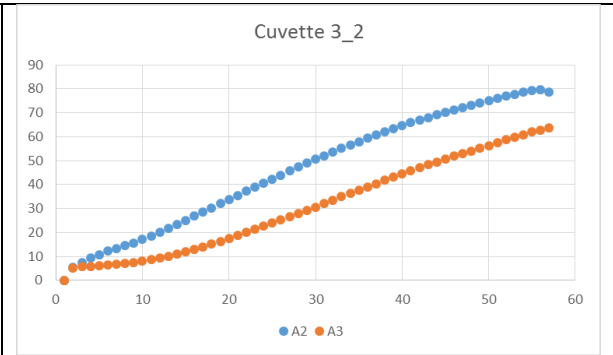
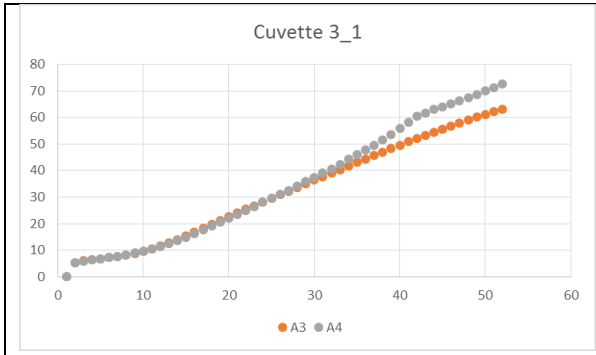
Nakke 3_2



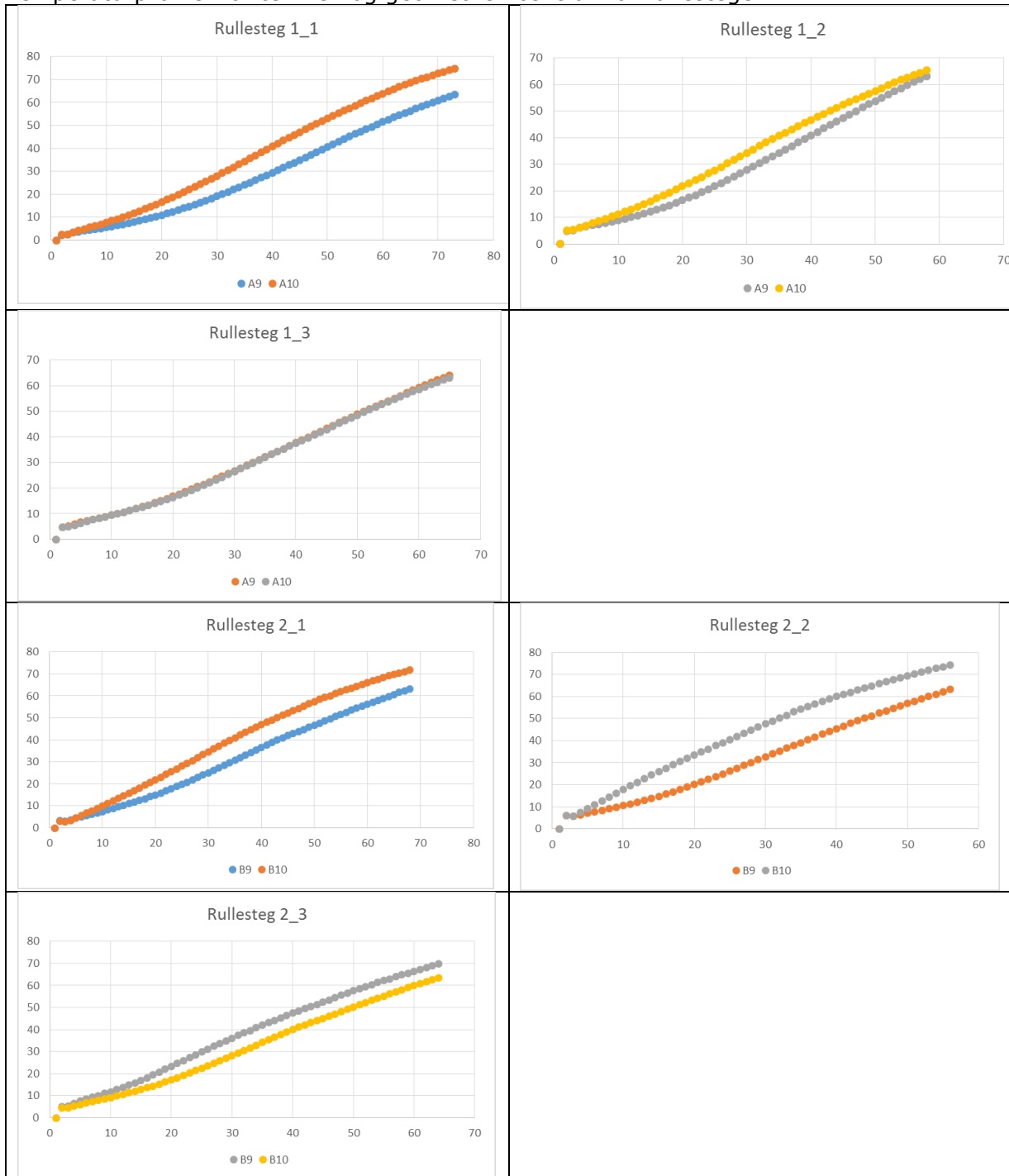


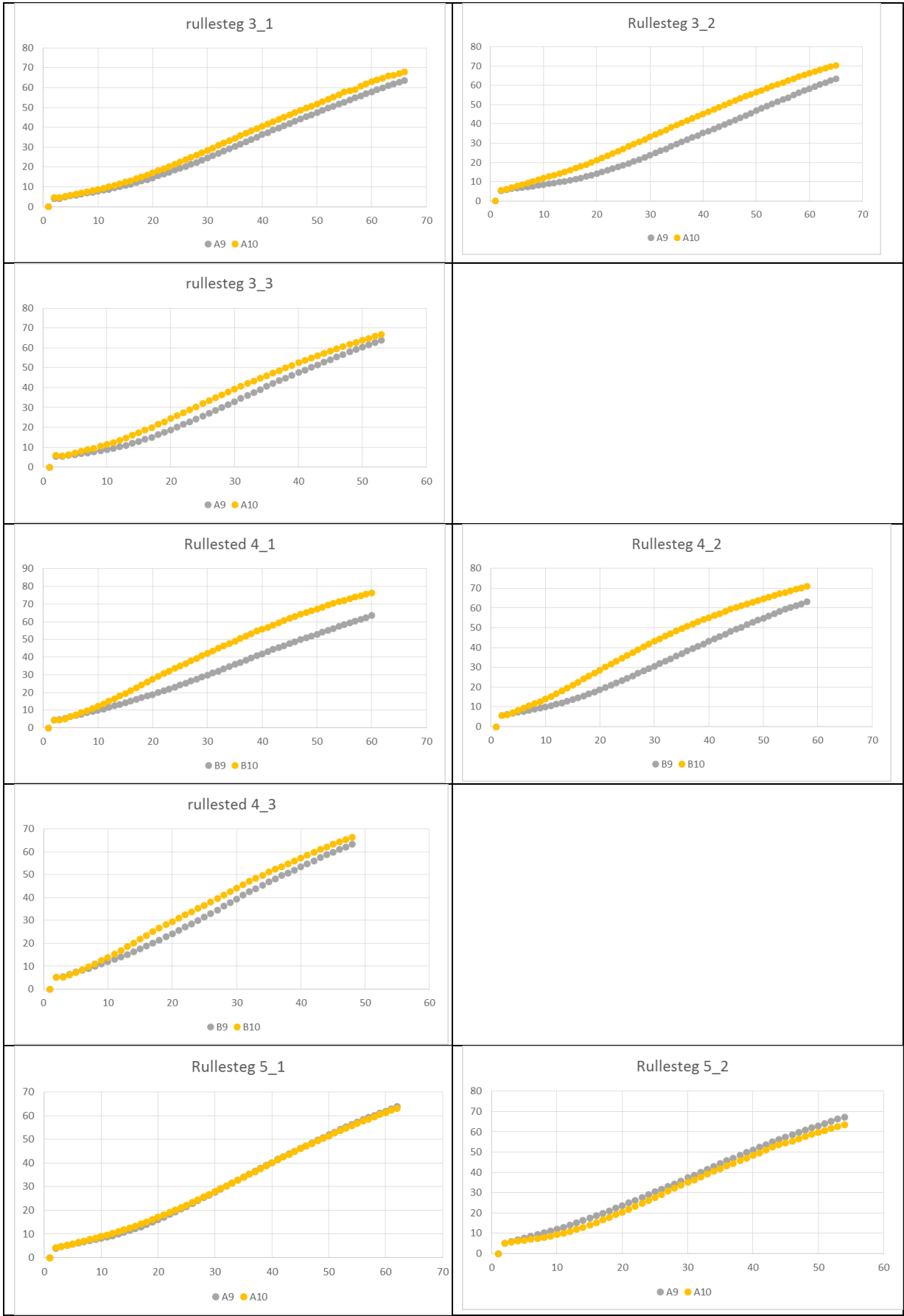
Temperaturprofiler for termisk og geometrisk centrum i oksecuvetter

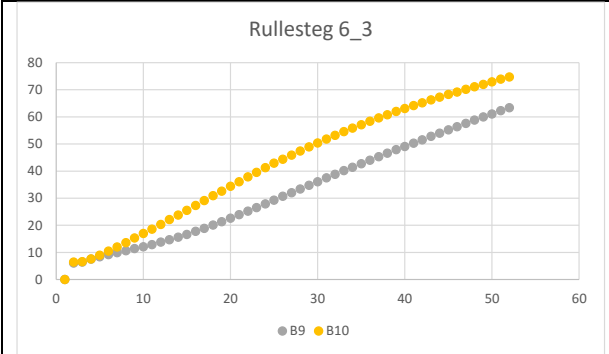
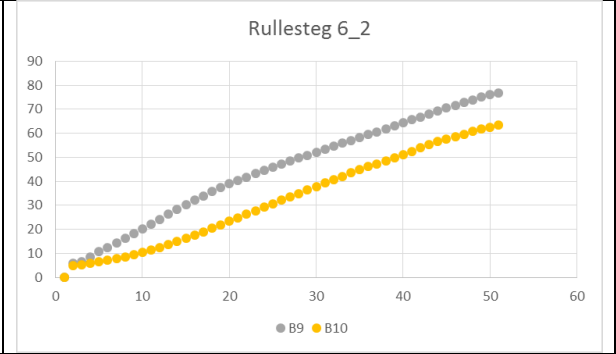
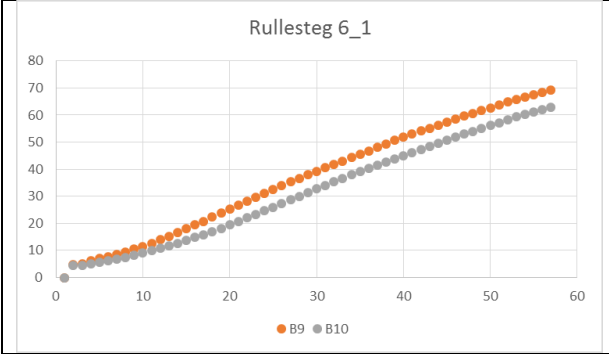
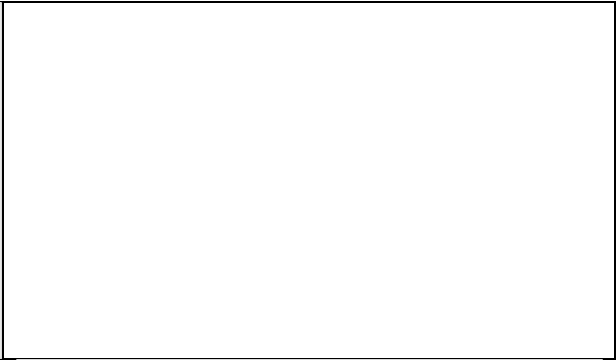
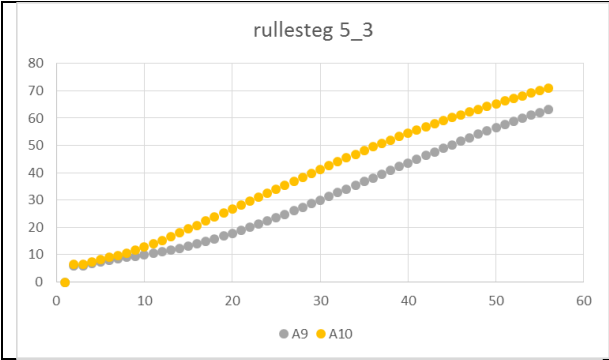




Temperaturprofiler for termisk og geometrisk centrum af rullestege







Temperaturprofiler for termisk og geometrisk centrum i svinekam

