

Eksponering for ultrafine partikler (UFP), totalpartikler, polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og høyere aldehyder ved steking av flekk (bacon) på elektrisk komfyr og gassbluss.

Arve Johansen

Helse, miljø og sikkerhet
Oppgaven levert: Juni 2011
Hovedveileder: Kristin V Hirsch Svendsen, IØT

Oppgavetekst

Identifisere hvilke stoffer en kokk kan bli eksponert for ved steking av flek (saltet bacon) og å se om det er noen forskjell i eksponering ved bruk av gass og elektrisitet.

Følgende hovedpunkter skal behandles:

1. Gjennomføre en litteraturstudie om hva man vet om hvilke stoffer man kan bli eksponert for ved steking generelt.
2. Gi oversikt over karakteristika med bacon/saltet flek, og hvilke forskjeller man kan forvente å finne i emisjoner ved steking av bacon/saltet flek sammenlignet med annet kjøtt etc.
3. Gjennomføre prøvetaking ved 3 paralleller med 3 kokker for hver av de to stekemetodene.
4. Gjennomføre prøvetaking og gravimertisk analyse av totalstøv i pustesonen til den som steker.
5. Måling av UFP – tidsforløp igjennom stekeperioden og analysere eventuelle forskjeller mellom de to stekemetodene.
6. Gjennomføre målinger av PAH og høyere aldehyder som analyseres eksternt og analysere resultatene fra disse målingene.
7. Analysere variasjon mellom personer og stekemetoder.
8. Se på de målte resultatene opp mot tidligere tilsvarende målinger ved steking av biff og se på eventuelle forskjeller i emisjoner mellom steking av bacon/saltet flek og biff.
9. Presentere en konklusjon om emisjoner fra steking av bacon/saltet flek i forhold til steking av biff.

Forord

Høsten 2010 ble det foretatt en gjennomgang av tidligere studier av stekeos i TIØ4521 Helse, Miljø og Sikkerhet fordypingsprosjekt. Dette arbeidet danner grunnlaget for denne masteroppgaven.

Formålet med masteroppgaven var å fastslå eksponeringsnivå for ultrafine partikler (UFP), totalpartikler, polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og høyere aldehyder ved steking av lettaltet sideflesk/røkt bacon på elektrisk komfyr og gassbluss. Analyser av PAH ble gjennomført av Arbets- och miljömedicin, Sahlgrenska akademien, Göteborgs universitet. Analyser av aldehyder ble gjennomført av Statens Arbeidsmiljøinstitutt (STAMI, Oslo). UFP og totalpartikler ble analysert ved Faggruppe for HMS, Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse, NTNU. Av analysene som ble gjennomført av Göteborgs universitet og STAMI, var det kun konsentrasjonen av totalpartikler fra PAH-filtrene som forelå våren 2011.

Grunnet det begrensede omfanget på masteroppgaven (30 studiepoeng), samt at en del resultater ikke forelå, fokuserer denne masteroppgaven mest på partikler. Heterosykliske aminer og nitrosaminer/nitrosamider blir, i tillegg til PAH og aldehyder, også omtalt, men behandles ikke like omfattende.

Jeg ønsker å takke min veileder Kristin Svendsen for hjelp både med stekeforsøkene og oppgaveoppsett. Jeg ønsker også å takke Rikke Bramming Jørgensen for hjelp med oppsett av SMPS-systemet, samt veiledning i bruk av SigmaPlot 12.0 og utarbeidelse av 3D-figurer. I tillegg vil jeg takke Erling Hove for hjelp med oppsett av PC og utlån av verktøy.

Trondheim, 10. juni, 2011

Arve Johansen

Sammendrag

Det har tidligere vært funnet en sammenheng mellom eksponering for stekeos og helseeffekter, spesielt luftveisplager. Det har også blitt identifisert en rekke mutagene og karsinogene komponenter i stekeos, og insidensen av kreft i luftveissystemet har blitt funnet å være høyere enn blant resten av befolkningen (Lund, 1986), (Coggon et al., 1986), (Berg et al., 1988), (Ng et al., 1993), (Notani et al., 1993). IARC (2010) har utalt at PAH og aldehyder er viktige når det gjelder kreft og stekeos. Konsentrasjon av forurensinger i luften som følge av steking kan variere veldig. Hvilke typer forurensing som stekeosen inneholder kan variere ut i fra hva slags mat som blir tilberedt og hvilken type stekeolje/fett som brukes, samt temperatur og tilberedningsmetode. Spesielt viktig er det å unngå brenning av oljen/fettet, da det øker generering av partikler i stor grad (Evans et al., 2008).

Alle forsøk ble foretatt i et laboratoriekjøkken i kjelleren på Gamle Fysikk, NTNU, i uke 5, 8 og 10, 2011. I uke 5 ble det stekt lettsaltet sideflesk på elektrisk komfyr, i uke 8 lettsaltet sideflesk på gassbluss og i uke 10 røkt bacon på gassbluss. Forsøkene gikk over tre dager hver uke. Det ble gjennomført 5 stekerunder á 15 min som ble etterfulgt av 25 min pause, totalt 3 timer og 20 minutt. Det ble målt konsentrasjon av PAH, aldehyder og totalpartikler, samt konsentrasjon og størrelsesfordeling til partiklene. Alle målingene ble foretatt i pustesonen til testpersonene. Alt måleutstyr var personbåret, bortsett fra TSI-3936 Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS) som ble brukt for å fastslå partikkelkonsentrasjon og størrelsesfordeling. Dette systemet er stasjonært, men målingene ble foretatt via en silikonslange som ble plassert i pustesonen til testpersonen som sto for steking. For å utføre steking ble det rekruttert tre kvinnelige studenter ved NTNU. Alle testpersonene hadde en dag som "steker" hver uke. De andre dagene sto de rundt komfyren og var behjelpelig med å legge i og ta av ferdigstekt lettsaltet sideflesk/røkt bacon.

Resultatene fra våre forsøk viser generelt at steking av lettsaltet sideflesk/røkt bacon genererer høyere peak-konsentrasjon av partikler enn det som har blitt funnet i andre forsøk med steking av mat (Yeung & To, 2008), (Buonanno et al., 2009). Imidlertid har steking av oksebiff blitt vist å kunne generere høyere peak-konsentrasjon av partikler (Sjaastad et al., 2010). I våre forsøk har steking av lettsaltet sideflesk/røkt bacon på gassbluss blitt funnet å generere høyere konsentrasjon av partikler enn steking av lettsaltet sideflesk på elektrisk komfyr. Årsaken til dette er sannsynligvis brenning av gass og brenning av fett/matrester på gassblusset. Partikler generert ved brenning av gass på gassblusset har blitt vist å være kilden til de aller minste partiklene (<14,6 nm). Forskjellen i partikkelkonsentrasjon mellom steking av lettsaltet sideflesk og røkt bacon ved hjelp av gassbluss og steking av lettsaltet sideflesk på elektrisk komfyr er størst for partikler med mobilitetsdiameter på henholdsvis 98,2 og 88,2 nm. I dette størrelsesområdet bidrar partikler generert av gassblusset med en relativt lav partikkelkonsentrasjon som ikke alene kan forklare differansen mellom bruk av elektrisk komfyr og gassbluss. Sannsynlig forklaring på differansen er en kombinasjon av forbrenning av gass og forbrenning av fett/matrester på gassblusset. For partikler >300 nm er det liten forskjell i partikkelkonsentrasjon mellom bruk av gassbluss og elektrisk komfyr.

Brenning av gass på gassblusset bidrar med svært liten konsentrasjon av partikler for så store mobilitetsdiametre.

Det registreres at mobilitetsdiameteren ved peak partikkelkonsentrasjon endrer seg med tiden ved bruk av gassbluss. Årsaken til dette er sannsynligvis koagulering. Partikler koagulerer og danner færre, men større partikler. Graden av koagulasjon er avhenger av kvadratet av partikkelkonsentrasjonen (Nazaroff, 2004). Dette kan være årsaken til at vi observerer en forandring i mobilitetsdiameter i våre forsøk med steking av lettsaltet sideflesk/røkt bacon på gassbluss, mens det ikke har vært observert tilsvarende endring i mobilitetsdiameter i lignende forsøk (Dennekamp et al., 2001). Ved bruk av elektrisk komfyr ligger mobilitetsdiameteren stabilt gjennom hele forsøket. Når det gjelder konsentrasjonen av totalpartikler, observeres det at konsentrasjonen er relativt lik ved steking av lettsaltet sideflesk på gassbluss og elektrisk komfyr. Konsentrasjonen av totalpartikler er vesentlig lavere ved steking av røkt bacon på gassbluss, noe som sannsynligvis kan forklares med at det røkte baconet hadde lavere fett- og vanninnhold enn det lettsaltede sideflesket.

Summary in English

It has previously been found a connection between exposure to cooking fumes and health effects, especially respiratory symptoms. It has also been identified a number of mutagenic and carcinogenic compounds in cooking fumes, and the incidence of cancer of the respiratory system has been found to be higher than among the rest of the population (Lund, 1986), (Coggon et al., 1986), (Berg et al., 1988), (Ng et al., 1993), (Notani et al., 1993).

IARC (2010) has stated that compounds like PAH and aldehydes are especially important when it comes to cancer and cooking fumes. The concentration of pollutants in the air as a result of cooking can vary widely. Compounds in cooking fumes may vary based on what kind of food being cooked and what type of cooking oil / fat that is used, temperature and cooking method. Especially important is to avoid burning of the oil, since it increases the generation of particles to a large extent (Evans et al., 2008).

All experiments were conducted in a laboratory kitchen in the basement of Gamle Fysikk, NTNU, in week 5, 8 and 10, 2011. In week 5 unsmoked bacon was fried on an electric stove, in week 8 unsmoked bacon was fried on a gas burner and in week 10 smoked bacon was fried on a gas burner. The experiments were performed over three days each week. Five 15 min frying-experiments were each followed by 25 min of rest, a total of 3 hours and 20 minutes. Concentrations of PAHs, aldehydes and particles were measured in the breathing zone of the test subject. All measuring equipment was carried by the test subject, except for the TSI 3936 Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS) that was used to determine particle concentration and size distribution. This system is stationary, but the measurements were made through a silicone hose that was placed in the breathing zone of the test subject who was responsible for cooking. To carry out the cooking three female students were recruited at NTNU. All test subjects had a day as cook every week. The other days they stood around the stove and helped the cook putting in and remove bacon from the pan.

The results of our experiments show that pan-frying unsmoked- and smoked bacon in general generate higher concentration of particles than has been found similar experiments (Yeung & Two, 2008), (Buonanno et al., 2009). Pan-frying of beefsteak in soybean oil and margarine may generate higher particle concentrations (Sjaastad et al., 2010). In our experiments pan-frying unsmoked and smoked bacon on a gas burner has been found to generate higher concentration of particles than pan-frying unsmoked bacon on an electric stove. The reason for this is probably combustion of gas and combustion of fat and food particles on the gas burner. Particles generated by gas combustion has been shown to be the source of the smallest particles (<14.6 nm). The difference in particle concentration between pan-frying unsmoked- and smoked bacon on a gas burner and pan-frying unsmoked bacon on electric stove is greatest for particles with mobility diameters 98,2 and 88,2 nm respectively. In this size range the contribution of particles from the gas burner is relatively small and cannot alone explain the difference in particle concentration between the use of an electric stove and gas burner. Likely explanation for the difference is a combination of

combustion of gas and combustion of fat and food particles on the gas burner. For particles >300 nm, there is little difference in particle concentration between the use of gas burner and electric stove. Combustion of gas on the gas burner contributes only with a small number of particles for particles with mobility diameter >300 nm.

We have noted that mobility diameter at peak particle concentration changes with time using gas burner. The reason for this is most likely coagulation. Particles coagulate and form fewer, but larger particles. The degree of coagulation is dependent on the square of the particle concentration (Nazaroff, 2004). This may be the reason why we observe a change in mobility diameter in our experiments with pan-frying bacon on gas burner, while it has not been observed corresponding change in mobility diameter in similar experiments (Dennekamp et al., 2001). In the experiments using an electric stove the mobility diameter is found to be stable during the experiment. The concentration of total particles is relatively similar when unsmoked bacon is pan-fried on a gas burner and an electric stove. The concentration of total particles is significantly lower when pan-frying smoked bacon on the gas burner, which probably can be explained with lower fat and water content than unsmoked bacon.

Innhold

1.0 Innledning.....	1
1.1 Stekeos	1
1.2 Luftbårne partikler	1
1.3 Viktige prosesser	1
2.0 Fett/oljer.....	1
2.1 Vegetabilsk fett.....	2
2.2 Animalsk fett	3
2.3 Transfettsyrer	3
3.0 Termisk degradering av fett/oljer	5
3.1 Oksidative reaksjoner og produkter.....	6
3.2 Hydrolytiske reaksjoner og produkter.....	6
3.3 Pyrolytiske reaksjoner og produkter	7
4.0 Termisk degradering av vegetabilsk fett/oljer	9
4.1 Oksidativ degradering	9
4.2 Pyrolytisk degradering.....	10
5.0 Termisk degradering av animalsk fett	11
5.1 Oksidativ degradering.....	11
5.2 Pyrolytisk degradering.....	12
6.0 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)	14
6.1 Ulike typer PAH	14
6.2 Resultater fra tidligere studier	16
7.0 Aldehyder	18
7.1 Ulike typer aldehyd	18
7.2 Resultater fra tidligere studier	19
8.0 Heterosykliske aminer (HCA).....	21
9.0 Nitrosaminer/nitrosamider (NOC).....	22
10.0 Partikler	23
10.1 Koagulering av partikler	23
10.2 Endring av peak partikkelkonsentrasjon/mobilitetsdiameter som følge av økt temperatur ...	27
10.3 Resultater fra tidligere studier	28
11.0 Totalpartikler	32
12.0 Helseeffekter	33
12.1 Epidemiologiske studier	33

12.2 Helsekadelige komponenter i stekeos.....	33
12.2.1 Partikler	34
12.2.2 PAH.....	35
12.2.3 Aldehyder	36
12.2.4 HCA.....	36
13.0 Oppgavens målsetting.....	37
14.0 Materiell og metoder	37
14.1 Lettsaltet sideflesk/røkt bacon.....	38
14.2 Laboratoriekjøkkenet	39
14.3 Testpersonene.....	39
14.4 Stekeprosedyre.....	40
14.5 Personbåret måleutstyr.....	41
14.5.1 Totalpartikler	41
14.5.2 PAH.....	42
14.5.3 Aldehyder	42
14.6 Stasjonært måleutstyr – Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS)	43
14.6.1 Instrumentets funksjon	43
14.6.2 Bruk av instrumentet.....	44
14.7 Etterbehandling av data fra SMPS.....	45
14.7.1 Fjerning av spikes	45
14.7.2 Beregning av gjennomsnitt for hver stekeuke	46
14.7.3 Instrumentstopp.....	47
14.7.4 dN/dlogDp	48
14.7.5 3D - grafisk framstilling av de tre ulike stekeforsøkene	48
14.7.6 Cut-off.....	48
14.7.7 2D - grafisk framstilling av hver stekerunde.....	48
14.7.8 2D - grafisk framstilling av stekeforsøkene og gassblusssets innvirkning	48
14.7.9 2D - grafisk framstilling av partikkelfordeling ved ulike tidspunkt.....	48
14.8 Urinprøver	49
14.9 Spørreskjema.....	49
15.0 Resultater	50
15.1 Partikler – Totalt resultat	50
15.2 UFP – Totalt resultat.....	52
15.3 Partikler – Gjennomsnitt av de tre stekedagene, første stekerunde.....	54

15.4 UFP – Gjennomsnitt av de tre stekedagene, første stekerunde	56
15.5 Partikler – Bruk av gassbluss	58
15.6 Gassblussets innvirkning på den målte partikkelkonsentrasjonen og størrelsesfordeling	59
15.7 Variasjon mellom stekerundene	60
15.8 Endring av mobilitetsdiameter i løpet av stekeforsøket	62
15.9 Totalpartikler	63
16.0 Diskusjon	64
16.1 PAH	65
16.2 Aldehyder	67
16.3 Partikler	70
16.3.1 Partikkelkonsentrasjon/mobilitetsdiameter	70
16.3.2 Koagulering av partikler	75
16.3.3 Temperatur.....	76
16.4 Totalpartikler	77
16.5 Ventilator.....	80
16.6 Grunnventilasjon/kjøkkenkonfigurasjon	81
16.7 Bruk av silikonslange til partikkeltransport	83
17.0 Konklusjon	83
17.1 PAH	84
17.2 Aldehyder	84
17.3 Partikler	85
17.4 Totalpartikler	86
17.5 Anbefalinger	87
18.0 Bibliografi	88
19.0 Vedlegg	100
19.1 Vedlegg 1 – Stekeprosedyre	100
19.2 Vedlegg 2 – Flow og tidspunkt	106
19.3 Vedlegg 3 – Totalpartikler, filtervekt.....	115
19.4 Vedlegg 4 – Totalpartikler, veid fra PAH-filterkassetter.....	117
19.5 Vedlegg 5 – Totalpartikkel, beregninger	119
19.6 Vedlegg 6 – Spørreskjema	120
19.7 Vedlegg 7 – Partikkelkonsentrasjon v/ steking av biff	121

Liste over tabeller

Tabell 1: Noen viktige fettsyrer (Scmedes, 2011). Fettsyrene skrives ofte med forkortelser; eksempelvis 18:1 ω 9. Det første tallet angir lengden på karbonkjeden, det andre tallet angir antall dobbeltbindinger. ω er den greske bokstaven "omega" og angir det siste karbonatomet hvor det sitter en dobbeltbinding. Fettsyrene inndeles i "familier" på bakgrunn av dette; eksempelvis: omega 3-, omega 6- og omega 9-fettsyrer.....	2
Tabell 2: Typisk fettsyresammensetning i forskjellige typer planteoljer og animalsk fett. Omtrentlige verdier i % (store variasjoner kan forekomme) (Scmedes, 2011).	3
Tabell 3: Oversikt over aldehyder målt ved oppvarming av soyaolje, solsikkeolje og smult (Dung et al., 2006).....	20
Tabell 4: Oversikt over aldehyder målt ved steking av biffretter i tre ulike restauranter (Sjaastad & Svendsen, 2009).	20
Tabell 5: Oversikt over aldehyder målt ved steking av biff i margarin og soyaolje på henholdsvis elektrisk komfyr og gassbluss (Sjaastad & Svendsen, 2010).	20
Tabell 6: Konsentrasjon av totalpartikler målt ved hjelp av filterkassetter.	64

Liste over figurer

Figur 1: Triacylglycerol med mettet fettsyre øverst, enumettet fettsyre i midten og flerumettet fettsyre nederst. Esterbinding markert med pil (Wikipedia, 2011a).	2
Figur 2: Oljesyre i trans- og cis-form (Wikipedia, 2011b).	4
Figur 3: Ulike måter acrolein kan dannes gjennom degradering av triacylglycerol i vegetabilsk fett og fett fra biff (Umano & Shibamoto, 1987).	7
Figur 4: Pyrolytiske reaksjoner og produkter av triacylglycerol (Shahidi et al., 1997).	8
Figur 5: Dannelse av monoacylglycerol og acrolein gjennom pyrolyse og hydrolyse av triacylglycerol (Shahidi et al., 1997).	9
Figur 6: Termisk degradering av triacylglycerol med umettede fettsyrer (Schwab et al., 1988, sitert i Heiskanen, 2009).	10
Figur 7: Oksidasjonsprodukter av mettet fettsyre (Shahidi et al., 1997).	12
Figur 8: Sannsynlig reaksjonsmekanisme for termisk degradering av triacylglycerol med mettede fettsyrer (Alencar et al. , 1983).	13
Figur 9: Degradering av en ester til to radikaler, A og B (sted for oppsplitting vist med striplede linjer) (Heiskanen, 2009).	13
Figur 10: Eksempler på ulike typer PAH (World Health Organization, 1998).	16
Figur 11: Eksempler på ulike typer trans-2-alkenaler (Ichihashi et al. , 2001).	18
Figur 12: Trans,trans-2,4-decadienal (t,t-DDE) (Wikipedia, 2010).	19
Figur 13: HCA av amino-imidazo-azaarene-type (Slagteriernes Forskningsinstitutt, 2009).	21
Figur 14: Eksempel på hvordan NOC kan dannes fra et sekundært amin (Slagteriernes Forskningsinstitutt, 2009).	22
Figur 15: Eksempel på brownske bevegelser, hvor en partikkel skifter bevegelsesretning når den støter inn i andre partikler (Lee & Hoon, 2011).	24
Figur 16: Økning av mobilitetsdiameter med tiden på grunn av at små partikler koagulerer (Wallace et al., 2008).	25
Figur 17: Reduksjon i konsentrasjon av de minste mobilitetsdiameterne som følge av koagulasjon (Wallace et al., 2008).	25
Figur 18: Økning av mobilitetsdiameter med tiden (Dennekamp et al., 2001).	27
Figur 19: Endring av peak partikkelkonsentrasjon som følge av temperaturøkning (Siegman & Sattler, 1996).	28
Figur 20: Oversikt over respirasjonssystemet (Healthwise Inc, 2008).	35
Figur 21: Bilde av laboratoriekjøkkenet som ble brukt under forsøkene. Her er gassbluss montert. ..	39
Figur 22: Bilde av testpersoner påkledd ryggsekker med pumper.	40
Figur 23: Bilde av ferdig oppdelt røkt bacon i 3-4mm tykke skiver.	40
Figur 24: Bilde av overflødig fett etter en stekerunde.	41
Figur 25: Bilde av testpersoner påmontert måleutstyr. Filterkassett på den nærmeste testpersonen og svart slange til SMPS har glidd noe ned i det bildet ble tatt.	43
Figur 26: Snitt av innsiden i en impactor (Hinds, 1982, gjengitt i TSI Incorporated, 2002b).	43
Figur 27: Skjematisk oversikt over flow TSI-3025A (TSI Incorporated, 2002c).	44
Figur 28: Bilde av TSI-3936 SMPS med TSI-3080 EC, påmontert TSI-3081 LDMA til venstre. TSI-3025 CPC sees i midten. Til høyre sees pcen som ble brukt til å styre målingene. I nedre venstre kant sees den svarte slangen som ble påmontert kokken.	44
Figur 29: Eksempel på instrumentfeil, slik målingen vises i Aerosol Instrument Manager (Ruth & Jokstad, 2005).	46

Figur 30: Eksempel på peak-verdi som følge av instrumentfeil. Verdien for størrelseskolonnen i AJ33 ble erstattet med gjennomsnittet av målingen før (AJ32) og målingen etter (AJ34).	46
Figur 31: Beregning av gjennomsnittsverdier for hver størrelseskanal i hver måleserie. Hver kolonne, unntatt A og B, representerer en størrelseskanal. Hver rad, unntatt tallverdier under kolonne A og B, representerer en måleserie.....	47
Figur 32: Gjennomsnittsverdier i intervallet fra og med 27 min etter start til og med 63 min etter start ble beregnet på bakgrunn av måleverdier fra de to første dagene (se formel innrammet i rødt).....	47
Figur 33: Steking av lettsaltet sideflesk på elektrisk komfyr, totalt resultat.....	50
Figur 34: Steking av lettsaltet sideflesk på gassbluss, totalt resultat.....	50
Figur 35: Steking av røkt bacon på gassbluss, totalt resultat.....	51
Figur 36: UFP ved steking av lettsaltet sideflesk på elektrisk komfyr.	52
Figur 37: UFP ved steking av lettsaltet sideflesk på gassbluss.	52
Figur 38: UFP ved steking av røkt bacon på gassbluss.	53
Figur 39: Steking av lettsaltet sideflesk på elektrisk komfyr, første stekerunde.	54
Figur 40: Steking av lettsaltet sideflesk på gassbluss, første stekerunde.	54
Figur 41: Steking av røkt bacon på gassbluss, første stekerunde.	55
Figur 42: UFP ved steking av lettsaltet sideflesk på elektrisk komfyr, første stekerunde.	56
Figur 43: UFP ved steking av lettsaltet sideflesk på gassbluss, første stekerunde.	56
Figur 44: UFP ved steking av røkt bacon på gassbluss, første stekerunde.....	57
Figur 45: Stekerunde med kun gassbluss, uten steking av lettsaltet sideflesk/røkt bacon.	58
Figur 46: Stekerunde med kun gassbluss, uten steking av lettsaltet sideflesk/røkt bacon, UFP.	58
Figur 47: Gjennomsnitt av alle måleserier under steking, pausene er ekskludert, for de tre stekeforsøkene – lineær framstilling.....	59
Figur 48: Gjennomsnitt av alle måleserier under steking, pausene er ekskludert, for de tre forsøksseriene – logaritmisk framstilling.	59
Figur 49: Steking av lettsaltet sideflesk på elektrisk komfyr.....	60
Figur 50: Steking av lettsaltet sideflesk på gassbluss.	60
Figur 51: Steking av røkt bacon på gassbluss.	61
Figur 52: Partikkelfordeling - steking av lettsaltet sideflesk på elektrisk komfyr.....	62
Figur 53: Partikkelfordeling - steking av lettsaltet sideflesk på gassbluss.....	62
Figur 54: Partikkelfordeling - steking av røkt bacon på gassbluss.....	63

1.0 Innledning

1.1 Stekeos

Begrepet "stekeos" brukes om de synlige forurensingene som dannes under matlaging. Når mat tilberedes ved steking under høy temperatur kan flere kjemiske reaksjoner oppstå. Det som avgjør mengde og type forurensing i luften er mengde/type mat som tilberedes, evt. bruk av stekeolje, temperatur, oppvarmings- og tilberedningsmetode (See et al., 2006), (Kuo et al., 2006), (Slagteriernes Forskningsinstitutt, 2009). Størstedelen av forurensingen som dannes under matlaging består av damp fra vanninnholdet i maten som tilberedes, eller fra vann som tilsettes i matlagingen. Ved typiske temperaturer som oppnås ved matlaging, spesielt steking og grilling, dannes også oljeaerosoler fra maten/stekeoljen som følge av sprut og damp, forbrenningsprodukter og organiske gasser. Uorganiske- og organiske ioner, metaller og PAH er en stor del av denne fraksjonen. (Vainiotalo & Matveinen, 1993), (Svendsen et al., 2002), (IARC, 2010).

1.2 Luftbårne partikler

Det har blitt vist at en gjennomsnittlig voksen person tilbringer opp mot 65 % av tiden hjemme og 89 % av tiden i miljø som kan beskrives som innendørs (Leech et al., 2002). Siden det har skjedd en dramatisk nedgang i innendørs røyking i Norge, er nå matlaging, spesielt stekeos, den viktigste kildene til luftbårne partikler (PM) i hjemmet (Nyborg & Rege, 2000), (Abt et al., 2000b). Begrepet "luftbårne partikler" inkluderer ultrafine partikler (UFP) og fine partikler (PM_{2,5}) (IARC, 2010). UFP har aerodynamisk diameter <0,1 µm (100 nm), mens PM_{2,5} har en aerodynamisk diameter <2,5 µm (2500 nm) (Sjaastad, 2010).

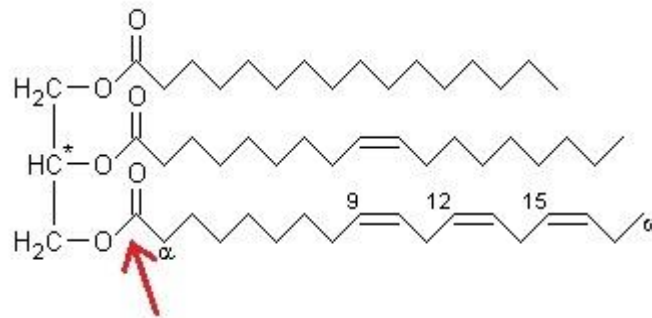
1.3 Viktige prosesser

De viktigste prosessene når mat tilberedes er degradering av sukker, pyrolyse av proteiner/aminosyrer og degradering av fett. Flere av produktene som dannes er aromatiske forbindelser. Disse dannes hovedsakelig i mindre mengder (Vainiotalo & Matveinen, 1993). Det har blitt funnet at de mest flyktige komponentene som dannes under steking er aldehyder, alkoholer, ketoner, alkaner, fenoler og syrer (Felton, 1995).

2.0 Fett/oljer

Fett og oljer er synonyme i den forstand at de refererer til samme kjemiske forbindelse. Det som skiller dem er at oljene vanligvis er flytende ved romtemperatur, mens fett er fast ved samme temperatur (Mørk, 1973, sitert i Berg, 1996). Det man vanligvis forstår med fett og oljer er hovedsakelig triacylglyserol (triglyserid) med tre fettsyrer forestret med esterbinding til glyserol (se Figur 1). Disse tre fettsyrene er oftest forskjellige, og utgjør totalt over 90 % av triacylglyserolets vekt (Lande & Tonstad, 2010). Mettede fettsyrer kjennetegnes av enkeltbindinger mellom karbonatomene, mens umettede fettsyrer har en eller flere dobbeltbindinger mellom karbonatomene, og benevnes henholdsvis enumettet- og

flerumettet fettsyre (Eeg-Larsen, 2001). Vegetabilsk fett utvinnes gjerne fra soya, raps, solsikke og oljepalmer, mens mesteparten av det animalske fett vi bruker kommer fra svin, storfe, sau og fjærkre (Heiskanen, 2009) (se fettsyreinnhold i Tabell 1).



Figur 1: Triacylglycerol med mettet fettsyre øverst, enumettet fettsyre i midten og flerumettet fettsyre nederst. Esterbinding markert med pil (Wikipedia, 2011a).

Tabell 1: Noen viktige fettsyrer (Scmedes, 2011). Fettsyrene skrives ofte med forkortelser; eksempelvis 18:1 ω 9. Det første tallet angir lengden på karbonkjeden, det andre tallet angir antall dobbeltbindinger. ω er den greske bokstaven "omega" og angir det siste karbonatomet hvor det sitter en dobbeltbinding. Fettsyrene inndeles i "familier" på bakgrunn av dette; eksempelvis: omega 3-, omega 6- og omega 9-fettsyrer.

Fettsyre	Familie	Antall dobbeltbindinger	Forkortelse	Forekommer hyppigst i:
Palmitinsyre		0	16:0	Animalsk fett
Stearinsyre		0	18:0	Animalsk fett
Oljesyre	ω 9 (n-9)	1	18:1 ω 9	Olivenolje, rapsolje
Linolsyre	ω 6 (n-6)	2	18:2 ω 6	Planteoljer generelt
Alfa-linolensyre	ω 3 (n-3)	3	18:3 ω 3	Rapsolje, soyaolje
Gamma-linolensyre	ω 6 (n-6)	3	18:3 ω 6 (GLA)	Nattlysolje, hjulkroneolje
Arachidonsyre	ω 6 (n-6)	4	20:4 ω 6	Kjøtt
Eicosapentaensyre	ω 3 (n-3)	5	20:5 ω 3 (EPA)	Fisk
Docosahexaensyre	ω 3 (n-3)	6	22:6 ω 3 (DHA)	Fisk

2.1 Vegetabilsk fett

I tillegg til triacylglycerol med forestrete fettsyrer, inneholder vegetabilsk fett også små mengder av steroler, voks, fettløselige vitaminer og fenoler, og man vil også finne noen frie fettsyrer (Shahidi et al., 1997). Vegetabilsk fett kan også inneholde monoacylglycerol, diacylglycerol, fosfolipider, karotener, estrifiserte steroler og klorofyll. Den mest vanlige fettsyren i planteoljer er C18 (se Tabell 2) (Wittcoff et al., 2004, sitert i Heiskanen, 2009), (Scrimgeour et al., 2005 sitert i Heiskanen, 2009).

2.2 Animalsk fett

På samme måte som vegetabilsk fett, inneholder animalsk fett også små mengder av steroler, voks, fettløselige vitaminer, fenoler og frie fettsyrer (Shahidi et al., 1997). Animalsk fett inneholder imidlertid ikke monoacylglyserol, diacylglyserol, fosfolipider, karotener, estrifiserte steroler og klorofyll på samme måte som vegetabilsk fett (Wittcoff et al., 2004, sitert i Heiskanen, 2009), (Scrimgeour et al., 2005 sitert i Heiskanen, 2009). I animalsk fett fins det flere vanlige fettsyrer, hvorav C16 og C18 er to av disse (Se Tabell 2). Fettsyrene på triacylglyserol i animalsk fett er i hovedsak mettede, eller har en eller to dobbeltbindinger. Totalt regner man med at det fins over 1000 kjente fettsyrer. Imidlertid fins bare ca 20 av disse i planteoljer og animalsk fett som selges kommersielt, hvor lengden av karbonkjeden stort sett varierer mellom C16 og C22 (Wittcoff et al., 2004, sitert i Heiskanen, 2009), (Scrimgeour et al., 2005 sitert i Heiskanen, 2009).

Tabell 2: Typisk fettsyresammensetning i forskjellige typer planteoljer og animalsk fett. Omtrentlige verdier i % (store variasjoner kan forekomme) (Scmedes, 2011).

	16:0	18:0	18:1 ω 9	18:2 ω 6	18:3 ω 3
Rapsolje	5	2	59	20	10
Olivenolje	14	3	69	12	0,7
Solsikkeolje	7	5	27	61	0,1
Vindruerkjerneolje	8	5	27	68	0,5
Maisolje	13	2	31	51	1,0
Soyaolje	11	4	22	53	8
Sesamolje	9	5	39	45	0,4
Jordnøttolje	11	3	52	29	0,1
Kakaosmør	26	34	35	3	0,2
Smør	25	12	27	2	2
Svinefett	26	15	49	10	0
Oksefett	27	7	47	2	0

Soyaolje og svinefett illustrerer forskjellen i fettsyresammensetning i vegetabilsk- og animalsk fett. Triacylglyserol i soyaolje og svinefett inneholder en rekke forskjellige fettsyrer, hvorav de viktigste er nevnt i Tabell 2. Soyaolje er saften fra soyabønnen og finnes både som ren olje og som tilsats i margarin og mat. Svinefett finnes naturlig nok i kjøttprodukter av svin, men også som smult. Av Tabell 2 ser vi at soyaolje har mye større andel 18:2 ω 6 (linolsyre) og 18:3 ω 3 (alfa-linolensyre) enn svinefett. Dette er flerumettede fettsyrer. Svinefett har til sammenligning en mye større andel av den enumettede fettsyren 18:1 ω 9 (oljesyre) og de mettede fettsyrene 16:0 (palmitinsyre) og 18:0 (stearinsyre) enn soyaolje.

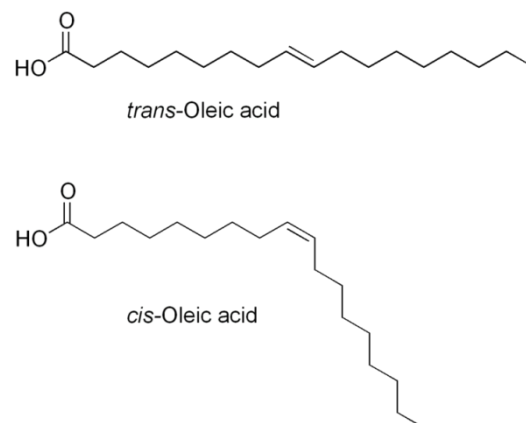
2.3 Transfettsyrer

Umettede fettsyrer har, som tidligere nevnt, en- eller flere dobbeltbindinger. De to karbonatomene som er bundet sammen med dobbeltbinding kan være i cis- eller trans-form (se Figur 2). I cis-form er de tilhørende hydrogenatomene på samme siden som dobbeltbindingen. Dette gjør at fettsyrekjeden bøyer seg og blir mindre fleksibel. Jo flere

dobbeltbindinger som er i cis-form, desto mindre fleksibilitet vil fettsyrekjeden ha. Fettsyrekjeden vil også bli veldig kurvet. I trans-form er hydrogenatomene bundet på hver sin side av dobbeltbindingen. Dette gjør at fettsyrekjeden ikke bøyer seg, men har en form og egenskaper som er mer lik rette, mettede fettsyrer (Johansson et al., 2006), (Helsedirektoratet, 2007). I de fleste naturlig forekommende umettede fettsyrer er dobbeltbindingen i cis-form.

Transfettsyrer er spesielt kjent for å kunne påvirke blodlipider gjennom kosten (Helsedirektoratet, 2007). Termisk degradering av transfettsyrer og evt danning av trans-aldehyd er imidlertid mindre studert. Transfettsyrer finnes spesielt i industrielt produserte matvarer hvor man bruker delvis herdede oljer som en ingrediens, f.eks. bakervarer, og naturlig i melk og kjøtt fra drøvtyggere som storfe og sau (Helsedirektoratet, 2007). Det har blitt funnet at andelen transfettsyrer kan øke ved termisk degradering av rapsolje, og at konsentrasjonen stiger med økende temperatur og tid. Dette indikerer at det kreves en viss mengde energi for å endre fettsyren fra cis- til trans-form (Aladedunye & Przybylski, 2009).

Transfettsyrene vil ha høyere smeltepunkt enn cisfettsyrene, og er derfor fastere ved vanlig temperatur. I margarinindustrien har vegetabilske- og marine oljer blitt hydrogenert (herdet) for å gjøre dem faste og mer stabile ovenfor oksidasjon. Under denne prosessen vil dobbeltbindingene i de umettede fettsyrene omdannes til enkeltbindinger, og dermed blir de umettede fettsyrene omdannet til mettede fettsyrer. Dersom hydrogeneringen er ufullstendig (delvis eller partiell herding) vil en del av fettsyrene mettes, mens en annen del vil omdannes fra cis- til trans-form. Dette kan også skje ved raffinering av oljer ved høye temperaturer (over 180 °C) (Helsedirektoratet, 2007).



Figur 2: Oljesyre i trans- og cis-form (Wikipedia, 2011b).

I "Den store matvaretabellen" (Statens råd for ernæring og fysisk aktivitet et al., gjengitt i Mattilsynet og Sosial- & Helsedirektoratet, 2005) står det oppgitt at fett fra kalv, storfe og lam inneholder henholdsvis 3,7, 4,1 og 4,8 g transfettsyrer per 100 g fett. Fett fra kylling og svin inneholder henholdsvis 0 og 0,8 g transfettsyrer per 100 g fett. Til sammenligning kan råfett til industriell bruk inneholde mellom 4 og 55 g transfettsyrer per 100 g fett.

Husholdningsmargarin kunne tidligere inneholde betydelige mengder transfettsyrer. I løpet av 1990-årene ble bruken av partielt herdet fett redusert i margarinproduksjonen. I dag inneholder husholdningsmargarin ubetydelige mengder transfettsyrer. Stekeolje kan imidlertid inneholde små mengder transfettsyrer (Mattilsynet & Sosial- og Helsedirektoratet, 2005).

3.0 Termisk degradering av fett/oljer

Når vi snakker om termisk degradering av vegetabilsk- og animalsk fett, mener vi hovedsakelig degradering av triacylglyserol. Denne prosessen er veldig kompleks, da det som nevnt er flere ulike triacylglyserol i både vegetabilsk- og animalsk fett. Disse kan reagere på flere ulike måter og danne en rekke forbindelser (Srivastava & Prasad, 2000, sitert i Heiskanen, 2009). Ved steking kan det skje hydrolytiske-, oksidative- og pyrolytiske reaksjoner (Pokorny et al., 1989, sitert i Shahidi, 1997) Under degradering av triacylglyserol, vil triacylglyserolenes mettetthet, mengden hydroperoksid og andre degraderingsprodukter øke. Dette fører til dannelse av sykliske monomerer, dimere, trimere og høyvektige komponenter. Man vil også finne acylglyseroler og frie fettsyrer (Chang et al., 1978, sitert i Shahidi, 1997) Det har blitt funnet en lineær sammenheng mellom mengden frie fettsyrer og de mutagene egenskapene (Yen & Wu, 2003, sitert i Sjaastad, 2010a). Generelt vil oksidering føre til at karbonyl- og/eller hydroksylgrupper festes til karbonkjeden (Santos et al., 2005). Som resultat av disse reaksjonene, kan man observere økt viskositet og at oljen/fettet blir mørkere, i tillegg vil det bli dannet stekeos ved steking (Varela et al., 1988, sitert i Shahidi et al., 1997).

Triacylglyserol med umettede fettsyrer er mer utsatt for degradering enn triacylglyserol med mettede fettsyrer. Andelen aldehyd som dannes vil kunne være større ved høyt innhold av triacylglyserol med umettede fettsyrer. Triacylglyserol med 16:0 fettsyrer vil f.eks være stabilt mot degradering, mens triacylglyserol med 18:2- og 18:3 fettsyrer vil være mer utsatt for degradering. Imidlertid er det verdt å merke seg at umettet fett kan inneholde antioksidanter som beskytter mot degradering (Monti et al., 2004), (Aladedunye & Przybylski, 2009). Et eksempel er solsikkeolje, som inneholder en høy andel triacylglyserol med umettede fettsyrer. I utgangspunktet vil disse fettsyrene være utsatt for termisk degradering, men antioksidanter vil til en viss grad beskytte mot degraderingen (Storrø, 2011). Olivenolje er en annen olje som er utsatt for degradering på grunn av et høyt innhold av enumettede- og flerumettede fettsyrer. Imidlertid er også olivenolje beskyttet mot degradering av antioksidanter. Det har blitt framsatt hypoteser om at polyfenoler er viktige antioksidanter i så henseende (Fullana et al., 2004a). Å vite sammensetningen av oljen/fettet er avgjørende for å kunne forutsi hvilke produkter man kan få dannet ved termisk degradering og i hvilke konsentrasjoner. Konsentrasjonen av ulike typer triacylglyserol i animalsk fett vil kunne variere avhengig av hvilken besetning dyret kommer fra og hvilken type fôr som dyret har spist. På samme måte vil konsentrasjonen av ulike typer triacylglyserol i vegetabilsk fett kunne variere avhengig av hvilken familie veksten er fra og i

hva slags jordsmonn veksten har blitt dyrket. Fettsammensetningen i to eksemplarer av samme type vare vil av den grunn kunne variere. Det er av disse grunnene vanskelig å sammenligne animalsk- og vegetabilsk fett på generelt grunnlag og forutsi hvilke produkter som dannes ved termisk degradering, og i hvilke konsentrasjoner. Ideelt sett må man analysere sammensetningen i det fett man ønsker å bruke for å kunne forutsi hvilke degraderingsprodukter som kan dannes (Storrø, 2011). Andre viktige faktorer ved termisk degradering er temperatur og tid (Lin & Liou, 2000, sitert i Heiskanen, 2009), (Aladedunye & Przybylski, 2009).

På grunn av de mange ulike fettsyrene i vegetabilsk- og animalsk fett, vil oksidasjon kunne gi en lang rekke forskjellige hydroperoksider med påfølgende ulike kortkjedede oksidasjonsprodukter, f.eks: aldehyder, alkoholer og hydrokarboner. Metyl-ketoner, laktoner og estere dannes ved at et glyserolmolekyl brytes ned til ketosyrer ved oppvarming og kontakt med vann (Berg, 1996). Fett og oljer som utsettes for oppvarming i luft over en lengre tidsperiode kan polymeriseres, og det kan også dannes sykliske strukturer via en Diels-Alder-reaksjon (Berg, 1996). Eksempler på forbindelser som har blitt funnet i stekeos er: akrylamid (IARC, 1994), acrolein (IARC, 1995), acetaldehyd (IARC, 1999), formaldehyd (IARC, 2006), høyere aldehyder, ketoner, alkanoler, estere, PAH, nitro-polysykliske aromatiske hydrokarboner (nitroPAH), HCA og aromatiske aminer (AA) (Sjaastad, 2010). Aldehyder med lav molekylvekt, spesielt om de har dobbeltbinding, er irriterende forbindelser. Acrolein oppstår gjerne via dehydrering fra glyserol, som igjen blir produsert ved hydrolysering av triacylglyserol. PAH dannes fra fett ved temperaturer som oppnås ved grilling, men lave forekomster har også blitt funnet ved vanlig pannesteking (Larsson et al., 1983), (Sjaastad & Svendsen, 2009), (Sjaastad et al., 2010).

3.1 Oksidative reaksjoner og produkter

Oksidasjonsreaksjoner som oppstår under steking har stor innflytelse på oljen/fettet. Ved steketemperatur skjer oksidasjon av triacylglyserol svært raskt. Triacylglyserol oksideres hovedsakelig til hydroperoksider, som videre lett omdannes til monomerer, polymerer og flyktige forbindelser (Pokorny, 1989). Disse produktene kan videre oksideres, dehydreres, estrifiseres, hydrolyseres eller reagere med den stekte maten. Polymerer produsert under steking er hovedsakelig bundet sammen med karbon- eller esterbindinger, svært sjelden peroksidbindinger (Paulose & Chang, 1978, sitert i Shahidi et al., 1997).

3.2 Hydrolytiske reaksjoner og produkter

Hydrolyse er en ionisk reaksjon hvor kationer og anioner katalyserer reaksjonen. Frie fettsyrer og lavvektige syreprodukter, som oppstår på grunn av oksidasjon av oljen/fettet, vil katalysere de hydrolytiske reaksjonene når det er tilgang på en vannfase. Vannfasen kan være maten som stekes, vanndråper eller damp av maten som stekes. Maten kan også inneholde ioner av fosfolipider, organiske syrer, aminosyrer og esterbundet fosforsyre, noe som også kan katalysere reaksjonen (Pokorny, 1989). Hydrolytiske prosesser induseres i

tillegg av acylglyseroler og andre overflateaktive stoffer på maten. Slike overflateaktive stoffer kan emulsifisere vannfasen og øke reaksjonsevnen til stekemediet (Shahidi et al., 1997).

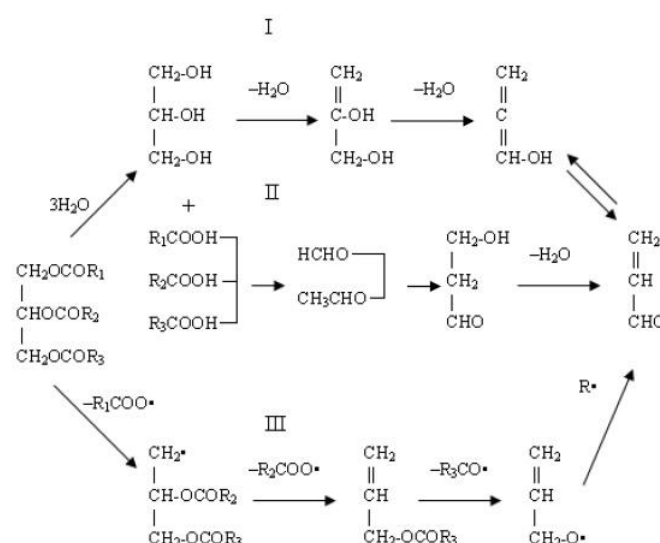
Graden av hydrolytiske reaksjoner som skjer i oljen/fettet avhenger av steketemperatur og kontakten mellom oljen/fettet i stekepannen og vannfasen i maten. Frie fettsyrer kan oppstå, på grunn av hydrolyse av triacylglyserol, når det er tilgang på både vann og varme (Nawar, 1996, sitert i Shahidi et al., 1997). Det dannes i tillegg monoacylglyserol, diacylglyserol og glyserol. Monoacylglyserol og diacylglyserol akkumuleres imidlertid ikke i stekemediet og hydrolyseres raskere enn triacylglycerol. Glyserol er flyktig ved 150-200 °C og fordampes. Over olje-/fettfilmen i pannen vil det videre dannes et teppe av damp, noe som vil redusere mengden oksygen tilgjengelig for oksidasjon (Davidek et al., 1990, sitert i Shahidi et al., 1997).

3.3 Pyrolytiske reaksjoner og produkter

Pyrolyse av fett/oljer skjer i stor grad mellom 300 og 500 °C, men opptrer også fra 200 °C, (Pokorny, 1989), (Heiskanen, 2009). Acrolein er et eksempel på et aldehyd som dannes ved pyrolyse eller hydrolyse av monoacylglycerol, og forekommer hyppig (Shahidi et al., 1997). Spesielt over 300 °C dannes det mye acrolein som følge av pyrolyse (Umano & Shibamoto, 1987).

Umano & Shibamoto (1987) fant tre måter som acrolein kan dannes på ved oppvarming av ulike vegetabiliske oljer og animalsk fett (se Figur 3):

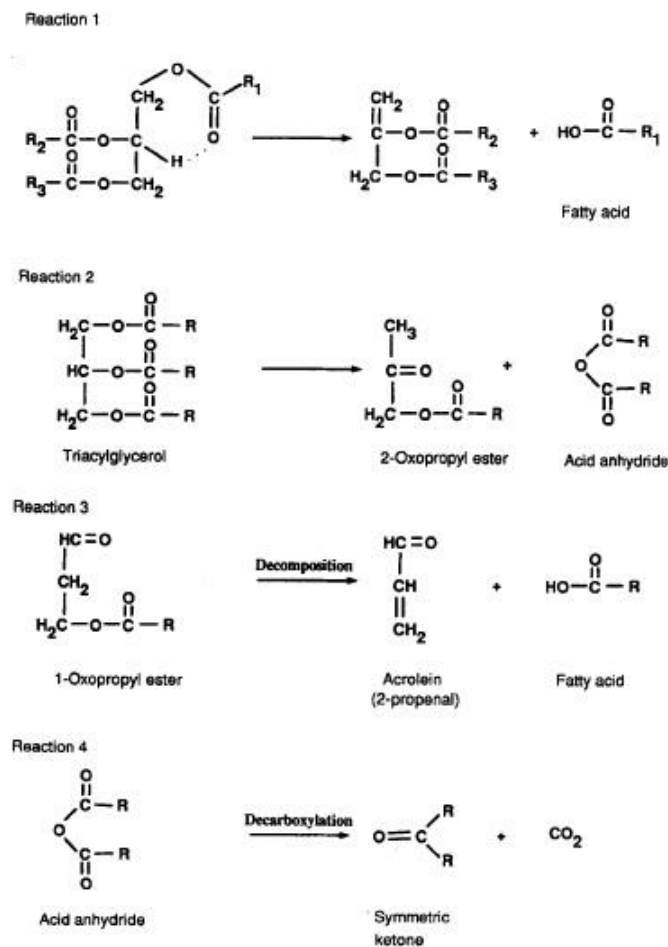
- I. Dehydrering av glyserol.
- II. Dannes fra formaldehyd eller acetaldehyd.
- III. Gjennom en fri-radikal-mekanisme.



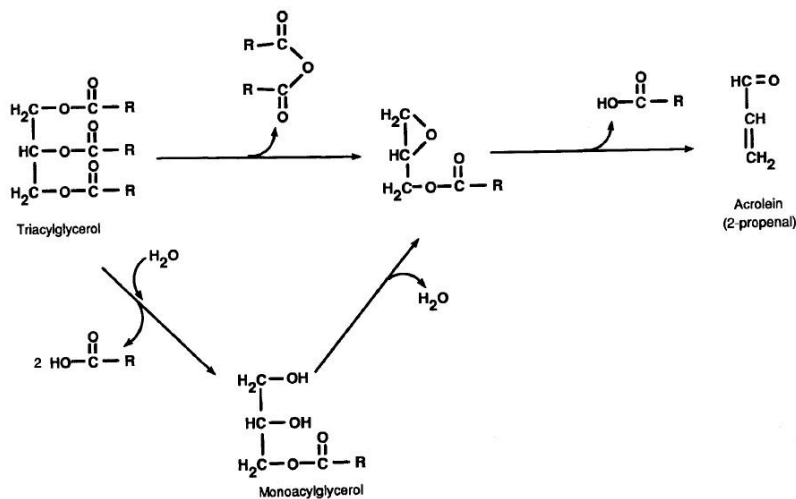
Figur 3: Ulike måter acrolein kan dannes gjennom degradering av triacylglyserol i vegetabilisk fett og fett fra biff (Umano & Shibamoto, 1987).

Dannelsen av alifatiske aldehyder er imidlertid avhengig av type olje/fett og temperatur. Lin & Liou (2000) fant at det ble dannet betydelig mer formaldehyd ved en temperatur på 350 °C ved bruk av svinefett enn det ble ved bruk av vegetabilsk fett. Spesielt fra 400 °C var konsentrasjonen av aldehyd høy ved bruk av svinefett. Ved 300 °C var det imidlertid mindre forskjell på svinefett og vegetabilsk fett. Ved sammenligning av ulike typer olje/fett, ble det generelt dannet større konsentrasjoner av aldehyder ved høyere temperatur.

I et system uten fuktighet vil triacylglycerol danne en ring med 6 atomer som lukkes med en hydrogenbinding. Videre vil det dannes et olefin og en fettsyre (se reaksjon 1 i Figur 4). Avspaltning av syreanhydrid fra triacylglycerol gjør at det dannes 1- eller 2-oxopropylester (se reaksjon 2 i Figur 4). Nedbrytning av 1-oxopropylester gjør at det dannes acrolein og en fri C_n-fettsyre (se reaksjon 3 i Figur 4). Dekarboksylering av syreanhydrid gjør videre at det dannes et keton og karbondioksid (se reaksjon 4 i Figur 4). Ved tilgang på fuktighet kan frie fettsyrer produseres fra acylglyseroler. Frie fettsyrer som produseres av hydrolytiske reaksjoner fordampes delvis. Totalt vil om lag 5 – 15 % av stekeoljen/fettet omdannes til flyktige forbindelser, mindre enn 1 % av disse blir værende i oljen/fettet, resten fordampes. Alkaner og alkener produseres som følge av splitting av karbonforbindelser langs fettsyrekjeden ved høye temperaturer (Shahidi et al., 1997).



Figur 4: Pyrolytiske reaksjoner og produkter av triacylglycerol (Shahidi et al., 1997).



Figur 5: Dannelse av monoacylglyserol og acrolein gjennom pyrolyse og hydrolyse av triacylglyserol (Shahidi et al., 1997).

Både mettede- og umettede aldehyder som blir dannet under oksidering av fett blir videre oksidert til karboksylsyrer og kortkjedede syrer. Oksiderte kortkjedede fettsyrer er typisk sekundære oksidasjonsprodukter dannet som følge av termisk degradering av hydroperoksider (Shahidi et al., 1997).

4.0 Termisk degradering av vegetabilsk fett/oljer

Som nevnt har vegetabilsk fett en større andel umettede fettsyrer enn animalsk fett. Termisk degradering av triacylglyserol med umettede fettsyrer skjer enten via endringer i karbonkjeden, eller frie radikaler. Dannelsen av aromatiske forbindelser kan skje gjennom en Diels-Alder-reaksjon hvor etylen reagerer med et konjugert dien som har blitt dannet under den termiske degraderingen (se Figur 6).

4.1 Oksidativ degradering

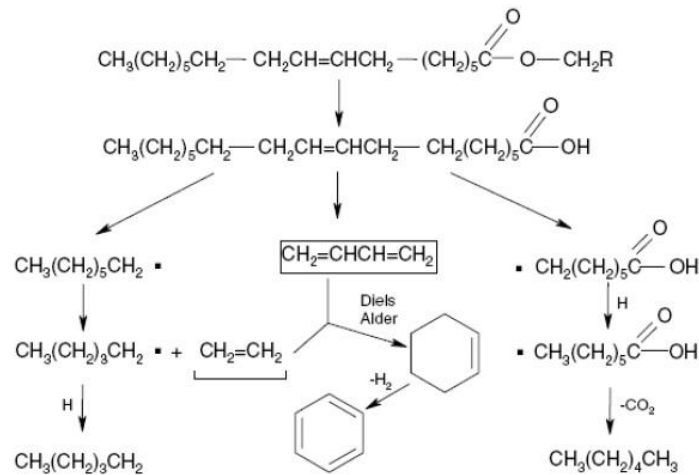
Umettede fettsyrer er mye mer utsatt for oksidasjon enn mettede fettsyrer, og man kan få dannet en kompleks blanding av oksidasjonsprodukter som er vanskeligere å forutse enn for mettede fettsyrer (Shahidi et al., 1997), (Pokorny et al., 1989, sitert i Shahidi, 1997). Ved oksidering av triacylglyserol under høye temperaturer vil man imidlertid få dannet store mengder forbindelser med trans-dobbelbindinger og konjugerte systemer med dobbelbindinger (Alexander, 1977)

Man kan dele alle forbindelsene som dannes inn i flyktige og ikke-flyktige forbindelser, hvor mange av de flyktige forbindelsene vil fordampe til luften under steking.

De flyktige forbindelsene kan være sure (acidic) og ikke-sure (non-acidic):

- **Sure:** Hydrokysyrer, aldehyd-, keto- og dibasiske syrer.
- **Ikke-sure:** Mettede- og umettede hydrokarboner, alkoholer, mettede- og umettede aldehyder, ketoner, estere, laktoner, aromatiske forbindelser og dioksan.

De ikke-flyktige forbindelsene omfatter også en rekke forskjellige forbindelser. Dette kan være forbindelser som inneholder hydroksyl- og karbonylgrupper, epoksider, konjugerte dien-ketoner og alkoxy-substituerte estere.



Figur 6: Termisk degradering av triacylglycerol med umettede fettsyrer (Schwab et al., 1988, sitert i Heiskanen, 2009).

Alencar et al. (1983) foretok eksperimenter med pyrolyse av tropiske planteoljer. Det ble brukt piqui-, babasu- og palmeolje som ble varmet opp til 300-500 °C. I disse eksperimentene ble det funnet at et triacylglycerol som inneholdt en umettet fettsyre, spesielt oljesyre, dannet flere flyktige forbindelser enn et triacylglycerol med mettede fettsyrer. I tillegg til n-alkaner og 1-alkener, produserte triacylglycerol som inneholdt oljesyre mindre mengder sykloparafiner og syklooleofiner. Alencar et al. (1983) relaterte dette til dobbelbindingen mellom karbonatom 9 og 10 i oljesyre. Det ble ikke identifisert noen oksygenholdige forbindelser. Syklooleofiner kan videre omdannes til polysykliske aromatiske hydrokarboner gjennom hydrogen-eliminering (Heiskanen, 2009).

4.2 Pyrolytisk degradering

Dimer-forbindelser kan dannes mellom acyl-grupper i to triacylglycerol-molekyl, eller mellom to acyl-grupper i samme triacylglycerol-molekyl. Jo flere dobbeltbindinger i fettsyrekjeden og jo høyere temperatur, desto større er sjansen for dannelse av sykliske forbindelser, polymerisering og videre dimer-dannelse. Hvis det er et tilstrekkelig antall dobbeltbindinger tilgjengelig, som det kan være i dimere av flerumettede fettsyrer, kan man videre få dannet trimere og polymerer (Shahidi et al., 1997). Sykliske monomerer har blitt vist å virke toksisk i dyreforsøk. Av den grunn bør man være spesielt obs på dannelsen av sykliske monomerer ved steking i høye temperaturer med oljer som inneholder flerumettede fettsyrer (Shahidi et al., 1997).

De viktigste pyrolytiske produktene fra umettede oljer i *nitrogenmiljø* er frie fettsyrer. Et triacylglycerolmolekyl kan danne en rekke alkaner og 1-alkener, hvorav C_{n-1}-alkan dominerer. Man kan også få dannet en C_n-fettsyre, et C_{2n-1} keton, C_n-oxypropylester, C_n-propen,

propandiol diester og C_n-diacylglycerol. I tillegg dannes karbonmonoksid og karbondioksid (Nawar et al., 1985, sitert i Shahidi et al., 1997). I miljø med vanlig luft observeres i tillegg en rekke oksidasjonsprodukter. Graden av pyrolyse vil øke drastisk, og rask reduksjon av røykpunkt observeres. Nivået av frie fettsyrer, monoacylglyceroler, aldehyder og andre oksidasjonsprodukter vil også øke (Shahidi et al., 1997). Fordamping av flyktige forbindelser under steking vil også forandre sammensetningen av oljen.

I et studie hvor rapsolje ble varmet opp til 185 og 215 °C syv timer daglig over syv dager, ble det vist at mengden flerumettede fettsyrer avtok proporsjonalt med steketemperatur og tid (Aladedunye & Przybylski, 2009). Total mengde polare komponenter økte tilnærmet lineært med tiden. Den oksidative degraderingen gikk 2,6 ganger raskere ved 215 °C enn ved 185 °C. Etter syv dager var mengden flerumettede fettsyrer redusert til det halve, mens mengden trans-isomerer hadde økt med en faktor på 2,5 ved oppvarming til 215 °C. Mengden trans-fettsyrer øker med andre ord med økende temperatur og tid. Konsentrasjonen av dimere hadde til sammenligning økt med en faktor på 16 på slutten av den første dagen v/ 215 °C. De neste to dagene økte konsentrasjonen av dimere svakt, for så å avta den resterende tiden. Dette ble forklart med omdanning av dimere til polymere forbindelser og videre degradering av disse. Konsentrasjonen av oksidert triacylglycerol sank med tiden ved begge temperaturene, men gikk 1,5 ganger raskere ved 215 °C. Dette ble forklart med termisk degradering.

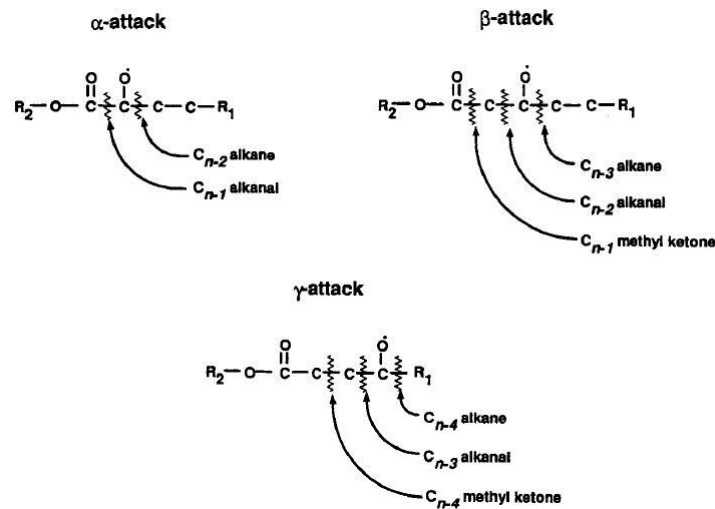
Det har videre blitt vist at kjemiske reaksjoner som skjer når temperaturen i en olje varierer er forskjellig fra de reaksjonene som oppstår under kontinuerlig oppvarming (Aladedunye & Przybylski, 2009). Dette har blitt forklart med at en stor mengde av antioksidantene i oljen forsvinner med stekeos/damp når mat blir lagt i oljen. Av den grunn vil det etter hvert bli mindre mengde antioksidanter som gir beskyttelse mot degradering når oljen varmes opp og brukes til matlaging flere ganger på rad, i forhold til eksperimenter hvor oljen varmes opp til en gitt temperatur og det ikke tilsettes mat.

5.0 Termisk degradering av animalsk fett

5.1 Oksidativ degradering

Når triacylglycerol med mettede fettsyrer og deres estere varmes over 150 °C, produseres en rekke oksidasjonsprodukter. Hvert enkelt triacylglycerol kan gi opphav til en rekke hydrokarboner, aldehyder, ketoner og laktoner. En rekke n-alkaner og 1-alkener dannes, hvorav n-alkaner dominerer. Videre dannes det også store mengder dekarboksileringsprodukter av den opprinnelige fettsyren og hydroperoksid. Oksygen angriper så alle metylen-gruppene på fettsyrekjeden. Majoriteten av oksidative produkter av mettede fettsyrer har kjedelengde som er nær, eller like lang som, den opprinnelige fettsyren. Metyl-ketoner produseres generelt i større mengder enn n-alkanaler. Hydrokarbonene som dannes, er de samme som vil dannes uten tilgang på oksygen, men

mengden som dannes er mye større under oksidative forhold (Shahidi et al., 1997). Oksidasjonen skjer vanligvis i posisjonene α , β , og γ (se Figur 7).



Figur 7: Oksidasjonsprodukter av mettet fettsyre (Shahidi et al., 1997).

5.2 Pyrolytisk degradering

Når enkle, mettede forbindelser eksponeres for varme ved fravær av oksygen, dannes komponenter som hydrokarboner, frie fettsyrer og ketoner. Hvilke produkter som dannes, avhenger av lengden på kjeden til den opprinnelige fettsyren i triacylglyserolmolekylet (Nawar et al., 1985, sitert i Shahidi et al., 1997). Triacylglyserol med mettede fettsyrer kan degraderes og danne frie radikaler på flere måter. Alencar et al. (1983) viser to sannsynlige måter i sin figur (se Figur 8). Alternativ A skjer når en av ester-bindingene i et triacylglyserol degraderes slik at begge oksygenatomene, sammen med en fettsyrekjede, danner et radikal. Alternativ B skjer når en av esterbindingene degraderes slik at bare oksygenatomet som ligger ved siden av fettsyrekjeden danner et radikal sammen med fettsyrekjeden (se Figur 8). N-alkaner og 1-alkener dannes ved dekarboksylering av radikal A, oppsplitting av den nye forbindelsen og eliminering av etylen. N-alkaner og 1-alkener kan også dannes ved tap av keten fra radikal B. Dannelsen av radikaler kan skje med alle tre fettsyreesterne.

involverer dannelse av monohydroperoksider og at oksygenet angriper alle metyl-gruppene på fettsyrekjeden. De dominerende oksidasjonsproduktene til mettede fettsyrer har som nevnt kjedelengde nær-, eller lik, den opprinnelige fettsyren. Dette har ført til konklusjonen at oksidasjonen skjer i α -, β - og γ -posisjon (Crnjar et al., 1981) (se Figur 7).

Et oksidativt angrep på β -karbonet på fettsyrekjeden fører til dannelse av en β -ketosyre som videre kan danne C_{n-1} metyl-ketoner gjennom dekarboksylering. Deling mellom α - og β -karbonet gir opphav til C_{n-2} -alkanaler, mens deling mellom β - og γ -karbonet vil gi opphav til C_{n-3} -hydrokarboner. Det har blitt vist at ved høye temperaturer skjer det heller en dekarboksylering enn en deling mellom α - og β -karbonet eller β - og γ -karbonet (Crnjar et al., 1981). Dekarboksylering, som gjerne skjer ved høye temperaturer, er også årsaken til høyere konsentrasjon av C_{n-1} -alkan ved 250 °C enn 180 °C. Hydroperoksiddannelse ved γ -posisjon er antatt å være årsaken til dannelse av C_n -laktone gjennom syklifisering av hydroksysyrer. Oksygen som angriper α -karbonet forårsaker dannelsen av C_{n-1} -fettsyre, C_{n-1} -alkanal og C_{n-2} hydrokarbon. Videre oksidasjon av disse forbindelsene gjør at det vil dannes mange kortkjedede hydrokarboner, laktone og karbonyl-grupper. Hydroperoksider degraderer hurtig ved høye temperaturer (Crnjar et al., 1981).

Som vi ser fokuserer Schwab et al. (1988), jfr. Figur 6, på splitting av dobbeltbindinger i fettsyrekjeden, mens Alencar et al. (1983), jfr. Figur 8, fokuserer mer på degradering av esterbindinger.

6.0 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

PAH består av ringstrukturer med to eller flere sammenhengende aromatiske ringer (se Figur 10). Det er identifisert mer enn 250 forskjellige PAH, hvorav 15 er klassifisert som potensielt karsinogene (Slagteriernes Forskningsinstitutt, 2009). PAH dannes hovedsakelig som følge av ufullstendig forbrenning av organisk materiale, og kan eksistere både i gass- og partikkelform. PAH med to ringer (f.eks naphthalen), eksisterer stort sett kun i gassfase, PAH med tre eller fire ringer (f.eks anthracen og pyren) kan være i både gass- og partikkelfase, mens komponenter med fem eller seks ringer (f.eks benzo(a)pyren) nesten kun eksisterer i partikkelform (IARC, 2010), (Sjaastad, 2010).

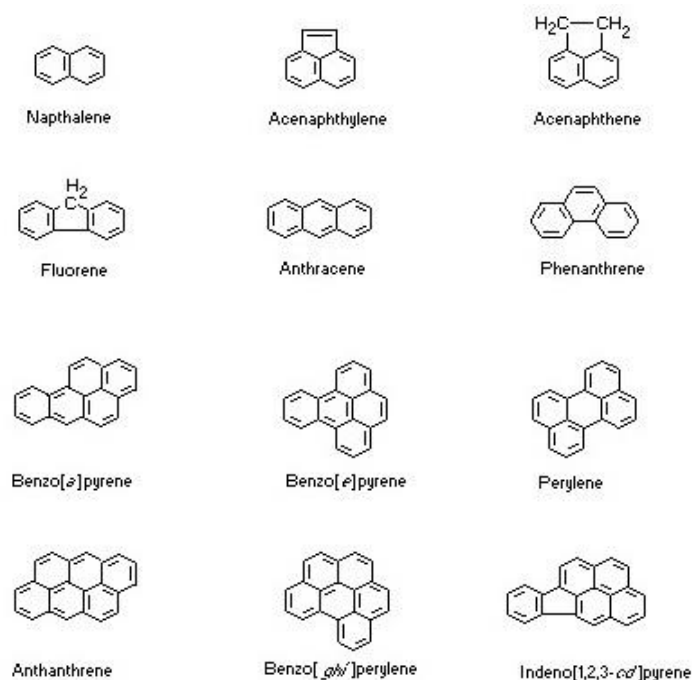
6.1 Ulike typer PAH

IARC (2010) har foretatt en gjennomgang av studier hvor generering av PAH har blitt målt og funnet at PAH som rapporteres oftest er: acenaphthen, acenaphthylen, anthracen, benz(a)anthracen, benzo(b)fluoranthren, benzo(a)pyren, benzo(ghi)perylene, benzo(k)fluoranthren, chrysen, dibenz(ah)anthracen, fluoranthren, fluoren, indeno(1,2,3-cd)pyren, naphthalen, phenanthren og pyren. I kjøttprodukter kan PAH forekomme som nedbrytningsprodukt fra tre ved røyking, mens det i ferskt kjøtt kan påføres ved f.eks grilling, dels som nedbrytningsprodukt av grillkull, dels når fett drypper ned på kullet og antennes (Slagteriernes Forskningsinstitutt, 2009). Det har også blitt funnet at PAH kan også oppstå ved

oppvarming av stekeoljer (Zhu & Wang, 2003). PAH som er identifisert i stekeos ved oppvarming av stekeoljer er: benzo(a)pyren (BaP), dibenzo(a,h)anthracen, benzo(a)anthracen (BaA) og benzo(b)fluoranthren. PAH kan også dannes ved grilling/steking av kjøtt uten tilsetning av olje (Sjaastad, 2010). Ved steking av biff i margarin og soyaolje har det blitt målt lave nivåer av BaP og naphthalen (Sjaastad et al., 2010). Naphtalen regnes som den mest flyktige PAH. Kjøtt (muskler) inneholder kreatin og kreatinin. Ved temperaturer over 150 °C kan en eller begge av disse reagere med en fri aminosyre, og i noen tilfeller sukker, og danne en rekke typer PAH (se Figur 10). Spesielt fra 200 °C akselererer denne dannelsen. Lengre tilberedningstid vil også øke konsentrasjonen av PAH (Slagteriernes Forskningsinstitutt, 2009).

BaP, dibenzo(a,h)anthracen og BaA er klassifisert som sannsynlig kreftfremkallende (gruppe 2A) av IARC, mens benzo(b)fluoranthren regnes som et mulig kreftfremkallende stoff (gruppe 2B) (IARC, 1998). Naphtalen er klassifisert i gruppe 2B (IARC, 2002). Ved å kun bruke BaP som referanse for å vurdere om stekeos er kreftfremkallende, kan man underestimere risikoen med en faktor på 3 i forhold til å bruke BaP_{eq}^1 . Partikulært PAH kan være mer skadelig for mennesker, da høymolekylære PAH, som gjerne er mer kreftfremkallende enn lavmolekylære PAH, stort sett er i partikkelfase. I inneluft har størrelsesfordelingen av partikulært PAH blitt vist å vært slik: $PM_{2,5}$: 59-97 % , $PM_{2,5-10}$: 3-24 % og $PM_{>10}$: 0-17 % (Zhu et al. , 2009). Fine partikler med diameter $<2,5 \mu m$ (2500 nm) er av spesiell interesse da de kan avsettes dypt nede i luftveiene.

¹ For å beregne BaP_{eq} må man benytte toxic equivalent factor (TEF), som representerer det relative kreftfremkallende potensialet til en bestemt type PAH. BaP blir brukt som referanse. Total BaP_{eq} beregnes ved å summere BaP_{eq} for hvert enkelt PAH (Li et al., 2003).



Figur 10: Eksempler på ulike typer PAH (World Health Organization, 1998).

6.2 Resultater fra tidligere studier

Kuo et al. (2006) sammenlignet grilling av ulike typer mat hos kinesiske matselgere. Hos de som grillet fiskeboller, muslinger, blekksprut og grønnsaker ble det målt en PAH-konsentrasjon på $2,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mens det hos matselgerne som grillet svinekjøtt, biff, kyllingvinger og pølser ble målt en PAH-konsentrasjon på $22,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Den store forskjellen ble forklart med høyere fettinnhold i kjøtt, samt at det ble solgt noe større mengder kjøtt enn sjømat. Li et al. (2003) fant at andelen PAH i gassfase i ut-luften fra restaurantkjøkken utgjorde 75,9-89,9 % av den totale mengden PAH. Det ble beregnet hvor stor påvirkning PAH i gass- og partikkelfase har på nivået av BaP_{eq} , og man fant at påvirkningen fra PAH i gassfase (15,7-21,9 %) var vesentlig mindre enn påvirkningen fra PAH i partikkelfase (78,1 – 84,3 %). Dette kan indikere at det er viktigere å kontrollere nivået av partikulært PAH enn PAH i gassfase. Forurensingskilder innendørs bidrar typisk mer til utslipp av PAH med 2- og 3 ringer, mens forurensingskilder utendørs bidrar mer til utslipp av større PAH-molekyler (Naumova et al., 2002; Ohura et al., 2004, sitert i Zhu et al., 2009) Av innendørs partikkelkilder har røyking, matlaging og oppvarming blitt vist å være de viktigste (Zhu et al., 2009).

Vainiotalo & Matveinen (1993) målte flere typer PAH med stasjonært måleutstyr i en avstand tilsvarende pustesonen til en kokk. Det ble foretatt målinger på fem ulike arbeidsplasser hvor det ble stekt kjøtt under høy temperatur (250 – 300 °C). Målingene ble gjort over 0,5 – 3 t. Det ble funnet lave nivåer ($0,02 - 2,3 \mu\text{g}$) av fluoren, phenanthren, anthracen, pyren, benzo(a)fluorin, chrysen, BaP og BghiP. I noen av målingene ble ikke BaP og BghiP registrert.

Zhu & Wang (2003) undersøkte generering av PAH ved mattilberedning i 4 restaurantkjøkken og 6 hjemmekjøkken (i 3 av hjemmekjøkkene var hos familier med røykere). Det ble brukt gassbluss og målt over 12 timer med stasjonært måleutstyr i en avstand tilsvarende pustesonen til en kokk. Det ble funnet et totalt nivå av PAH på 10-21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i restaurantkjøkken, mens tilsvarende nivå for hjemmekjøkken var på 3,6 – 7,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Gjennomsnittskonsentrasjonen var henholdsvis 17- og 7,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i restaurantkjøkken og hjemmekjøkken. Det ble observert at PAH med 3 og 4 ringer var dominerende i restaurantkjøkken, mens PAH med 2 og 3 ringer var dominerende i hjemmekjøkken, spesielt naphthalen. Den høyere konsentrasjonen av PAH med 2- og 3 ringer i hjemmekjøkken ble delvis forklart med oppbevaring av møllkuler i nærheten av kjøkkenet.

Sjaastad et al. (2010) målte PAH-konsentrasjon ved steking av 400 g biff i henholdsvis 30 g margarin og 30 ml soyaolje på elektrisk komfyr og gassbluss. Det ble brukt samme laboratoriekjøkken og stekeprosedyre som i denne oppgaven (se kapittel 14.2 og 14.4). BaP, Phenanthren og Dibenzo(a,h)anthracene ble i flere tilfeller ikke detektert. Konsentrasjonen av naphthalen ble målt til henholdsvis 0,22- og 0,27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ved steking i margarin på elektrisk komfyr og gassbluss. Ved steking i soyaolje, ble tilsvarende nivå målt til 0,15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, både ved bruk av elektrisk komfyr og gassbluss. I et annet studie av Sjaastad & Svendsen (2009) ble konsentrasjonen av naphthalen målt over de 4 antatt travleste timene i tre forskjellige restauranter. Det ble hovedsakelig stekt biffretter. Kun en av restaurantene hadde gassbluss. Gjennomsnittlig konsentrasjon ble funnet å være 0,18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasjonen varierte mellom restaurantene fra 0,05 til 0,27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Chen & Chen (2001) målte PAH-konsentrasjonen ved oppvarming av "modell-lipider" (methyl palmitate, methyl stearate, methyl oleate, methyl linoleate, and methyl linolenate) og stekeoljer til 220 °C over to timer. Det ble funnet at stekeoljer var bedre beskyttet mot PAH-dannelse enn "modell-lipider". Dette på grunn av innhold av antioksidanter. Stekeoljene genererte generelt mindre røyk enn andre lipider som ble brukt i forsøket. Det ble funnet at umettede fettsyrer lett degraderes. Det ble videre funnet at stearinsyre er en av fettsyrene som det er minst sannsynlig gjennomgår en syklifisering. Til sammenligning dannes PAH lett fra oljesyre, linolsyre og linolensyre gjennom intramolekylær syklifisering, en prosess som er vanlig for umettede fettsyrer. Ved sammenligning av PAH-konsentrasjon ved bruk av soyaolje, rapsolje og solsikkeolje, fant man konsentrasjoner på henholdsvis 662,4, 515,1 og 272,9 $\mu\text{g}/\text{g}$. Innholdet av linolensyre ble funnet å være nokså lik på raps- og solsikkeolje. Jodverdien ble imidlertid funnet å være lavere på rapsoljen enn soyaoljen, noe som ble brukt til å forklare at det ble dannet mindre røyk og PAH fra rapsolje enn fra soyaolje. Det ble videre funnet at rapsoljen som ble brukt hadde større innhold av linolensyre enn solsikkeoljen, noe som ble brukt som forklaring på at det ble dannet større konsentrasjon av PAH fra rapsolje. Det ble antydnet at linolensyre kan være en viktigere faktor for PAH-dannelse enn linolsyre. Det har også blitt funnet at oppvarming av soyaolje

kan generere større konsentrasjon av røyk enn peanøttolje og smult (svinefett) (Chiang et al., 1997, sitert i Chen & Chen, 2001).

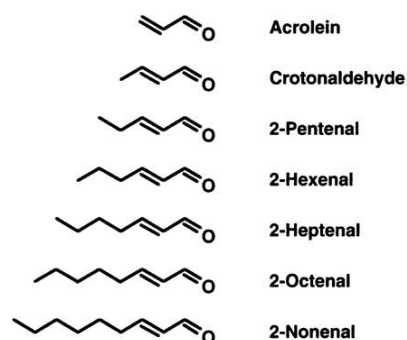
Zhu et al. (2009) observerte at det kan være en viss sesongvariasjon når det gjelder konsentrasjon av PAH i stue-, soverom-, arbeidsrom- og kjøkkenmiljø, med mer PAH med 2-3 ringer om sommeren og mer PAH med 5-6 ringer om vinteren. Andelen PAH med 4 ringer var omtrent det samme under begge årstidene. Disse funnene ble forklart med PAH utenfra, forårsaket av mer bruk av drivstoff om vinteren og fotodegradering om sommeren.

7.0 Aldehyder

Aldehyder er en gruppe reaktive organiske komponenter som kjennetegnes av en karbon-oksygen dobbeltbinding, hvor oksygenet er veldig elektronegativt i forhold til karbonatomet. Når karbon 2 og 3 (α og β) har en dobbeltbinding, som er tilfellet for alkenaler, f.eks acrolein, blir molekylet enda mer reaktivt. Av den grunn reagerer aldehyder lett med makromolekyler i organismen (Esterbauer et al., 1986, sitert i Sjaastad, 2010a).

7.1 Ulike typer aldehyd

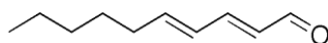
Aldehyder er til stede som naturlige smaksstoffer i en rekke matprodukter, ofte i lave konsentrasjoner, men i blant i høye konsentrasjoner. Det har blitt identifisert over 300 ulike typer aldehyder i over 300 ulike typer matvarer/mattilsetninger. Noen av de vanligste aldehydene funnet i kjøtt er: formaldehyd, acetaldehyd, malondialdehyd og benzaldehyd. I biffkjøtt av okse har nivået av malondialdehyd blitt funnet å kunne være spesielt høyt (Feron et al., 1991). Aldehyder dannes også lett når stekeoljer degraderes, noe som kan skje når stekeolje lagres over tid (Sjaastad et al., 2010), men kan også oppstå som følge av termisk og oksidativ dekomponering av stekeoljen under oppvarming (Wang et al., 2010). Ved høye temperaturer vil peroksidering av flerumettede fettsyrer kunne danne høymolekylære aldehyder. Eksempler på aldehyder med et høyere antall karbonatomer: trans-2-alkanaler, trans,trans-alka-2,4-dienaler og n-alkanaler (Gertz, 2000). Alkanaler er mettede aldehyder uten dobbeltbindinger, mens alkenaler er umettede med en eller flere dobbeltbindinger (se Figur 11).



Figur 11: Eksempler på ulike typer trans-2-alkanaler (Ichihashi et al., 2001).

I Ames-test² har følgende aldehyder blitt identifisert som komponenter med sterk mutagen virkning (de med kraftigst effekt først): trans,trans-2,4-decadienal (t,t-DDE), trans,trans-2,4-nonadienal, trans-2-decenal og trans-2-undecenal (Wu et al., 2001, sitert i Sjaastad, 2010). T,t-DDE, har også blitt identifisert som en av de hyppigst forekomne komponentene i stekeos (Zhu et al., 2001, sitert i Sjaastad, 2010). T,t-DDE har blitt målt i stekeos fra soyaolje, solsikkeolje og smult (Dung et al., 2006). T,t-DDE, 2-decenal og 2-undecenal har også blitt identifisert ved grilling av kjøtt uten bruk av stekeoljer, noe som indikerer at stekeoljer ikke er den eneste kilden til aldehyder (Yang et al. , 2007)

Steking i margarin har blitt vist å produsere høyere konsentrasjoner av t,t-DDE, 2,4-decenal, trans-2-decenal, 2-undecenal, alkanaler og alkenaler enn steking i rapsolje, soyaolje og olivenolje. Det ble ikke påvist signifikante forskjeller i aldehyd-produksjon mellom de ulike oljene (Sjaastad & Svendsen, 2008).



Figur 12: Trans,trans-2,4-decadienal (t,t-DDE) (Wikipedia, 2010).

Yang et al. (2007) sammenlignet innholdet av t,t-DDE i ventilasjonsluften i restauranter som ble delt inn i gruppene: grill, kinesisk og vestlig mat. Grillrestaurantene ga høyest måleverdier pr. servert kunde. Dette indikerer at generering av t,t-DDE også avhenger av tilberedningsmetode.

7.2 Resultater fra tidligere studier

Fullana et al.(2004a) fant at aldehyd-dannelse fra rapsolje og olivenolje økte signifikant mellom 180 og 240 °C. Fra olivenolje ble det observert en dobling.

Dung et al. (2006) målte mutagene aldehyder i stekeos ved bruk av filter som ble plassert i pustesonen til kokken. Filteret var tilkoblet en vakuumpumpe. Hvert forsøk tok 7,5 min og det ble sammenlignet damp fra tre olje-/fettyper: soyaolje, solsikkeolje og smult. Dette er gjennomsnittsnivåene som ble funnet:

² Ames-test brukes for å vurdere det mutagene potensialet til en komponent. Testen bruker ulike stammer av bakterien Salmonella Typhimurium som bærer mutasjoner i gener involvert i histidin-syntesen, slik at de ikke kan produsere histidin selv. Uten histidin vil ikke bakteriene vokse. Mediet de er plassert i er histidinfritt. Det man tester er komponentens evne til å mutere bakteriene tilbake slik at de kan gjenoppta histidinsyntesen. Variabelen måles i antall revertanter, dvs. antall bakteriekolonier som gjenopptar vekst, pr. µg av komponenten man tester. Jo flere revertanter desto mer mutagent virker komponenten (Klaassen(red.), 2008).

Tabell 3: Oversikt over aldehyder målt ved oppvarming av soyaolje, solsikkeolje og smult (Dung et al., 2006).

	Soyaolje [$\mu\text{g/g}$]	Solsikkeolje [$\mu\text{g/g}$]	Smult [$\mu\text{g/g}$]
t-2-decanal	5,8	9,8	13,8
t,t-DDE	66,4	35,9	40,3
t-2-undecenal	18	9,98	42,8

Sjaastad og Svendsen (2009) målte konsentrasjonen av høyere aldehyder i pustesonen til kokker hos tre restauranter. Det ble stekt biffretter og målingene ble foretatt i de fire timene hvor man forventet mest gjester. Bare den ene restauranten hadde tilgang til gassbluss. Alle målingene ble gjentatt tre ganger og ble fortatt ved hjelp av personbåret måleutstyr. Dette er gjennomsnittsnivåene som ble funnet:

Tabell 4: Oversikt over aldehyder målt ved steking av biffretter i tre ulike restauranter (Sjaastad & Svendsen, 2009).

	Restaurant 1 [$\mu\text{g/m}^3$]	Restaurant 2 [$\mu\text{g/m}^3$]	Restaurant 3 [$\mu\text{g/m}^3$]
t,t-DDE	1,03 \pm 1,71	17,67 \pm 17,67	10,68 \pm 17,60
2,4-decadienal	1,03 \pm 1,71	4,67 \pm 5,51	3,68 \pm 4,71
t-2-decanal	2,67 \pm 0,58	16,67 \pm 10,97	5,35 \pm 7,56
2-undecanal	2,33 \pm 0,58	16,67 \pm 12,50	5,68 \pm 8,95
alkanaler	18,67 \pm 10,50	73,00 \pm 41,58	39,93 \pm 50,30
alkenaler	2,35 \pm 2,50	25,67 \pm 22,05	16,61 \pm 26,35

Sjaastad & Svendsen (2010) målte konsentrasjonen av høyere aldehyder i pustesonen til kokken i et laboratoriekjøkken ved hjelp av personbåret måleutstyr. I forsøkene ble det stekt 400 g biffkjøtt av okse i henholdsvis 30 g margarin og 30 ml soyaolje i samme laboratoriekjøkken og med samme stekeprosedyre som i denne oppgaven (se kapittel 14.2 og 14.4). Det ble stekt både med elektrisk komfyr og gassbluss. Dette er gjennomsnittsnivåene som ble funnet:

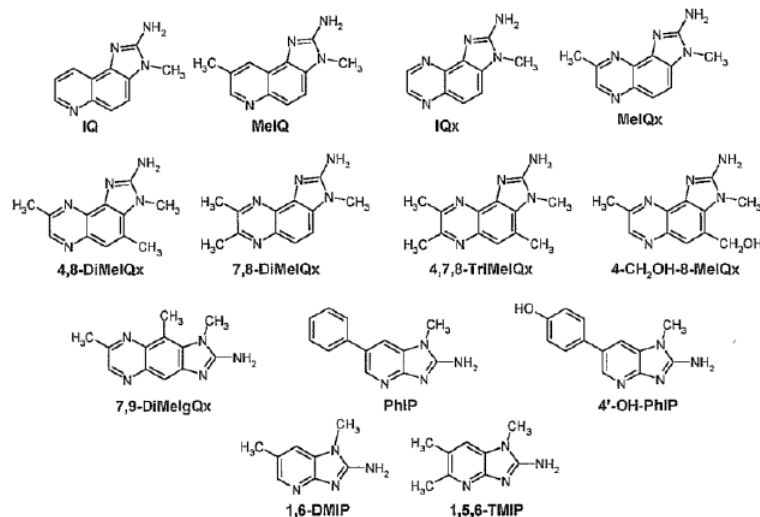
Tabell 5: Oversikt over aldehyder målt ved steking av biff i margarin og soyaolje på henholdsvis elektrisk komfyr og gassbluss (Sjaastad & Svendsen, 2010).

	Margarin/ el.komfyr [$\mu\text{g/m}^3$]	Margarin/ gassbluss [$\mu\text{g/m}^3$]	Soyaolje/ gassbluss [$\mu\text{g/m}^3$]	Soyaolje/ el. komfyr [$\mu\text{g/m}^3$]
t,t-DDE	8,67 \pm 3,51	36,33 \pm 13,01	61,80 \pm 26,43	19,83 \pm 8,18
2,4-decadienal	3,33 \pm 1,15	16,00 \pm 7,00	24,20 \pm 15,35	7,00 \pm 3,80
t-2-decanal	u. målegr.	36,00 \pm 25,46	22,00 \pm 2,83	5,67 \pm 5,51
c-2-decanal	6,33 \pm 3,06	28,00	24,00 \pm 18,52	7,33 \pm 2,08
2-undecanal	6,33 \pm 3,06	32,67 \pm 15,18	24,60 \pm 14,71	7,50 \pm 5,75
alkanaler	47,33 \pm 11,02	139,00 \pm 48,88	127,20 \pm 50,16	57,83 \pm 10,28
alkenaler	9,33 \pm 2,89	44,00 \pm 21,63	70,60 \pm 34,40	20,83 \pm 6,52

8.0 Heterosykliske aminer (HCA)

HCA kan deles i to grupper: amino-imidazo-asaarene-gruppen (IQ-typer og imidazo-pyridiner) og amino-carboliner. HCA i den første gruppen dannes av reaksjoner som inneholder karbohydrater, aminosyrer eller peptider, men også kreatin/kreatinin. Når kreatin og pyraziner/pyridiner reagerer kan det produseres HCA av IQ-typen. Ved pyrolyse av aminosyrer kan det dannes amino-carboliner. Denne prosessen krever vanligvis temperaturer over 300 °C, men de vanligste carbolinene har imidlertid blitt målt i kjøtt som har blitt varmet opp til vanlig mattilberedningstemperatur på 100 – 225 °C. (Slagteriernes Forskningsinstitutt, 2009).

Generelt vil steking og grilling være en tilberedningsmetode som produserer mer HCA og mutagen aktivitet enn andre tilberedningsmetoder (Felton, 1995). Det er varierende resultater når det gjelder hva fettinnholdet i kjøttet betyr, men mange undersøkelser antyder at jo mer fett desto større dannelse av HCA (Slagteriernes Forskningsinstitutt, 2009). De best studerte formene for HCA er: IQ, IQx, MeIQ, MeIQx, DiMeIQx og PhIP (se Figur 13). Disse er potensielt mutagene komponenter, men kan også opptre som co-mutagener, dvs at de kan øke den mutagene aktiviteten til andre komponenter. Steketemperatur og steketid påvirker hvor store mengder mutagene komponenter som dannes. Koteletter har blitt vist å inneholde mest MeIQx, mens PhIP er mest dominerende i bacon. Spesielt over 200 °C øker dannelsen av PhIP, men også av andre typer HCA (Slagteriernes Forskningsinstitutt, 2009). Hsu & Tannenbaum(1999) fant at det ved oppvarming av soyaolje ble dannet IQx, IQ og 1-metyl-9H-pyrido(4,3-b)indole. Ved oppvarming av svinefett (smult) ble det i tillegg dannet MeIQ og Trp-P-1.



Figur 13: HCA av amino-imidazo-azaarene-type (Slagteriernes Forskningsinstitutt, 2009).

Det har blitt vist at antioksidanter kan redusere dannelsen av HCA av IQ-type (Monti et al., 2004), og at dannelsen av PhIP er lavere når man steker i margarin eller solsikkeolje i forhold

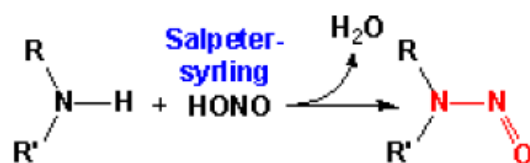
til når man stekte i raps eller smør (Johansson et al., 1995). Dette ble også forklart med variasjonen i innholdet av antioksidanter.

9.0 Nitrosaminer/nitrosamider (NOC)

Nitritt tilsettes kjøttprodukter eller dannes ved reduksjon av nitrat. I kjøttprodukter kan nitritt reagere med aminer, gjerne sekundære aminer som er til stede i form av proteiner (f.eks kreatin eller kreatinin), og danne nitrosaminer og nitrosamider (NOC). Disse kan potensielt være meget karsinogene. Nitritt kan også reagere med myoglobin i kjøttet og danne NO-myoglobin, som også er karsinogent (Slagteriernes Forskningsinstitutt, 2009).

Aminosyrer som prolin, glycin, alanin og valin deltar også i NOC-dannelse. De fleste aminer i kjøtt stammer fra α -aminosyrer. For å få dannet NOC må pH være lav nok til at det produseres NO^+ , eller metallioner må være involvert og danne NO^+ . I tillegg må temperaturen være høy. NOC oppstår gjerne i produkter som varmes over $130\text{ }^\circ\text{C}$. Ved steking er temperaturen gjerne enda høyere. Myoglobin- og hemoglobinnivået i kjøttet, i tillegg til nitritt- og nitratnivå, er avgjørende for hvor mye NOC som dannes. Dessuten må aminer være til stede, f.eks kreatin, kreatinin, prolin eller hydroxyprolin. Gjennom aldring og fermentering vil enda flere aminer bli dannet. Bare sekundære aminer danner stabile nitrosaminer, primære aminer degraderes lett til alkohol og nitrogen. De fleste aminer i kjøtt er primære aminer dannet av α -aminosyrer (Rywotycki, 2007).

Dimethylnitrosamin (DMNA) og dietylnitrosamin (DENA) er to versjoner av NOC som er regnet som svært toksiske. DENA kan dannes fra kvartære ammoniumsalter som f.eks. choline, acetylcholin og betanin, som alle er vanlige i kjøtt. DENA dannes fra L-alanin i kjøtt og finnes spesielt i stekt bacon gjennom dannelsen av pseudo-nitroso umettede fettderivater (Slagteriernes Forskningsinstitutt, 2009). N-Nitrosopyrrolidin (NPy) er en av de mest volatile NOC som er påvist i kjøtt etter steking. NOC-dannelsen øker raskt når det er mange dobbeltbindinger i fettene det stekes i. Ved pH 5,5 eksisterer 99 % av all nitritt i kjøttet i form av NO_2 . NO_2 kan videre reagere med vann og danne salpetersyrling. Salpetersyrling kan så reagere med et sekundært amin og danne NOC (se Figur 14) (Slagteriernes Forskningsinstitutt, 2009). Pryor et al. (1981) viste at prolin og kollagen er viktig for dannelsen av NPy ved steking av bacon.



Figur 14: Eksempel på hvordan NOC kan dannes fra et sekundært amin (Slagteriernes Forskningsinstitutt, 2009).

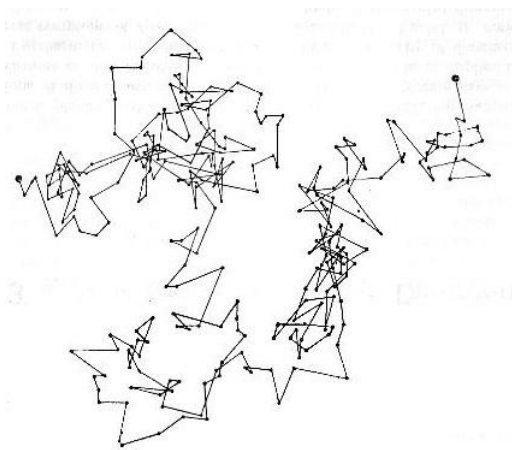
Leaderer et al. (1999) fant at gjennomsnittlig HONO-konsentrasjon i inneluft lå på 4,0 (0-11,3) ppb ved bruk av gasskomfyr. Leaderer et al. sammenlignet også andre studier som hadde sett på det samme og fant at gjennomsnittlig innendørs HONO-konsentrasjon gjerne ligger på rundt 2-8ppb i hjem med gasskomfyr.

10.0 Partikler

Partikler dannes enten gjennom direkte forbrenning, eller som damp fra stekeolje/fett som varmes over kokepunktet og avkjøles (He et al., 2004), (Sjaastad, 2010). Partikler som dannes under matlaging kan ha organiske molekyler festet på overflaten. Dette inkluderer PAH og HCA (IARC, 2010). UFP representerer en stor del, opp mot 80 - 90 %, av det totale partikkelutslippet fra matlaging. (He et al., 2004), (Sjaastad, 2010). Gjennomsnittsstørrelsen på partiklene vil imidlertid kunne variere veldig, avhengig av temperatur, type mat og tilberedningsmetode. Innendørs partikkelutslipp er gjerne kortvarig, vekslende og variabelt (Long et al., 2000). Tilberedningsmetoder som baserer seg på bruk av olje produserer mer organiske forurensinger (karbon, PAH og organiske ioner) og metaller (hovedsakelig kobber, jern og sink) enn koking (See & Balasubramanian, 2008). Det slippes også ut en større andel UFP. See & Balasubramanian (2006) fant at UFP i intervallet 10 – 50 nm utgjorde rundt 69- og 90 % av den totale partikkelmengden ved henholdsvis steking og frityrsteking. Oljer har gjerne et så høyt kokepunkt at de vil ha partikkelform og ikke gå over i gassform (Sjaastad, 2010). Tilberedningstiden vil også påvirke fordeling og mengder av ulike komponenter i stekeosen. Større aerosoler kan oppstå som følge av sprut som oppstår ved at man fysisk beveger på maten som lages. Matlaging kan være årsaken til så mye som 25 % av innendørs $PM_{2,5}$ (Abt et al., 2000b). Studier av partikkelgenerering i private kjøkken har vist at nivået av $PM_{2,5}$ kan øke med en faktor på 30 under steking (He et al., 2004), (Evans et al., 2008).

10.1 Koagulering av partikler

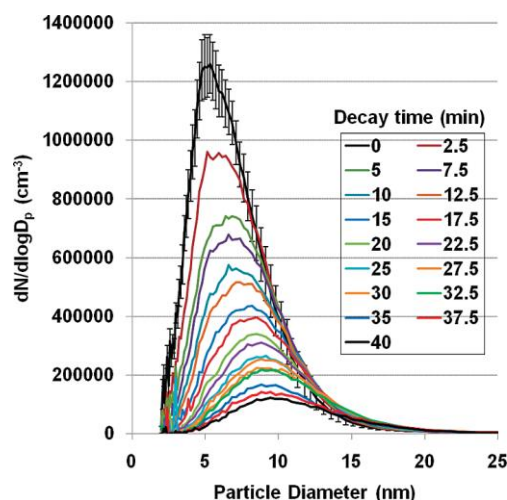
Når partikler kolliderer har de en tendens til å koagulere. Denne prosessen forårsaker ikke noen endring i den samlede partikkelmassen, men den vil endre størrelsesfordelingen av partiklene. Koagulering er et andreordens fenomen, det vil si at graden av koagulering er avhengig av kvadratet av partikkelkonsentrasjonen. På bakgrunn av dette kan påvirkning som følge av koagulering være viktig når partikkelkonsentrasjonen er høy, men mindre viktig når partikkelkonsentrasjonen er lav. Den viktigste mekanismen som forårsaker koagulering i innemiljø er brownske bevegelser, som er en viktig transportmekanisme for små partikler. Vanligvis er det størst antall av UFP innendørs, spesielt hvis man har en kilde som genererer partikler. Koagulering har blitt funnet å være spesielt viktig når det gjelder UFP dannet som følge av forbrenning av gass i uventilerte omgivelser (Dennekamp et al., 2001), (Nazaroff, 2004).



Figur 15: Eksempel på browniske bevegelser, hvor en partikkel skifter bevegelsesretning når den støter inn i andre partikler (Lee & Hoon, 2011).

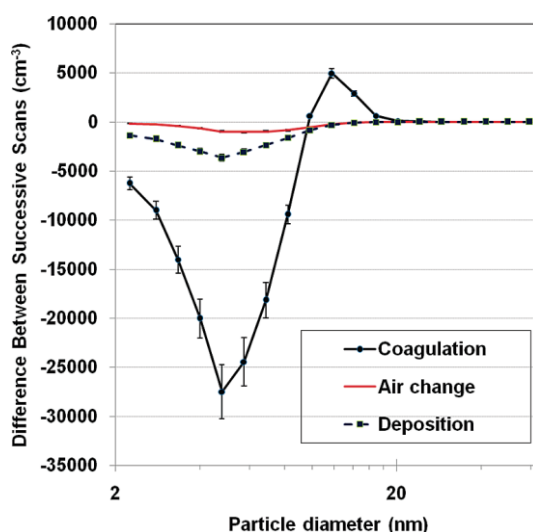
Wallace (2004) observerte under eksperimenter med steking av grønnsaker, kylling og reker, så endret størrelsefordelingen seg noe, fra små partikler i starten av eksperimentet til større partikler lenger ut i eksperimentet. Dette ble forklart med at partiklene koagulerer når de når høye konsentrasjoner. See og Balasubramanian (2006) observerte også at mobilitetsdiameter ved peak partikkelkonsentrasjon gjorde et skifte mot høyre (større partikler) jo lenger ut i koke-/dampeprosessen man kom. Dette ble forklart med at vanddamp kondenserer på eksisterende UFP og danner større partikler. Det ble imidlertid ikke gjort lignende observasjoner ved steking.

Chang et al. (2004) viste at forbrenning av naturgass kan produsere svært små partikler i området 15 - 25 nm, til forskjell fra forbrenning av kull og fyringsolje som gir størst konsentrasjon av partikler i henholdsvis størrelsesområdene 40 - 50 nm og 70 - 100 nm. Wallace et al. (2008) valgte å studere hvilken effekt gassbluss og elektrisk kokeplate har på generering av UFP (2 - 64 nm). 11 eksperimenter med et gassbluss tent ble foretatt. Gassblusset sto på "high" i 10 - 25 minutter. Gjennomsnittlig partikkelkonsentrasjon var høyest for partikler med mobilitetsdiameter på 5,3 nm. Det ble videre observert at 40 minutter etter at gassblusset var skrudd av, var gjennomsnittlig partikkelkonsentrasjon høyest for partikler med en mobilitetsdiameter på 10 nm (se Figur 16). Denne endringen i mobilitetsdiameter ble forklart med at mindre partikler koagulerer og danner større partikler. Peak-partikkelkonsentrasjon ble målt til over 10^6 partikler/cm³.



Figur 16: Økning av mobilitetsdiameter med tiden på grunn av at små partikler koagulerer (Wallace et al., 2008).

Rett etter at gassblusset var skrudd av, hadde 95 % av partiklene en diameter på <10 nm. Det var om lag 4 - 30 ganger høyere konsentrasjon av partikler <10 nm enn partikler >10 nm. Det ble beregnet at antall partikler generert av gassblusset lå på 10^{12} - 10^{13} partikler/min. Etter at gassblusset ble skrudd av, ble det observert en reduksjon av de minste mobilitetsdiameterne. To måleserier ble sammenlignet, den første var måleserien med høyest totalkonsentrasjon av partikler, den andre den etterfølgende måleserien. Koagulering ble vist å være den klart viktigste årsaken til reduksjonen i partikkelkonsentrasjon rett etter at gassblusset/platen var skrudd av (se Figur 17).



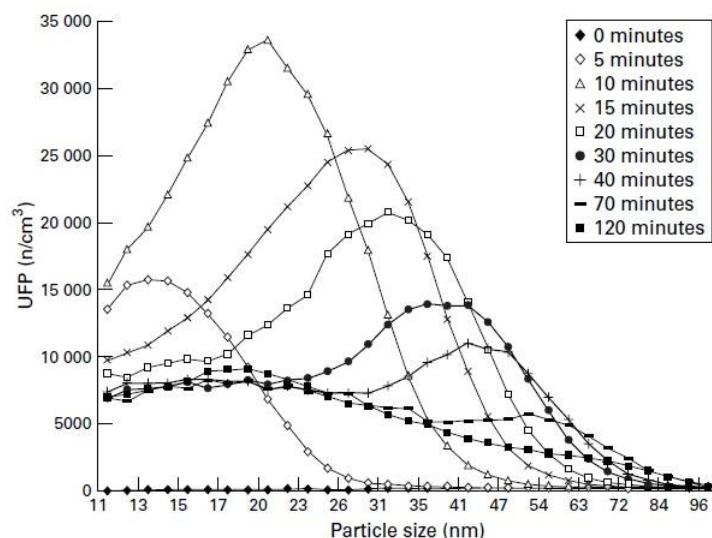
Figur 17: Reduksjon i konsentrasjon av de minste mobilitetsdiameterne som følge av koagulasjon (Wallace et al., 2008).

Graden av koagulasjon er for alle størrelseskategorier avhengig av konsentrasjonen av partikler med annen mobilitetsdiameter. Partikkelkonsentrasjonen kan øke en periode og så avta, selv om partikkelkilden genererer partikler av samme størrelse. Det kan med andre ord "forsvinne" flere små partikler gjennom koagulasjon enn det dannes av partikkelkilden. I forsøket til Wallace et al. (2008) nådde mange av de små partiklene (<10 nm) maks-

konsentrasjon innen de første 15 min, og avtok så jevnt de neste 105 min til tross for at gassblusset fortsatt var på. For partikler >10 nm økte tiden før de nådde maks-konsentrasjon med mobilitetsdiameteren. Etter to timer var det bare partikler >30 nm som økte i konsentrasjon. På grunn av dette vil man kunne se høye konsentrasjoner av de minste partiklene i korte matlagingsperioder, mens man i lengre matlagingsperioder kan måle lavere konsentrasjoner.

Dennekamp et al. (2001) så også på hvordan mobilitetsdiameteren endret seg med tiden, og i tillegg ble det sammenlignet med utslipp av UFP og NO₂ ved tilberedning av ulike typer mat på gassbluss og elektrisk komfyr. Dennekamp et al. (2001) så imidlertid ikke på så små partikler som Wallace et al. (2008), men studerte partikler i område 10 – 500 nm. Det ble funnet at steking av bacon på gassbluss ga høyest peak-konsentrasjon av UFP, med 590 000 UFP/cm³. Generelt ga bruk av gassbluss større utslipp av UFP enn elektrisk komfyr. Bruk av gassbluss produserte høye peak-nivå med NO_x-gasser, og det ble observert en økning av NO₂- og NO-konsentrasjonen helt til gassblusset ble skrudd av. I motsetning til utendørs, hvor NO raskt reagerer med ozon og danner NO₂, var NO-konsentrasjonen i disse eksperimentene høyere enn NO₂-konsentrasjonen i minst 2 timer etter stekeforsøkene. Konsentrasjonen av UFP stabiliserte seg imidlertid rundt 120 000 partikler/cm³. For å undersøke om økningen i UFP-konsentrasjon kunne forklares med bruk av elektronisk tenner, ble det foretatt eksperimenter med kontinuerlig forbrenning av gass, uten bruk av tenner. Etter en rask økning i partikkelkonsentrasjon, falt konsentrasjonen selv om gassblusset fremdeles var tent. Et raskere fall ble observert når gassblusset ble slukket. Peak-konsentrasjon ved kun bruk av gassbluss ble funnet til å ligge mellom 15 – 40 nm. Under eksperimenter med steking av bacon, fant man at mobilitetsdiameteren lå i området 50 - 100 nm.

Ved kun bruk av gassbluss fant man at konsentrasjonen var høyere for de små partiklene enn de større umiddelbart etter at gassblusset ble skrudd på. Det ble observert at partiklene med tiden ble større. 5, 15 og 30 minutter etter at gassblusset ble tent, var peak-partikkelkonsentrasjon høyest for partikler i henholdsvis området 15-, 30- og 40 nm (se Figur 18). Partiklene vokste til en peak på rundt 50 - 80 nm. Dette ble forklart med koagulering av mindre partikler til større. Imidlertid så man i eksperimenter med steking av bacon at konsentrasjonen av partikler i området rundt 80 nm allerede tidlig i eksperimentet var høy. Det ble også funnet at UFP kan produseres fra platen på en elektrisk komfyr. Dette ble forklart med brenning av materiale som er avsatt på platen, da det ikke ble konstatert tilsvarende utslipp når det var en kasserolle med vann på platen.



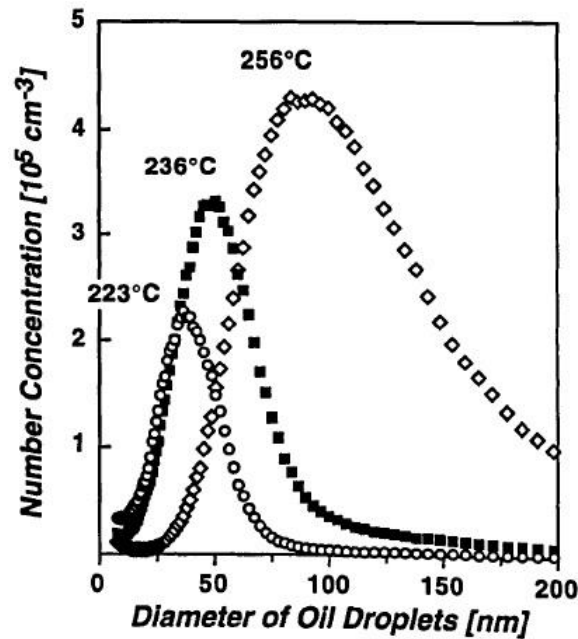
Figur 18: Økning av mobilitetsdiameter med tiden (Dennekamp et al., 2001).

I andre studier har det blitt funnet gjennomsnittskonsentrasjoner av UFP ved matlaging på 16000 - 179000 partikler/cm³ i Australia og 100000 partikler/cm³ i USA (Wallace et al. , 2004), (He et al., 2004). Dette er mye lavere konsentrasjoner enn Wallace et al. (2008) fant. Wallace et al. (2008) forklarte forskjellen med at partikler <10 nm utgjorde en stor del av partikkelkonsentrasjonen de målte. De fleste andre studier har ikke sett på så små partikler. Abt et al. (2000a) konstaterte at antall partikler reduseres etter hvert som aerosolen blir eldre. Dette samsvarer bra med funnene til Dennekamp et al. (2001), Wallace et al. (2004) og Wallace et al. (2008) som slår fast at mindre partikler koagulerer og danner færre, men større partikler.

10.2 Endring av peak partikkelkonsentrasjon/mobilitetsdiameter som følge av økt temperatur

Flere forsøk har vist at økt temperatur forårsaket en forskyving av partikkelkonsentrasjonen mot større partikler (Dennekamp et al., 2001), (Wallace et al., 2004), (Yeung & To, 2008), (Buonanno et al. , 2009).

Wallace et al. (2004) observerte at det under eksperimenter med steking av grønnsaker, kylling og reker ved medium temperatur var mange partikler i området 30 - 50 nm, mens det ved høyere temperaturer ble observert flere partikler i området 60 - 90 nm. Siegmann & Sattler (1996) målte størrelsesfordeling av aerosoler som dannes ved oppvarming av rapsolje ved ulike temperaturer. Det ble vist at mobilitetsdiameter og partikkelkonsentrasjon økte med økende temperatur. Ved 223 °C var gjennomsnittsaerosolen 30 nm, mens den ved 256 °C var 100 nm. Konsentrasjonen av partikler <100 nm steg raskt med økende temperatur, og ved 256 °C ble det generert mer enn dobbelt så mange partikler som ved 223 °C (se Figur 19). Når det ble lagt kjøtt i pannen, falt konsentrasjonen av UFP raskere enn større partikler. Partikler fra 300 – 1000 nm viste en svak nedgang i konsentrasjon, men begynte etter hvert å stige igjen.



Figur 19: Endring av peak partikkelkonsentrasjon som følge av temperaturøkning (Siegmán & Sattler, 1996).

Evans et al. (2008) påviste også at mye høyere konsentrasjon av partikler ble generert når det ble brukt høyere temperatur, spesielt hvis maten ble brent. Brenning oppstår ved temperaturer nær- eller over røykpunktet til oljen/fettet. Vegetabilsk olje kan ha et røykpunkt mellom 190- og 246 °C. Røykpunktet for animalsk fett er gjerne lavere (Norsk folkehelseinstitutt, 2011).

10.3 Resultater fra tidligere studier

Wallace et al. (2004) gjorde målinger under steking av grønnsaker, kylling og reker på gassbluss og elektrisk komfyr, og fant at matlaging kan øke konsentrasjonen av UFP i kjøkkenmiljø med en faktor på opp mot 10. Wallace (2004) fant under disse eksperimentene en peak partikkelkonsentrasjon på i underkant av $0,9 \cdot 10^6$ partikler/cm³ ved bruk av gassbluss med høy temperatur (temperatur ikke oppgitt) og med ventilasjon påskrudd. Ved bruk av elektrisk komfyr under tilsvarende forhold fant man en peak-konsentrasjon på i underkant av $0,7 \cdot 10^6$ partikler/cm³.

Sjaastad et al. (2010) fant at steking av biff i soyaolje på gassbluss i samme laborierkjøkken som ble benyttet i våre forsøk genererte en peak partikkelkonsentrasjon på $4,53 \cdot 10^6$ partikler/cm³ for partikler med en mobilitetsdiameter på 94,7 nm (se kapittel 19.7, vedlegg 7). Hver stekerunde varte i 15 min, avløst av 25 min pause. Steking av biff i margarin på gassbluss genererte en peak partikkelkonsentrasjon på $2,85 \cdot 10^6$ partikler/cm³ for partikler med en størrelse på 82 nm. Steking av biff i soyaolje på elektrisk komfyr genererte en peak partikkelkonsentrasjon på ca $4,45 \cdot 10^5$ partikler/cm³ for partikler med en størrelse rundt 88,2 nm, mens steking av biff i margarin på elektrisk komfyr genererte en peak partikkelkonsentrasjon på rundt $2,88 \cdot 10^5$ partikler/cm³ for partikler med en størrelse

på 94,7 nm. Under stekeforsøkene ble det benyttet en ventilator som trakk ut 335 m³ luft/t. Grunnventilasjonen i rommet var 119 m³ luft/t tilluft og 112 m³ luft/t utluft (uten ventilator). For å måle partikkelkonsentrasjon og partikkelfordeling ble det benyttet en TSI 3936 SMPS (TSI, Shoreview, USA). Teoretisk måleområde med dette oppsettet er 14,3 – 673,2 nm. Dette er samme utstyret som ble benyttet i denne oppgaven.

Buonanno et al. (2009) fant at det ved steking av 50 g bacon i 8-10 minutter i grillpanne på gassbluss i et laboratoriekjøkken ble generert en peak partikkelkonsentrasjon på $0,4 \cdot 10^6$ partikler/cm³ for partikler rundt 70 – 80 nm. Ved steking av grønnsaker under samme forhold fant man en peak partikkelkonsentrasjon på $0,3 \cdot 10^6$ partikler/cm³ for partikler rundt 30 nm. UFP ble totalt sett funnet å utgjøre 83 % av partikler under 1000 nm. Gjennomsnittlig temperatur under disse forsøkene lå rundt 242 °C. Det ble observert at det ble generert vesentlig lavere peak-konsentrasjon av partikler, rundt $0,05 \cdot 10^6$ partikler/cm³, ved bruk av lavere temperatur (171 °C) enn ved høy temperatur (242 °C). Mobilitetsdiameteren ved denne peak-konsentrasjonen lå rundt 20 – 30 nm. Resultatene ble sammenlignet med lignende forsøk foretatt på elektrisk komfyr, og det ble observert en høyere partikkelkonsentrasjon ved bruk av gassbluss enn ved bruk av elektrisk komfyr. Den høyere partikkelkonsentrasjonen ved bruk av gassbluss ble forklart med direkte utslipp fra gassforbrenningen. For å måle partikkelkonsentrasjonen og størrelsesfordelingen ble det benyttet en TSI 3936 SMPS (TSI, Shoreview, USA). I tillegg ble det benyttet en TSI 3321 APS (TSI, Shoreview, USA). To ulike ventilasjonsforhold ble benyttet; minimum ventilasjon med dører og vinduer lukket og normal ventilasjon med dører og vinduer lukket og mekanisk ventilasjon påskrudd. Air Exchange Rate (AER) ble målt til $0,29 \pm 0,05$ m³ luft/t ved bruk av minimumsventilasjon og $0,89 \pm 0,11$ m³ luft/t ved bruk av normal ventilasjon (Buonanno et al. , 2009).

Yeung & To (2008) sammenlignet partikkelkonsentrasjon og størrelsesfordeling ved steking av ulike typer kjøtt i et laboratoriekjøkken. Ved steking av oksekjøtt (biff) ved en temperatur på 210 °C, ble det funnet en peak partikkelkonsentrasjon på $0,22 \cdot 10^5$ partikler/cm³. Når samme eksperiment ble gjentatt, men med en temperatur på 240 °C, ble det observert en peak partikkelkonsentrasjon på i underkant av $0,3 \cdot 10^5$ partikler/cm³. Samtidig observerte man at mobilitetsdiameteren ved peak partikkelkonsentrasjon steg fra 110nm til 152nm. Ved steking av svinekjøtt ved 220 °C ble det observert en peak partikkelkonsentrasjon på $0,26 \cdot 10^5$ partikler/cm³. Ved 240 °C var peak partikkelkonsentrasjon på $0,32 \cdot 10^5$ partikler/cm³. Mobilitetsdiameteren ved disse peak partikkelkonsentrasjonene var henholdsvis 133 nm og 302 nm, en noe større økning i mobilitetsdiameterer enn ved steking av oksekjøtt. For å måle partikkelkonsentrasjonen og størrelsesfordelingen ble det benyttet TSI 3734 SMPS som besto av en TSI 3071A electrostatic classifier og en TSI 3022A condensation particle counter (TSI, Shoreview, USA). Måleområdet med dette oppsettet var 16 - 674 nm. Artikkelen oppgir ikke informasjon om ventilasjonsforhold under forsøkene,

men det ble blåst frisk luft gjennom kjøkkenet i 30 min før stekeforsøkene startet og bakgrunnskonsentrasjon av partikler ble målt.

Det har blitt observert større generering av partikler ved frityrsteking enn ved pannesteking, selv om temperatur og type mat har blitt holdt konstant (Siegman & Sattler, 1996). See & Balasubramanian (2006) sammenlignet konsentrasjon og størrelsesfordeling av ultrafine partikler ved bruk av ulike mattilberedningsmetoder i hjemmekjøkken. Det ble stekt og kokt tofu (soyaprodukt) og temperaturen ble holdt konstant. Frityrsteking ble vist å gi størst økning i partikkelkonsentrasjon med en peak opp mot $1,6 \cdot 10^6$ for partikler rundt 20 nm (gjennomsnitt på $6,0 \cdot 10^5$ partikler/cm³, hvorav 90 % nanopartikler). Steking i panne ga en peak opp mot $0,38 \cdot 10^6$ partikler/cm³ for partikler rundt 10 - 20 nm (gjennomsnitt på $0,11 \cdot 10^6$ partikler/cm³, hvorav 78 % UFP). Steking i panne med omrøring ga en peak opp mot $0,19 \cdot 10^6$ for partikler rundt 20 - 30 nm (gjennomsnitt på $0,093 \cdot 10^6$ partikler/cm³, hvorav 69 % nanopartikler). Til sammenligning ga koking og damping en peak-verdi på henholdsvis $0,08 \cdot 10^6$ partikler/cm³ og $0,07 \cdot 10^6$ partikler/cm³ for partikler ned mot 10 nm. Begge hadde i tillegg en peak på rundt $0,05 \cdot 10^6$ partikler/cm³ for partikler rundt 70 nm (gjennomsnitt på henholdsvis $0,069 \cdot 10^6$ partikler/cm³, hvorav 62 % nanopartikler og $0,054 \cdot 10^6$ partikler/cm³, hvorav 55 % nanopartikler). Peak-verdien rundt 70 nm ble forklart med kondensering av vanndamp på eksisterende partikler. Bakgrunnsnivå med kun gasskomfyren påskrudd hadde en markert peak på $0,03 \cdot 10^6$ partikler/cm³ for partikler rundt 20 nm. For å måle partikkelkonsentrasjonen og karakterisere størrelsesfordelingen, ble det benyttet en TSI 3034 SMPS (TSI, Shoreview, USA). Oppsettet som ble brukt i forsøkene hadde et teoretisk måleområde på 10 - 500 nm. Det er ikke oppgitt noen informasjon om ventilasjonsforhold under forsøkene, men alle vinduer og dører ble holdt lukket for å hindre påvirkning av partikkelkonsentrasjon og størrelsesfordeling som følge av innsiv av uteluft.

Som vi ser av disse resultatene er trenden at steking genererer høyere konsentrasjon av partikler enn koking av vann. Vann, med et kokepunkt på 100 °C, er mer flyktig enn fett/oljer, og de mindre flyktige oljedråpene eksistere vanligvis som partikler (See & Balasubramanian, 2006). Større partikkelkonsentrasjon ved frityrsteking i forhold til vanlig steking har blitt forklart med bruk av større oljemengde i større grad enn temperatur (Siegman & Sattler, 1996). See & Balasubramanian (2006) observerte at resultatene ved pannesteking og ved pannesteking med omrøring var sammenlignbare. Antall partikler ved steking med omrøring var imidlertid noe lavere, noe som ble forklart med at omrøring kan senke temperaturen i pannen og av den grunn forårsake mindre partikkelgenerering, samt sørge for en større spredning av partikler.

Li et al. (1993) fant at gjennomsnittlig partikkelkonsentrasjon i området 17 til 886 nm var henholdsvis $1,9 \cdot 10^5$, $3,3 \cdot 10^5$ og $4,0 \cdot 10^5$ partikler/cm³ ved koking av grønnsakssuppe, steking av eggerøre (steking med omrøring) og fritering av kylling i et hjemmekjøkken. For å måle partikkelkonsentrasjon og størrelsesfordeling, ble det benyttet en differential mobility

particle sizer, TSI 3932 DMPS, og en condensation particle counter, TSI 3022 CNC. Dette oppsettet gir et teoretisk måleområde på 17 - 886 nm. Det oppgis ingen informasjon om ventilasjonsforhold, men både vinduer og dører var lukket når forsøket pågikk.

Dennekamp et al. (2001) fant peak partikkelkonsentrasjon på $1,1 \cdot 10^5$ partikler/cm³ ved vannkoking, $1,4 \cdot 10^5$ partikler/cm³ ved steking av grønnsaker (med omrøring) og $5,9 \cdot 10^5$ partikler/cm³ ved steking av bacon i et laboratoriekjøkken. Dennekamp et al. (2001) fant også at matlaging med olje (stekning, steking med omrøring og fritering) genererer større konsentrasjon av partikler enn ved koking og damping. Av den totale mengden partikler utgjorde nanopartikler 69 % ved steking med omrøring og 90 % ved fritering, sammenlignet med 55 % ved damping og 62 % ved koking. Baconstekning på gasskomfyr ble vist å generere høyest peak-konsentrasjon av UFP, med 590 000 UFP/cm³. Mobilitetsdiameter ved peak partikkelkonsentrasjon ble funnet å være 69 nm ved steking av bacon, 41 nm ved steking (med omrøring) av eggerøre, mens vannkoking ga en partikkelstørrelse på 17 nm. For å måle partikkelkonsentrasjonen og størrelsesfordelingen ble det brukt en TSI 3934 SMPS, bestående av en TSI 3071A electrostatic classifier og en TSI 3022A condensation particle counter (CNC). Dette oppsettet har et teoretisk måleområde på 10 - 500 nm. Det ble ikke brukt noen form for mekanisk ventilasjon under forsøkene, og alle vinduer og dører var lukket. Til sammenligning fant See & Balasubramanian (2006) en mobilitetsdiameter ved peak-partikkelkonsentrasjon på henholdsvis <10 nm ved koking/damping, 24,6 nm ved steking og 17,2 nm ved fritering. Evans et al. (2008) fant en gjennomsnittlig UFP-konsentrasjon på $2,5 \cdot 10^4$ -, $2,2 \cdot 10^4$ - og $2,0 \cdot 10^4$ partikler/cm³ ved steking av henholdsvis egg, bacon og grønnsaker (med omrøring) i fem ulike hjemmekjøkken. For å måle partikkelkonsentrasjonen og størrelsesfordelingen, ble det benyttet to TSI 8525 P-TRAK ultrafine particle counters (TSI inc., Shoreview, USA). Teoretisk måleområde med dette oppsettet er 20 - 1000 nm. Utsug fra ventilatorer ble målt til 0,015 - 0,035 m³/s.

Glytos et al. (2010) målte en gjennomsnittlig peak-konsentrasjon av partikler på $1,38 \cdot 10^4$ partikler/cm³ ved kun bruk av en elektrisk stekeplate av medium størrelse, innstilt på max effekt i 27 min i et laboratoriekjøkken. Under alle eksperimentene ble det funnet at partikkelkonsentrasjonen begynte å stige signifikant ca 10 minutter etter at platen var skrudd på. Økningen i partikkelkonsentrasjon fortsatte til platen ble skrudd av. Wallace et al. (2008) målte konsentrasjon av partikler mellom 2 - 64 nm. Ved steking av grønnsaker (med omrøring) og egg/bacon i olje ble de observert at størrelsesfordelingen skiftet til høyre, i forhold til kun bruk av gassbluss som ga en peak-partikkelkonsentrasjon for partikler rundt 10 nm. Gjennomsnittlig partikkelkonsentrasjon var høyest for partikler i størrelsesområdet 16 - 20 nm. Oppvarming av elektrisk stekeplate ble vist å generere 2-5 ganger mer <10 nm partikler enn >10 nm partikler. Gjennomsnittlig mobilitetsdiameter lå på mellom 6-8 nm. Bruk av olje eller matlaging økte mengden >10 nm partikler, og ga en gjennomsnittlig mobilitetsdiameter på 12 - 25 nm. Totalt ble det målt UFP-konsentrasjoner opp mot 1500000 partikler/cm³. Innendørs partikkelkonsentrasjon ble målt med et GRIMM SMPSpC

system (GRIMM, CPC, Model 5.403, LONG Vienna DMA). Teoretisk måleområde med dette oppsettet var 11.1 - 1083,3 nm. Det er ikke oppgitt noen ventilasjonsopplysninger, men air condition-anlegget i bygningen var i drift under hele forsøket.

11.0 Totalpartikler

Totalpartikler, eller totalstøv, som gjerne måles i yrkeshygienisk sammenheng, kan bestå av en rekke ulike komponenter. Tilberedningsmetoder som baserer seg på bruk av olje produserer gjerne organiske forurensinger (karbon, PAH og organiske ioner) og metaller (hovedsakelig kobber, jern og sink) (See & Balasubramanian, 2008). PAH vil være en del av denne fraksjonen (Vainiotalo & Matveinen, 1993), (Svendsen et al., 2002), (IARC, 2010). Ved typiske temperaturer som oppnås ved matlaging, spesielt steking og grilling, dannes også oljeaerosoler fra maten/stekeoljen som følge av sprut og damp. Oljer har gjerne et så høyt kokepunkt at de vil ha partikkelform og ikke gå over i gassform (Sjaastad, 2010).

Sjaastad & Svendsen (2009) fant en gjennomsnittlig konsentrasjon av totalpartikler under fire timers arbeid ved tre norske à la carte restauranter på 1,93 mg/m³. Resultatene varierte imidlertid fra 0,32 til 7,51 mg/m³. Det ble ikke funnet noen sammenheng mellom konsentrasjonen av totalpartikler og konsentrasjonen av høyere aldehyder og PAH, noe som kan tyde på at konsentrasjonen av høyere aldehyder og PAH avhenger av andre forhold enn bare nivået av totalpartikler i rommet. Det ble i samme studiet funnet at restauranten med lavest konsentrasjon av totalpartikler hadde den høyeste konsentrasjonen av aldehyder og nesten den samme konsentrasjonen av PAH som restauranten med høyest konsentrasjon av PAH. Disse noe varierende resultatene kan tyde på at forhold som type mat som tilberedes, bruk av gasskomfyr, temperatur og tilberedningstid kan ha innvirkning på resultatene.

Tidligere forsøk i det samme laboratoriekjøkkenet som ble brukt i denne oppgaven (se kapittel 14.2) ga en gjennomsnittlig konsentrasjon av totalpartikler på 11,6 mg/m³ ved steking av biff i margarin på elektrisk komfyr, målt i pustesonen til kokken. Tilsvarende tall ved bruk av rapsolje var: 1,0, 1,4 og 1,0 mg/m³. Resultatene varierte fra 0,12 til 12,07 mg/m³ (Sjaastad & Svendsen, 2008). Et annet forsøk i det samme laboratoriekjøkkenet, hvor det ble målt totalpartikler ved steking av biff i margarin og soyaolje på elektrisk komfyr og gassbluss, fant en gjennomsnittlig konsentrasjon av totalpartikler på 1,8 og 1,6 mg/m³ ved steking på elektrisk komfyr i henholdsvis margarin og soyaolje. Til sammenligning var gjennomsnittlig konsentrasjon av totalpartikler på 5,5 og 7,2 mg/m³ ved steking på gassbluss i henholdsvis margarin og soyaolje (Sjaastad et al., 2010). Forskjell i høyde mellom plate og ventilator, temperatur, søl av fett/rester på den elektriske kokeplaten, brenning av olje og forskjeller i maten som ble tilberedt kan imidlertid være noen årsaker. I begge artiklene ble det brukt samme stekeprosedyre, bortsett fra at det i den sistnevnte artikkelen ble stekt i 15 minutter istedenfor 10. Den høye konsentrasjonen av totalpartikler ved steking av biff i margarin på elektrisk komfyr i Sjaastad & Svendsen (2008) ble forklart med høyt innhold av vann i margarinen.

12.0 Helseeffekter

12.1 Epidemiologiske studier

Innåndede fettaerosoler fra sprut og damp kan irritere lungevev og i høye konsentrasjoner gi lungebetennelse. Evnen aerosoler fra vegetabilsk- og animalsk fett har til å skade lungene avhenger av innholdet av frie fettsyrer (Svendsen et al., 2002). Flere studier har vist at eksponering for stekeos som dannes ved bruk av stekeolje har sterk korrelasjon med utvikling av rhinitt, luftveissymptomer og redusert lungefunksjon (Ng et al., 1993), (Ng & Tan, 1994). Norske studier har også vist økt forekomst av luftveissymptomer hos kjøkkenansatte (Svendsen et al., 2003).

I det siste har det vært mye fokus på den biologiske effekten av oksiderte lipider, og det er økende bevis for at de kan virke helseskadelig, spesielt når det gjelder utvikling av atherosklerose, leverskade og intestinale tumorer (Dobarganes & Marquez-Ruiz, 2003, sitert i Aladedunye & Przybylski, 2008). Pavanello (2007) påviste en signifikant økt urinmutagenitet hos friske ikke-røykere forårsaket av eksponering for stekeos hjemme. Stekeos fra stekeoljer har også blitt regnet for å kunne være en underliggende årsak for adenokarsinom lungekreft hos ikke-røykere (Evans et al., 2008). Forurensing fra steking har blant annet av disse årsakene blitt klassifisert som et sannsynlig karsinogen for mennesker (gruppe 2A) (IARC, 2010).

Epidemiologiske studier indikerer at kokker og bakere har en økt insidens for kreft i luftveissystemet (Lund, 1986), (Coggon et al., 1986), (Berg et al., 1988), (Notani et al., 1993). Imidlertid er det kjent at det blant norske, mannlige kokker er en høyere andel dagligrøykere enn i befolkningen generelt. Røykevanene i gruppen må derfor anses som en viktig faktor. See et al. (2006) estimerte risikoen for å utvikle kreft i løpet av livet (Estimated Excess Lifetime Cancer Risks, ELCR) på grunn av eksponering for PAH-komponenter i stekeos til 10^{-2} - 10^{-3} , noe som er klart over grensen på 10^{-6} som ble ansett for å være en ubetydelig risiko. Matlaging ble regnet for å kunne gi økt ELCR, selv om varigheten av kjøkkenarbeid var lavere enn i den er i yrkessammenheng. En mulig sammenheng mellom luftforurensing i kjøkkenmiljø og iskemisk hjertesykdom har også blitt funnet (Sjøgren et al., 2009).

12.2 Helseskadelige komponenter i stekeos

Det har blitt identifisert flere mutagene og karsinogene komponenter i stekeos (Vainiotalo & Matveinen, 1993). IARC (2010) har uttalt at PAH, HCA og aldehyder er spesielt viktige når det gjelder kreft og stekeos. PAH har blitt funnet å kunne påvirke immunsystemet, reproduksjonsevnen og utviklingen av atherosklerose (Sjaastad, 2010). PAH er også potensielt kreftfremkallende hos mennesker (IARC, 2010). Partikkelbundet PAH med fire til seks ringer virker å være mest kreftfremkallende, hvorav en av de mest kjente er benzo(a)pyren (Sjaastad, 2010). IARC har klassifisert benzo(a)pyren som et sannsynlig

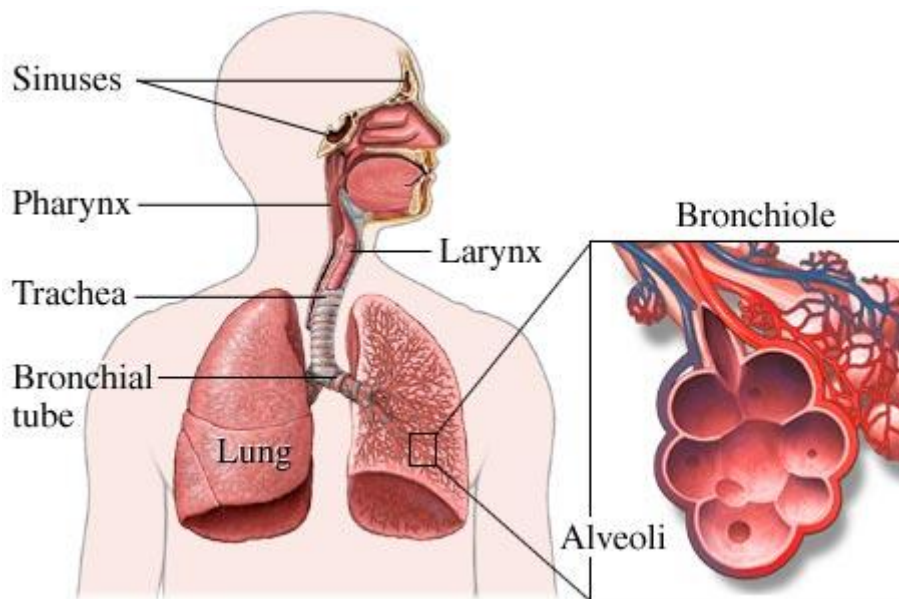
karsinogen for mennesker (gruppe 2A). Naphtalen regnes for å være et mulig menneskelig karsinogen (gruppe 2B) (IARC, 1998).

12.2.1 Partikler

Inhalering av luftbårne partikler har vært koblet mot en rekke helseproblemer, spesielt kardiologiske- og respiratoriske tilstander. Partikler >10 µm deponeres stort sett i nese og farynx, partikler mellom 5 – 10 µm (inhalerbare partikler) deponeres hovedsakelig i trakea og hovedbronkier, mens partikler <5 µm kan deponeres i bronkioler og alveoler (Hilt, 2011). Flere studier har vist at det er sammenheng mellom mengden partikler i luften og kardiologisk/respiratorisk helse (Pope et al., 1991), (Pope & Dockery, 1992), (Schwartz et al., 1993), (Dockery & Pope, 1994). Mange studier har fokusert på helseeffekten av PM_{2,5} (Jamriska et al., 1999), (Lee & Chang, 1999), (Neas et al., 1993), men færre har sett spesielt på helseeffekten av UFP. UFP kjennetegnes av stort antall og stor overflate, men utgjør en liten andel av den totale partikkelmassen, som gjerne bestemmes av store partikler (>1000nm). Dette betyr at antall partikler kanskje er et bedre mål enn partikkelmasse for å studere helseeffekter (Dennekamp et al., 2001).

Det er imidlertid ikke enighet om partiklenes toksisitet best bestemmes av antall partikler, partiklenes størrelse, sammensetning eller en kombinasjon av disse. Høye peak partikkelkonsentrasjoner kan være viktigere for helseeffektene enn lavere konsentrasjoner over lengre tid (Garret et al., 1998). UFP er regnet for å kunne gi astma, kronisk bronkitt og forandringer i immunsystemet, og har også blitt vist å kunne være mer toksiske enn større partikler (Renwick et al., 2004).

UFP kan avsettes i alle deler av luftveissystemet, men har større mulighet til nå lengre ned i luftveissystemet enn større partikler pga høyere diffusjonskoeffisient (Jaques & Kim, 2000), (Englert, 2004), (Afshari et al., 2005). Det store antallet gjør at makrofagene i lungene får problemer med å eliminere partiklene. Dette gjør videre at de lett avsettes i perifere deler av lungene og lettere går gjennom lungeepitelet enn større partikler. (Oberdörster, 2001). Videre kan partiklene gå over i blod og lymfe, påvirke leukocytter i blodet og nå sensitive organer som lever, nyrer og hjerne (Oberdörster et al., 2002), (Oberdörster et al., 2004), (Oberdörster et al., 2005). Kjemisk sammensetning avgjør kjemisk reaktivitet (Evans et al., 2008). På grunn av den store overflaten, kan gasser og partikler, som f.eks PAH, adsorberes på overflaten til UFP og indusere inflammatoriske responser (Churg et al., 2005). Noen av disse adsorberte komponentene kan være karsinogene og mutagene (See et al., 2006). Toksiske effekter har blitt dokumentert å kunne ramme lunger, nyrer, hjerte, reproduksjonsorganer og hud (Ostiguy et al., 2008). Partiklene kan også danne reaktive oksygenforbindelser (ROS) (Li et al., 2003), (Sioutas et al., 2005), stimulere oksidativt stress og påvirke blodlevring (Mutulu et al., 2007, sitert i Evans et al., 2008). Oksidativt stress kan igjen føre til allergi og inflammatoriske reaksjoner (Sjaastad, 2010).



Figur 20: Oversikt over respirasjonssystemet (Healthwise Inc, 2008).

Dyrestudier har vist at UFP kan virke toksisk, selv om større partikler av samme materiale ikke er det (Ferin et al., 1990), (Ferin et al. , 1992). Det har blitt vist at barn som vokser opp i hjem hvor det brukes gass til matlaging har større luftveisproblemer enn barn som vokser opp i hjem hvor det brukes andre kilder til oppvarming (Speizer et al., 1980), (Volkmer et al. , 1995). Disse effektene har blitt knyttet til økt konsentrasjon av NO₂. Garrett et al. (1998) fant imidlertid at eksponering for matlaging på gasskomfyr er en risikofaktor for luftveisproblemer selv om man justerer for NO₂-konsentrasjonen. Høye konsentrasjoner NO₂ kan imidlertid øke sensitiviteten for allergener hos folk med astma, mens lavere konsentrasjoner kan forverre astma (Dennekamp et al. , 2001).

Det er også mye som tyder på at partikler kan være en trigger for hjerteinfarkt, da personer som bygger opp atherosklerotisk plakk har økt risiko for å utvikle hjerteinfarkt (Araujo et al., 2008, sitert i Evans et al. , 2008).

12.2.2 PAH

En stor andel av toksikokinetikken man vet om PAH stammer fra dyreforsøk, hvor mange studier har sett på en enkelt PAH, ofte benzo(a)pyren. PAH med to- eller tre ringer absorberes imidlertid raskere og i større grad enn de med fem og seks ringer (IARC, 2010). Graden av absorpsjon av PAH i luftveissystemet fra partikler som inneholder PAH avhenger av mobilitetsdiameter. Lipofile PAH som slippes ut fra partikler som er avsatt i bronkiene kan være til stede over lang tid og absorberes sent. Til sammenligning absorberes PAH som slippes ut fra partikler som er avsatt i alveolene i løpet av minutter. PAH klareres gjerne raskt fra luftveissystemet og distribueres i stor grad til gastrointestinalsystemet, lever og nyrer. Gastrointestinalsystemet kan av den grunn inneholde høye konsentrasjoner av PAH. PAH kan også tas opp gjennom hud, noe som kan gå raskt og være omfattende. I rotter har adsorbent PAH blitt vist å bli distribuert til mange forskjellige organer og vev. PAH akkumuleres gjerne i

fettvev. Mutagene PAH-metabolitter som PAH-DNA-adducts, urinekstrakter og konsentrater har blitt etablert som biomarkører for eksponering for mutagene komponenter i inneluft (IARC, 2010). Signifikant økte nivå av 1-hydroksypyren i urin har blitt funnet hos polske barn som har blitt eksponert for matlaging (Siwinska et al., 1999). Chen (2007) viste at matlaging kan øke denne biomarkøren. Pavanello (2007) observerte at de som ble eksponert for stekeos på kjøkkenet om kvelden hadde høyere mutagen aktivitet i urinen morgenen etter enn de som ikke hadde blitt eksponert. Tilstedeværelsen av mutagene PAH i urinveissystemet kan være en risikofaktor for å utvikle blærekreft hos ikke-røykere (Evans et al., 2008).

12.2.3 Aldehyder

Aldehyder er elektrofile og kan diffundere inn i celler og forårsake skade, f.eks på DNA (Esterbauer et al., 1986, sitert i Sjaastad, 2010a). Acrolein og formaldehyd kan gi lokal irritasjon i luftveiene når de pustes inn. T,t-DDE regnes for å være den viktigste mutagene og cytotoxiske komponenten i stekeos og er den høymolekylære aldehyden som er best studert (Dung et al., 2006). T,t-DDE har blitt vist å kunne danne ROS og forårsake oksidativ stress/skade i A-549-lungekreftceller, leukemiceller, lungekarsinomceller og epitelceller i bronkiene (Sjaastad, 2010). I et studie hvor alveolære lungeepitelceller ble eksponert for t,t-DDE gjennom stekeos fra tre typer stekeolje, fant man tegn til cytotoxicitet og oksidativ DNA-skade som ble relatert til produksjon av ROS (Dung et al., 2006). Dyreforsøk har også vist at t,t-DDE kan gi økt risiko for adenokarsinom i lungene. Av andre mutagene aldehyder så har trans-2-decanal også blitt vist å kunne skape oksidativ skade i A-549-lungekreftceller (Wu & Yen, 2003). Dung et. al (2006) så på mekanismene mellom eksponering for stekeos og lungekreft og fant at stekeos inducerer anti-apoptotisk effekt, noe som fører til overlevelse og proliferasjon av A-549-lungekreftceller. Stekeos fra soyaolje, solsikkeolje og smult ble vist å kunne skade disse cellene. Stekeosen fra disse oljene inneholdt t,t-DDE, trans-2-decanal, trans, trans-2,4-nonadienal og trans-2-undecanal. T,t-DDE fra stekeos kan i så henseende være viktigere når det gjelder påvirkning av denne typen celler enn benzo(a)pyren (Hung et al., 2007).

T,t-DDE har også blitt rapportert å kunne redusere cellulært glutathionnivå og å være involvert i startsekvensen av DNA-fragmentering (Nappez et al., 1996). Andre studier har funnet at t,t-DDE har genotoksiske effekter da t,t-DDE kan reagere med nukleinsyre-baser i DNA (Loureiro et al., 2000).

12.2.4 HCA

I Ames-test (se kapittel 7.1) har HCA av IQ-typen blitt vist å ha en sterkt mutagen effekt (Nagao et al., 2000, sitert i Slagteriernes Forskningsinstitut, 2009). Når det gjelder kreftinsidensen hos rotter som har blitt eksponert for flere typer HCA, har det blitt vist at det er en lavere kreftforekomst hos rotter av hunkjønn, sammenlignet med rotter av hankjønn (Nakagama et al., 2000, sitert i Slagteriernes Forskningsinstitut, 2009). Hos aper som har blitt gitt IQ, MeIQx og PhIP i fôret, har insidensen av tumorer vært opp mot 70 % etter eksponering for IQ. IQ har av den grunn blitt beskrevet som et potent karsinogen. MeIQx

viste ikke samme evne til tumordannelse. Dette ble forklart med lav aktivering hos aper. Imidlertid kan MeIQx være et karsinogen hos mennesker hvis en persons genotype gjør at MeIQx kan aktiveres. PhIP hadde ikke samme evne til tumordannelse, men det ble observert koblinger til DNA. Det kan derfor være et spørsmål om dose før det opptrer som et karsinogen (Adamson et al., 2000 sitert i Slagteriernes Forskningsinstitut, 2009).

13.0 Oppgavens målsetting

Det har tidligere vært gjort lignende studier ved bruk av stekeolje/margarin og steking av biff (Sjaastad & Svendsen, 2008), (Sjaastad & Svendsen, 2009), (Sjaastad, 2010), (Sjaastad et al., 2010). I overnevnte studier ble det tilsatt vegetabilsk olje/fett, mens det i denne masteroppgaven kun ble brukt fett som dannes fra lettsaltet sideflesk/røkt bacon (animalsk fett). Formålet med denne masteroppgaven var å fastslå eksponeringsnivå for ultrafine partikler (UFP), totalpartikler, polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og høyere aldehyder ved steking av lettaltet sideflesk/røkt bacon på elektrisk komfyr og gassbluss.

Analysen av PAH ble gjennomført av Arbets- og miljømedisin, Sahlgrenska akademien, Göteborgs universitet. Analysen av aldehyder ble gjennomført av Statens Arbeidsmiljøinstitutt (STAMI, Oslo). UFP og totalpartikler ble analysert ved eget laboratorium ved Faggruppe for HMS, Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse, NTNU. Av analysene som ble gjennomført av Göteborgs universitet og STAMI, var det kun konsentrasjonen av totalpartikler fra PAH-filtrene som forelå våren 2011. Av den grunn fokuserer denne masteroppgaven hovedsakelig på partikler. Da vi ikke vet resultatet av analysene av PAH og aldehyder, vil det være vanskelig å karakterisere eksponeringen for disse.

14.0 Materiell og metoder

For å vurdere eksponering for UFP, totalpartikler, PAH og høyere aldehyder ble det gjennomført tre stekeforsøk over tre uker. Det ble rekruttert tre kvinnelige studenter som sto for all steking. Det ble rullert slik at alle testpersonene var "steker" en gang hver uke (se kapittel 19.2 – vedlegg 2). De to testpersonene som ikke stekte sto ved siden av mens stekeforsøket pågikk, og var behjelpelig med å ta av lettsaltet sideflesk/røkt bacon når det var ferdig stekt. I uke 5 ble det gjennomført steking av lettsaltet sideflesk på elektrisk komfyr, i uke 8 steking av lettsaltet sideflesk på gassbluss og i uke 10 ble det stekt røkt bacon på gassbluss. Det ble gjennomført tre stekedager hver uke. Hver stekedag varte i 3 timer og 20 minutter, fordelt på fem stekerunder á 15 minutter, som var adskilt av pauser på 25 minutter (se kapittel 19.1 – vedlegg 1). Alle forsøkene ble gjennomført i laboratoriekjøkken i kjelleren i Gamle Fysikk, NTNU (se kapittel 14.2). Totalpartikler, PAH og aldehyder ble målt ved hjelp av personbåret måleutstyr (se kapittel 14.5). De tre testpersonene ble utstyrt med hver sin ryggsekk som rommet måleutstyret. Partikkelkonsentrasjon og størrelsesfordeling av partikler ble målt med stasjonært måleutstyr (se kapittel 14.6).

14.1 Lettsaltet sideflesk/røkt bacon

Bacon skulle etter den gamle kjøttproduktforskriften være røkt, saltet sideflesk av svin, mens den urøkte motparten gikk under navnet saltet sideflesk³. Kjøttproduktforskriften ble sist endret i 2005, og det er i dag friere bruk av betegnelsen "bacon" (Helse- og omsorgsdepartementet, 2005). Bacon kan i Norge således være både være røkt og urøkt. Til tross for dette, er størsteparten av det som selges under navnet bacon i Norge fortsatt røkt. I USA er som regel bacon alltid røkt, mens det er like vanlig med røkt- og urøkt bacon i land som Storbritannia og Irland (Sletner, 2011), (Rønning, 2011), (Teigen, 2011), (Wikipedia, 2011c).

For å få en jevn salting og farge, er det vanlig at det sprøytes saltlake inn i sideflesket med tynne nåler. Bacon kan også tørrsaltes, eller ligge i lake, noe som gir mindre væskeinnhold og et sprøere bacon etter steking. Nitritt tilsettes som regel også, både for å stabilisere fargen, men også som konserveringsmiddel. Selv om bacon tradisjonelt har blitt framstilt fra sideflesk, så produseres det i dag bacon også fra andre deler av svin, f.eks kotelettkam. Dette gir et noe magrere bacon, som bl.a ofte er brukt under hotellfrokoster. Bacon kan også bli produsert fra andre dyr enn svin, f.eks lam, geit eller kalkun. Disse bacontypene brukes blant annet i det jødiske- og det muslimske kjøkken (Sletner, 2011), (Rønning, 2011), (Teigen, 2011), (Wikipedia, 2011c).

Da vi ønsket minst mulig vann i stekepannen under steking og unngå behov for tilsetning av ekstra stekeolje/fett, forsøkte vi å få tak i fett, tørrsaltet sideflesk/bacon. Vår kontakt klarte imidlertid ikke å skaffe den ønskede mengden innen tiden, så det ble isteden bestilt sideflesk/bacon som ikke var sprøytet, men isteden hadde ligget i saltlake. Totalt ble det bestilt ca 13 kg lettsaltet sideflesk og ca 7 kg røkt bacon fra samme produsent. Til de to første rundene med steking, ble det brukt lettsaltet sideflesk, mens det til den siste runden ble det benyttet røkt bacon. Denne bacontypen hadde blitt røkt på tradisjonelt vis, uten tilsetning av flytende røykaroma. Vi noterte oss at det lettsaltede sideflesket hadde noe mer synlig fett enn det røkte baconet. Det røkte baconet virket også noe "tørrere". Siste stekedag i uke 8 ble det brukt lettsaltet sideflesk fra en annen produsent, da det lettsaltede sideflesket vi i utgangspunktet hadde bestilt begynte å gå ut på dato. Årsaken til at vi ønsket å bruke både lettsaltet sideflesk og røkt bacon, er at røyking av mat medfører PAH-dannelse (Slagteriernes Forskningsinstitutt, 2009). Det er da nærliggende å tro at eksponeringen for PAH vil være noe høyere ved steking av røkt bacon enn ved steking av lettsaltet sideflesk. Ved å bruke både lettsaltet sideflesk og røkt bacon, fikk vi mulighet til å undersøke denne hypotesen.

I en røykeprosess, er det pyrolyse av trevirket som danner PAH. Nivået som dannes, avhenger av typen trevirke, temperatur, hvor mye oksygen som er til stede, type røykeutstyr og eksponeringstiden. En måte å redusere mengden PAH i røkt kjøtt på er å tilsette "flytende røykaroma" istedenfor å benytte tradisjonell røyking. Flytende røykaroma produseres under

³ Sideflesket ligger bak ribbeina på grisen.

kontrollerte forhold, og man forsøker å fjerne mest mulig av tjæreinnholdet, som inneholder majoriteten av de høymolekylære PAHene (Slagteriernes Forskningsinstitutt, 2009).

14.2 Laboratoriekjøkkenet

Laboratoriekjøkkenet som ble brukt var på ca 19 m² (56,1 m³) og var lokalisert i kjelleren på Gamle Fysikk, NTNU Gløshaugen. Kjøkkenet hadde enkelt inventar (skap, benk, skuffer, bord og stoler). Elektrisk komfyr/gassbluss ble plassert inntil veggen, ved siden av en kjøkkenbenk (se Figur 21). Over komfyren/gassblusset var det montert en ventilator. Avstanden mellom komfyren/gassblusset og ventilatoren var henholdsvis 55 cm ved bruk av elektrisk komfyr og 60 cm ved bruk av gassbluss. Ventilatoren ble kjørt på medium innstilling (trinn 2 av 3), uten stopp, alle stekedagene. Ventilatoren trekker med denne innstillingen ut 335 m³/t med luft (Sjaastad & Svendsen, 2008). Lufthastigheten, målt rett under ventilatoren, ble før hver stekedag startet målt til rundt 1,7 - 1,8 m/s (se kapittel 19.2 – vedlegg 2). Målingene ble tatt ca 1 cm under og i senter av fettfilteret. Fettfilter ble byttet etter hver avsluttet stekeuke.



Figur 21: Bilde av laboratoriekjøkkenet som ble brukt under forsøkene. Her er gassbluss montert.

I tilknytning til kjøkkenet var det et lite rom som ble brukt som lager. Mellom kjøkkenet og lageret var det en døråpning på ca 4,5 m² som ble holdt åpen under alle stekeforsøkene. Fra lageret var det videre en dør ut, men denne ble holdt lukket under alle stekeforsøkene. Ventilasjonen i kjøkkenet har tidligere blitt målt til 119 m³/t (tilluft) og 112 m³/t (avsug), mens ventilasjonen i lageret har blitt målt til 108 m³/t (tilluft) og 171 m³/t (avsug) (Sjaastad & Svendsen, 2008). Ventilasjonen til rommene ble ikke endret under stekeforsøkene. Målet med denne kjøkkenkonfigurasjonen var å oppnå lignende forhold som man vil finne i norske hjem, både når det gjelder plassering av komfyr/ventilator og stekeprosedyre. Det samme laboratoriekjøkkenet har tidligere blitt brukt til lignende forsøk med steking av biff i forskjellige typer olje (Sjaastad & Svendsen, 2008), (Sjaastad & Svendsen, 2009)

14.3 Testpersonene

Det ble rekruttert 3 kvinnelige studenter fra NTNU for å gjøre den praktiske steking. De ble kledd opp med kjeledress, hette og hadde på seg ryggsekk med pumper og måleutstyr under alle stekedagene (se Figur 22). Stekingen ble organisert slik at en av jentene sto for

oppskjæring og steking, mens de to andre var behjelpelig med å legge i nytt lettsaltet sideflesk/bacon og ta av det som var ferdigstekt. Arbeidsoppgavene ble rullert fra dag til dag, slik at alle jentene var steker en dag i hver stekeuke. I uke 5 og 8 var det de samme testpersonene, mens i uke 10 ble testperson B byttet ut med en annen jente, da hun ikke hadde anledning å være med.



Figur 22: Bilde av testpersoner påkledd ryggsekker med pumper.

14.4 Stekeprosedyre

Alle ukene var lagt opp på samme måte, med steking tre dager etter hverandre. Hver dag ble inndelt i fem stekerunder som hver enkelt varte i 15 minutter, etterfulgt av 25 min pause. Totalt varte hver stekedag i 3 timer og 20 minutter (se 19.1 – vedlegg 1). I uke 5 og 8 ble det stekt 400 g lettsaltet sideflesk i hver stekerunde, mens det i uke 10 ble brukt tilsvarende mengde røkt bacon, totalt 2 kg i løpet av en stekedag. I uke 5 ble det benyttet elektrisk komfyr, mens det i uke 8 og 10 ble benyttet gassbluss. I hver stekerunde ble 400 g lettsaltet sideflesk/bacon, i 3 – 4mm tykke skiver, delt i 3 porsjoner à 130 – 135 g, som hver ble stekt i 5 minutter (se Figur 23). Mellom hver porsjon som ble stekt, ble overflødig fett helt av stekepannen (se Figur 24).



Figur 23: Bilde av ferdig oppdelt røkt bacon i 3-4mm tykke skiver.



Figur 24: Bilde av overflødig fett etter en stekerunde.

Hver stekedag startet med at alle måleinstrumenter ble skrudd på, mens platen/gassblusset sto på max. Ventilatoren ble satt på medium innstilling (trinn 2 av 3). Temperaturen i pannen (stekepanne i jern) ble målt med et TES 1322A (TES Electrical Electronic Corp., Taipei, Taiwan) non-contact laser-termometer. Når temperaturen nådde 200 °C ble lettsaltet sideflesk/bacon lagt i pannen. Platen/gassblusset ble stående på max-innstilling i 2 min, før temperaturen ble justert ned ved at platen på den elektriske komfyren ble justert ned fra 6 (max) til 4, mens gassblusset ble skrudd ned ca 1/3 fra max-innstilling (trinnløs justering). Resten av stekerunden ble foretatt med denne temperaturinnstillingen. Stikkprøvemålinger av temperaturen i stekepannen under forsøkene lå mellom 270 og 320 °C, målt i senter av stekepannen. Når en 15 min stekerunde var ferdig, ble platen/gassblusset skrudd av mens ventilatoren fortsatte å gå på medium innstilling. Etter 23 min pause ble forsøket gjentatt på samme måte: platen/gassblusset ble satt på max og nytt lettsaltet sideflesk/bacon ble lagt i når temperaturen i pannen var ca 200 °C. Det tok ca 2 min før man oppnådde denne temperaturen, så nytt lettsaltet sideflesk/bacon ble lagt i ca 25 min etter at den foregående stekerunden var avsluttet.

14.5 Personbåret måleutstyr

Alle pumper som ble benyttet i forsøkene ble kalibrert opp mot et Aalborg GFM17 mass flowmeter (Aalborg, New York, USA). Under stekeforsøket ble det benyttet et Brooks rotameter, tube size 2 - 65 mm (Brooks Instruments, Hatfield, USA) for å kontrollere at flowen ikke endret seg mye, eller at pumper hadde stoppet. Dette ble gjort i hver pause.

14.5.1 Totalpartikler

Konsentrasjonen av totalpartikler ble gjort ved hjelp av filterkassetter med Gelman AE glassfiberfilter (37mm) og SKC Sidekick 224-52TX-/SKC Standard 224-44EX air sampler pump (SKC, Eighty Four, USA) som var kalibrert til en flow-rate på 2 l/min. Pumpene ble plassert i sekken testpersonene hadde på seg, mens filterkassett ble festet med åpningen vendt ned på ene skulderstroppen, i pustesonen til testpersonen. Pumpene ble påskrudd når platen/gassblusset ble skrudd på, og skrudd av etter den siste pausen (se kapittel 19.2 – vedlegg 2). Flow ble kontrollert rett før og rett etter avsluttet stekedag. Filterkassetten ble

så lukket med propp i hver ende og oppbevart i romtemperatur til stekeuken var over. Filtrene ble plassert i eksikator i tre døgn før veiing, både før og etter forsøkene, og deretter veid på en Mettler AE163 (0.01mg nøyaktighet) (Mettler-Toledo AS, Oslo, Norge). Kalibreringsprogram på Mettler AE163 ble kjørt før hver veierunde. 2 blanke filtre ble inkludert i analysen for å kontrollere endringer forårsaket av temperatur eller luftfuktighet. Filtrene som ble brukt til å måle partikulært PAH ble også analysert for totalpartikler (se kapittel 14.5.2). På den måten fikk vi to sett totalpartikkel-målinger som ble analysert ved to forskjellige laboratorier.

14.5.2 PAH

Konsentrasjonen av PAH ble målt ved hjelp av glassfiber-filter (37mm) i en lukket filterkassett og et XAD(II)-glassrør, montert etter hverandre. I tillegg til PAH, kan man også måle konsentrasjonen av totalpartikler fra samme filteret. Grunnen til at det ble brukt både filterkassett og XAD(II)-glassrør var at vi ønsket å måle PAH både i partikkel- og gassfase. Både filterkassetter og XAD(II)-glassrør kom ferdig fra Arbets- og miljömedicin, Sahlgrenska akademien, Göteborgs universitet. To pumper av typen Dupont constant flow sampler model S2500 (Dupont Instruments Corporation, Cincinnati, USA) ble koblet sammen for å få flow over 2,5 l/min gjennom glassrøret og filterkassetten. Dette fordi lignende målinger gjort med flow-rate på 1 l/min delvis ikke har gitt detekterbare konsentrasjoner av PAH (Sjaastad & Svendsen, 2009), (Sjaastad et al., 2010). I løpet av de tre stekeukene var gjennomsnittlig flow på 2,56 l/min. Pumpene ble plassert i sekken testpersonene hadde på seg og glassrør/filterkassett ble plassert på den ene skulderstroppen med åpningen på filterkassetten vendt ned. Pumpene ble påskrudd når platen/gassblusset ble skrudd på, og skrudd av etter den siste pausen (se kapittel 19.2 – vedlegg 2). Flow ble kontrollert før og etter avsluttet stekedag. Glassrørene ble så forseglet med hette i hver ende, mens filterkassetten ble forseglet med propper. Både glassrørene og filterkassetten ble deretter frosset ned til -20°C og oppbevart fram til alle stekeukene var over og alle prøvene ble sendt inn til Arbets- og miljömedicin, Sahlgrenska akademien, Göteborgs universitet for analyse.

14.5.3 Aldehyder

Konsentrasjonen av høyvektige aldehyder ble målt med termodesorpsjonsrør. Hver testperson hadde to slike rør på seg, tilkoblet hver sin pumpe av typen Casella Tuff Pro personal air sampler (Casella, Amherst, USA) som var kalibrert til en flow-rate på 0,1 l/min. Termodesorpsjonsrør og pumper kom ferdig fra Statens Arbeidsmiljøinstitutt (STAMI, Oslo). Pumpene ble plassert i sekken testpersonene hadde på seg og hvert rør ble plassert på hver sin skulderstropp i pustesonnen til testpersonen, med enden av røret vendt opp. Pumpene ble påskrudd like før platen/gassblusset ble skrudd på og skrudd av etter den siste pausen (se kapittel 19.2 – vedlegg 2). Flow ble kontrollert før og etter avsluttet stekedag. Rørene ble så forseglet med hetter i hver ende og oppbevart i romtemperatur fram til de ble sendt inn til Statens Arbeidsmiljøinstitutt (STAMI, Oslo), for analyse. Under håndtering av rørene ble det benyttet nitril-hansker for ikke å kontaminere dem.



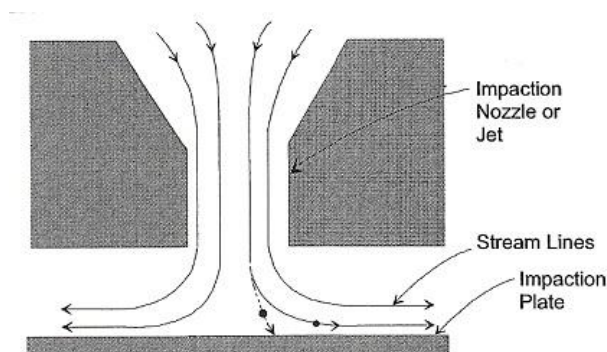
Figur 25: Bilde av testpersoner påmontert måleutstyr. Filterkassett på den nærmeste testpersonen og svart slange til SMPS har glidd noe ned i det bildet ble tatt.

14.6 Stasjonært måleutstyr – Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS)

14.6.1 Instrumentets funksjon

For å måle partikkelkonsentrasjonen og størrelsesfordelingen på partiklene, ble det benyttet et TSI-3936 Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS)-system. Dette systemet består av tre deler: TSI-3080 Electrostatic Classifier (EC), TSI-3025-Ultrafine Condensation Particle Counter (CPC) (TSI Inc., Shoreview, USA) og en bærbar PC (se Figur 28). Systemet er konstruert slik at TSI-3080 bestemmer mobilitetsdiameteren, mens TSI-3025 bestemmer partikkelkonsentrasjonen. TSI-3080 består av to hoveddeler: en styringsenhet og TSI-3081 Long Differential Mobility Analyzer (LDMA).

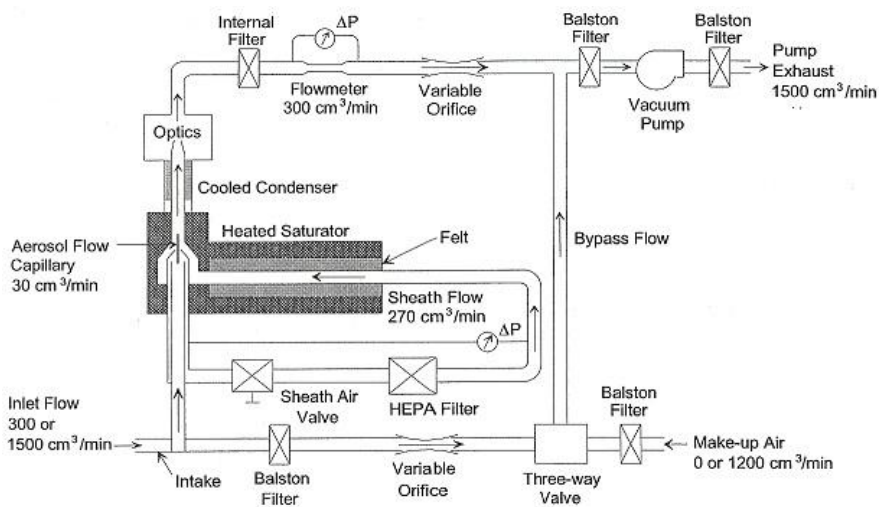
På TSI-3080 ble det påmontert en 0,0457cm impactor-nozzle som fjerner partikler som er større enn måleområdet ved hjelp av impaksjon (se Figur 26). Partikler med mobilitetsdiameter større enn måleområdet vil avsettes på impaksjonsplaten.



Figur 26: Snitt av innsiden i en impactor (Hinds, 1982, gjengitt i TSI Incorporated, 2002b).

Dette oppsettet gir et teoretisk måleområde på 13 – 833 nm (TSI Incorporated, 2002a). Fra impactoren går luften gjennom et radioaktivt kammer som nøytraliserer partiklene. Partiklene får ladning slik at de når sin likevektsladning (Boltzman-ladning), som er avhengig av partikkelens størrelse. Videre går partiklene over til TSI-3081 (LDMA), hvor de separeres på bakgrunn av sin elektriske ladning. Spenningen i TSI-3081 varierer fra 0-10kV, og avgjør

hvor partiklene avsettes. Partiklene deles inn i 64 størrelseskanaler, hvor en kanal korresponderer til et mobilitetsdiameter-midtpunkt, som igjen henger sammen med spenningen. Med andre ord inneholder hver størrelseskanal partikler innenfor et bestemt størrelsesområde. Positivt ladede partikler går så over til TSI-3025, hvor luftstrømmen (flow) deles i sheath flow og aerosol sample flow. Sheath flow går gjennom et HEPA-filter og passerer gjennom et oppvarmet rør fylt med 1-butanol, hvor partiklene blir mettet med 1-butanol-damp for å bli detekterbare. Luften og partiklene diffunderer så inn i aerosol flowen, før den går videre inn i kondensatoren, hvor partiklene belyses med laserlys og registreres av en fotodetektor (se Figur 27) (Jokstad & Ruth, 2004), (TSI Incorporated, 2002a), (TSI Incorporated, 2002b), (TSI Incorporated, 2002c).



Figur 27: Skjematisk oversikt over flow TSI-3025A (TSI Incorporated, 2002c).



Figur 28: Bilde av TSI-3936 SMPS med TSI-3080 EC, påmontert TSI-3081 LDMA til venstre. TSI-3025 CPC sees i midten. Til høyre sees pcen som ble brukt til å styre målingene. I nedre venstre kant sees den svarte slangen som ble påmontert kokken.

14.6.2 Bruk av instrumentet

På impactor-nozzle ble det påmontert en 4,3 m lang slange av silikon (TSI, type 3001903), beregnet for partikkeltransport, som passet optimalt til impactor-nozzle. Når instrumentet kjører, vil da luften først gå gjennom slangen og videre inn i impactoren. Den andre enden av

slangen ble festet i stroppen på høyre siden av sekken til den av testpersonene som sto for stekingen (i pustesonen). Før og etter hver stekedag ble sample flowrate målt gjennom slangen ved hjelp av et Gilian Gilibrator 2 flowmeter (Sensidyne, Clearwater, USA). Det ble tatt gjennomsnitt av tre målinger. Sample flowrate ble justert slik at den var så nær 0,3 liter/min som mulig ved å justere på flow equalizer assembly på TSI-3025. Sheath flow ble satt til 3,0 liter/min. Etter hver stekedag ble impactorplaten skrudd løs, rengjort med etanol og smurt med et tynt lag med fett. Etter hver stekeuke, ble hele impactoren demontert og det ble munnpipetert etanol gjennom impactorhodet for å rengjøre det.

Det teoretiske måleområdet til TSI-3936 er 14,6 – 661,2 nm (TSI Incorporated, 2002a). I våre forsøk var imidlertid det praktiske måleområdet 14,5 – 615,3 nm (instrumentet returnerte 0 i størrelseskanalene 637,8- og 661,2 nm i alle måleseriene). Scan pr. sample og number of samples ble satt til 1. Scanning time ble da 2 min og 15 sek. Instrumentet ble videre satt til å gjenta målingen hvert tredje minutt. Målingen startet samtidig som plata/gassblusset ble skrudd på, dvs ca 2 min før det ble lagt lettsaltet sideflesk/bacon i stekepannen, og avsluttet når den siste pausen var over (se kapittel 19.2 – vedlegg 2). Ved måling av partikkelkonsentrasjon/størrelsesfordeling ved kun bruk av gassbluss, uten steking av lettsaltet sideflesk/røkt bacon, ble det målt under en tenkt stekerunde på 15 min med assblusset på, etterfulgt av 25 min pause med gassblusset av (se kapittel 15.5).

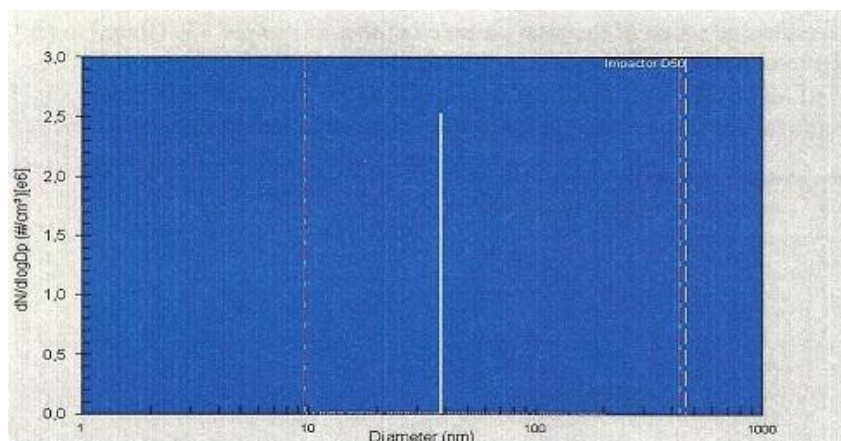
14.7 Etterbehandling av data fra SMPS

PCen som ble tilkoblet SMPS brukte programmet Aerosol Instrument Manager for å kontrollere størrelsesmålingen og partikkeltellingen. I tillegg styrte pcen beregninger og lagret data. Tallmaterialet som fremkom av forsøkene ble eksportert fra Aerosol Instrument Manager og videre behandlet i Microsoft Office Excel 2007 og Sigmaplot 12.0.

14.7.1 Fjerning av spikes

Under stekedag 1 og 3 i uke 5 gjorde instrumentfeil at vi fikk to ekstremt høye måleverdier i en av størrelseskanalene i SMPS (spikes) (se Figur 29). Dette er en instrumentfeil.

Representanter fra produsenten av instrumentet (TSI Inc., Shoreview, USA) har forklart at årsaken til at denne feilen oppstår sannsynligvis er forurensinger i LDMA-filteret (Ruth & Jokstad, 2005).



Figur 29: Eksempel på instrumentfeil, slik målingen vises i Aerosol Instrument Manager (Ruth & Jokstad, 2005).

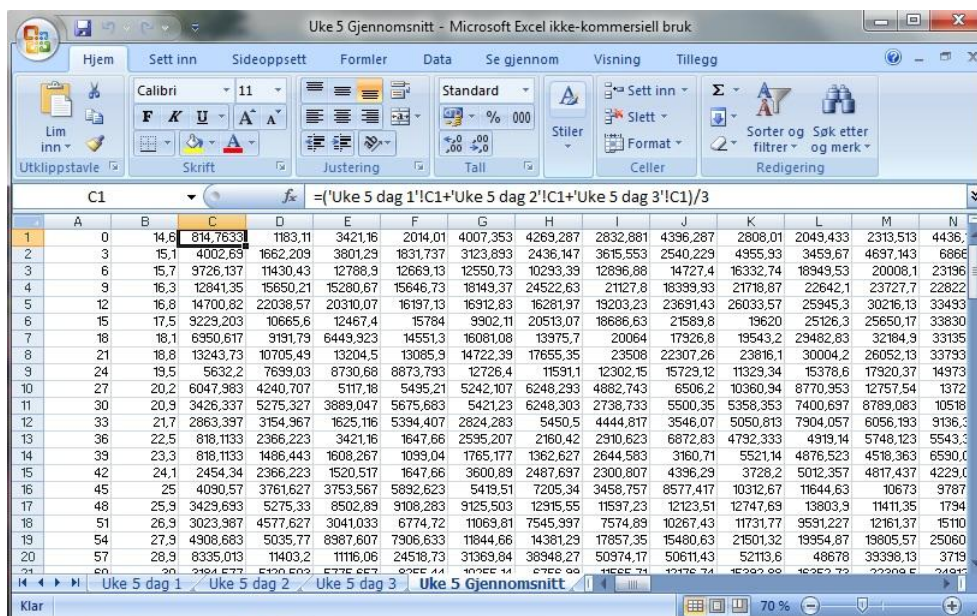
De to spesifikke verdiene for de aktuelle størrelseskanalene ble identifisert og fjernet, og det ble isteden estimert nye verdier ved å ta gjennomsnittet av måleverdien i størrelseskanalen før og etter (se Figur 30). Dette gjaldt to verdier stekedag 1 og 3, uke 5.

	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN
26	17830.7	12903	16983.8	22991.3	20616.3	19324.2	25138.4	20553.
27	11678.2	9269.24	14673.5	13508.9	14872.3	18786.9	14926.8	18663.
28	14594.4	13636.7	13062.2	16206.4	10669.4	12809.9	10741.6	16842.
29	78721.8	78923.6	80458.9	88223	106473	130481	133237	12628
30	107790	95205.5	100831	101110	106847	142250	166936	18965
31	131547	143029	145986	160307	164919	158129	167206	16839
32	73418	82380.4	73830.5	84645.1	81585.9	97095.5	119293	12299
33	91105.7	87893.5	89638.4	29984400	94040.9	108988	108557	11746
34	75166.5	88801.6	90984.2	97191.5	97431.9	99915.1	116048	11412
35	47763.9	45056	44533.3	56894.5	49485.4	51248.3	59373.4	69129.
36	25126.7	30577.9	38467.4	27642.7	38392	38971.4	38406.2	41291.
37	21626	29132.9	34661.6	31162.9	29854.5	32545.5	33665.5	37024.
38	23021.6	25543.7	16573	22941.1	23830.1	20224.7	23388.2	17576.
39	12455.4	17277.8	13773.1	24790.3	16138.8	22728.4	20933.5	19164.
40	6070.09	8220.11	7395.88	14809.1	12013.5	15200.7	10001.4	16540.
41	8981.69	12515.7	12948.9	14284.5	13067.8	6740.12	9981.58	16110

Figur 30: Eksempel på peak-verdi som følge av instrumentfeil. Verdien for størrelseskolonnen i AJ33 ble erstattet med gjennomsnittet av målingen før (AJ32) og målingen etter (AJ34).

14.7.2 Beregning av gjennomsnitt for hver stekeuke

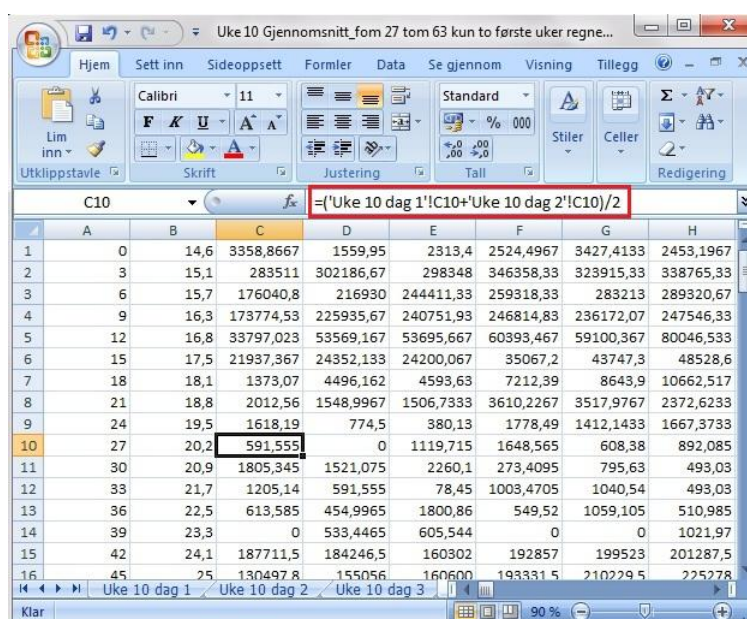
Gjennomsnitt av målingene for hver stekeuke ble beregnet ved å beregne gjennomsnitt av verdiene i hver enkelt størrelseskanal for hver måleserie. Både stekerunder og pauser vil være inkludert i dette gjennomsnittet.



Figur 31: Beregning av gjennomsnittsverdier for hver størrelseskanal i hver måleserie. Hver kolonne, unntatt A og B, representerer en størrelseskanal. Hver rad, unntatt tallverdier under kolonne A og B, representerer en måleserie.

14.7.3 Instrumentstopp

Siste stekedag, under steking av røkt bacon, stoppet partikkelmålingen i ca 36 min, fra og med målingen 27 min etter start til og med målingen 63 min etter start, da det ble lastet ned en Windows-oppdatering på pcen. Av den grunn ble gjennomsnittsverdiene for uke 10 i dette tidsintervallet beregnet på bakgrunn av verdiene fra de to første stekedagene denne uken (se Figur 32). Resten av gjennomsnittsverdiene ble beregnet på bakgrunn av gjennomsnitt av alle tre dagene.



Figur 32: Gjennomsnittsverdier i intervallet fra og med 27 min etter start til og med 63 min etter start ble beregnet på bakgrunn av måleverdier fra de to første dagene (se formel innrammet i rødt).

14.7.4 dN/dlogDp

For å kunne sammenligne resultatene med tidligere studier ble mobilitetsdiameter (D_p) plottet mot den totale konsentrasjonen av partikler (total number concentration, TNC), som beregnes ved å dividere antall partikler, dN, med logaritmen til størrelseskanalen, dlog (D_p), hvor D_p er mobilitetsdiameter. Dette er en mye brukt måte å fremstille partikkelfordeling på (Gaegauf et al., 2011). Denne måten å fremstille partikkelfordelingen på tar høyde for at de ulike størrelseskanalene ikke dekker et like stort område.

14.7.5 3D - grafisk framstilling av de tre ulike stekeforsøkene

Dataene fra hver stekedag i henholdsvis uke 5, 8 og 10 ble tidssynkronisert og målinger utenfor det på forhånd bestemte tidsintervallet forsøkene skulle kjøre innenfor (totalt 3 timer og 20 minutt) ble fjernet. For å illustrere resultatene grafisk i tre dimensjoner, med hensyn på tid, dN/dlogDp og tid, ble dataene videre overført fra Microsoft Office Excel 2007 til SigmaPlot 12.0 og behandlet der. Det ble laget illustrasjoner som både viste partikkelfordeling over hele måleområdet til partikkeltelleren, og illustrasjoner som viste partikkelfordeling av UFP.

14.7.6 Cut-off

Under forsøkene returnerte SMPS-systemet 0 i størrelseskanal 637,8 og 661,2 nm i alle måleseriene. Det praktiske måleintervallet i våre forsøk ble av den grunn fra 14,6nm til 615,3 nm. Da instrumentet ikke returnerte noen verdier i de to største størrelseskanalene ble derfor øvre cut off for mobilitetsdiameter i alle figurene satt til 615,3 nm (bortsett fra i figurene over UFP hvor cut-off var 100 nm).

14.7.7 2D - grafisk framstilling av hver stekerunde

For å undersøke og illustrere evt forskjeller mellom stekerundene, ble dataene for hver stekerunde isolert og målinger gjort i pausene fjernet. Det ble videre regnet et gjennomsnitt av alle måleseriene for henholdsvis 1.-, 2.-, 3.-, 4.- og 5. stekerunde for alle tre stekeukene. Tidsvariablene ble fjernet og dataene ble videre illustrert grafisk i to dimensjoner (antall partikler/cm³ og mobilitetsdiameter) i Microsoft Office Excel 2007. På bakgrunn av disse resultatene ble det beregnet et totalt gjennomsnitt for henholdsvis stekerunde 1, 2, 3, 4 og 5 som ble lagt inn i den samme grafiske illustrasjonen (svart linje).

14.7.8 2D - grafisk framstilling av stekeforsøkene og gassblussets innvirkning

Det totale gjennomsnittet for hver stekeuke (se kapittel 14.7.7) ble lagt inn i samme figur sammen med resultatet fra måling av partikkelkonsentrasjon ved kun bruk av gassbluss (se kapittel 14.6.2). Dette ble gjort for å illustrere hvilken innvirkning partikkelgenerering fra gassbluss kan ha på målt partikkelkonsentrasjon og størrelsesfordeling.

14.7.9 2D - grafisk framstilling av partikkelfordeling ved ulike tidspunkt

For å undersøke og illustrere hvordan partikkelfordelingen var under de ulike tidspunktene under stekeforsøkene, ble det plukket ut partikkeldata fra gjennomsnittet av første stekerunde (se kapittel 14.7.2) av henholdsvis steking av lettsaltet sideflesk på elektrisk komfyr, steking av lettsaltet sideflesk på gassbluss og steking av røkt bacon på gassbluss ved

tidspunktene 0-, 3-, 9-, 15-, 27-, 33- og 39 min etter oppstart av stekeforsøk. Pausen etter stekerunden er inkludert i den grafiske framstillingen. Dataene ble illustrert grafisk i to dimensjoner (dN/dlogDp og mobilitetsdiameter) i Microsoft Office Excel 2007.

14.8 Urinprøver

Det ble tatt urinprøver av testpersonene for å måle konsentrasjon av 8oxodG, som tegn på DNA-skade som følge av eksponering for stekeos. Det ble tatt urinprøver hver uke, til samme tid, følgende dager: dagen før første stekedag, første stekedag, tredje stekedag, dagen etter tredje stekedag og en uke etter siste stekedag. Jentene fikk informasjon om at de ikke skulle spise stekt eller grillet mat, og helst ikke oppholde seg i områder med mye forurensing. Dessuten skulle de helst ikke drive med hard trening i de ukene stekeforsøkene pågikk. Dette for ikke å påvirke måleresultatene. Denne problemstillingen og resultatene fra urinprøvene ble undersøkt av stipendiat Sindre Svedal ved det medisinske fakultet, NTNU, og behandles ikke videre i denne oppgaven.

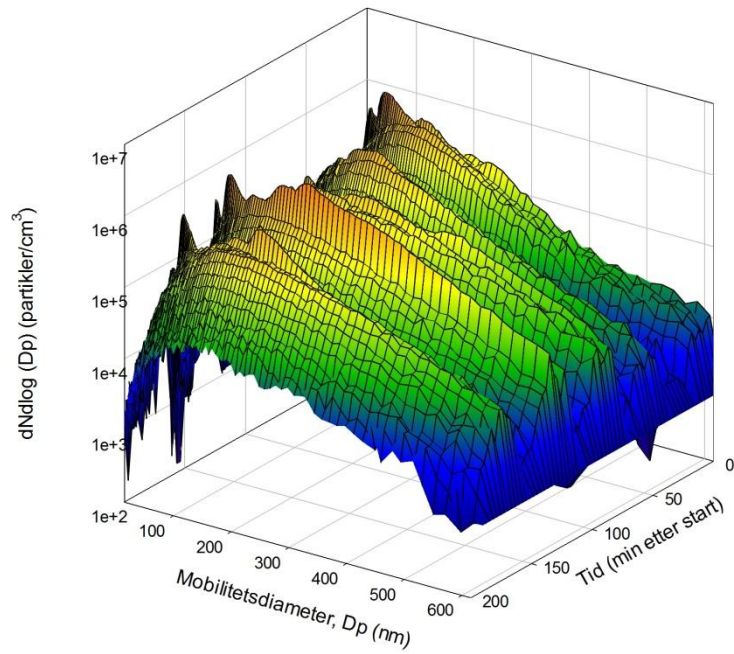
14.9 Spørreskjema

For å holde oversikt over hva testpersonene spiste og gjorde i testperioden, ble det laget et spørreskjema som testpersonene fikk utlevert før hver stekeuke startet (se eksempel i kapittel 19.6 – vedlegg 6). I spørreskjemaet ble testpersonene spurt om hva de gjorde og spiste fra og med dagen før første stekedag i uken og til og med dagen etter siste stekedag i uken.

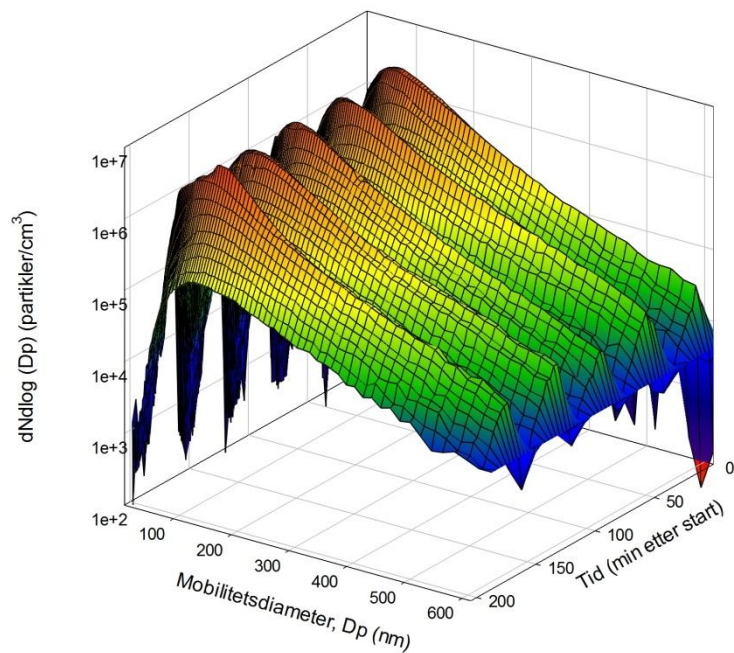
15.0 Resultater

15.1 Partikler - Totalt resultat

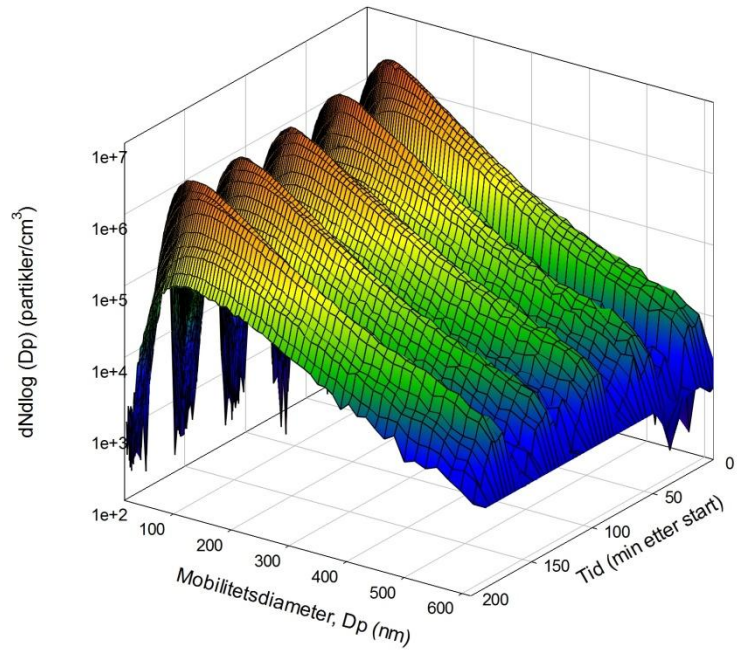
Det ble beregnet et gjennomsnitt av de tre stekedagene i hver stekeuke (se kapittel 14.7.2). I Figur 33, Figur 34 og Figur 35 er en gjennomsnittlig stekedag for hver stekeuke illustrert.



Figur 33: Steking av lettsaltet sideflesk på elektrisk komfyr, totalt resultat.



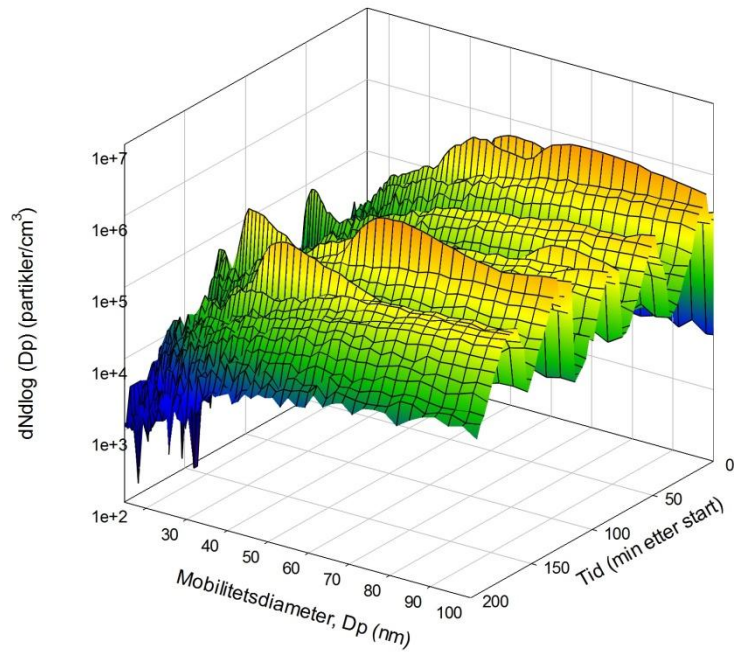
Figur 34: Steking av lettsaltet sideflesk på gassbluss, totalt resultat.



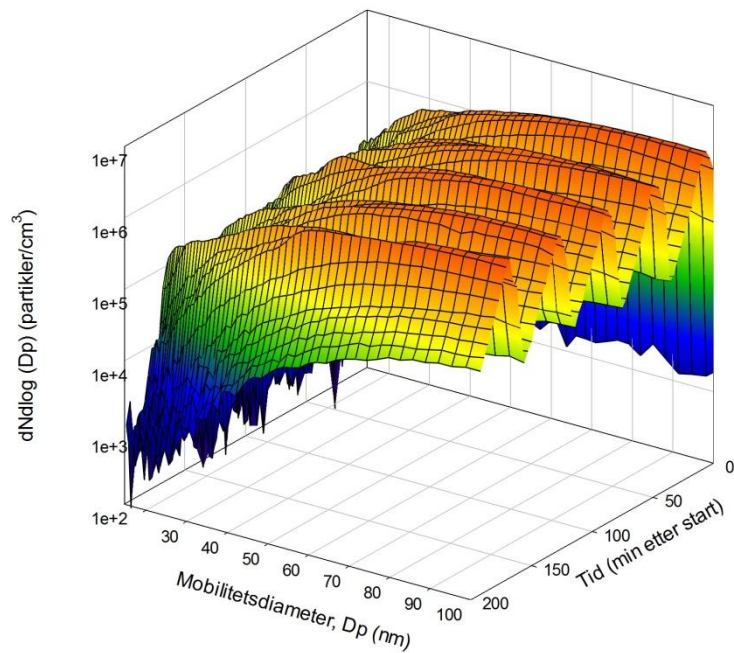
Figur 35: Steking av røkt bacon på gassbluss, totalt resultat.

15.2 UFP – Totalt resultat

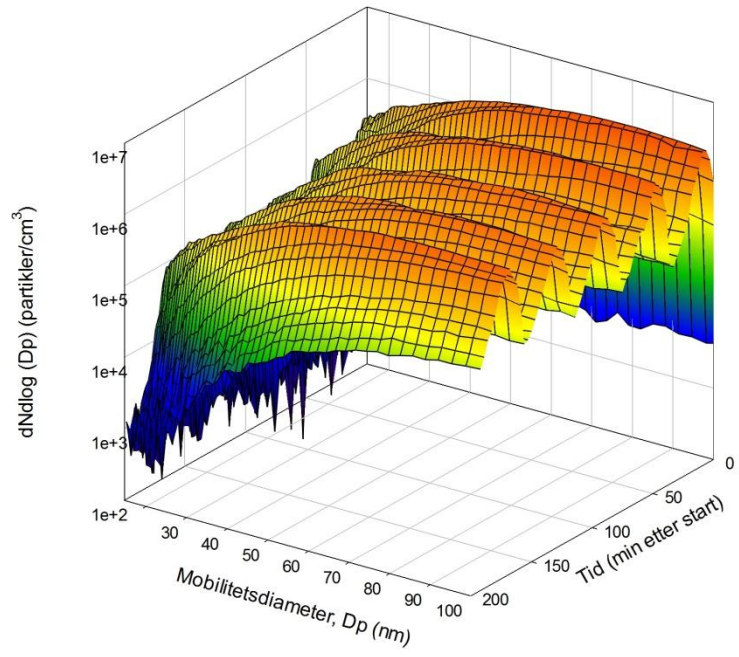
I Figur 36, Figur 37 og Figur 38 er fordelingen av UFP for en gjennomsnittlig stekedag illustrert (se kapittel 14.7.2).



Figur 36: UFP ved steking av lettsaltet sideflesk på elektrisk komfyr.



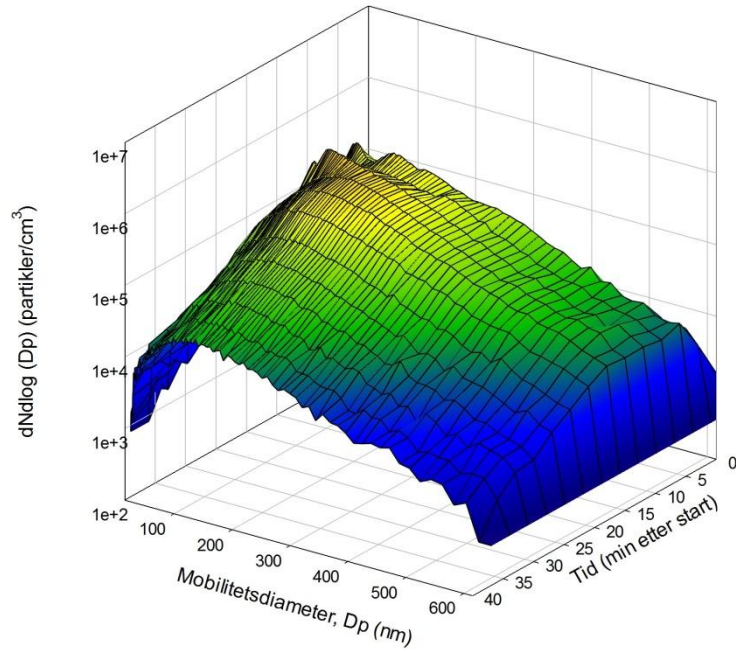
Figur 37: UFP ved steking av lettsaltet sideflesk på gassbluss.



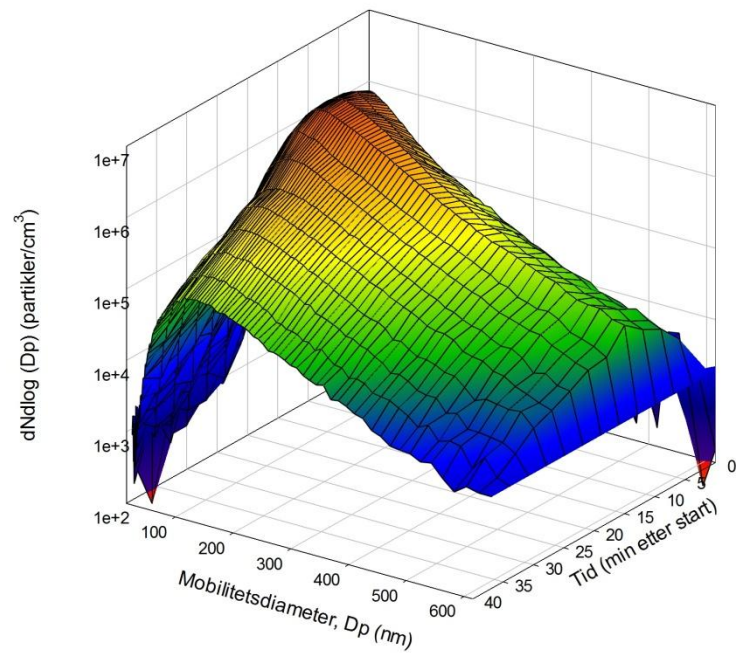
Figur 38: UFP ved steking av røkt bacon på gassbluss.

15.3 Partikler – Gjennomsnitt av de tre stekedagene, første stekerunde

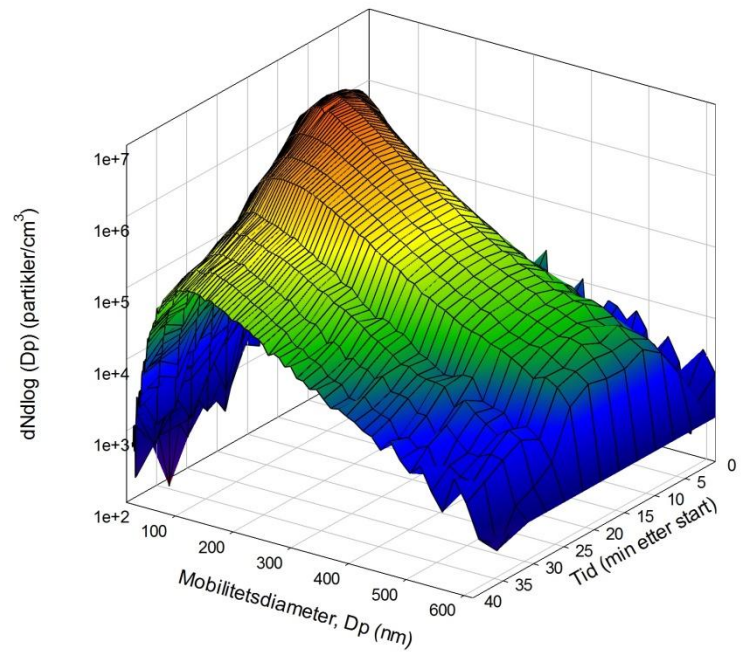
I Figur 39, Figur 40 og Figur 41 er gjennomsnittet av første stekerunde (15 min) med etterfølgende pause (25 min) for de tre stekedagene illustrert.



Figur 39: Steking av lettsaltet sideflesk på elektrisk komfyr, første stekerunde.



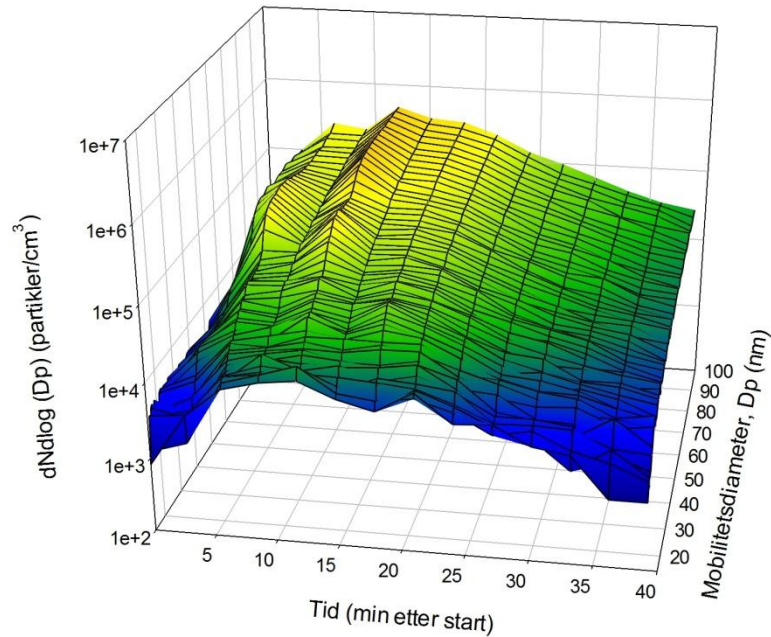
Figur 40: Steking av lettsaltet sideflesk på gassbluss, første stekerunde.



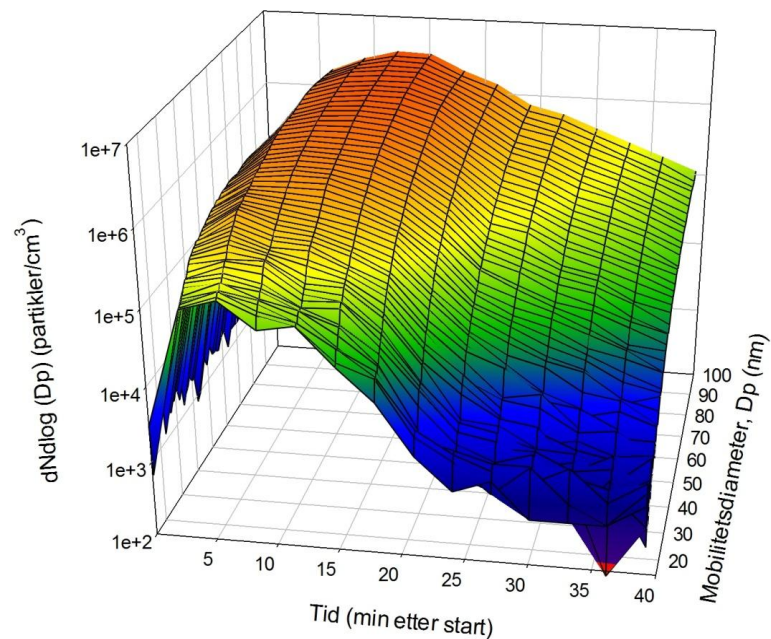
Figur 41: Steking av røkt bacon på gassbluss, første stekerunde.

15.4 UFP – Gjennomsnitt av de tre stekedagene, første stekerunde

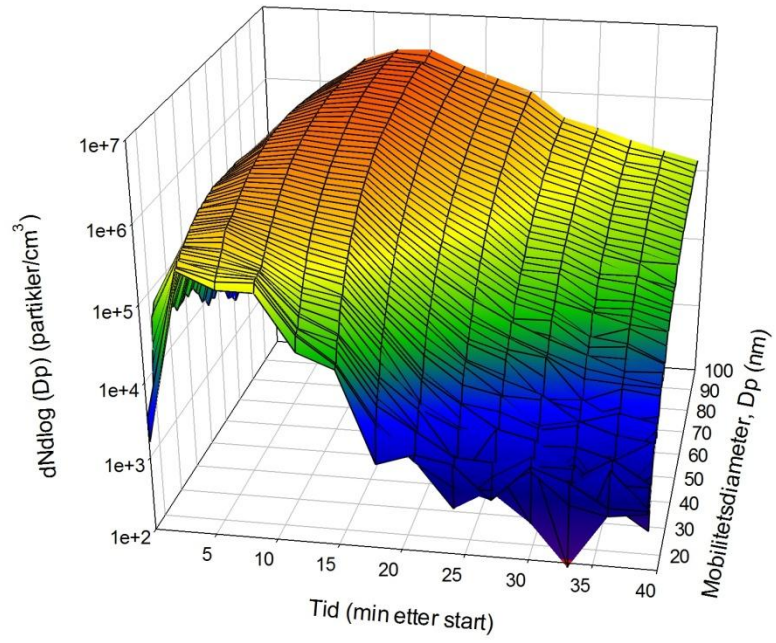
I Figur 42, Figur 43 og Figur 44 er gjennomsnittskonsentrasjonen av UFP for første stekerunde (15 min), med etterfølgende pause (25 min) illustrert. Figurene er rotert slik at tidsaksen vender fremover. Dette er gjort for å bedre kunne illustrere hvor lang tid det tar før konsentrasjonen av UFP er tilbake til samme nivå som før steking startet.



Figur 42: UFP ved steking av lettsaltet sideflesk på elektrisk komfyr, første stekerunde.



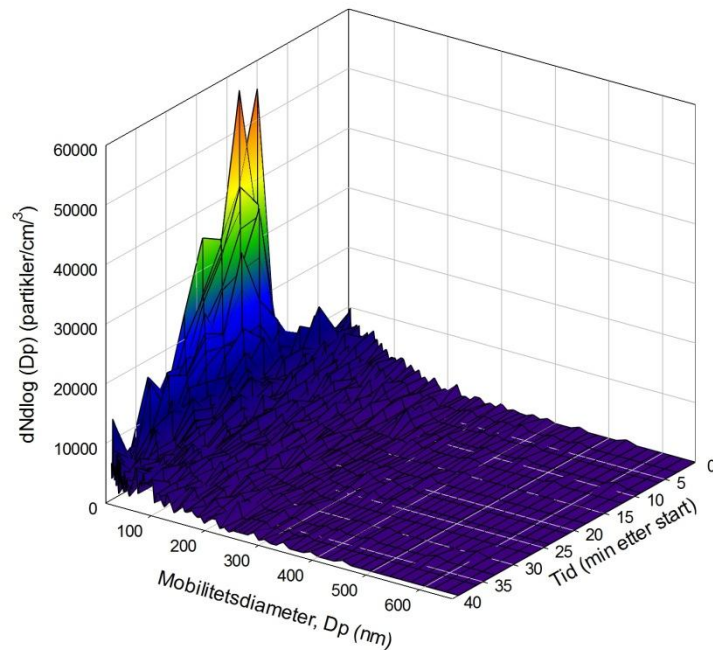
Figur 43: UFP ved steking av lettsaltet sideflesk på gassbluss, første stekerunde.



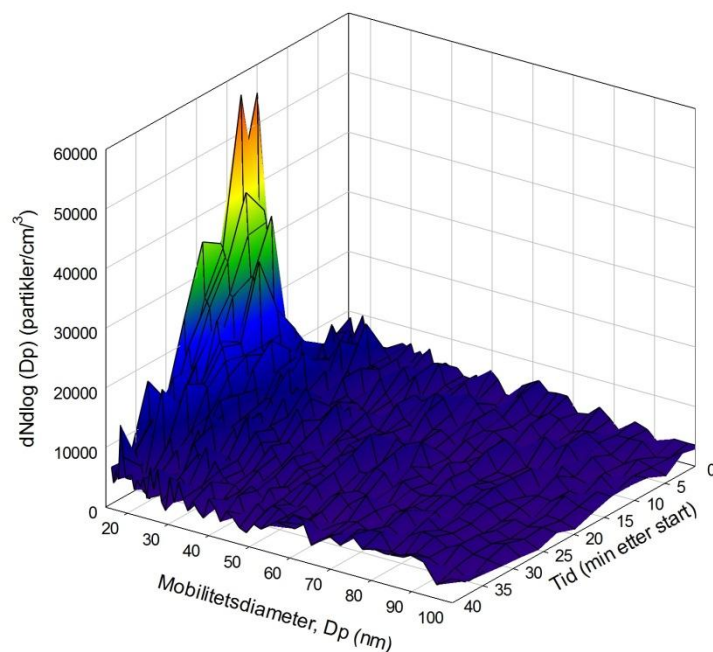
Figur 44: UFP ved steking av røkt bacon på gassbluss, første stekerunde.

15.5 Partikler - Bruk av gassbluss

For å undersøke hvor stor partikkelkonsentrasjon som genereres av gassblusset, ble det foretatt et forsøk med kun gassbluss, dvs uten steking av lettsaltet sideflesk/røkt bacon. Partikkelkonsentrasjonen ble målt under en tenkt stekerunde på 15 min med gassblusset på, etterfulgt av 25 min pause med gassblusset av.



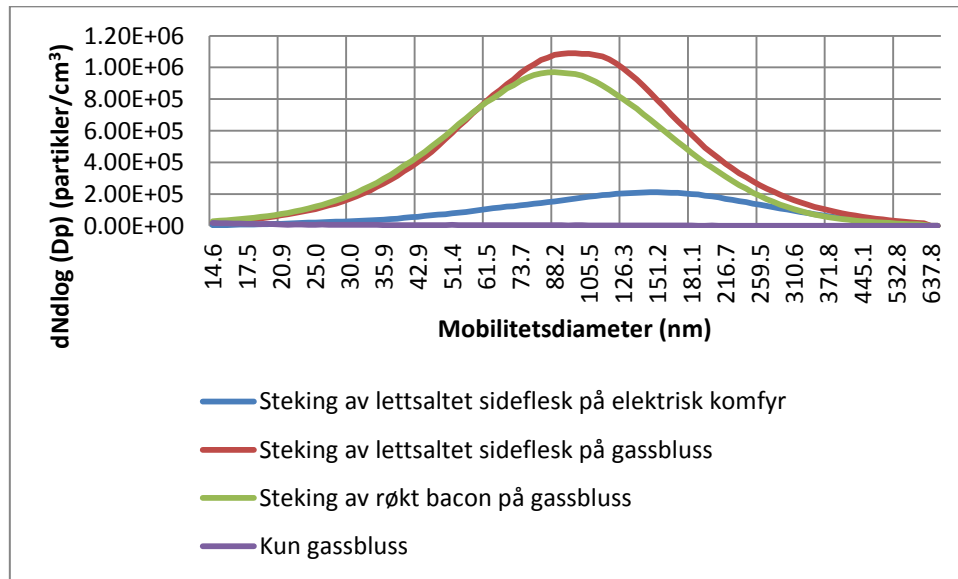
Figur 45: Stekerunde med kun gassbluss, uten steking av lettsaltet sideflesk/røkt bacon.



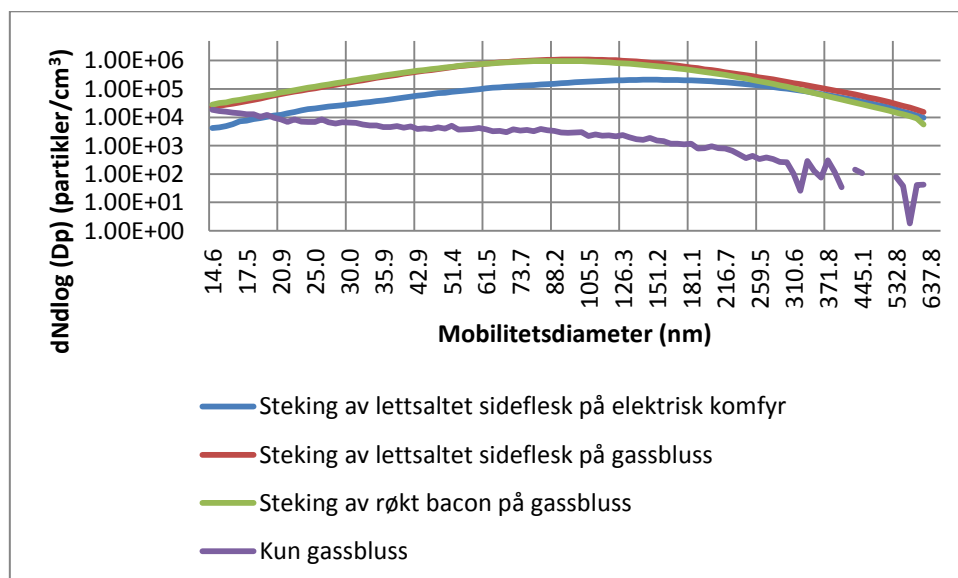
Figur 46: Stekerunde med kun gassbluss, uten steking av lettsaltet sideflesk/røkt bacon, UFP.

15.6 Gassblussets innvirkning på den målte partikkelkonsentrasjonen og størrelsesfordeling

For å illustrere hvilken innvirkning partikkelgenerering forårsaket av gassblusset har på den målte partikkelkonsentrasjonen, ble resultatet fra forsøket med kun gassbluss (se kapittel 15.5) lagt inn i en 2D-figur sammen med en grafisk framstilling av målt partikkelkonsentrasjon og størrelsesfordeling fra de ulike stekeforsøkene (se Figur 47 og Figur 48). Den grafiske framstillingen baserer seg på kun stekeprosessen, alle pauser er ekskludert (se kapittel 14.7.7 og 14.7.8).



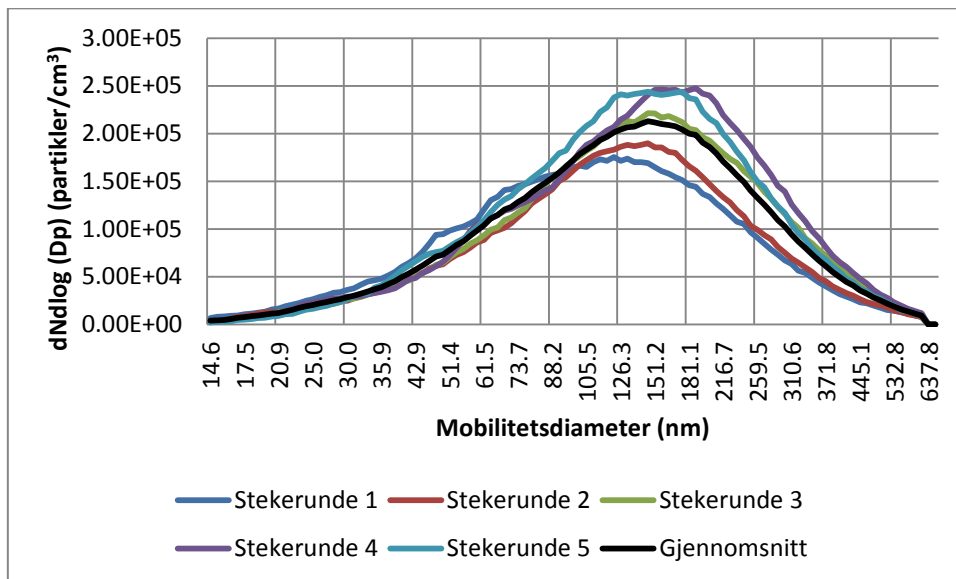
Figur 47: Gjennomsnitt av alle måleserier under steking, pausene er ekskludert, for de tre stekeforsøkene – lineær framstilling.



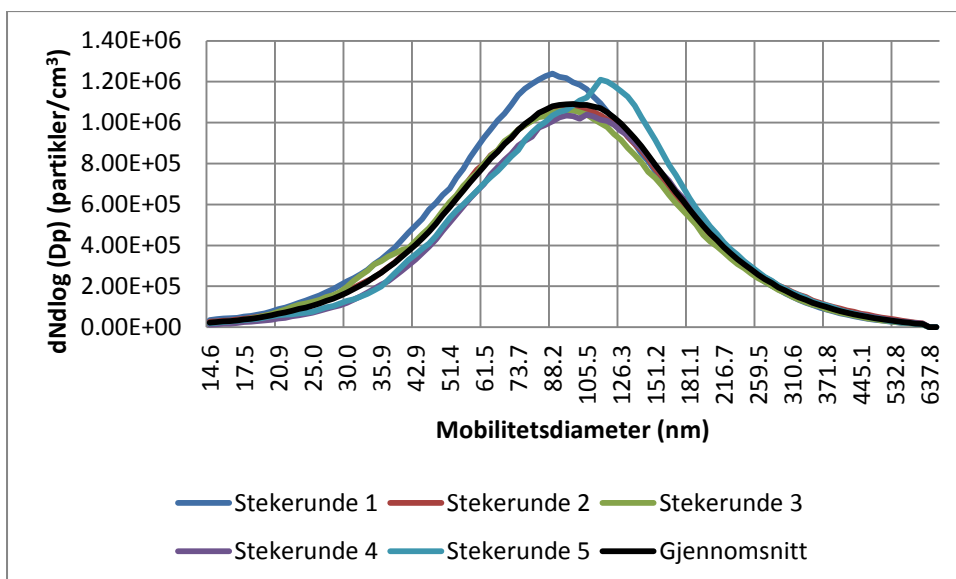
Figur 48: Gjennomsnitt av alle måleserier under steking, pausene er ekskludert, for de tre forsøksseriene – logaritmisk framstilling.

15.7 Variasjon mellom stekerundene

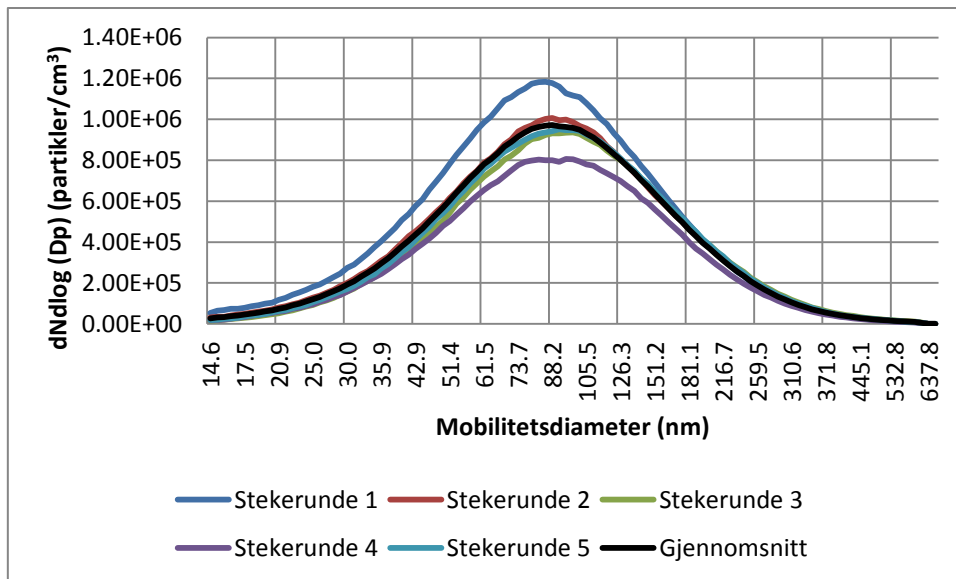
Variasjon i mellom de gjennomsnittlige stekerundene for hver stekeuke er illustrert i Figur 49, Figur 50 og Figur 51 (se kapittel 14.7.7).



Figur 49: Steking av lettsaltet sideflesk på elektrisk komfyr.



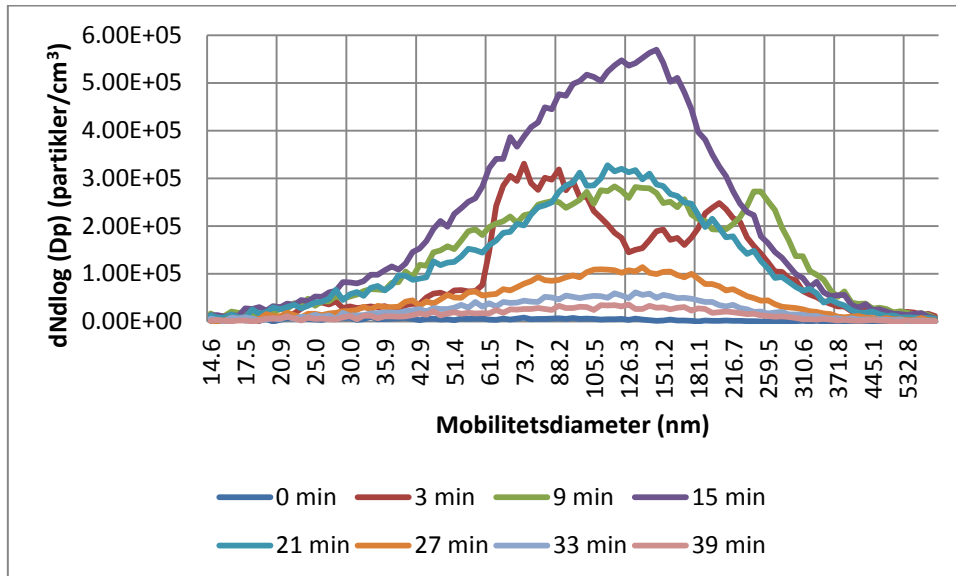
Figur 50: Steking av lettsaltet sideflesk på gassbluss.



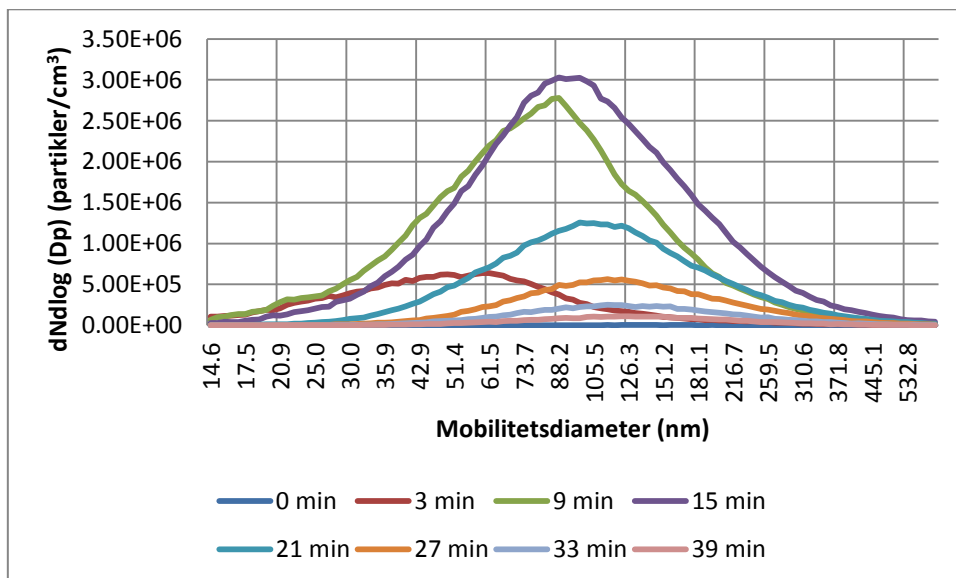
Figur 51: Steking av røkt bacon på gassbluss.

15.8 Endring av mobilitetsdiameter i løpet av stekeforsøket

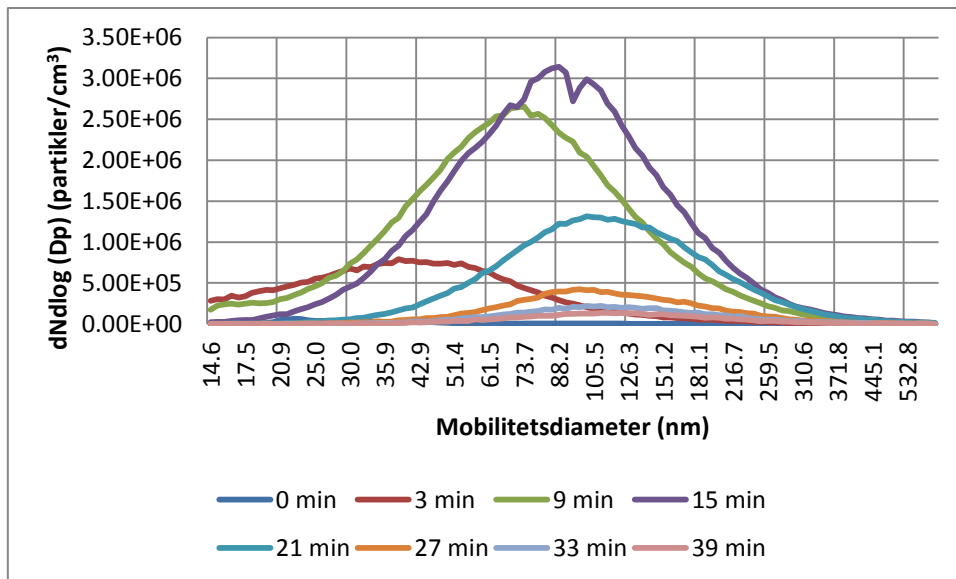
Det observeres en endring i mobilitetsdiameter med tiden i forsøkene ved bruk av gassbluss (se Figur 53 og Figur 54). Tilsvarende endring i mobilitetsdiameter sees ikke ved bruk av elektrisk komfyr (se Figur 52). Jfr. kapittel 14.7.9.



Figur 52: Partikkelfordeling - steking av lettsaltet sideflesk på elektrisk komfyr.



Figur 53: Partikkelfordeling - steking av lettsaltet sideflesk på gassbluss.



Figur 54: Partikkelfordeling - steking av røkt bacon på gassbluss.

15.9 Totalpartikler

Ved måling av totalpartikler, ser vi at resultatene fra våre egne analyser og analysene foretatt ved Göteborgs universitet er nokså like. Både våre egne analyser og analyser foretatt ved Göteborgs universitet viser størst variasjon i resultater ved steking av lettsaltet sideflesk på gassbluss og lavest konsentrasjon av totalpartikler ved steking av røkt bacon på gassbluss (se Tabell 6).

Tabell 6: Konsentrasjon av totalpartikler målt ved hjelp av filterkassetter.

Filter veid ved	Ant. målinger [n]	Gj.snitt eksp. [mg/m ³]	Median [mg/m ³]	Max-verdi [mg/m ³]	Min-verdi [mg/m ³]	Std. avvik [σ]
Filter veid ved egen lab.						
Lettsaltet sideflesk, el. komfyr	8	4,26	4,24	5,32	3,11	0,97
Lettsaltet sideflesk, gassbluss	9	4,72	5,25	7,07	1,98	1,67
Røkt bacon, gassbluss	9	2,14	1,91	2,81	1,80	0,35
Filter veid ved Göteborgs universitet⁴						
Lettsaltet sideflesk, el. komfyr	9	4,17	4,02	6,27	2,43	1,09
Lettsaltet sideflesk, gassbluss	9	4,24	4,48	5,74	2,37	1,27
Røkt bacon, gassbluss	9	2,14	1,98	3,20	1,53	0,57

16.0 Diskusjon

Termisk degradering av triacylglyserol er som tidligere nevnt veldig kompleks da både vegetabilsk- og animalsk fett inneholder flere typer triacylglyserol. Disse kan reagere på ulikt vis og danne en rekke nye forbindelser (Srivastava & Prasat, 2000, sitert i Heiskanen, 2009). PAH har blitt vist å kunne bli dannet både ved oppvarming av stekeoljer og ved grilling/steking av kjøtt uten tilsetning av olje (Zhu & Wang, 2003), (Sjaastad, 2010). Triacylglyserol i vegetabilsk fett inneholder en større andel umettede fettsyrer enn triacylglyserol i animalsk fett. Umettede fettsyrer har blitt vist å være mer utsatt for termisk degradering enn triacylglyserol med mettede fettsyrer (Monti et al., 2004), (Aladedunye & Przybylski, 2009). Shahidi et al. (1997) fant at jo flere dobbeltbindinger det er i fettsyrekjeden (umettede fettsyrer), desto større er sjansen for dannelse av sykliske forbindelser. På bakgrunn av dette burde vegetabiliske oljer være mer utsatt for termisk degradering enn svinefett, som inneholder en større mengde mettede- og enumettede fettsyrer (se Tabell 2). Umettede fettsyrer kan imidlertid beskyttes mot termisk degradering av antioksidanter (Monti et al., 2004), (Aladedunye & Przybylski, 2009). Forhold som mengde mat, temperatur, tilberedningsmetode og fett-/oljemengde i pannen kan også være faktorer som virker inn når det gjelder hvor høye konsentrasjoner av forurensinger som dannes (Kuo et al., 2006), (Slagteriernes Forskningsinstitutt, 2009). Ventilatorbruk og grunnventilasjon kan redusere eksponeringen (Flückiger et al., 2000), (Fortmann et al., 2002), (Barlindhaug & Ruud, 2008), (Sjaastad & Svendsen, 2010).

⁴ Totalpartikler veid fra filtre brukt til PAH-måling (se kapittel 14.5.2).

16.1 PAH

PAH-målingene som ble foretatt i våre forsøk, ble analysert ved Arbets- og miljømedisin, Sahlgrenska akademien, Göteborgs universitet. Våren 2011 var resultatene fra disse analysene ikke klare. Det er av den grunn vanskelig å anslå eksponeringen for PAH under våre forsøk.

Tidligere var alt bacon i Norge røkt (se kapittel 14.1). I en tradisjonell røykeprosess vil pyrolyse av trevirket som brukes i røykeprosessen danne PAH. I dag brukes ofte "flytende røykaroma" istedenfor tradisjonell røyking. Dette er aromaer som tilsettes kjøttet, hvor man forsøker å fjerne mest mulig av tjæreinnholdet, som inneholder majoriteten av de høymolekylære PAHene (Slagteriernes Forskningsinstitut, 2009). Høymolekylære PAH har vært regnet for å kunne være mer kreftfremkallende enn lavmolekylære. Disse eksisterer stort sett i partikkelfase (Zhu et al., 2009). Lavmolekylære PAH eksisterer til sammenligning stort sett i gassfase. Innendørs har majoriteten av partikulær PAH blitt vist å være PM_{2,5} (Zhu et al., 2009). Partikler med mobilitetsdiameter <2,5 µm er spesielt interessante da de kan gå dypt ned i luftveissystemet (Hilt, 2011). Li et al. (2003) undersøkte hvor stor påvirkning PAH i gass- og partikkelfase har på nivået av BaP_{eq}. Påvirkningen fra PAH i gassfase ble funnet å være vesentlig mindre enn påvirkningen fra PAH i partikkelfase (Zhu et al., 2009). For å være sikre på at vi fikk målt konsentrasjonen av PAH både i partikkel- og gassfase ble det benyttet både filterkassetter og XAD(II)-glassrør (se kapittel 14.5.2).

I våre forsøk ble det brukt bacon som var røkt på tradisjonelt vis, i tillegg til urøkt lettsaltet sideflesk (se kapittel 14.1). På grunn av at baconet er røkt på tradisjonelt vis, er det sannsynlig at forsøkene med steking av røkt bacon vil kunne ha generert høyere konsentrasjon av PAH enn forsøkene med bruk av lettsaltet sideflesk.

Type mat som tilberedes har blitt vist å ha stor betydning når det gjelder hvor store konsentrasjoner PAH som dannes. Kuo et al. (2006) påviste store forskjeller i PAH-konsentrasjon ved sammenligning av tilberedning av sjømat og kjøtt. Ved grilling av sjømat ble det funnet en total PAH-konsentrasjon på 2,75 µg/m³, mens det ved grilling av kjøtt ble målt 22,5 µg/m³. Den store forskjellen ble forklart med større fettinnhold i kjøtt, samtidig som det ble stekt større mengde kjøtt enn sjømat. Under våre forsøk ble det observert at det under hver stekerunde ble dannet relativt mye fett i stekepannen (se Figur 24). I forsøkene til Sjaastad et al. (2010) ble det tilsatt henholdsvis 30 g margarin og 30 ml soyaolje ved steking av oksebiff på elektrisk komfyr og gassbluss. Oksefett kan inneholde en stor andel mettede fettsyrer (spesielt palmitinsyre, se Tabell 2), men andelen fett i oksekjøttet som ble brukt i dette forsøket anses som liten. Fettnivået i oksebiff varierer mellom 2 – 12 % avhengig av hvilken type biffkjøtt som blir brukt (entrecôte har høyest fettnivå) (Gilde, 2011). Lettsaltet sideflesk/røkt bacon inneholder til sammenligning et fettnivå på rundt 30 % (Finsbråten, 2011). Soyaolje og margarin inneholder derimot en større andel umettede fettsyrer, som vil være mer utsatt for degradering og danning av PAH. I forsøkene til Sjaastad et al. (2010) ble

det funnet en konsentrasjonen av naphthalen på henholdsvis 0,22- og 0,27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ved steking av biff i margarin på henholdsvis elektrisk komfyr og gassbluss. Ved steking i soyaolje, ble tilsvarende nivå målt til 0,15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, både ved bruk av elektrisk komfyr og gassbluss. BaP, Phenanthren og Dibenzo(a,h)anthracene ble i flere tilfeller ikke detektert.

På bakgrunn av at det ikke ble tilsatt vegetabilsk olje med umettede fettsyrer i våre forsøk, burde det bli generert lavere konsentrasjon av PAH enn det som ble funnet i forsøkene til Sjaastad et al. (2010). Imidlertid kan, som nevnt, PAH fra røykeprosessen det røykte baconet har vært igjennom innvirke på resultatene. Den større fettmengde i stekepannen under våre forsøk vil også kunne virke inn (se Figur 24). Tidligere studier har vist at eksponeringen for PAH kan variere avhengig av tilberedningsmetode, mengde mat som tilberedes, fettinnhold og temperatur (Kuo et al., 2006), (Slagteriernes Forskningsinstitut, 2009).

Konsentrasjonen av PAH i norske, profesjonelle kjøkken har blitt vist å være lav og nokså sammenfallende med det som tidligere har blitt målt i laboratoriekjøkkenet vi brukte (Sjaastad et al., 2010). Sjaastad & Svendsen (2009) målte konsentrasjonen av naphthalen i de 4 antatt travleste timene i tre forskjellige restauranter hvor det hovedsakelig ble stekt biffretter. Gjennomsnittlig konsentrasjon av PAH ble funnet å være 0,18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasjonen varierte mellom restaurantene fra 0,05 til 0,27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Vainiotalo & Matveinen (1993) målte til sammenligning flere typer PAH på fem ulike arbeidsplasser hvor det ble stekt kjøtt under høy temperatur (250 – 300 °C). Målingene ble gjort over 0,5 – 3 t. Det ble funnet lave nivåer (0,02 – 2,3 μg) av fluoren, phenanthren, anthracen, pyren, benzo(a)fluorin, chrysen, BaP og BghiP. I noen av målingene ble ikke BaP og BghiP detektert.

Av resultatene til (Sjaastad & Svendsen, 2009) og (Sjaastad et al., 2010) ser vi at naphthalen-konsentrasjonen er nokså lik ved steking av biff i laboratorie- og restaurantkjøkken. Det har heller ikke blitt målt stor konsentrasjonsforskjell mellom bruk av elektrisk komfyr og gassbluss. Konsentrasjonen av naphthalen har blitt funnet å kunne være vesentlig høyere i kinesiske hjemmekjøkken, men det har blitt funnet at møllkuler kan ha innvirket på disse målingene (Zhu & Wang, 2003). Generelt sett har de målte nivåene av PAH ved kjøkkenarbeid vært relativt lave, og enkelte PAH har ikke blitt detektert (Vainiotalo & Matveinen, 1993), (Sjaastad et al., 2010).

Forskjellene kan imidlertid være større mellom profesjonelle kjøkken og hjemmekjøkken i andre land. Zhu & Wang (2003) undersøkte generering av PAH ved mattilberedning i 4 restaurantkjøkken og 6 hjemmekjøkken i Kina (i 3 av hjemmekjøkkene var det personer som røykte). Det ble funnet et totalt nivå av PAH på 10 – 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i restaurantkjøkken, mens tilsvarende måling for hjemmekjøkken var på 3,6 – 7,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Gjennomsnittskonsentrasjonen av PAH var henholdsvis 17- og 7,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i restaurantkjøkken og hjemmekjøkken. Som vi ser at resultatene er det en betydelig høyere konsentrasjon av PAH i kinesiske restaurantkjøkken enn det som har blitt funnet i norske restaurantkjøkken.

En sannsynlig forklaring på det er tilberedning av ulik type mat, bruk av ulik type stekeolje, annen tilberedningsmetode, samt at ventilasjonsforholdene kan være forskjellige.

Chen & Chen (2001) viste at fettsyresammensetning, og spesielt høyt innhold av umettede fettsyrer, er viktig for hvor stor konsentrasjon av PAH som dannes. Linolensyre ble vist å være spesielt utsatt for PAH-dannelse. Hvis vi ser på Tabell 2, så inneholder svinefett relativt høyt nivå av 16:0 palmitinsyre og 18:0 stearinsyre, men ikke målbar verdi av 18:3 ω 3 linolensyre. Rapsolje og soyaolje inneholder til sammenligning mindre nivå av 16:0 palmitinsyre og 18:0 stearinsyre, men høyere nivå av 18:3 ω 3 linolensyre. Verdt å merke seg er at solsikkeolje nesten ikke inneholder 18:3 ω 3 linolensyre, men har en høyt innhold av 18:2 ω 6 linolsyre. Både soyaolje, rapsolje og solsikkeolje beskyttes av antioksidanter, men spesielt innholdet av 18:3 ω 3 linolensyre i soyaolje og rapsolje gjør at de er mer utsatt for degradering og PAH-dannelse enn solsikkeolje. Solsikkeolje inneholder nesten ikke 18:3 ω 3 linolensyre, og vil være mindre utsatt PAH-dannelse. Ut i fra funnene til Chen & Chen (2001), så skulle det tilsi at lettsaltet sideflesk/røkt bacon (svinefett) kan være bedre beskyttet mot PAH-dannelse enn alle de tre nevnte vegetabiliske oljene. PAH-dannelse fra f.eks 18:0 stearinsyre kan imidlertid skje gjennom degradering til lavmolekylære komponenter og en etterfølgende Diels-Alder reaksjon. PAH dannes imidlertid mye lettere gjennom intramolekylær syklifisering fra umettede fettsyrer (Chen & Chen, 2001).

Generelt vil forhold som mengde mat som tilberedes, tilberedningstid, temperatur, tilberedningsmetode og fett-/oljemengde i pannen være faktorer som virker inn når det gjelder hvor høye konsentrasjoner av PAH som dannes (Kuo et al., 2006), (Slagteriernes Forskningsinstitutt, 2009). Ventilatorbruk og grunnventilasjon kan imidlertid redusere eksponeringen (Flückiger et al., 2000), (Fortmann et al., 2002), (Barlindhaug & Ruud, 2008), (Sjaastad & Svendsen, 2010). I våre forsøk er sannsynligvis mengden fett i pannen større enn det som er vanlig ved tilberedning av mat i et hjemmekjøkken. Mengden mat antas også å være større og eksponeringstiden lengre enn det som er vanlig i hjemmekjøkken. Eksponering for PAH vil av den grunn være høyere i våre forsøk enn ved en gjennomsnittlig stekeepisode i et hjemmekjøkken. Ventilatoren i vårt laboratoriekjøkken er noe tilsvarende det som man vil finne i norske hjemmekjøkken, men grunnventilasjonen er sannsynligvis bedre i vårt laboratoriekjøkken enn det man vil finne i en privat bolig, noe som kan bidra til å redusere eksponeringen (Barlindhaug & Ruud, 2008), (Sjaastad et al., 2010), (Sjaastad & Svendsen, 2010). Alle disse forholdene vil virke inn på konsentrasjonen av PAH som blir målt.

16.2 Aldehyder

Aldehyd-målingene som ble foretatt i våre forsøk, ble analysert ved Statens Arbeidsmiljøinstitutt (STAMI, Oslo). Våren 2011 var resultatene fra disse analysene ikke klare. Det er av den grunn vanskelig å anslå eksponeringen for aldehyder under våre forsøk.

Ut i fra tidligere studier er det sannsynlig at man vil få dannet flere typer aldehyd ved steking av lettsaltet sideflesk/røkt bacon. Formaldehyd, malondialdehyd og benzaldehyd er alle vanlige i kjøttprodukter. Nivået av malondialdehyd har imidlertid blitt vist å kunne være høyere ved steking av biffkjøtt av okse enn ved steking av svinekjøtt (Feron et al. , 1991). Umettede fettsyrer har generelt blitt vist å kunne degraderes lettere enn mettede fettsyrer (Monti et al., 2004), (Aladedunye & Przybylski, 2009). Sjaastad & Svendsen (2008) fant imidlertid ingen forskjell i konsentrasjon av aldehyder ved termisk degradering av rapsolje, soyaolje og olivenolje. Aldehyder har også blitt vist å kunne bli dannet ved steking av kjøtt uten stekeolje (Yang et al. , 2007).

Svinefett har en noe annerledes fettsammensetning enn oksefett (se Tabell 2), med et noe høyere nivå av spesielt 18:0 stearinsyre og 18:2 ω6 linolsyre i forhold til oksefett. Lettsaltet sideflesk/røkt bacon har imidlertid en fettprosent på rundt 30, mens oksebiff har en fettprosent på mellom 2 og 12, avhengig av hvilken type biff det er snakk om (entrecôte har høyest fettprosent) (Finsbråten, 2011), (Gilde, 2011). I forhold til oksebiff som ble stekt i forsøkene til Sjaastad et al. (2010), så vil av den grunn lik mengde lettsaltet sideflesk/røkt bacon kunne generere høyere fettmengde som kan degraderes i pannen enn oksebiff. Fettmengden som ble dannet i stekepannen under våre forsøk var så stor at en del måtte helles av i pausen (se Figur 24). Imidlertid ble det tilsatt soyaolje og margarin i forsøkene til Sjaastad et al. (2010). Soyaolje og margarin vil også degradere og generere aldehyder (Dung et al., 2006). Den totale mengden aldehyd som genereres i forsøkene til Sjaastad et al. (2010) vil av den grunn være generert av en kombinasjon av oksefettet og stekeoljen. Grunnet den lave fettprosenten og det høye innholdet av mettede- og umettede fettsyrer i oksebiff (se Tabell 2), antas oksefettet å ha mindre betydning enn stekeoljen.

Temperaturen er også avgjørende for aldehyd-dannelsen. Ved høye temperaturer vil peroksidering av flerumettede fettsyrer lettere kunne danne høymolekylære aldehyder (Gertz, 2000). Fullana et al. (2004a) fant at aldehyd-dannelse fra rapsolje og olivenolje økte signifikant mellom 180 og 240 °C. Fra olivenolje ble det observert en dobling. Temperaturen i våre forsøk og i forsøkene til Sjaastad et al. (2010) er imidlertid tilnærmet lik (270 – 320 °C). Spesielt ved temperaturer over 300 °C har det blitt funnet å kunne dannes høye konsentrasjoner av aldehyder (Umano & Shibamoto, 1987), (Pokorny, 1989), (Heiskanen, 2009). Lin & Liou (2000) sammenlignet konsentrasjon av formaldehyd ved oppvarming av svinefett og vegetabilsk fett. Det ble funnet at det ved temperatur på 350 °C ble dannet betydelig mer formaldehyd ved bruk av svinefett enn ved bruk av vegetabilsk fett. Spesielt fra 400 °C var konsentrasjonen ved bruk av svinefett høy. Ved 300 °C var det mindre forskjell mellom svinefett og vegetabilsk fett. Pyrolyse av fett/oljer skjer i stor grad mellom 300 og 500 °C, men opptrer også fra 200 °C, (Pokorny, 1989), (Heiskanen, 2009). Acrolein er eksempel på et aldehyd som dannes ved pyrolyse eller hydrolyse av monoacylglycerol, og forekommer hyppig (Shahidi et al., 1997). Spesielt over 300 °C dannes det mye acrolein som følge av pyrolyse (Umano & Shibamoto, 1987)

I forsøkene til Sjaastad et al. (2010) genererte steking ved bruk av gassbluss høyere konsentrasjon av aldehyder enn ved bruk av elektrisk komfyr (se Tabell 5). Åraker til dette kan være direkte forbrenning av gass og fett/matrester på gassblusset. Aldehyd-konsentrasjonen ved bruk av soyaolje i Tabell 5 er imidlertid noe høyere enn det som har blitt funnet i tidligere studier (Sjaastad & Svendsen, 2008). Dette ble forklart med at soyaoljen hadde blitt lagret en stund, og hadde degradert (Sjaastad et al., 2010). Yang et al. (2007) fant også at konsentrasjonen av t,t-DDE kunne variere, avhengig av tilberedningsmetode. Grilling av kjøtt har blitt vist å generere høyere konsentrasjon av t,t-DDE enn andre tilberedningsmetoder (Yang et al., 2007). Dette har sannsynligvis sammenheng med høyere temperatur enn andre tilberedningsmetoder, samt direkte forbrenning av fett/matrester. Verdt å merke seg er at nivået av t,t-DDE har blitt funnet å kunne være høyere ved oppvarming av soyaolje enn ved oppvarming av smult (svinefett). Oppvarming av soyaolje har også blitt funnet å kunne generere større konsentrasjon av t,t-DDE og t-2-undecenal enn solsikkeolje (Dung et al., 2006). Oppvarming av smult kan imidlertid generere høyere konsentrasjoner av t-2-decenal og t-2-undecenal enn oppvarming av soyaolje (se Tabell 3) (Dung et al., 2006).

Konsentrasjonen av aldehyder kan også variere selv om det tilberedes relativt like retter og brukes samme tilberedningsmetode. Sjaastad og Svendsen (2009) målte konsentrasjonen av høyere aldehyder i pustesonen hos kokker på tre ulike restauranter. Det ble stekt biffretter og målingene ble foretatt i de fire timene hvor man forventet mest gjester. Konsentrasjonen av aldehyder ble vist å variere (se Tabell 4). I våre forsøk og i forsøkene til Sjaastad et al. (2010) er det imidlertid brukt samme stekeprosedyre og laboratoriekjøkken (se kapittel 14.2 og 14.4), så disse forholdene vil være like. Generelt vil forhold som mengde mat som tilberedes, tilberedningstid, temperatur, tilberedningsmetode og fett-/oljemengde i pannen være faktorer som virker inn når det gjelder hvor høye konsentrasjoner av aldehyder som dannes (Fullana et al., 2004a), (Dung et al., 2006), (Yang et al., 2007), (Sjaastad & Svendsen, 2010). Ventilatorbruk og grunnventilasjon kan imidlertid redusere eksponeringen (Flückiger et al., 2000), (Fortmann et al., 2002), (Barlindhaug & Ruud, 2008), (Sjaastad & Svendsen, 2010). Svinefett har blitt vist å kunne generere høyere konsentrasjon av formaldehyd enn oksefett (Lin & Liou, 2000, sitert i Heiskanen, 2009). Under vår forsøk var det sannsynligvis også en større fettmengde i stekepannen enn i forsøkene til Sjaastad et al. (2010), hvor det ble stekt oksebiff i soyaolje og margarin. Av den grunn er det sannsynlig at vi kan få dannet større konsentrasjon av formaldehyd i våre forsøk. Svinefett (smult) har også blitt vist å kunne generere høyere konsentrasjon av t-2-decenal og t-2-undecenal enn soyaolje. Soyaolje kan imidlertid generere høyere konsentrasjon av t,t-DDE. Man må imidlertid ta med i betraktning at degenerering av oksefett, ved steking av oksebiff, kan påvirke aldehydkonsentrasjonen. Andelen oksefett i biff antas imidlertid å være lav (Gilde, 2011). Degradering av soyaolje/margarin kan virke inn på den totale aldehyd-konsentrasjonen ved steking av oksebiff. Imidlertid har, som tidligere nevnt, svinefett blitt vist å generere høyere

konsentrasjon av aldehyder enn vegetabiliske oljer ved høy temperatur (Lin & Liou, 2000, sitert i Heiskanen, 2009).

16.3 Partikler

16.3.1 Partikkelkonsentrasjon/mobilitetsdiameter

De fem stekerundene sees tydelig som topper i Figur 33, Figur 34 og Figur 35. Andelen generert partikkelkonsentrasjon fra hver enkelt stekerunde kan imidlertid variere noe (se Figur 49, Figur 50 og Figur 51). Variasjonen mellom stekerunden med høyest generering av partikler og stekerunden med lavest generering av partikler er henholdsvis tilnærmet $4 \cdot 10^5$ -, $2 \cdot 10^5$ - og $0,75 \cdot 10^5$ partikler/cm³ ved steking av henholdsvis røkt bacon på gassbluss, lettsaltet sideflesk på gassbluss og lettsaltet sideflesk på elektrisk komfyr. Forsøkene med bruk av gassbluss gir større produksjon av partikler, dette gjelder spesielt UFP, enn forsøkene med bruk av elektrisk komfyr. Ser vi på Figur 36, Figur 37 og Figur 38, er det spesielt UFP <40 nm som produseres i større grad i forsøkene med bruk av gassbluss. Lignende funn har vært gjort ved steking av biff i soyaolje/margarin på henholdsvis gassbluss og elektrisk komfyr i samme laboratoriekjøkken som ble brukt i våre forsøk (Sjaastad et al., 2010) (se kapittel 19.7 – vedlegg 7). Av Figur 39, Figur 40 og Figur 41 ser vi at peak partikkelkonsentrasjon ved første stekerunde med påfølgende pause nås etter ca 15 min når kokeplaten/gassblusset slås av. Partikkelkonsentrasjonen synker deretter fram til ny stekerunde startes opp 25 min etter at den foregående stekerunden ble avsluttet. Partikkelkonsentrasjonen stiger så igjen til omtrent samme nivå som ved slutten av stekerunde 1, for deretter å synke igjen ved neste pause. Dette gjentar seg for alle stekerundene (se Figur 33, Figur 34 og Figur 35).

Det har blitt vist at forbrenning av naturgass kan produsere svært små partikler i området 15 – 25 nm (Chang et al., 2004), og flere har observert høyere partikkelkonsentrasjon ved bruk av gassbluss i forhold til bruk av elektrisk komfyr (Dennekamp et al., 2001), (Chang et al., 2004), (Sjaastad et al., 2010). Vi observerer det samme i våre forsøk (se Figur 33, Figur 34 og Figur 35). For å undersøke om gassforbrenning alene kunne forklare den høyere målte partikkelkonsentrasjonen ved bruk av gassbluss, ble det foretatt en partikkelmåling under en tenkt stekerunde med etterfølgende pause, ved kun bruk av gassbluss, uten steking av lettsaltet sideflesk/røkt bacon. Av Figur 45 og Figur 46 ser vi at vi har stor produksjon av partikler <25nm og peak partikkelkonsentrasjon på 57 000 partikler/cm³ nås for partikler med en mobilitetsdiameter på 14,6 nm (Dette er den minste mobilitetsdiameteren partikkeltelleren klarer å måle), 18 min etter at forsøket startet. Gassblusset har da vært avskrudd i 3 min (ble skrudd av 15 min etter at forsøket startet). Partikkelkonsentrasjonen faller så kraftig, og er 24 min etter at forsøket startet halvert i forhold til peak partikkelkonsentrasjon. 33 min etter at forsøket startet er konsentrasjonen av partikler tilbake til omtrent samme nivå som før forsøket startet (se Figur 45 og Figur 46).

Våre resultater stemmer bra med resultatene til Dennekamp et al. (2001). Dennekamp et al. (2001) fant i forsøk med bruk av kun gassbluss at peak partikkelkonsentrasjon etter ca 10 min lå på rundt 35 000 partikler/cm³ for partikler rundt 20 nm. Partikkeltelleren som ble brukt hadde en nedre deteksjonsgrense på 10 nm. Wallace et al. (2008) viste imidlertid at det kan være svært høye konsentrasjoner av enda mindre partikler. Wallace et al. (2008) fant peak partikkelkonsentrasjon for partikler ned mot 5 nm, og at disse partiklene med tiden koagulerer og danner større partikler (se kapittel 10.1

Av Figur 47 ser vi at den totale partikkelkonsentrasjonen er veldig mye lavere ved kun bruk av gassbluss enn ved steking av lettsaltet sideflesk og røkt bacon på gassblusset. Da konsentrasjonsforskjellene er såpass store, kan det være nyttig å se på en logaritmisk framstilling. En logaritmisk fremstilling er presentert i Figur 48. Når det gjelder de aller minste partiklene, i nedre del av måleområdet til instrumentet (14,6 nm), ser vi at partikkelkonsentrasjonen ved kun bruk av gassbluss er omtrent den samme som ved steking av lettsaltet sideflesk/røkt bacon på gassbluss. Forbrenning av gass på gassblusset genererer mer partikler i størrelsesområdet <19,3 nm enn det genereres ved steking av lettsaltet sideflesk på elektrisk komfyr. Det er av den grunn mye som tyder på at for partikler i nedre del av måleområdet, rundt 14,6 nm, så er forbrenning av gass på gassblusset hovedkilden til generering av partikler og er forklaring på forskjellen i partikkelkonsentrasjon i forsøkene med elektrisk komfyr og forsøkene med gassbluss. Når det gjelder partikler med mobilitetsdiameter mellom 14,6 nm og 19,3 nm, så ser vi at brenning av gass på gassblusset også for disse mobilitetsdiameterne genererer større konsentrasjon av partikler enn det som dannes ved steking av lettsaltet sideflesk på elektrisk komfyr. Forskjellen er imidlertid mindre enn i nedre del av måleområdet (14,6nm). Partikler generert av gassblusset imidlertid fortsatt være en medvirkende årsak til forskjellen i partikkelkonsentrasjon mellom bruk av gassbluss og elektrisk komfyr. Når det gjelder partikler >19,3 nm, så genererer både steking på gassbluss og steking på elektrisk komfyr høyere konsentrasjon av partikler enn det gassblusset alene gjør. Innvirkningen av partikler generert av gassblusset på den totale konsentrasjonen av partikler er mye mindre for større partikler. For partikler med en mobilitetsdiameter på 42,9 nm genererer steking av lettsaltet sideflesk på elektrisk komfyr, steking av lettsaltet sideflesk på gassbluss og steking av røkt bacon på gassbluss en gjennomsnittlig partikkelkonsentrasjon på henholdsvis $5,64 \cdot 10^4$, $4,01 \cdot 10^5$ og $4,31 \cdot 10^5$ partikler/cm³. Til sammenligning genererer gassblusset alene en konsentrasjon av partikler ved denne mobilitetsdiameteren på $4,02 \cdot 10^3$ partikler/cm³. Partikler generert ved brenning av gass på gassblusset kan derfor ikke alene forklare den høyere partikkelkonsentrasjonen vi observerer ved steking ved bruk av gassbluss i forhold til steking ved bruk av elektrisk komfyr for disse partikkelstørrelsene.

Forskjellen i partikkelkonsentrasjon mellom steking av lettsaltet sideflesk ved hjelp av gassbluss og steking av ved hjelp av elektrisk komfyr er størst for partikler med mobilitetsdiameter på 91,4 nm. Forskjellen i partikkelkonsentrasjon er da på $9,28 \cdot 10^5$ partikler/cm³. Gassblusset bidrar ved denne mobilitetsdiameteren med en

partikkelkonsentrasjon på $2,78 \cdot 10^3$ partikler/cm³. Partikkelkonsentrasjonen ved forbrenning av gass på gassbluset er med andre ord for liten til å forklare differansen i partikkelkonsentrasjon mellom bruk av gassbluss og elektrisk komfyr. Forskjellen i partikkelkonsentrasjon mellom steking av røkt bacon ved hjelp av gassbluss og steking av lettsaltet sideflesk på elektrisk komfyr er til sammenligning størst for partikler med en mobilitetsdiameter på 85,1 nm. Forskjellen i partikkelkonsentrasjon er da $8,30 \cdot 10^5$ partikler/cm³. Gassbluset bidrar ved denne mobilitetsdiameteren med en partikkelkonsentrasjon på $3,22 \cdot 10^3$ partikler/cm³, en konsentrasjon som også er for liten til å forklare forskjellen mellom bruk av gassbluss og elektrisk komfyr.

Sannsynlig forklaring på differansen i partikkelkonsentrasjon ved bruk av gassbluss og elektrisk komfyr er en kombinasjon av forbrenning av gass og forbrenning av fett/matrester på gassbluset. For partikler >300 nm er det liten forskjell i partikkelkonsentrasjon mellom bruk av gassbluss og elektrisk komfyr (se Figur 47 og Figur 48). I dette området varierer partikkelkonsentrasjonen fra $1,78 \cdot 10^5$ partikler/cm³ for partikler med mobilitetsdiameter på 299,6 nm til $1,56 \cdot 10^4$ partikler/cm³ for partikler med mobilitetsdiameter på 615,3 nm (lettsaltet sideflesk stekt ved hjelp av gassbluss), noe som er veldig mye lavere enn peak partikkelkonsentrasjon på henholdsvis $1,09 \cdot 10^6$ - og $9,79 \cdot 10^5$ ved steking av henholdsvis lettsaltet sideflesk og røkt bacon på gassbluss. Ved mobilitetsdiameter på 615,3 nm er det ikke detekterbar konsentrasjon av partikler fra gassbluset. Brenning av gass på gassbluset bidrar med andre ord med svært liten konsentrasjon av partikler for store mobilitetsdiameterer.

Mobilitetsdiameteren ble ved peak partikkelkonsentrasjon ved steking av lettsaltet sideflesk og røkt bacon på gassbluss ble i våre forsøk funnet til å være henholdsvis 98,2 nm og 88,2 nm. Steking av lettsaltet sideflesk på elektrisk komfyr ga en mobilitetsdiameter på 145,9 nm ved peak partikkelkonsentrasjon. Dette er noe større enn det som har blitt funnet i lignende stekeforsøk gjort av Dennekamp et al. (2001) og Buonanno et al. (2009). Dennekamp et al. (2001) fant i sine forsøk ikke tilsvarende forskjell i mobilitetsdiameter ved bruk av gassbluss og elektrisk komfyr. De fleste partiklene lå mellom 50 og 100 nm, med en mobilitetsdiameter på rundt 70 nm ved peak partikkelkonsentrasjon ved steking av bacon. Peak partikkelkonsentrasjon ble ved steking av lettsaltet sideflesk og røkt bacon på gassbluss i våre forsøk funnet å være henholdsvis $1,09 \cdot 10^6$ og $9,79 \cdot 10^5$ partikler/cm³. Steking av lettsaltet sideflesk på elektrisk komfyr ga en peak partikkelkonsentrasjon på $2,10 \cdot 10^5$ (se Figur 47 og Figur 48). I forsøkene til Dennekamp et al. (2001) var peak partikkelkonsentrasjon til sammenligning $5,9 \cdot 10^5$ og $1,59 \cdot 10^5$ ved steking av bacon på henholdsvis gassbluss og elektrisk komfyr. Det ble observert at konsentrasjonen av partikler rundt 80nm allerede tidlig i eksperimentene var høy. Buonanno et al. (2009) fant ved steking av bacon på gassbluss en peak partikkelkonsentrasjon på $4 \cdot 10^5$ partikler/cm³ for partikler rundt 70 – 80 nm.

Ved steking ved hjelp av gassbluss i våre forsøk ble det observert at det kunne renne fett ned langs utsiden av stekepannen til gassblusset. En direkte forbrenning av fett og matrester på åpen flamme vil kunne generere høye konsentrasjoner av partikler (Evans et al., 2008). Stikkprøvemålinger viser en temperatur som kunne være noe høyere enkelte ganger enn ved bruk av elektrisk komfyr. En noe høyere temperatur, samt direkte forbrenning av fett/matrester på gassblusset kan være forklaring på forskjellen i konsentrasjon av partikler i størrelsesområdet 19,3 – 300 nm mellom steking ved bruk av elektrisk komfyr og steking ved bruk av gassbluss (se Figur 47 og Figur 48).

Som vi ser av disse resultatene, så genereres det større konsentrasjoner av partikler under våre eksperimenter enn det blir funnet i forsøkene til Dennekamp et al. (2001) og Buonanno et al. (2009). Mengden lettsaltet sideflesk/røkt bacon som ble stekt i våre forsøk er imidlertid mye større enn mengden som ble brukt i forsøkene til Dennekamp et al. (2001) og Buonanno et al. (2009). I våre forsøk ble det brukt 400 g i hver stekerunde, totalt 2 kg hver stekedag, mens Dennekamp et al. (2001) og Buonanno et al. (2009) brukte henholdsvis 4 skiver og 50 g. I tillegg varte våre stekerunder 15 min, mens Dennekamp et al. (2001) og Buonanno et al. (2009) brukte henholdsvis 7 og 8 – 10 min. Dennekamp et al. (2001) foretok, som vi gjorde, målinger i pustesonen til testpersonen som sto for steking, mens Buonanno et al. (2009) foretok målinger 2 m unna gassblusset. Den økte måleavstanden kan være en sannsynlig årsak til at det måles en lavere peak partikkelkonsentrasjon enn det vi og Dennekamp et al. (2001) gjør.

Sjaastad et al. (2010) fant ved steking av oksebiff i soyaolje og margarin, med samme stekeprosedyre og laboratoriekjøkken som vi brukte, en mobilitetsdiameter på 94,7 nm ved peak partikkelkonsentrasjon på $4,53 \cdot 10^6$ partikler/cm³ ved steking av biff i soyaolje på gassbluss. Ved steking av biff i margarin på gassbluss ble det funnet en mobilitetsdiameter på rundt 82 nm ved en peak partikkelkonsentrasjon på $2,85 \cdot 10^6$ partikler/cm³ (se kapittel 19.7 – vedlegg 7) (Sjaastad & Svendsen, 2010). Som vi ser av disse resultatene er peak partikkelkonsentrasjon høyere enn det vi finner i våre forsøk med steking av lettsaltet sideflesk og røkt bacon på gassbluss. Sjaastad et al. (2010) gjorde også eksperimenter med bruk av elektrisk komfyr, og fant at steking av biff i soyaolje på elektrisk komfyr genererte en peak partikkelkonsentrasjon på ca $4,45 \cdot 10^5$ partikler/cm³ for partikler med en størrelse rundt 88,2 nm, mens steking av biff i margarin på elektrisk komfyr genererte en peak partikkelkonsentrasjon på rundt $2,88 \cdot 10^5$ partikler/cm³ for partikler med en størrelse rundt 94,7 nm (Se Kapittel 19.7 – vedlegg 7). Vi ser av resultatene at mobilitetsdiameteren ved peak partikkelkonsentrasjon er relativt lik ved steking av biff på elektrisk komfyr og gassbluss i disse forsøkene. Dennekamp et al. (2001) fant heller ingen forskjell mellom mobilitetsdiameter ved peak partikkelkonsentrasjon ved steking ved hjelp av gassbluss og elektrisk komfyr. Mobilitetsdiameteren lå i begge tilfeller rundt 70 nm. Vi finner en mobilitetsdiameter ved peak partikkelkonsentrasjon ved bruk av elektrisk komfyr på 145,9 nm som er noe større enn ved bruk av gassbluss i våre forsøk. Ved steking av lettsaltet

sideflesk og røkt bacon på gassbluss ble det i våre forsøk funnet en mobilitetsdiameter på henholdsvis 98,2- og 88,2 nm (se Figur 47 og Figur 48).

Mobilitetsdiameter ved peak partikkelkonsentrasjon for steking på gassbluss i forsøkene til Sjaastad et al. (2010) er nokså lik den vi finner i våre forsøk. Peak partikkelkonsentrasjon er imidlertid lavere i våre forsøk, både for steking med gassbluss og elektrisk komfyr. Peak partikkelkonsentrasjon ble ved steking av lettsaltet sideflesk og røkt bacon på gassbluss i våre forsøk funnet å være henholdsvis $1,09 \cdot 10^6$ og $9,79 \cdot 10^5$ partikler/cm³. Steking av lettsaltet sideflesk på elektrisk komfyr ga en peak partikkelkonsentrasjon på $2,10 \cdot 10^5$ (se Figur 47 og Figur 48).

En sannsynlig forklaring kan være at oksebiff inneholder mer vann/kjøttsaft enn lettsaltet svineflesk/røkt bacon og følgelig genererer mer sprut/partikler ved steking. Forskjell i hvor mye sprut som oppstår når man snur maten i pannen kan også virke inn. Sjaastad et al. (2010) fant i samme forsøk en høyere aldehydkonsentrasjon enn forventet. Dette ble forklart med at oljen var gammel og hadde degradert. Ventilatoren var i forsøkene til Sjaastad et al. (2010) plassert 65 cm over gassbluss/elektrisk komfyr, mot henholdsvis 55- og 60 cm i våre forsøk. Det har tidligere blitt vist at høyden på ventilatoren kan ha betydning for partikkelkonsentrasjonen som måles (Sjaastad & Svendsen, 2010). Sjaastad & Svendsen (2008) fant også i et annet lignende studie med steking av oksebiff i samme laboratoriekjøkkenet en høyere konsentrasjon av totalpartikler enn forventet ved steking av biff i margarin på elektrisk komfyr. Dette ble forklart med høyt vanninnhold i margarin (17%). Det oppgis imidlertid ikke om det er samme type margarin som er forsøkene til Sjaastad et al. (2010). Dette er forhold som kan være med å forklare hvorfor peak partikkelkonsentrasjon er høyere i forsøkene til Sjaastad et al. (2010) enn i våre forsøk.

Hvis vi ser på partikkelfordelingen ved bruk av elektrisk komfyr i våre forsøk, så ser vi at den er mer uregelmessig enn forsøkene ved bruk av gassbluss (se Figur 33, Figur 34 og Figur 35). Under eksperimentene ved bruk av elektrisk komfyr ble det observert at det kunne komme en del røyk av platen når stekepannen ble tatt av. Dette er sannsynligvis røyk fra forbrenning av fett/matrester som havner på platen. Disse observasjonene kan også være en forklaring på de noe ulike resultatene i våre forsøk og i forsøkene til Sjaastad et al. (2010). En annen mulig forklaring er at svinekjøtt lettere danner partikler med større mobilitetsdiameter. Yeung & To (2008) observerte ved sammenligning av steking av okse- og svinekjøtt at mobilitetsdiameter ved peak partikkelkonsentrasjon kunne være større ved steking av svinekjøtt i forhold til ved steking av oksekjøtt. Yeung & To (2008) observerte også at ved bruk av svinekjøtt så var det en større økning i mobilitetsdiameter når temperaturen ble økt fra 220 til 240 °C enn ved bruk av oksekjøtt. Siegmann & Sattler (1996) observerte også at en høyere temperatur kan gjøre at peak partikkelkonsentrasjon og mobilitetsdiameter ved peak partikkelkonsentrasjon kan øke. Disse faktorene kan være en forklaring på den større

mobilitetsdiameteren vi observerer i våre forsøk i forhold til det som ble funnet av Sjaastad et al. (2010).

16.3.2 Koagulering av partikler

I Figur 42, Figur 43 og Figur 44 er fordelingen av UFP for en gjennomsnittlig første stekerunde illustrert. Peak partikkelkonsentrasjon nås etter ca 15 min, når kokeplaten/gassblusset skrur av. Som vi ser av figurene tar det lengre tid før konsentrasjonen av de aller minste UFP (<40 nm) går ned til samme nivå som før steking startet ved bruk av elektrisk komfyr i forhold til ved bruk av gassbluss. Ved bruk av elektrisk komfyr tar det ca 30 – 35 min før konsentrasjonen av UFP <40 nm er tilbake på samme nivå som før steking startet. Ved bruk av gassbluss tar det ca 20 min, både når det blir brukt lettsaltet sideflesk og røkt bacon. Ved bruk av elektrisk komfyr er det også et jevnere fall i partikkelkonsentrasjon for alle mobilitetsdiameterne. Vi ser en kraftig reduksjon i konsentrasjon av partikler <40 nm etter ca 10 min ved steking av lettsaltet sideflesk og røkt bacon på gassbluss (se Figur 43 og Figur 44). Med andre ord reduseres konsentrasjonen av partikler <40 nm selv om gassblusset fortsatt er tent (gassblusset ble slukket etter 15 min). Samme observasjon ble gjort av Dennekamp et al. (2001) under eksperimenter med kontinuerlig forbrenning av gass. Wallace et al. (2008) forklarer dette med at det "forsvinner" flere små partikler gjennom koagulering enn det dannes av partikkelkilden. Når pausen er over, 25 min etter at platen/gassblusset ble skrudd av (40 minutter etter stekestart), og ny stekerunde starter, ser vi at konsentrasjonen av UFP igjen stiger til omtrent det samme peak-nivået ca 10 min etter at steking startet igjen, for så å avta når det igjen er pause (se Figur 36, Figur 37 og Figur 38).

Koagulering av små partikler vil gjøre at størrelsesfordelingen endrer seg over tid (Dennekamp et al., 2001), (Wallace et al., 2008). Ved steking av lettsaltet sideflesk på gassbluss ser vi at mobilitetsdiameteren ved peak partikkelkonsentrasjon øker gjennom hele stekeforsøket, fra rundt 59,4 nm etter 3 min til 126,3 nm etter 39 min (se Figur 53). Peak partikkelkonsentrasjon stiger jevnt fra stekestart til et max-nivå på $3,03 \cdot 10^6$ partikler/cm³ som nås etter 15 min, når platen skrur av. I slutten av pausen etter stekerunden, 39 min etter stekestart, måles en partikkelkonsentrasjon på $1,12 \cdot 10^5$ partikler/cm³. Ved steking av røkt bacon på gassbluss ser vi at mobilitetsdiameter ved peak partikkelkonsentrasjon endrer seg fra rundt 38,5 nm etter 3 min til rundt 121,9 nm etter 39 min (Figur 54). Imidlertid er mobilitetsdiameteren ved peak partikkelkonsentrasjon etter 21 min noe større enn den som måles etter 27 min. Peak partikkelkonsentrasjon synker fra i overkant av $3,14 \cdot 10^6$ partikler/cm³, som nås etter 15 min, når platen skrur av, til $1,36 \cdot 10^5$ partikler/cm³ som måles i slutten av pausen etter stekerunden, 39 min etter stekestart. Ved steking av lettsaltet sideflesk på elektrisk komfyr sees ingen tilsvarende størrelsesendring på partiklene. Mobilitetsdiameteren holder seg stabil. Ved peak partikkelkonsentrasjon som måles etter 15 min, måles det en mobilitetsdiameter på 145,9 nm. Partikkelkonsentrasjonen er da $5,70 \cdot 10^5$ partikler/cm³. Imidlertid ser vi at peak partikkelkonsentrasjon ved 3 min skiller seg fra de andre målingene (se Figur 52). Tendensen er altså at peak partikkelkonsentrasjon reduseres med tiden ved bruk av gass, men mobilitetsdiameteren øker. Det blir med andre

ord færre, men større partikler. Tilsvarende endring sees ikke ved bruk av elektrisk komfyr. En ulempe med måten vi måler partikkelkonsentrasjon og størrelsesfordelingen på er samlingstiden på 2 min og 15 sek som TSI-3936 SMPS bruker (se kapittel 14.6). I realiteten kan koaguleringen starte før de 2 minuttene og 15 sekundene har gått. Dette vil vi ikke registrere med vårt måleoppsett. Både Dennekamp et al. (2001) og Wallace et al. (2008) foretok lignende målinger, og fant at det skjer en koagulering og endring av mobilitetsdiameter ved peak partikkelkonsentrasjon fra henholdsvis 0 til 5 min etter stekestart og fra 0 til 2,5 min etter stekestart. Grunnet vårt instrumentoppsett og nedre målegrense på 14,6 nm, får vi heller ikke vurdert de aller minste mobilitetsdiameterne slik Wallace et al. (2008) gjør.

Dennekamp et al. (2001) observerte at mobilitetsdiameteren ved peak partikkelkonsentrasjon endret seg også lenger ut i stekeforsøket. 5, 15 og 30 minutter etter at gassblusset var tent, var peak partikkelkonsentrasjon høyest for partikler i området 15-, 30- og 40 nm (se Figur 18). Det ble også observert at partikkelkonsentrasjonen falt med tiden. Disse resultatene ble også forklart med at små partikler koagulerer og danner færre, men større partikler. Det ble også foretatt forsøk med steking av bacon, og da ble det observert høy konsentrasjonen av partikler i området rundt 50 – 100 nm. Det er den samme observasjonen som vi har gjort (se Figur 43 og Figur 44). Dennekamp et al. (2001) klarte imidlertid ikke å påvise at partiklene vokste med tiden ved steking av bacon. Dette ble forklart med at allerede tidlig i forsøkene var høy konsentrasjonen av partikler rundt 80 nm høy. Det ble ikke funnet noen forskjell mellom bruk av gassbluss og elektrisk komfyr. Mindre mengde bacon, kortere steketid, evt. lavere temperatur og generering av lavere partikkelkonsentrasjon enn i våre forsøk kan være årsaken til at Dennekamp et al. (2001) ikke observerte tilsvarende endring i mobilitetsdiameter under steking av bacon på gassbluss som vi gjorde. En forklaring på at vi observerer en endring i mobilitetsdiameter med tiden i forsøkene med bruk av gassbluss, men ikke observerer tilsvarende i forsøket hvor det blir brukt elektrisk komfyr, er at konsentrasjonen av partikler er høyere ved bruk av gassbluss. Graden av koagulering avhenger av kvadratet av partikkelkonsentrasjonen. På bakgrunn av dette kan endring av mobilitetsdiameter være viktig når partikkelkonsentrasjonen er høy, men mindre viktig når partikkelkonsentrasjonen er lav. Koagulering er spesielt viktig når det er høye konsentrasjoner av UFP til stede (Nazaroff, 2004).

16.3.3 Temperatur

Temperatur under steking er en viktig faktor, både når det gjelder peak partikkelkonsentrasjon og partiklenes mobilitetsdiameter. Høyere temperatur har blitt vist å gi høyere partikkelkonsentrasjon og større partikler (Siegman & Sattler, 1996), (Dennekamp et al., 2001), (Wallace et al., 2004), (Wallace et al., 2008). I våre forsøk lå temperaturen i senter av stekepannen mellom 270 - og 320 °C under alle stekeforsøkene. Dette er tilsvarende temperatur som ble oppnådd når gassblusset ble brukt på max i studiet til Buonano et al. (2009). Ved bruk av elektrisk komfyr målte imidlertid Buonano et al. (2009) en noe lavere temperatur i pannen. I våre stikkprøvemålinger så vi også en tendens til at

temperaturen i stekepannen kunne være noe høyere i enkelte perioder ved bruk av gassbluss enn ved bruk av elektrisk komfyr. Dennekamp et al. (2001) oppgir ingen temperatur, så det er vanskelig å avgjøre om forskjell i steketemperatur kan forklare forskjellen i deres- og våre resultater.

Temperatur i pannen under steking i forsøket til Sjaastad et al. (2010) er ikke oppgitt, men det har blitt målt en temperatur i stekepannen på 280 – 300 °C ved bruk av samme utstyr og stekeprosedyre i et annet studie (Sjaastad & Svendsen, 2008). Dette er omtrent samme temperaturene som ble målt i våre forsøk. I kortere perioder lå imidlertid temperaturen under våre forsøk rundt 320 °C, både ved bruk av gassbluss og elektrisk komfyr. Høyere temperatur vil som nevnt tidligere kunne gi både høyere partikkelkonsentrasjon og større partikler, spesielt ved brenning (se kapittel 10.2).

Evans et al. (2008) observerte at det kunne bli dannet høye konsentrasjoner av partikler ved brenning av olje/fett. Brenning oppstår ved temperatur nær-, eller over, røykpunktet til fett/oljen. Soyaolje har blitt funnet å ha et røykpunkt på 241 °C, mens smult (lagd av svinefett) kan ha et røykpunkt ned mot 183 °C (Norsk folkehelseinstitutt, 2011). Det vil kunne være forskjeller i fettsammensetning mellom to eksempler av samme fettprodukt, avhengig av jordsmonn som veksten har blitt dyrket i og hvilken plantefamilie ved vegetabilsk fett og hvilken type fôr dyret har fått og hvilken dyrefamilie det er snakk om når det gjelder animalsk fett. Hvilke produkter som dannes og i hvilke konsentrasjoner kan teoretisk sett av den grunn variere noe (Storrø, 2011).

Generelt er triacylglyserol med umettede fettsyrer mer utsatt for degradering enn triacylglyserol med mettede fettsyrer (Monti et al., 2004), (Aladedunye & Przybylski, 2009). Imidlertid har det blitt vist at umettede fettsyrer kan beskyttes mot degradering av antioksidanter (Monti et al., 2004), (Aladedunye & Przybylski, 2009). Når det gjelder soyaolje, så vil de umettede fettsyrene bli beskyttet mot degradering blant annet av tocoferoler (Olsen, 2007). Beskyttelse av antioksidanter er en sannsynlig forklaring på at soyaolje har høyere røykpunkt enn svinefett. Det har blitt observert at mengden antioksidanter som beskytter oljen reduseres når den varmes opp gjentatte ganger. Dette på grunn av at antioksidanter forsvinner med stekeosen når det blir lagt mat i oljen (Aladedunye & Przybylski, 2009). Det har også blitt observert at stekeolje kan degraderes når den oppbevares over tid (Guillén et al., 2008). Sjaastad et al. (2010) fant ved steking av biff i soyaolje og margarin på elektrisk komfyr og gassbluss en høyere aldehydkonsentrasjon enn forventet ved bruk av soyaolje. Dette ble forklart med at oljen som ble brukt hadde blitt oppbevart i et år og hadde degradert.

16.4 Totalpartikler

Egne analyser ved laboratoriet på Gamle Fysikk, NTNU viser at gjennomsnittlig konsentrasjon av totalpartikler var 4,26-, 4,72- og 2,14 mg/m³ ved steking av henholdsvis lettsaltet sideflesk

på elektrisk komfyr, lettsaltet sideflesk på gassbluss og røkt bacon på gassbluss (se Tabell 6). De samme analysene ble også foretatt ved Arbets- og miljømedisin, Sahlgrenska akademien, Göteborgs universitet. Til sammenligning ble det der funnet en gjennomsnittlig konsentrasjon av totalpartikler på 4,17-, 4,24- og 2,14 mg/m³. Med andre ord er resultatene av våre egne analyser og analysene gjort ved Göteborgs universitet relativt like og sammenfallende. Vi noterer oss at ved steking av røkt bacon på gassbluss gir begge analysene en gjennomsnittlig konsentrasjon av totalpartikler på 2,14 mg/m³. Begge analysene viser størst variasjon i måleverdier ved steking av lettsaltet sideflesk på gassbluss. I vår analyse var den høyeste måleverdien 7,07 mg/m³, mens den laveste var 1,98 mg/m³. Den høyeste måleverdien i analysen ved Göteborgs universitet var på 5,74 mg/m³, mens den laveste var på 2,37 mg/m³.

Som vi ser av resultatene, så er den gjennomsnittlige konsentrasjonen av totalpartikler noe høyere når vi steker lettsaltet sideflesk på gassbluss i forhold til når vi bruker elektrisk komfyr. Når det gjelder filter veid ved egen lab., ser vi at steking av lettsaltet sideflesk på gassbluss genererer en konsentrasjon av totalpartikler på 4,72 mg/m³. Ved bruk av elektrisk komfyr ble det generert en konsentrasjon av totalpartikler på 4,26 mg/m³. Til sammenligning ble det ved samme analyse foretatt ved Göteborgs universitet funnet henholdsvis 4,24- og 4,17 mg/m³ ved steking av lettsaltet sideflesk på henholdsvis gassbluss og elektrisk komfyr. Disse funnene er i samsvar med tidligere forsøk med steking av biff i margarin og soyaolje på henholdsvis gassbluss og elektrisk komfyr. Det ble der funnet at det ble dannet en høyere gjennomsnittlig konsentrasjon av totalpartikler ved bruk av gassbluss i forhold til bruk av elektrisk komfyr (Sjaastad et al., 2010). En forklaring på dette er at brenning av gass i seg selv bidrar til å generere UFP, som videre kan koagulere med andre partikler og danne større partikler (se kapittel 10.1) (Dennekamp et al., 2001), (Wallace et al., 2008). Disse vil kunne avsettes på filteret. I tillegg vil fett og matrester kunne bli utsatt for direkte forbrenning ved at det renner ned på den brennende flammen. Dette vil også kunne generere partikler (He et al., 2004). Selv om den gjennomsnittlige konsentrasjonen av totalpartikler er høyere ved bruk av gassbluss enn ved bruk av elektrisk komfyr, så er ikke forskjellen stor. Årsaken til at resultatene er nokså like kan være at ved bruk av gassbluss genereres det mange mindre partikler, mens det ved bruk av elektrisk komfyr er snakk om større partikler. Partikler kan variere fra noen få nm i størrelse til over 10 µm (10 000 nm). En partikkel på 10 µm kan ha en masse som er 3*10¹⁰ ganger større enn massen til en partikkel på 3 nm (Nazaroff, 2004). Det er sannsynlig at det ved bruk av gassbluss avsettes flere mindre partikler på filteret, mens det ved bruk av elektrisk komfyr avsettes færre, men større partikler. Den høyere vekten på de større partiklene vil kunne gjøre at man måler tilnærmet samme konsentrasjon ved bruk av elektrisk komfyr selv om antallet partikler er mindre.

Totalpartikkel-målingene ble funnet å variere noe ved steking av lettsaltet sideflesk på gassbluss. Gjennomsnittskonsentrasjon av totalpartikler for første stekedag ble funnet å være 6,05 mg/m³. Andre stekedag sank den gjennomsnittlige konsentrasjonen av

totalpartikler til $2,79 \text{ mg/m}^3$, for så å stige til $5,32 \text{ mg/m}^3$ tredje stekedag. Total gjennomsnittskonsentrasjon av totalpartikler for alle tre dagene ble funnet å være $4,72 \text{ mg/m}^3$ fra våre egne analyser, mens det ved Göteborgs universitet ble funnet en total gjennomsnittskonsentrasjon av totalpartikler på $4,24 \text{ mg/m}^3$. Det ble notert at ene dagen, under steking av lettsaltet sideflesk på gassbluss, så var det en del søl på gassblusset. Under den ene stekerunden den ene dagen, tok det også lengre tid enn angitt i stekeprosedyren (se kapittel 19.1 – vedlegg 1) før temperaturen på gassblusset ble justert ned. Dette vil også kunne være med å påvirke genereringen av partikler. Det lettsaltede sideflesket begynte også å gå ut på dato da det ble stekt på gassbluss. Den siste stekedagen ble det derfor bruk lettsaltet sideflesk fra en annen produsent. Også dette sideflesket skal ha blitt saltet i saltlake. Imidlertid var det en del mer synlig fett på det. Dette er også en faktor som kan ha innvirket på målt konsentrasjon av totalpartikler.

Søl av fett på gassblusset, forhøyet temperatur og bruk av to typer lettsaltet sideflesk kan ha innvirket på resultatene. Sammenligner vi med steking av lettsaltet sideflesk på elektrisk komfyr, så ble det funnet en gjennomsnittskonsentrasjon av totalpartikler på $4,26 \text{ mg/m}^3$ fra våre analyser og $4,17 \text{ mg/m}^3$ fra analysene ved Göteborgs universitet.

Gjennomsnittskonsentrasjonen av totalpartikler ved bruk av gassbluss er noe høyere enn ved bruk av elektrisk komfyr, men forskjellen er mindre enn forskjellen som har vært funnet ved steking av biff i margarin og soyaolje på henholdsvis elektrisk komfyr og gassbluss (Sjaastad et al., 2010). Der ble gjennomsnittlig konsentrasjon av totalpartikler funnet å være henholdsvis $1,8$ - og $1,6 \text{ mg/m}^3$ ved steking av biff i henholdsvis margarin og soyaolje på elektrisk komfyr. Tilsvarende gjennomsnittskonsentrasjon ved bruk av gassbluss var $5,5$ - og $7,2 \text{ mg/m}^3$. Mer sprut og forbrenning på gassblusset kan være en forklaring på den høyere konsentrasjonen som måles ved steking av biff i forhold til våre forsøk med steking av lettsaltet sideflesk/røkt bacon.

Det er også tydelig at steking av røkt bacon genererer en lavere gjennomsnittskonsentrasjon av totalpartikler enn steking av lettsaltet sideflesk. Både våre egne analyser og analysene foretatt ved Göteborgs universitet viser en gjennomsnittlig konsentrasjon av totalpartikler på $2,14 \text{ mg/m}^3$ ved steking av røkt bacon på gassbluss, noe som er rundt halvparten av det som ble funnet for lettsaltet sideflesk. Fra leverandøren av sideflesket/baconet ble det opplyst at det var samme kjøtttråvare som var brukt til både sideflesk og bacon, og at baconet skal ha blitt røkt på tradisjonelt vis, uten bruk av røykaroma. Imidlertid observerte vi at det lettsaltede sideflesket vi brukte generelt sett hadde mer synlig fett enn det røkte baconet. Det røkte baconet virket også noe tørrere. Det overflødig fettet ble helt av pannen i hver pause, men det ble observert at det jevnt over var mer fett og sprut i pannen under steking av lettsaltet sideflesk enn det var da det ble stekt røkt bacon. Økt mengde olje/fett har blitt funnet å kunne gi økt generering av partikler (Siegman & Sattler, 1996). Dette kan, i kombinasjon med et mulig høyere vanninnhold, være en forklaring på høyere konsentrasjon av totalpartikler ved steking av lettsaltet sideflesk. Interessant nok genererer lettsaltet

sideflesk og røkt bacon omtrent samme konsentrasjon av UFP, mens forskjellen i konsentrasjon av totalpartikler er relativt stor (se Figur 37 og Figur 38), noe som antyder at gassbluset er viktig når det gjelder generering av UFP, mens fett- og vanninnhold er viktigere når det gjelder generering av større partikler.

Det har også blitt foretatt lignende målinger i profesjonelle kjøkken. Sjaastad et al. (2009) undersøkte konsentrasjonen av totalpartikler i pustesonen til kokken ved tre ulike restauranter som tilberedte biffretter, og fant gjennomsnittlig konsentrasjon til å variere fra 1,08- til 3,17 mg/m³ mellom de ulike restaurantene. Enkeltmålingene varierte fra 0,32- til 7,51 mg/m³. Målingene ble tatt over 4 timer hvor gjestepågangen var antatt å være stor. Vi finner en høyere gjennomsnittlig konsentrasjon av totalpartikler ved steking av lettsaltet sideflesk i denne oppgaven enn det som har blitt målt i restauranter. Årsaken er sannsynligvis at det i en restaurant vil bli tilberedt mange ulike retter, mens vi kun stekte lettsaltet sideflesk/røkt bacon. Ventilator-/ventilasjonsløsning vil også være forskjellig. En viss forskjell i konsentrasjon av totalpartikler ved bruk av ulike oljer/margarin har også tidligere blitt funnet. Steking av biff i henholdsvis rapsolje, soyaolje, olivenolje og margarin på elektrisk komfyr ble vist å kunne generere en konsentrasjon av totalpartikler på henholdsvis 1,0-, 1,4-, 1,0- og 11,6 mg/m³ (Sjaastad & Svendsen, 2008). Tilsynelatende virker konsentrasjonen av totalpartikler høy ved steking i margarin. Det ble kun foretatt to målinger ved steking i margarin og forhold som kunne ha innvirket innbefatter: steketemperatur, søl på platen, høyde på ventilator (50 cm) og høyt vanninnhold i margarin (17%). Til sammenligning fant Sjaastad et al. (2010) en konsentrasjon av totalpartikler på 1,8 og 1,6 mg/m³ ved steking av biff i henholdsvis margarin og soyaolje på elektrisk komfyr. Tilsvarende funn ved steking av biff i henholdsvis margarin og soyaolje på gassbluss var 5,5- og 7,2 mg/m³. I dette forsøket var ventilatoren plassert i en høyde på 65 cm. Disse resultatene viser at steking ved hjelp av gassbluss genererer større konsentrasjon av totalpartikler enn steking ved bruk av elektrisk komfyr. En sannsynlig årsak til dette kan være både partikler som genereres direkte fra gassbluset, men også fett/matrester som renner ned langs siden av stekepannen og brennes.

16.5 Ventilator

Ventilatorer er vanlige i norske hjem på grunn av sin evne til å beskytte den som lager mat mot partikkeleksponering og begrense spredning av stekeos. Flere studier har vist at bruk av ventilator reduserer eksponeringen for stekeos (Flückiger et al., 2000), (Fortmann et al., 2002), (Sjaastad & Svendsen, 2010). For å få best mulig effekt av ventilatoren i et hjemmekjøkken, bør den ideelt sett hjørnemonteres med en høyde over komfyren på 60 cm. Resultatene indikerer også at det er best å ha direkte utblås, istedenfor å resirkulere luften gjennom et kullfilter. Å ha skap på sidene av ventilatoren har også blitt vist å øke effektiviteten (Flückiger et al., 2000), (Sjaastad & Svendsen, 2010). Viftehastigheten bør kjøres på max og luften bør gå rett ut og ikke resirkuleres gjennom et kullfilter. Kullfilter kan til en viss grad begrense eksponeringen til den som tilbereder maten, men hindrer ikke at en

del partikler blir resirkulert tilbake til luften på kjøkkenet (Sjaastad & Svendsen, 2010). Monteringshøyde har blitt vist å ha større innvirkning på personlig eksponering for den som tilbereder mat enn på den generelle partikkelkonsentrasjonen i rommet (Sjaastad & Svendsen, 2010). En monteringshøyde på 50 cm har blitt vist å kunne gi høyere eksponering for den som tilbereder mat enn en monteringshøyde på 60 cm (Sjaastad & Svendsen, 2010). Det er også viktig at ventilatoren og tilhørende filter har god nok kapasitet og at de rengjøres med jevne mellomrom.

Det ble i denne oppgaven benyttet en vegghengt ventilator med direkte utblås som ble kjørt på medium innstilling (se kapittel 14.2). Ventilatoren hadde ingen vegghengte skap ved siden av seg. I denne oppgaven ble avstanden fra platen på den elektriske komfyren og fra gassblusset til ventilatoren målt til henholdsvis 60- og 55 cm ved bruk av elektrisk komfyr og gassbluss. Effekten av ventilatoren som ble brukt i våre forsøk har tidligere blitt målt. Det er imidlertid mulig at forurensede/tette filtre kan ha påvirket effekten av ventilatoren. Dette kan ha hatt innvirkning på våre målinger. En viktig faktor for at en kjøkkenventilator skal være effektiv er at den vedlikeholdes og rengjøres jevnlig. I et storkjøkken med høy bruksintensitet bør kanskje fettfilteret rengjøres daglig, mens det i en privatbolig kanskje holder med 4 – 6 ganger i året. På samme måte bør også avtrekkshette, avtrekkskanal og vifte rengjøres for optimal effekt (Norges Byggforskningsinstitutt, 1992). For å hindre at tett fettfilter i ventilatoren påvirket effekten av ventilatoren, ble dette imidlertid byttet etter hver stekeuke i denne oppgaven. Viftehastigheten under fettfilteret ble funnet å ligge stabilt rundt 1,70 – 1,80 m/s (se kapittel 19.2 – vedlegg 2).

Enkelte ventilatorer i restaurantkjøkken har blitt montert så høyt som en meter over komfyr/gassbluss. Dette gjør at flyktige forbindelser beveger seg fra stedet hvor flyktige forbindelser dannes, gjennom pustesonen til kokken og opp til ventilatoren. En slik situasjon vil kunne øke eksponeringen for kokken. Andre ventilatorer er montert lavere og slik at de trekker luften vekk fra kokken (Sjaastad, 2010). Det er sannsynlig at sistnevnte ventilatorløsning vil kunne redusere eksponeringen for kokken. Det er også sannsynlig at det i et restaurantkjøkken vil bli tilberedt flere ulike typer mat ved bruk av ulike tilberedningsmetoder i løpet av en dag, og en ansatt på restaurantkjøkken vil eksponeres for flere ulike forbindelser, over lengre tid, enn en som lager mat i et hjemmekjøkken. Det har blitt funnet at kvinnelige- og mannlige kokker kan tilbringe opp mot henholdsvis 59 % og 56 % av tiden med steking av mat (Svendsen et al., 2003). Selv om en privatperson eksponeres for stekeos over kortere tidsrom, kan imidlertid stekeos fra en enkelt stekeepisode være tilsvarende, eller høyere, ved steking i et hjemmekjøkken i forhold til et restaurantkjøkken (Sjaastad & Svendsen, 2008).

16.6 Grunnventilasjon/kjøkkenkonfigurasjon

Kjøkken- og ventilasjonsløsning kan variere i stor grad i norske hjem. Imidlertid har det blitt svært vanlig med åpne kjøkkenløsninger, spesielt i nye blokkleiligheter, hvor opp mot 90%

har åpen kjøkkenløsning. I nye eneboliger og våningshus er tilsvarende tall 50 % (Barlindhaug & Ruud, 2008). Åpne løsninger gjør at forurensinger/lukt fra matlaging lettere sprer seg i boligen, og effektiv ventilasjon er viktig. Det har blitt funnet at 75 % av eiere av nybygde boliger er fornøyd med ventilasjonen på kjøkkenet. Imidlertid ønsker mange av de som har anskaffet seg bolig med åpen løsning atskilt kjøkken og stue (Barlindhaug & Ruud, 2008). Statens bygningstekniske etat anbefaler en grunnventilasjon (avtrekksvolum) på kjøkken på minimum $36 \text{ m}^3/\text{t}$ i private boliger. Forsert ventilasjon bør ligge på minimum $108 \text{ m}^3/\text{t}$ og forutsettes løst med avtrekkshette som utformes og plasseres slik at forurensing fra komfyr og lignende fanges opp på en effektiv måte og forhindrer matlukt fra å spre seg i bygningen. Ugunstig plassering og utforming vil medføre behov for økt avtrekksvolum. En uteluftmengde tilsvarende det samlede avtrekk må tilføres boligen. Naturlig ventilasjon vil man gjerne finne i boliger bygd før 1970, mens i dag bygges det stadig flere boliger med balansert ventilasjonsanlegg med varmegjenvinning (Enova, 2011).

Blom & Skåret (1995) sammenlignet studier som så på ventilasjonseffekt og lufttilførsel. Et av de vanligste funnene var at moderne, balanserte ventilasjonsanlegg gir mer tilluft enn naturlig- og mekanisk avtrekk. Det ble videre funnet at en så stor andel som 86 % av svenske småhus ikke tilfredsstillter den svenske minimumsnormen på $0,35 \text{ l/s}\cdot\text{m}^2$ (tilnærmet $0,5$ luftskiftinger/t). Dette hovedsakelig pga mange boliger med naturlig ventilasjon og lufttette ytterkonstruksjoner. Når det gjelder småhus bygd etter 1980, så har 52 % mekanisk avtrekk, 42 % naturlig ventilasjon, mens andelen med balansert ventilasjon ligger på 6 %. Blant flerbolighus var tilsvarende tall henholdsvis 70 %, 10 % og 20 %. I dag blir balansert ventilasjonsanlegg stadig mer vanlig. En av grunnene til dette er at forskrifter til plan- og bygningsloven (TEK) ble revidert i 2007 og setter krav til bygningens totale varmetapstall. I hus med balansert ventilasjon kan dette oppfylles ved å installere varmegjenvinner med temperaturvirkningsgrad på minst 70 % (Enova, 2011). Myndighetenes minstekrav til ventilasjon tilsier $0,5$ luftvekslinger per time. Dette kravet gjelder også når rommene eller boligen ikke er i bruk. Det vil si at all luft i boligen blir utskiftet hver annen time. De fleste moderne ventilasjonsaggregater har vanligvis tre stillinger: lav, normal og høy luftmengde, noe som typisk utgjør $0,3/0,5/0,75$ luftvekslinger per time (Enova, 2011).

Selv om balanserte ventilasjonsanlegg er effektive, gjør åpne løsninger gjør at stekeos/matlukt lett vil kunne spre seg. Dette kan være forklaringen på at 75 % av eiere av nye boliger er fornøyd med kjøkkenventilasjonen, men ønsker seg adskilt kjøkken og stue (Barlindhaug & Ruud, 2008). Konsentrasjonen av partikler har blitt vist å øke både i kjøkken og tilhørende rom, ved åpen løsning, ved stekestart (Sjaastad & Svendsen, 2010). Imidlertid har konsentrasjonen av partikler i stue vært observert å være lavere enn konsentrasjonen i kjøkken. Peak partikkelkonsentrasjon kommer også senere i stuen. Dette har blitt forklart både med at partikler avsettes, men også koagulering av partikler før partiklene når stuen (Hussein et al., 2006), (Sjaastad & Svendsen, 2010).

I byggverk for publikum og arbeidsbygninger skal frisklufttilførsel for personer med lett aktivitet være minimum $26 \text{ m}^3/\text{t}$ pr. person. Ved høyere aktivitet skal frisklufttilførsel økes. Generelt vurderes frisklufttilførsel på bakgrunn av personbelastning, materialbelastning og forurensing fra aktiviteter og prosesser. Det er ikke behov for så stor luftveksling pr. time i privatbolig som i andre typer bygninger fordi boliger har lavere personbelastning (færre personer pr. m^2 gulvareal) (Statens bygningstekniske etat, 2011). I laboratoriekjøkkenet vi brukte til våre forsøk har det blitt målt en grunnventilasjon på $119 \text{ m}^3/\text{t}$ (tilluft) og $112 \text{ m}^3/\text{t}$ (avsug), mens ventilasjonen i tilhørende lager har blitt målt til $108 \text{ m}^3/\text{t}$ (tilluft) og $171 \text{ m}^3/\text{t}$ (avsug) (Sjaastad & Svendsen, 2008).

Som vi ser av disse resultatene, så ligger grunnventilasjonen i laboratoriekjøkkenet over det som anbefales som minimumsnivå av Statens bygningstekniske etat (2011) for private boliger. På grunn av at grunnventilasjonen i laboratoriekjøkkenet ligger over det som er vanlig i hjemmekjøkken, så ville sannsynligvis eksponeringen for stekeos, ved tilsvarende stekeforsøk i hjemmekjøkken, vært høyere. Det er imidlertid mulig at forurensede/tette filtre, samt endret ventilasjonseffekt/innstillinger etter at disse målingene ble gjort kan ha påvirket effekten av ventilasjonsanlegget. Dette kan ha hatt innvirkning på våre målinger. Mengden lettsaltet sideflesk/røkt bacon som vi stekte (2 kg pr. stekedag) er sannsynligvis også en god del større enn mengden som normalt brukes i en privat husholdning. I tillegg er eksponeringstiden for stekeos i våre forsøk sannsynligvis også lengre enn det som er vanlig ved mattilberedning i privat husholdning. Dette er forhold som vil kunne virke inn på eksponeringen.

16.7 Bruk av silikonslange til partikkeltransport

Under våre partikkelmålinger ble det brukt en 4,3 m lang fleksibel silikonslange, beregnet for partikkeltransport (se kapittel 14.6.2) for å kunne gjøre målingene i pustesonen til testpersonen som sto for steking hver stekedag. Ved å bruke en slik slange for partikkeltransport risikerer man å få diffusjonstap av partikler ved at partikler avsettes på slangeveggen. På grunn av at små partikler har større diffusjonshastighet enn større partikler, er små partikler mer utsatt for diffusjonstap, og man risikerer å underestimere den reelle partikkelkonsentrasjonen av mindre partikler (Buonanno et al., 2008). Imidlertid er dette bare en av mange faktorer som kan innvirke på den målte partikkelkonsentrasjonen, og antas å ikke være avgjørende når man sammenligner resultater fra ulike studier. Andre faktorer som kan påvirke resultatene er steketemperatur, steketid, direkte forbrenning av fett/partikler på åpen flamme, type olje/fett som brukes, ventilasjon i rommet, ventilatorbruk og partikler i luften med annen kilde.

17.0 Konklusjon

Da analysene av PAH- og aldehyd-målingene ikke var klare våren 2011, er det vanskelig å fastslå eksponeringen PAH og høyere aldehyder. Denne oppgaven har derfor i stor grad fokusert på partikler (inkludert UFP) og totalpartikler. Felles for alle målingene er at både

eksponeringstid og mengde mat som ble tilberedt sannsynligvis er en del høyere enn det som er vanlig ved tilberedning av mat i hjemmekjøkken. Eksponeringen for PAH, aldehyder og partikler vil av den grunn være en del høyere i våre forsøk enn ved en matlagingsepisode på et hjemmekjøkken. Tidligere måleresultat fra laboratoriekjøkkenet som ble brukt i våre forsøk har imidlertid blitt vist å stemme bra med målinger foretatt i restaurantkjøkken (Sjaastad & Svendsen, 2009), (Sjaastad et al., 2010). Kjøkkenoppsettet i våre forsøk er ganske likt det man kan finne i norske boliger, bortsett fra at elektrisk komfyr er mer vanlig enn gassbluss i norske kjøkken. Ventilatoren som ble brukt under forsøkene er noe tilsvarende det som brukes i de fleste norske hjem. Grunnventilasjonen er dog sannsynligvis noe bedre i våre forsøk enn det man vil finne i private boliger, av den grunn at laboratoriekjøkkenet lå i et bygg beregnet for flere personer enn en privat bolig. Generelt vil forhold som mengde mat, temperatur, tilberedningsmetode og fett-/oljemengde i pannen være faktorer som virker inn når det gjelder hvor høye konsentrasjoner av forurensinger som dannes (Kuo et al., 2006), (Slagteriernes Forskningsinstitut, 2009). Alle disse nevnte forholdene vil være med å påvirke eksponeringen.

17.1 PAH

Målinger av PAH-konsentrasjon i kjøkkenmiljø i tidligere studier har vært lave, og i enkelte tilfeller har noen typer PAH ikke vært detekterbare (Sjaastad & Svendsen, 2009), (Sjaastad et al., 2010). PAH eksisterer både i gass- og partikkelfase, noe vi tok hensyn til ved å bruke både filterkassetter og XAD(II)-glassrør (se kapittel 14.5.2). Selv om vi ikke har noen resultater fra PAH-målingene å forholde oss til, så er det sannsynlig at steking av røkt bacon på gassbluss kan ha generert høyere konsentrasjon av PAH enn steking av lettsaltet sideflesk på gassbluss. Dette på grunn av at røkt bacon blir eksponert for PAH gjennom pyrolyse av trevirke i en tradisjonell røykeprosess (Slagteriernes Forskningsinstitut, 2009). PAH dannes generelt lettere fra umettede fettsyrer, spesielt linolensyre, enn fra mettede fettsyrer (Chen & Chen, 2001). Svinefett (animalsk fett) inneholder som tidligere nevnt en mindre andel umettede fettsyrer enn vegetabiliske oljer/fett (se Tabell 2), og er av den grunn mindre utsatt for degradering. Imidlertid kan, som nevnt, PAH fra røykeprosessen det røkte baconet har vært igjennom innvirke på resultatene. Vi observerte også en fettmengde i pannen under våre forsøk som var forholdsvis stor (se Figur 24). Dette vil kunne innvirke på målingene. Tidligere studier har vist at eksponeringen for PAH kan variere avhengig av tilberedningsmetode, mengde mat som tilberedes, fettnivå og temperatur (Kuo et al., 2006), (Slagteriernes Forskningsinstitut, 2009).

17.2 Aldehyder

Det har blitt identifisert en rekke ulike aldehyder i matvarer og oljer/fett. Noen av de vanligste i kjøtt er formaldehyd, acetaldehyd, malondialdehyd og benzaldehyd. T,t-DDE har blitt vist å være en av aldehydene med størst mutagen virkning (Wu et al., 2001, sitert i Sjaastad, 2010). Eksponeringen for aldehyd er også avhengig av mengde og type olje/fett som varmes opp, samt steketemperatur. Smult (svinefett) har blitt vist å generere høyere

konsentrasjon av t-2-decenal og t-2-undecenal enn soyaolje og solsikkeolje. Konsentrasjonen av t,t-DDE ble imidlertid vist å være høyest ved bruk av soyaolje (Dung et al., 2006). Konsentrasjonen av aldehyder kan variere mellom ulike restauranter som serverer lignende retter med samme tilberedningsmetode (Sjaastad & Svendsen, 2009). Aldehydkonsentrasjonen ved steking av biff i margarin og soyaolje på gassbluss har blitt vist å være høyere enn tilsvarende steking på elektrisk komfyr (Sjaastad & Svendsen, 2010). På bakgrunn av disse resultatene er det sannsynlig at våre forsøk med steking av lettsaltet sideflesk og røkt bacon på gassbluss vil kunne generere en høyere konsentrasjon av aldehyder enn ved tilsvarende steking på elektrisk komfyr. Ut i fra resultatene til Dung et al. (2006) (se Tabell 3) er det sannsynlig at vi vil kunne måle høyere konsentrasjon av t-2-decenal og t-2-undecenal, men lavere nivå av t,t-DDE, ved steking av lettsaltet sideflesk og røkt bacon i våre forsøk enn ved steking av biff i soyaolje og margarin i forsøkene til Sjaastad et al. (2010). En antatt noe større fettmengde i stekepannen i våre forsøk, samt evt påvirkning fra oksefett i forsøkene til Sjaastad et al. (2010) kan virke inn på resultatene.

17.3 Partikler

I våre forsøk har steking av lettsaltet sideflesk/røkt bacon på gassbluss blitt funnet å generere høyere konsentrasjon av partikler enn steking av lettsaltet sideflesk på elektrisk komfyr. Årsaken til dette er sannsynligvis brenning av gass og brenning av fett/matrester på gassblusset. Det ble også observert at temperaturen av og til kunne være noe høyere ved steking ved hjelp av gassbluss. Våre forsøk viser at for partiklene i nedre del av måleområdet til partikkeltelleren som ble brukt i forsøket (14,6 nm), så genererer brenning av gass på gassblusset uten steking av lettsaltet sideflesk/røkt bacon like høy konsentrasjon av partikler som det blir dannet under forsøkene med steking av lettsaltet sideflesk og røkt bacon ved bruk av gassbluss og høyere konsentrasjon enn det som dannes ved bruk av elektrisk komfyr (se Figur 47 og Figur 48). Brenning av gass er med andre ord hovedkilden til generering av de minste partiklene (<14,6nm) og kan forklare forskjellen i partikkelkonsentrasjon mellom bruk av elektrisk komfyr og gassbluss i dette området. Dette er i samsvar med resultater fra tidligere studier (Dennekamp et al., 2001), (Wallace et al., 2008). Når det gjelder partikler med mobilitetsdiameter mellom 14,6 nm og 19,3 nm, så ser vi at brenning av gass på gassblusset fortsatt genererer høyere konsentrasjon av partikler enn det som dannes ved steking av lettsaltet sideflesk på elektrisk komfyr, men i mindre grad enn for partikler med mindre mobilitetsdiameter. Partikler generert av gassblusset er likevel en medvirkende årsak til forskjellen mellom partikkelkonsentrasjonen ved bruk av gassbluss og partikkelkonsentrasjonen ved bruk av elektrisk komfyr for mobilitetsdiameter mellom 14,6 og 19,3 nm. Forskjellen i partikkelkonsentrasjon mellom steking av lettsaltet sideflesk ved hjelp av gassbluss og steking av lettsaltet sideflesk ved hjelp av elektrisk komfyr er størst for partikler med mobilitetsdiameter på 91,4 nm. Forskjellen i partikkelkonsentrasjon mellom steking av røkt bacon ved hjelp av gassbluss og steking av lettsaltet sideflesk ved hjelp av elektrisk komfyr er til sammenligning størst for partikler med mobilitetsdiameter på 85,1 nm. I dette størrelsesområdet bidrar partikler generert av gassblusset med en relativt lav

partikkelkonsentrasjon som ikke alene kan forklare differansen mellom bruk av elektrisk komfyr og gassbluss. Sannsynlig forklaring på differansen er en kombinasjon av forbrenning av gass og forbrenning av fett/matrester på gassblusset. For partikler >300 nm er det liten forskjell i partikkelkonsentrasjon mellom bruk av gassbluss og elektrisk komfyr. Brenning av gass på gassblusset bidrar med svært liten konsentrasjon av partikler for så store mobilitetsdiameterer.

Det registreres at mobilitetsdiameteren ved peak partikkelkonsentrasjon endrer seg med tiden ved bruk av gassbluss (se Figur 53 og Figur 54). Årsaken til dette er sannsynligvis koagulering. Partikler koagulerer og danner færre, men større partikler. Graden av koagulasjon er avhenger av kvadratet av partikkelkonsentrasjonen (Nazaroff, 2004). Dette kan være årsaken til at vi observerer en forandring i mobilitetsdiameter i våre forsøk med steking av bacon på gassbluss, mens Dennekamp et al. (2001) ikke observerer tilsvarende forandring i sine forsøk med steking av bacon. Dennekamp et al. (2001) stekte mindre mengde bacon og brukte kortere steketid, og det ble generert en lavere partikkelkonsentrasjon. Høyere partikkelkonsentrasjon i kombinasjon med generering av UFP fra gassblusset som videre koagulerer på andre partikler er en sannsynlig forklaring på hvorfor vi observerer endring i mobilitetsdiameter ved bruk av gassbluss, men ikke gjør tilsvarende ved bruk av elektrisk komfyr. Ved bruk av elektrisk komfyr ligger mobilitetsdiameteren stabilt gjennom hele forsøket. Mobilitetsdiameter ved peak partikkelkonsentrasjon er 145,9 nm (se Figur 52).

17.4 Totalpartikler

Når det gjelder konsentrasjonen av totalpartikler, observeres det at konsentrasjonen er relativt lik ved steking av lettsaltet sideflesk på gassbluss og elektrisk komfyr. Det er liten forskjell på resultater fra filtre veid ved egen lab. og filtre veid ved Göteborgs universitet. Dette indikerer at analyser av totalpartikler ved egen lab. gir et like godt mål på konsentrasjonen av totalpartikler som analysene foretatt ved Göteborgs universitet. Konsentrasjonen av totalpartikler ved steking av lettsaltet sideflesk på gassbluss viser noe større variasjon enn konsentrasjonen av totalpartikler ved steking av lettsaltet sideflesk på elektrisk komfyr og steking av røkt bacon på gassbluss. Årsaken til dette kan være at det ble brukt to ulike typer lettsaltet sideflesk under dette forsøket, samt at det ble observert noe høyere temperatur enn ved de andre forsøkene. I tillegg ble det observert noe søl av fett på gassblusset og røykutvikling. Konsentrasjonen av totalpartikler er vesentlig lavere ved steking av røkt bacon på gassbluss. Imidlertid ble det observert at det røkte baconet hadde mindre synlig fett og virket noe tørrere. Det ble også observert at mengden fett i pannen var noe mindre enn ved steking av lettsaltet sideflesk. Dette er sannsynligvis årsaken til den lavere målte konsentrasjonen av totalpartikler. Konsentrasjonen av UFP virker ikke å være påvirket av fett-/vannivå i samme grad, noe som indikerer at gassblusset er viktigere når det gjelder generering av UFP (se Figur 37 og Figur 38).

17.5 Anbefalinger

Konsentrasjon av forurensinger i luften som følge av steking kan variere veldig. Hvilke typer forurensing som stekeosen inneholder kan variere ut i fra hva slags type/mengde mat som blir tilberedt og hvilken type stekeolje/fett som brukes, samt temperatur og tilberedningsmetode. Spesielt viktig er det å unngå brenning av oljen/fettet, da det øker generering av partikler i stor grad (Evans et al., 2008). Det er med andre ord viktig å bruke en stekeolje/fett som har røykpunkt under temperaturen man bruker ved mattilberedning. Ideelt sett bør temperaturen i pannen holdes så lav som mulig, da partikkelgenereringen øker med temperaturen. For å redusere generering av partikler mest mulig bør man bruke elektrisk kokeplate istedenfor gassbluss. Gassbluss har blitt vist å kunne generere høy konsentrasjon av partikler <25 nm. Disse partiklene kan koagulere med andre partikler og danne større partikler med tiden (Dennekamp et al., 2001), (He et al., 2004), (Wallace et al., 2008).

Ventilator bør monteres over komfyr/gassbluss. Denne bør helst være hjørnemontert, eller ha en skaprekke på hver side, og helst monteres i en høyde på rundt 60 cm (Sjaastad & Svendsen, 2010). Ventilatoren må ha stor nok kapasitet til å kunne ta unna stekeosen, og fettfilter må rengjøres med jevne mellomrom. Dette må gjøres hyppigere ved mye steking. Rengjøring av kokeplate/gassbluss er også viktig, da brenning av matrester/fett kan være en kilde til generering av partikler og stekeos. Åpne kjøkkenløsninger, som er vanlig i nyere leiligheter, gjør at stekeos og matlukt lett sprer seg rundt i rommet. Dette stiller ekstra krav til grunnventilasjonen. Balanserte ventilasjonsanlegg, som blir mer og mer vanlig i nye boliger, har blitt vist å være mer effektive enn naturlig ventilasjon, som var vanlig i boliger bygd før 1970 (Blom & Skåret, 1995).

18.0 Bibliografi

- Abt et al. (2000a). Relative contribution of outdoor and indoor particle sources to indoor concentrations. *Environ. Sci. Technol*; 34(17) , pp. 3579-3587.
- Abt et al. (2000b). Characterization of indoor particle sources: A study conducted in the metropolitan Boston area. *Environ. Health Perspect.*; 108(1) , pp. 35-44.
- Adamson et al., 2000, sitert i Slagteriernes Forskningsinstitut. (2009). *Kød og kræft - litteratursammendrag over køds betydning for udvikling af colon-/rectalcancer*. Slagteriernes Forskningsinstitut.
- Afshari et al. (2005). Characterization of indoor sources of fine and ultrafine particles: a study conducted in a full scale chamber. *Indoor Air*; 15(2) , pp. 141-150.
- Aladedunye, F. & Przybylski, R. (2009). Degradation and Nutritional Quality Changes of Oil During Frying. *J. Am. Oil Chem. Soc.*; 86(2) , pp. 149-156.
- Alencar et al. (1983). Pyrolysis of Tropical Vegetable Oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*; 31(6) , pp. 1268-1270.
- Alexander, J. (1977). Biological effects due to changes in fats during heating. *Frying oils* (pp. 711-717). New York: AOCS Annual Meeting.
- Allen et al. (2004). Estimated hourly personal exposures to ambient and nonambient particulate matter among sensitive populations in Seattle, Washington. *J. Air Waste Manag. Assoc.*; 54 , pp. 1197-1211.
- Araujo et al., 2008, sitert i Evans et al. (2008). Particle dose estimation from frying in residential settings. *Indoor Air* , pp. 499-510.
- Barlindhaug, R. & Ruud, M. (2008). *Beboernes tilfredshet med nybygde boliger*. NIBR-rapport 2008:14. Norsk institutt for by- og regionforskning.
- Berg et al. (1988). Mutagenic activity in smoke formed during broiling of lean pork at 200, 250 and 300 degrees C. *Mutat Res.*; 207(3-4) , pp. 199-204.
- Berg, M. (1996). *En studie av kvalitetsforringelse i fritureolje ved fritering av panerte fiskeprodukter*. Trondheim: Hovedoppgave, Institutt for bioteknologi, Fakultet for kjemi og biologi, NTNU - 1996.
- Blom, P. & Skåret, E. (1995). *Ventilasjon og luftkvalitet i småhus - Feltundersøkelse og litteraturgjennomgang*. Byggforsk. ISBN 82-536-0478-5
- Buonanno et al. (2008). *Size distribution of ultrafine particles and trends of concentration near a linear (major highway) and point source (waste incinerator)*. Retrieved Mai 6, 2011, from <http://www.aidic.it/aaas08/webpapers/13Buonanno.pdf>
- Buonanno et al. (2009). Particle emission factors during cooking activities. *Atmospheric Environment*; 43(20) , pp. 3235-3242.

- Chang et al., 1978, sitert i Shahidi. (1997). Changes in edible fats and oils during processing. *Journal of Food Lipids*; 4(3) , pp. 199-231.
- Chang et al. (2004). Measurement of ultrafine particle size distribution from coal-, oil- and gas-fired stationary combustion sources. *J. Air Waste Manag. Assoc.*; 54(12) , pp. 1494-1505.
- Chen et. al. (2007). Higher urinary 1-hydroxypyrene concentration is associated with cooking practice in a Chinese population. *Toxicol. Lett.*; 171(3) , pp. 119-125.
- Chen, B.H. & Chen, Y.C. (2001). Formation of polycyclic aromatic hydrocarbons in the smoke from heated model lipids and food lipids. *J. Agric. Food Chem.*; 49(11) , pp. 5238-5243.
- Churg et al. (2005). Air pollution particles activate NF-kappa B on contact with airway epithelial cell surfaces. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*; 208(1) , pp. 37-45.
- Coggon et al. (1986). A survey of cancer and occupation in young and middle aged men. *British Journal of Industrial Medicine*; 43(6) , pp. 332-338.
- Crnjar et al. (1981). Thermal oxidation of a series of saturated triacylglycerols. *J. Agric. Food Chem.*; 29(1) , pp. 39-42.
- Davidek et al., 1990, sitert i Shahidi et al. (1997). Changes in edible fats and oils during procesing . *Journal of Food Lipids*; 4(3) , pp. 199-231.
- Dennekamp et al. (2001). Ultrafine particles and nitrogen oxides generated by gas and electric cooking. *Occup. Environ. Med.*; 58(8) , pp. 511-516.
- Dick et al. (2001). Stimulation of IL-8 release from epithelial cells by gas cooker PM10: a pilot study. *Occup. Environ. Med.*; 58(3) , pp. 208-210.
- Dobarganes, C. & Marquez-Ruiz, G., 2003, sitert i Aladedunye, F.A. & Przybylski, R. (2008). Degradation and nutritional quality changes of oil during frying. *J. Am. Oil Chem. Soc.*; 86(2) , pp. 149-156.
- Dockery, D., & Pope, C. (1994). Acute effects of particulate air pollution. *Annu. Rev. Public Health.*; 15 , pp. 107-132.
- Dung et al. (2006). Genotoxicity and oxidative stress of the mutagenic compounds formed in fumes of heated soybean oil, sunflower oil and lard. *Toxicology in Vitro*; 20(4) , pp. 439-447.
- Dung et al., 2003, sitert i Sjaastad. (2010). *Exposure to cooking fumes during the pan frying of beefsteak under domestic and occupational conditions*. Doctor Philosophiae thesis. Trondheim: Department of Occupational Medicine, St. Olavs hospital, Trondheim University Hospital & Department of Industrial Economics and Technology Management, Norwegian University of Science and Technology.
- Eeg-Larsen, S. (2001, mars 29). *Høgskolen i Oslo*. Retrieved februar 21, 2011, from Fettsyrer: http://www.su.hio.no/ernaering/n_stoffer/fettsyrer.htm

Englert, N. (2004). Fine particles and human health: A review of epidemiological studies. *Toxicol. Lett.*; 149(1-3) , pp. 235-242.

Enova. (2011). *Energieffektiv ventilasjon*. Retrieved Mai 9, 2011, from <http://hjemme.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=3259>

Esterbauer et al., 1986, sitert i Sjaastad. (2010). *Exposure to cooking fumes during the pan frying of beefsteak under domestic and occupational conditions*. Doctor Philosophiae thesis . Trondheim: Department of Occupational Medicine, St. Olavs Hospital, Trondheim University Hospital & Department of Industrial Economics and Technology Management, Norwegian University of Science and Technology.

Evans et al. (2008). Particle dose estimation from frying in residential settings. *Indoor Air*; 18(6) , pp. 499-510.

Felton, J. (1995). Food mutagens: The cooking makes a difference. *Science & Technology Review*; July , pp. 18-25.

Ferin et al. (1992). Pulmonary retention of ultra-fine and fine particles in rats. *Am. J. Respir. Cell Mol. Biol.*; 6(5) , pp. 535-542.

Ferin et al. (1990). Increased pulmonary toxicity of ultrafine particles? 1. Particle clearance, translocation, morphology. *J. Aerosol Sci.*; 21(3) , pp. 381-384.

Feron et al. (1991). Aldehydes: occurrence, carcinogenic potential, mechanism of action and risk assessment. *Mutation Research*; 259(3-4) , pp. 363-385.

Finsbråten. (2011). *Bacon*. Retrieved Mai 27, 2011, from <http://www.finsbraten.no/produkter.aspx?cat=216730>

Flückiger et al. (2000). Air quality measurements in a model kitchen using gas and electric stoves. *Proceedings in healthy buildings (Helsinki)*; 1 , pp. 567-572.

Fortmann et al. (2002). *Indoor air quality: Residential cooking exposures. Final report, California air resources board, contract 97-330*. Sacramento CA: Air Resources board.

Fullana et al. (2004a). Comparison of volatile aldehydes present in the cooking fumes of extra virgin olive, olive and canola oils. *J. Agric. Food Chem.*; 52(16) , pp. 5207-5214.

Fullana et al. (2004b). Volatile aldehyde emissions from heated cooking oils. *J. Sci. Food Agr.*; 84(15), pp. 2015-2021.

Gaegauf et al. (2011). *Field investigation of nanoparticle emissions from various biomass combustion systems*. Retrieved Mai 30, 2011, from http://oekozentrum-ch.site-preview.net/files/field_investig_nanoparticle.pdf

Garret et al. (1998). Respiratory symptoms in children and indoor exposure to nitrogen dioxide and gas stoves. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*; 158(3) , pp. 891-895.

Gertz, C. (2000). Chemical and physical parameters as quality indicators of used frying fat. *Eur. J. Lipid Technol.*; 102(8-9) , pp. 566-572.

Gilde. (2011). *Storfekjøtt*. Retrieved Mai 27, 2011, from http://www.gilde.no/produktoversikt/vaare_produkter/storfekjoeett/

Glytos et al. (2010). Characterization of particulate matter concentrations during controlled indoor activities. *Atmospheric Environment.*; 44(12) , pp. 1539-1549.

Guillén et al. (2008). Evidence of the formation of light polycyclic aromatic hydrocarbons during the oxidation of edible oils in closed containers at room temperature. *J. Agric. Food Chem.*; 56(6) , 2028-2033.

He et al. (2004). Contribution from indoor sources to particle number and mass concentrations in residential houses. *Atmos. Environ.*; 38(21) , pp. 3405-3415.

Healthwise Inc. (2008, Juli 23). *Myhealth.ucsd.edu*. Retrieved April 11, 2011, from Respiratory system: <http://myhealth.ucsd.edu/library/healthguide/en-us/support/topic.asp?hwid=ug2841>

Heiskanen, R. (2009). *The evaluation of hazardous gas components caused by the thermal degradation of plant oils and animal fats*. Master's thesis. Lappeenranta: Lappeenranta University of Technology - Faculty of Technology - Degree programme in Environmental Technology.

Helse- og omsorgsdepartementet. (2005). *Forskrift om kjøtttråvarer og kjøttprodukter*. Retrieved Mars 25, 2011, from <http://www.lovdata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-19830218-0150.html>

Helsedirektoratet. (2007, August 6). *Transfettsyreer*. Retrieved Mai 2, 2011, from http://www.helsedirektoratet.no/vp/multimedia/archive/00002/Transfett_2886a.pdf

Hilt, B. (2011). Arbeidsrelaterte lungesykdommer. *Luftveiene* (pp. 1-8). Trondheim: Arbeidsmedisinsk avdeling, Institutt for Samfunnsmedisin, Det Medisinske Fakultet, NTNU.

Hsu, C. & Tannenbaum, S. (1999). DNA adduct formation by secondary metabolites of cyclopenta(cd)pyrene in vitro. *Cancer Letters*; 136(2) , pp. 137-141.

Hung et al. (2007). Association of cooking oil fumes exposure with lung cancer: Involvement of inhibitor of apoptosis proteins in cell survival and proliferation in vitro. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*; 628(2) , pp. 107-116.

Hussein et al. (2006). Particle size characterization and emission rates during indoor activities in a house. *Atmos. Environ.*; 40(23) , pp. 4285-4307.

IARC. (1994). Some industrial chemicals. *IARC Monogr. Eval. Carcinog. Risks Hum.*; 60 , pp. 1-560.

IARC. (1995). Dry cleaning, some chlorinated solvents and other industrial chemicals. *IARC Monogr. Eval. Carcinog. Risks Hum.*; 63 , pp. 1-551.

IARC. (1998). *Polynuclear Aromatic Compounds, Part 1, Chemical, Environmental and Experimental Data*. Retrieved 10 08, 2010, from IARC Monographs, Vol 32: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol32/volume32.pdf>

- IARC. (1999). Re-evaluation of some organic chemicals, hydrazine and hydrogen peroxide. *IARC Monogr. Eval. Carcinog. Risks Hum.*; 71 , pp. 1-315.
- IARC. (2002). *Some traditional herbal medicines, some mycotoxins, naphthalene and styrene.* . Retrieved 10 31, 2010, from IARC Monographs; 82: Available from <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol82/mono82.pdf>
- IARC. (2006). Formaldehyde, 2-butoxyethanol and 1-tert-butoxypropan-2-ol. *IARC Monogr. Eval. Carcinog. Risks Hum*; 88. , pp. 1-478.
- IARC. (2010). *Household use of solid fuels and high temperature frying.* Retrieved 10 01, 2010, from IARC Monographs, Vol 95: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol95/mono95.pdf>
- Ichihashi et al. (2001). Endogenous formation of protein adducts with carcinogenic aldehydes - implication for oxidative stress. *The Journal of Biological Chemistry*; 276(26) , pp. 23903-23913.
- Jamriska et al. (1999). Relation between indoor and outdoor exposure to fine particles near a busy arterial road. *Indoor Air*; 9(2) , pp. 75-84.
- Jaques, P. & Kim, C. (2000). Measurement of total lung deposition of inhaled ultrafine particles in healthy men and women. *Inhal. Toxicol.*; 12(8) , pp. 715-731.
- Johansson et al. (1995). Influence of frying fat on the formation of heterocyclic amines in fried beefburgers and pan residues. *Food and Chemical Toxicology*; 33(12) , pp. 993-1004.
- Johansson et al. (2006). Transfettsyrer i norsk kosthold. *Tidsskr. Nor. Lægefören.*; 126(6) , p. 126.
- Jokstad, C. & Ruth, A. (2004). *Measurements of ultrafine particle pollution in Elgesetergate, Trondheim - HMS fordypningsoppgave.* NTNU - Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse.
- Katragadda et al. (2010). Emissions of volatile aldehydes from heated cooking oils. *Food chemistry*; 120(1) , pp. 59-65.
- Klaassen(red.). (2008). *Casarett & Doull's Toxicology - the basic science of poisons.* New York: McGraw Hill.
- Kuo et al. (2006). Exposure to carcinogenic PAHs for the vendors of broiled food. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*; 16 , pp. 410-416.
- Lande, B. & Tonstad, S. (2010). *Store norske leksikon.* Retrieved februar 21, 2011, from Triglyserid: http://www.snl.no/.sml_artikkel/triglyserid
- Larsson et al. (1983). Polycyclic aromatic hydrocarbons in grilled food. *J. Agric. Food Chem.*; 31(4), pp. 867-873.
- Leaderer et al. (1999). Indoor, outdoor and regional summer and winter concentrations of PM10, PM2,5, SO4, H+, NH4+, NO3-, NH3, and nitrous acid in homes with and without kerosene space heaters. *Environ. Health Perspect.*; 107(3) , pp. 223-231.
- Lee, C. & Chang, M. (1999). Indoor air investigation at five classrooms. *Indoor Air*; 9(2) , pp. 134-138.

- Lee, Y. & Hoon, K. (2011). *Brownian Motion - The research goes on*. Retrieved Mai 6, 2011, from http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_95/journal/vol4/ykl/report.html
- Leech et al. (2002). It's about time: a comparison of Canadian and American time-activity patterns. *J. Expo. Anal. Environ. Epidemiol.*; 12(6) , pp. 427-432.
- Li et al. (2003). Emission of polycyclic aromatic hydrocarbons and their carcinogenic potencies from cooking sources to the urban atmosphere. *Environmental Health Perspectives* (111/4) , pp. 483-487.
- Li et al. (1993). Size distribution of submicrometer aerosols from cooking. *Environ. Int.*; 19(2) , pp. 147-154.
- Lin, J.M. & Liou, S.J., 2000, sitert i Heiskanen. (2009). *The evaluation of hazardous gas components caused by the thermal degradation of plant oils and animal fats*. Master's thesis. Lappeenranta: Lappeenranta University of Technology - Faculty of Technology - Degree programme in Environmental Technology.
- Long et al. (2000). Characterization of indoor particle sources using continuous mass and size monitors. *J. Air Waste Manag.*; 50(7) , pp. 1236-1250.
- Loureiro et al. (2000). Trans,trans-2,4-decadienal-induced 1,N2-etheneo-2'-deoxyguanosine adduct formation. *Chem. Res. Toxicol.*; 13(7) , pp. 601-609.
- Lund, E. (1986). *Kokker og dødelighet av kreft*. Oslo: Direktoratet for Arbeidstilsynet.
- Mattilsynet & Sosial- og Helsedirektoratet. (2005). *Bruk av delvis herdet fett og innhold av transfettsyrer i matvarer på det norske markedet i 2003 - Resultater fra spørreundersøkelse blant norske produsenter og importører*. Retrieved Mai 2, 2011, from http://www.helsedirektoratet.no/vp/multimedia/archive/00002/Bruk_av_____2832a.pdf
- McDonald, R.E. & Min, D.B., 1996, sitert i Berg. (1996). *En studie av kvalitetsforringelse i fritureolje ved fritering av panerte fiskeprodukter*. Trondheim: Hovedoppgave - NTNU.
- Monti et al. (2004). Characterization of phenolic compounds in virgin olive oil and their effect on the formation of carcinogenic/mutagenic heterocyclic amines in a model system. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*; 49(8) , pp. 3969-3975.
- Morawska et al. (2003). Characteristics of particle number and mass concentrations in residential houses in Brisbane, Australia. *Atmos. Environ.*; 37(30) , pp. 4195-4203.
- Mutulu et al., 2007, sitert i Evans et al. (2008). Particle dose estimation from frying in residential settings. *Indoor Air*; 18(6) , pp. 499-510.
- Mørk, 1973, sitert i Berg. (1996). *En studie av kvalitetsforringelse i fritureolje ved fritering av panerte fiskeprodukter*. Trondheim: Hovedoppgave - NTNU.
- Nagao et al., 2000, sitert i Slagteriernes Forskningsinstitut. (2009). *Kød og kræft - litteratursammendrag over køds betydning for utvikling af colon-/rektalcancer*. Slagteriernes Forskningsinstitut.

- Nakagama et al., 2000, sitert i Slagteriernes Forskningsinstitut. (2009). *Kød og kræft*. Slagteriernes Forskningsinstitut.
- Nappep et al. (1996). Trans,trans-2,4-decadienal: cytotoxicity and effect on glutathione level in human erythroleukemia (HEL) cells. *Cancer Lett.*; 99(1) , pp. 115-119.
- Naumova et al., 2002; Ohura et al., 2004, sitert i Zhu et al. (2009). Pollution level, phase, distribution and source analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in residential air in Hangzhou, China. *Journal of Hazardous Materials*; 162(2-3) , pp. 1165-1170.
- Nawar et al., 1985, sitert i Shahidi et al. (1997). Changes in edible fats and oils during processing. *Journal of Food Lipids*; 4 (3), pp. 199-231.
- Nawar, 1996, sitert i Shahidi et al. (1997). Changes in edible fats and oils during processing. *Journal of Food Lipids*; 4(3) , pp. 199-231.
- Nazaroff, W. (2004). Indoor particle dynamics. *Indoor Air 14 (supplement 7)* , pp. 175-183.
- Neas et al. (1993). Concentration of indoor particulate matter as a determinant of respiratory health in children. *Am. J. Epidemiol.*; 139(11) , pp. 1088-1099.
- Ng et al. (1993). Respiratory symptoms and lung function effects of exposure to tobacco smoke and cooking by gas in non-smoking women in Singapore. *J Epidemiol Community Health*; 47(6) , pp. 454-458.
- Ng, T., & Tan, W. (1994). Epidemiology og allergic rhinitis and its associated risk factors in Singapore. *Int J Epidemiol*; 23(3) , 553-8.
- Nilsson, A et al. (1993). Fett, harskning og målemetoder for harskning. *Tema fra Matforsk*; 3 , pp. 1-22.
- Norges Byggforskingsinstitutt. (1992). *Hus og Helse*. Statens Bygningstekniske etat. ISBN: 8253603959
- Norsk folkehelseinstitutt. (2011). *Helserisikovurdering for SFT av Teflon – Polytetrafluoretylen (PTFE) CASnr 9002-84-0 utført ved Nasjonalt folkehelseinstitutt*. Retrieved Mai 1, 2011, from [http://www.matportalen.no/uonskedestoffer_i_mat/tema/Stoffer_i_emballasje_og_kjokkenredskaper/article2472.ece/BINARY/Nasjonalt+folkehelseinstitutt+\(FHI\)+--+helsersikovurdering+av+teflon](http://www.matportalen.no/uonskedestoffer_i_mat/tema/Stoffer_i_emballasje_og_kjokkenredskaper/article2472.ece/BINARY/Nasjonalt+folkehelseinstitutt+(FHI)+--+helsersikovurdering+av+teflon)
- Notani et al. (1993). Occupation and cancers of the lung and bladder: a case control study in Bombay. *Int. J. Epidemiol.*; 22(2) , pp. 185-191.
- Nyborg, K. & Rege, M. (2000). The evolution of considerate smoking behaviour. *Discussion papers 279* . Statistisk sentralbyrå.
- Oberdörster, G. (2001). Pulmonary effects of inhaled ultrafine particles. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*; 74(1) , pp. 1-8.
- Oberdörster et al. (2002). Extrapulmonary translocation og ultrafine carbon particles following whole-body inhalation exposure of rats. *J. Toxicol. Environ. Health*; 65(20) , pp. 1131-1543.

- Oberdörster et al. (2004). Translocation of inhaled ultrafine particles to the brain. *Inhal. Toxicol.*; 16(6-7) , pp. 437-445.
- Oberdörster et al. (2005). Principles for characterizing the potential human health effects from exposure to nanomaterials: elements of a screening strategy. *Part. Fibre Toxicol.*; 2(8) , pp. 1-35.
- Olsen, A. (2007). *Ekstrakter av tangmel og krekling som naturlige antioksidanter - Fiskerikandidatoppgave*. Tromsø: Institutt for marin bioteknologi, Norges fiskerihøgskole, Universitetet i Tromsø.
- Ostiguy et al. (2008). *Health effects of nanoparticles - Report IRSST R-589*. Montréal.
- Pan et al. (2008a). Urinary 1-hydroxypyrene and malondialdehyde in male workers in Chinese restaurants. *Occup. Environ. Med.*; 65(11) , pp. 732-735.
- Pan et al. (2008b). Effects on Chinese restaurant workers of exposure to cooking oil fumes: A cautionary note on urinary 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*; 17(12) , pp. 3351-3357.
- Paulose & Chang, 1978, sitert i Shahidi et al. (1997). Changes in edible fats and oils during processing. *Journal of Food Lipids*; 4(3) , pp. 199-231.
- Pavanello, S et al. (2007). Mutagenic activity of overnight urine from healthy non-smoking subject.; *Environmental and Molecular Mutagenesis*; 48(2) , pp. 143-150.
- Pokorny et al., 1989, sitert i Shahidi. (1997). Changes in edible fats and oils during processing. *Journal of Food Lipids*; 4(3) , pp. 199-231.
- Pokorny, J. (1989). Flavor chemistry of deep fat frying in oil. In D. M. eds., *Flavor Chemistry of Lipid Foods* (pp. 113-155). American Oil Chemists Society, Champaign, IL.
- Pope et al. (1991). Respiratory health and PM10 pollution. A daily time series analysis. *Am. Rev. Respir. Dis.*; 144(3 Pt 1) , pp. 668-74.
- Pope, C. & Dockery, D. (1992). Acute health effects of PM10 pollution on symptomatic and asymptomatic children. *Am. Rev. Respir. Dis.*; 145(5) , pp. 1123-8.
- Pryor et al. (1981). Mechanisms of nitrogen dioxide reactions: initiation of lipid peroxidation and the production of nitrous acid. *Science*; 214(4519) , pp. 435-427.
- Reiss et al., 2007, sitert i Evans et al. (2008). Particle dose estimation from frying in residential settings. *Indoor Air*; 18(6) , pp. 499-510.
- Renwick et al. (2004). Increased inflammation and altered macrophage chemotactic responses caused by two ultrafine particle types. *Occup. Environ. Med.*; 61(5) , pp. 442-447.
- Ruth, R. & Jokstad, C. I. (2005). *Traffic as a source of indoor particle pollution*. Master's thesis. Trondheim: NTNU - institutt for industriell økonomi og teknologiledelse.

Rywotycki, R. (2007). The effect of baking of various kinds of raw meat from different animal species and meat with functional additives on nitrosamine contamination level. *Food Chemistry*; 101(2) , pp. 540-548.

Rønning, J. A. (2011, Januar 12). Kvalitetssjef, Finsbråten. (A. Johansen, Interviewer)

Santos et al. (2005). Effect of heating and cooling on rheological parameters of edible vegetable oils. *Journal of Food Engineering*; 67(4) , pp. 401-405.

Schwab et al., 1988, sitert i Heiskanen. (2009). *The evaluation of hazardous gas components caused by the thermal degradation of plant oils and animal fats*. Lappeenranta: Lappeenranta University of Technology - Faculty of Technology - Degree Programme in Environmental Technology.

Schwartz et al. (1993). Particulate air pollution and hospital emergency room visits for asthma in Seattle. *Am. Rev. Respir. Dis.*; 147(4) , pp. 826-31.

Scmedes, A. (2011). *Oppbygging av fett*. Retrieved februar 21, 2011, from Nettdoktor.no: <http://www.nettdoktor.no/ernaering/matogkropp/artikler/fettoppbygning.php>

Scrimgeour et al., 2005 sitert i Heiskanen. (2009). *The evaluation of hazardous gas components caused by the thermal degradation of plant oils and animal fats*. Master's thesis. Lappeenranta: Lappeenranta University of Technology - Faculty of Technology - Degree Programme in Environmental Technology.

See et al. (2006). Health risk assessment of occupational exposure to particulate-phase polycyclic aromatic hydrocarbons associated with Chinese, Malay and Indian cooking. *J. Environ. Monit.*; 8(3) , pp. 369-376.

See, S. & Balasubramanian, R. (2006). Physical characteristics of ultrafine particles emitted from different gas cooking methods. *Aerosol and Air Quality Research.*; 6(1) , pp. 89-92.

See, S., & Balasubramanian, R. (2008). Chemical characteristics of fine particles emitted from different gas cooking methods.; *Atmospheric Environment*; 42(39) , pp. 8852-8862.

Sensidyne. (2000). *Gilian Gilibrator 2 Calibration System - Operation & service manual*.

Shahidi et al. (1997). Changes in edible fats and oils during processing. *Journal of Food Lipids*; 4(3) , pp. 199-231.

Siegman, K., & Sattler, K. (1996). Aerosol from hot cooking oil: a possible health hazard. *J. Aerosol Sci.*; 27(1) , pp. S493-S494.

Sioutas et al. (2005). Exposure assessment for atmospheric ultrafine particles(UFPs) and implications in epidemiologic research. *Environ. Health Perspect*; 113(8) , pp. 947-955.

Siwinska et al. (1999). The effect of coal stoves and environmental tobacco smoke on the level of urinary 1-hydroxypyrene.; *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis.*; 445(2) , pp. 147-153.

Sjaastad, A. (2010). *Exposure to cooking fumes during the pan frying of beefsteak under domestic and occupational conditions*. Doctor Philosophiae thesis . Trondheim: Department of Occupational Medicine, St. Olavs Hospital, Trondheim University Hospital & Department of Industrial Economics and Technology Management, Norwegian University of Science and Technology.

Sjaastad et al. (2008). Sub-micrometer particles: Their level and how they spread after pan frying of beefsteak. *Indoor and Built Environment*; 17(3) , pp. 230-236.

Sjaastad et al. (2010, Februar 17). *Exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons(PAHs), mutagenic aldehydes and particulate matter during pan frying of beefsteak*. Retrieved Oktober 12, 2010, from <http://oem.bmj.com/content/early/2010/02/05/oem.2009.046144.full.pdf>

Sjaastad, A.K. & Svendsen, K. (2010). Different types and settings of kitchen canopy hoods and particulate exposure conditions during pan-frying of beefsteak. *Indoor and Built Environment*; 19(2) , pp. 267-274.

Sjaastad, A.K. & Svendsen, K. (2008). Exposure to mutagenic aldehydes and particulate matter during panfrying of beefsteak with margarine, rapeseed oil, olive oil or soybean oil. *Ann. Occup. Hyg.*; 52(8) , pp. 739-745.

Sjaastad, A.K. & Svendsen, K. (2009). Exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons(PAHs), mutagenic aldehydes and particulate matter in Norwegian à la carte restaurants. *Ann. Occup. Hyg.*; 53(7) , pp. 723-729.

Sjøgren et al. (2009). Ischemic heart disease among cooks, cold buffet managers, kitchen assistants and wait staff. *Scand. J. Work Environ. Health; Suppl 7* , pp. 24-29.

Slagteriernes Forskningsinstitut. (2009, mars 26). Kjøtt og Kræft - Litteratursammendrag over kjøds betydning for utvikling av colon-/rectalcancer. *Proj. nr: 01889* .

Sletner, L. (2011, Januar 12). Forbrukerkontakt, Nortura Forbrukersenter. (A. Johansen, Interviewer)

Speizer et al. (1980). Respiratory disease rates and pulmonary function in children associated with NO₂ exposure. *Am. Rev. Respir. Dis.*; 121(1) , pp. 3-10.

Srivastava & Prasat, 2000, sitert i Heiskanen. (2009). *The evaluation of hazardous gas components caused by thermal degradation of plant oils and animal fats - Master's thesis*. Lappeenranta: Lappeenranta University of Technology - Faculty of Technology - Degree Programme in Environmental Technology.

Statens Arbeidsmiljøinstitutt. (2010). *Yrke og kreft i Norge*. Oslo: Statens Arbeidsmiljøinstitutt.

Statens bygningstekniske etat . (2011, Mars). *Veiledning om tekniske krav til byggverk*. Retrieved Mai 9, 2011, from <http://byggeregler.be.no/dxp/content/tekniskekrav/kap-13/2/>

Statens råd for ernæring og fysisk aktivitet et al., gjengitt i Mattilsynet og Sosial- & Helsedirektoratet. (2005). *Bruk av delvis herdet fett og innhold av transfettsyrer i matvarer på det norske markedet i 2003 - Resultater fra spørreundersøkelse blant norske produsenter og importører*. Retrieved Mai 2, 2011, from http://www.helsedirektoratet.no/vp/multimedia/archive/00002/Bruk_av_____2832a.pdf

- Storrø, I. (2011, April 27). Forskningsleder Sintef Fiskeri og Havbruk AS. (A. Johansen, Interviewer)
- Svensden et al. (2002). Exposure to cooking fumes in restaurant kitchens in Norway. *Ann. Occup. Hyg.*; 46(6) , pp. 395-400.
- Svensden et al. (2003). Respiratory symptoms in kitchen workers. *Am. J. Ind. Med.*; 43(4) , pp. 436-439.
- Teigen, B. T. (2011, Januar 12). Kjøttfagansvarlig, Opplysningskontoret for egg og kjøtt. (A. Johansen, Interviewer)
- TSI Incorporated. (2002a). *Model 3936 SMPS - Instruction Manual*.
- TSI Incorporated. (2002b). *Model 3080 Electrostatic Classifier - Instruction Manual*.
- TSI Incorporated. (2002c). *Model 3025A Ultrafine Condensation Particle Counter - Instruction Manual*.
- Tunncliffe et al. (1994). Effect of domestic concentrations of nitrogen dioxide on airway responses to inhaled allergen in asthmatic patients. *The Lancet.*; 344(8939) , pp. 1733-1736.
- Umano, K. & Shibamoto, T. (1987). Analysis of acrolein from heated cooking oils and beef fat. *J. Agric. Food Chem.*; 35(6) , pp. 909-912.
- Vainiotalo, S. & Matveinen, K. (1993). Cooking fumes as a hygienic problem in the food and catering industries. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*; 54(7) , pp. 376-382.
- Varela et al., 1988, sitert i Shahidi et al. (1997). Changes in edible fats and oils during processing. *Journal of Food Lipids*; 4(3) , pp. 199-231.
- Volkmer et al. (1995). The prevalence of respiratory symptoms in South Australian pre-school children: II factors associated with indoor quality. *Journal of Paediatrics and Child Health*; 31(2) , pp. 116-120.
- Wallace et al. (2004). Emission rates of ultrafine and fine particles due to cooking with a gas stove. *Environ. Sci. Technol.*; 38(8) , pp. 2304-2311.
- Wallace et al. (2008). Contribution of gas and electric stoves to residential ultrafine particle concentrations between 2 and 64 nm: size distributions and emission and coagulation rates. *Environ. Sci. Technol.*; 42(23) , pp. 8641-8647.
- Wang et al. (2010). Pulmonary changes induced by trans,trans-2,4-decadienal, a component of cooking oil fumes. *Eur. Respir. J.*; 35(3) , pp. 667-675.
- Wikipedia. (2010, september 27). *(E,E)-2,4-decadienal*. Retrieved oktober 17, 2010, from [http://en.wikipedia.org/wiki/\(E,E\)-2,4-Decadienal](http://en.wikipedia.org/wiki/(E,E)-2,4-Decadienal)
- Wikipedia. (2011a, Februar 2). *Triglyserider*. Retrieved februar 21, 2011, from <http://no.wikipedia.org/wiki/Triglyserider>
- Wikipedia. (2011b, Mai 1). *Fatty acid*. Retrieved Mai 2, 2011, from http://en.wikipedia.org/wiki/Fatty_acid

Wikipedia. (2011c, Mars 17). *Bacon*. Retrieved Mars 22, 2011, from <http://en.wikipedia.org/wiki/Bacon>

Wittcoff et al., 2004, sitert i Heiskanen. (2009). *The evaluation of hazardous gas components caused by the thermal degradation of plant oils and animal fats*. Master's thesis. Lappeenranta: Lappeenranta University of Technology - Faculty of Technology - Degree Programme in Environmental Technology.

World Health Organization. (1998). *Environmental health criteria for selected non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons*. Retrieved Oktober 10, 2010, from <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc202.htm>

Wu et al., 2001, sitert i Sjaastad. (2010a). Exposure to cooking fumes during the pan frying of beefsteak under domestic and occupational conditions. *Doctor Philosophiae thesis*. Trondheim: Department of occupational medicine, St. Olavs hospital, Trondheim university hospital & Department of industrial economics and technology management, Norwegian university of science and technology.

Wu, S. & Yen, G. (2003). Oxidative damage of A-549 cells induced by trans-2-decanal from oil fumes. *Food Sci. Agric. Chem.*; 5, pp. 41-46.

Yang et al. (2007). Emission of trans,trans.2,4-decadienal from restaurant exhausts to the atmosphere. *Atmos. Environ.*; 41(26), pp. 5327-5333.

Yen, G. & Wu, S., 2003, sitert i Sjaastad. (2010a). *Exposure to cooking fumes during the pan frying of beefsteak under domestic and occupational conditions*. Doctor philosophiae thesis. Trondheim: Department of Occupational Medicine, St. Olavs hospital, Trondheim University Hospital & Department of Industrial Economics and Technology Management, Norwegian University of Science and Technology.

Yeung, L. & To, W. (2008). Size distributions of the aerosol emitted from commercial cooking processes. *Indoor and built environment*; 17(3), 220-229.

Zhu et al. (2009). Pollution level, phase distribution and source analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in residential air in Hangzhou, China. *Journal of Hazardous Materials*; 162(2-3), pp. 1165-1170.

Zhu et al., 2001, sitert i Sjaastad. (2010a). *Exposure to cooking fumes during the pan frying of beefsteak under domestic and occupational conditions*. Doctor Philosophiae thesis. Trondheim: Department of Occupational Medicine, St. Olavs Hospital, Trondheim University Hospital & Department of Industrial Economics and Technology Management, Norwegian University of Science and Technology.

Zhu, I. & Wang, J. (2003). Sources and patterns of polycyclic aromatic hydrocarbons pollution in kitchen air, China. *Chemosphere*; 50(5), pp. 611-618.

19.0 Vedlegg

19.1 Vedlegg 1 – Stekeprosedyre

Før start:

- **PAH:** To pumper kobles sammen for å få høyest mulig flow (2,5 – 3,0 l/min). Bruker grensplitter. Ende på glassrør files av. Rør monteres i henhold til monteringsretning på røret. En filterkassett monteres foran øret.
- **Totalpartikler:** En pumpe. En filterkassett monteres. Flow skal ligge rundt 2,0 l/min
- **Aldehyder:** To pumper – en for hvert termodesorpsjonsrør. Pumper kommer ferdig kalibrert fra Statens Arbeidsmiljøinstitutt (STAMI). Flow på pumpe skal ligge rundt 0,10 l/min. Rillene på termodesorpsjonsrørene skal vende **ut** mot eksponeringen. Åpningen på røret skal vende **opp** nær pustesonen.
- **SMPS:** Sheath flow rate justeres ned fra 4l/min til 3l/min. Gjørs ved hjelp av Meny-hjulet på TSI-3080. Sample flowrate skal være 0,3lpm – justeres ved å vri flow equalizer assembly på TSI-3025. **Softwareinnstilling:** Scan pr sample: 1, Number of samples: 1 (2,15 min scanning time), repeat every 3rd minute. **Måling startes ved stekestart ved å trykke på grønt rundt ikon. Måling stoppes ved å trykke på rødt firkantet ikon.**
- **Påmontering av pumper:** Testpersonene får hver sin ryggsekk hvor pumpene oppbevares. Slangene festes i stroppen på sekken med sikkerhetsnål og/eller malingstape. Rør/filterkassett plasseres i pustesonen til testpersonene. Hvis noen av testpersonene må på toalettet under steking, henges sekken igjen på et stativ.
- **Dør mot gangen lukkes!**
- **Sideflesket skjæres opp i 3-4mm tykke skiver.**
- **Lufthastighet inn i avtrekk måles** – midt på, under fettfilteret, ventilator trinn 2, hver stekedag før steking starter.

Table 4-1.
Recommended Operating Parameters

DMA Model	CPC Model	Theoretical Size Range [nm]	Aerosol Flow [lpm]	Sheath Flow [lpm]	Impactor Nozzle [cm]
3081 LDMA	3010	9.0 – 469	0.6"	6.0	0.0457
		7.1 – 318	1.0	10	0.0507
	3022	13 – 833	0.3	3.0	0.0457
		9.0 – 469	0.6"	6.0	0.0457
	3025	5.7 – 239	1.5	15	0.071
		13 – 833	0.3	3.0	0.0457
3083 RDMA	3010	7.4 – 339	0.6"	6.0	0.0457
		5.7 – 236	1.0	10	0.0507
	3022	10.5 – 581	0.3	3.0	0.0457
		7.4 – 339	0.6"	6.0	0.0457
	3025	4.6 – 180	1.5	15	0.071
		10.5 – 581	0.3	3.0	0.0457
3085 NDMA	3010	3.1 – 111	0.6"	6.0	0.0457
		2.4 – 83	1.0	10	0.0507
	3022	4.4 – 168	0.3	3.0	0.0457
		3.1 – 111	0.6"	6.0	0.0457
	3025	2.0 – 66	1.5	15	0.071
		4.4 – 168	0.3	3.0	0.0457
		3.1 – 111	0.6"	6.0	0.0457
		2.0 – 66	1.5	15	0.071

Teoretisk måleområde ved bruk av SMPS (TSI Incorporated, 2002a).

Hver dag etter steking:

- Ekstra vifte settes på for å få ut mest mulig stekeos fra rommet.
- Rør og filterkassetter tas vare på.
- Komfyr, panne og utstyr rengjøres.
- Sideflesk has i poser og fryses.
- Pumper settes til lading til neste dag.
- Plate bak på impactor rengjøres med litt papir og sprit, et tynt lag med fett smøres deretter på med fingeren, ikke nedover kanten.
- Flow på partikkelteller måles. Hvis veldig lav flow rengjøres impactorhodet ved å munnpipettere sprit gjennom impactorhodet. Løsnes ved å dele innerste og ytterste del av impactorhodet, slange henger fast. Pass på pakning!

Etter endt stekeuke

- Rengjøring av fettfilter i ventilator. Vaskes i oppvaskmaskin. Nytt fettfilter settes i.

Start

- Ca 400g sideflesk stekes i tre omganger à 5 minutt, totalt 15 minutt. Sideflesket has i en bolle når det er stekt. Dette gjentas 5 ganger hver stekedag. En person steker. Alle tre står vendt mot komfyren under steking. I uke 5 brukes det elektrisk komfyr, i uke 8 og 10 gassbluss.

Tid

Handling

0min	<p>Dør lukkes.</p> <p>Sideflesk skjæres i 3-4mm tykke skiver.</p> <p>Sekk med pumper tas på. Filterkassetter og rør plasseres i pustesonen. Festes med tape og sikkerhetsnåler. Sekker markeres med hhv A, B og C.</p> <p>Pumpene startes – noter tidspunkt.</p> <p>Ventilator skal stå på trinn 2 – denne skal gå under hele stekeprosessen.</p> <p>Den største plata settes på trinn 6/stor flamme. Stekingen startes når temperaturen i senter av pannen har nådd 200°C. Dette måles med infrarød termometer.</p> <p>Stoppeklokke startes v/ temperatur 200°C - 1/3 av sideflesket has i.</p>
2min	Plata skrues ned til trinn 4/liten flamme .
5min	Ferdigstekt sideflesk og fett har over i bolle, nytt sideflesk tilsettes.
10min	Ferdigstekt sideflesk og fett har over i bolle, nytt sideflesk tilsettes.
15min	Ferdigstekt sideflesk og fett har over i bolle. <p>Plate skrues av.</p> <p>25 min pause uten utlufting, ventilator på trinn 2.</p> <p>Rengjøring av panne/komfyr, oppskjæring av sideflesk til neste runde.</p>

	Stekerunde 2
39min	Plate settes på trinn 6/stor flamme.
40min	Stekingen startes når temperaturen i senter av pannen har nådd 200°C . Dette måles med infrarød termometer. 1/3 av sideflesket has i.
42min	Plate skrur ned til trinn 4/liten flamme.
45min	Ferdigstekt sideflesk og fettete has over i bolle, nytt sideflesk tilsettes.
50min	Ferdigstekt sideflesk og fettete has over i bolle, nytt sideflesk tilsettes.
55min	Ferdigstekt sideflesk og fettete has over i bolle. Plate skrur av. 25 min pause uten utlufting, ventilator på trinn 2. Rengjøring av panne/komfyr, oppskjæring av sideflesk til neste runde.
	Stekerunde 3
1t 19min	Plate settes på trinn 6/stor flamme.
1t 20min	Stekingen startes når temperaturen i senter av pannen har nådd 200°C . Dette måles med infrarød termometer.
1t 22min	Plate skrur ned til trinn 4/liten flamme.
1t 25min	Ferdigstekt sideflesk og fettete has over i bolle, nytt sideflesk tilsettes.
1t 30min	Ferdigstekt sideflesk og fettete has over i bolle, nytt sideflesk tilsettes.
1t 35min	Ferdigstekt sideflesk og fettete has over i bolle. Plate skrur av. 25 min pause uten utlufting, ventilator på trinn 2. Rengjøring av panne/komfyr, oppskjæring av sideflesk til neste runde.

	Stekerunde 4
1t 59min	Plate settes på trinn 6/stor flamme.
2t	Steking startes når temperaturen i senter av pannen har nådd 200°C . Dette måles med infrarød termometer.
2t 2min	Plate skrur ned til trinn 4/liten flamme.
2t 5min	Ferdigstekt sideflesk og fett har over i bolle, nytt sideflesk tilsettes.
2t 10min	Ferdigstekt sideflesk og fett har over i bolle, nytt sideflesk tilsettes.
2t 15min	Ferdigstekt sideflesk og fett har over i bolle. Plate skrur av. 25 min pause uten utlufting, ventilator på trinn 2. Rengjøring av panne/komfyr, oppskjæring av sideflesk til neste runde.
	Stekerunde 5
2t 39min	Plate settes på trinn 6/stor flamme.
2t 40min	Steking startes når temperaturen i senter av pannen har nådd 200°C . Dette måles med infrarød termometer.
2t 42min	Plate skrur ned til trinn 4/liten flamme.
2t 45min	Ferdigstekt sideflesk og fett har over i bolle, nytt sideflesk tilsettes.
2t 50min	Ferdigstekt sideflesk og fett har over i bolle, nytt sideflesk tilsettes.
2t 55min	Ferdigstekt sideflesk og fett har over i bolle. Plate skrur av. 25 min pause uten utlufting, ventilator på trinn 2. Rengjøring av panne/komfyr.

3t 20min	Ta av ryggsekker. Måle flow på alle pumper, inkl. partikkelteller! Sette propper i filterkassetter. Legge PAH rør og kassetter i fryser.
	SLUTT

19.2 Vedlegg 2 – Flow og tidspunkt

Uke 5 – tirsdag 1. februar

	PAH, 2 pumper				Aldehyder, 2 pumper				Totalpartikler, 1 pumpe				Partikkelteller			
Person A	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt
Sekk 1	3,05	0850	2,73	1220	1. 0,09	0849	0,09	1221	2,00	0850	2,05	1219	0,299	0836	0,302	1232
	Nummer pumpe 1: 1 Nummer pumpe 2: 3 Nummer filterkassett: PM-1 Nummer glassrør: XAD-1				Nummer pumpe 1: 150 Nummer pumpe 2: 157 Nummer metallrør 1: Mi127333 Nummer metallrør 2: Mi129882				Nummer pumpe: A-12 Nummer filterkassett: Stek3007							
Person B (steker)	Flow start	Tidspkt start	Flow slutt	Tidspkt slutt	Flow start	Tidspkt start	Flow slutt	Tidspkt slutt	Flow start	Tidspkt start	Flow slutt	Tidspkt slutt	Ventilator			
Sekk 2	3,55	0850	3,41	1224	1. 0,10	0849	0,10	1224	2,00	0850	2,00	1222	Lufthastighet, trinn 2, før steking starter (måles midt på, under fettfilteret): 1,70 m/s			
	Nummer pumpe 1: 2 Nummer pumpe 2: 4 Nummer filterkassett: PM-2 Nummer glassrør: XAD-2				Nummer pumpe 1: 149 Nummer pumpe 2: 158 Nummer metallrør 1: Mi129607 Nummer metallrør 2: Mi129554				Nummer pumpe: A-22 Nummer filterkassett: AJ2							
Person C	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt				
Sekk 3	2,80	0850	2,65	1225	1. 0,10	0849	0,10	1228	2,00	0850	2,09	1227				
	Nummer pumpe 1: 4(grønn) Nummer pumpe 2: 6 Nummer filterkassett: PM-3 Nummer glassrør: XAD-3				Nummer pumpe 1: 147 Nummer pumpe 2: 148 Nummer metallrør 1: Mi129856 Nummer metallrør 2: Mi130201				Nummer pumpe: A-11 Nummer filterkassett: Stud0908							

Uke 5 – onsdag 2. februar

	PAH, 2 pumper				Aldehyder, 2 pumper				Totalpartikler, 1 pumpe				Partikkelteller			
Person A <i>Sekk 1</i>	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt
	3,03	1553	2,83	1918	1. 0,09	1553	0,09	1919	2,00	1553	1,14	1918	0,303	1555	0,308	1915
	Nummer pumpe 1: 1 Nummer pumpe 2: 3 Nummer filterkassett: PM-4 Nummer glassrør: XAD-4				Nummer pumpe 1: 148 Nummer pumpe 2: 158 Nummer metallrør 1: Mi130208 Nummer metallrør 2: Mi129551				Nummer pumpe: A-12 Nummer filterkassett: Stek0806 Lav sluttflow pga slangelekkasje.							
Person B <i>Sekk 2</i>	Flow start	Tidspkt start	Flow slutt	Tidspkt slutt	Flow start	Tidspkt start	Flow slutt	Tidspkt slutt	Flow start	Tidspkt start	Flow slutt	Tidspkt slutt	<u>Ventilator</u>			
	2,86	1550	2,70	1925	1. 0,10	1550	0,10	1926	2,00	1550	-		Lufthastighet, trinn 2, før steking starter (måles midt på, under fettfilteret): 1,75 m/s			
	Nummer pumpe 1: 2 Nummer pumpe 2: 4 Nummer filterkassett: PM-5 Nummer glassrør: XAD-5				Nummer pumpe 1: 147 – pumpe stoppet en periode. Nummer pumpe 2: 149 Nummer metallrør 1: Mi129555 Nummer metallrør 2: Mi129608				Nummer pumpe: A-11 Nummer filterkassett: Stek0810 Pumpe stoppet - uvisst hvor lenge. Måling ekskludert.							
Person C (steker) <i>Sekk 3</i>	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt				
	2,34	1551	2,26	1922	1. 0,08	1551	0,09	1922	2,00	1551	1,96	1921				
	Nummer pumpe 1: 4 (grønn) Nummer pumpe 2: 6 Nummer filterkassett: PM-6 Nummer glassrør: XAD-6				Nummer pumpe 1: 150 Nummer pumpe 2: 157 Nummer metallrør 1: Mi129544 Nummer metallrør 2: Mi129552				Nummer pumpe: A-22 Nummer filterkassett: Stek2107							

Uke 5 – torsdag 3. februar

	PAH, 2 pumper				Aldehyder, 2 pumper				Totalpartikler, 1 pumpe				Partikkelteller			
Person A (steker) Sekk 1	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt
	2,60	1604	2,44	1933	1. 0,08	1604	0,09	1933	2,00	1604	2,04	1932	0,297	1607	0,268	1930
	Nummer pumpe 1: 2 Nummer pumpe 2: 4 Nummer filterkassett: PM-7 Nummer glassrør: XAD-7				Nummer pumpe 1: 150 Nummer pumpe 2: 148 Nummer metallrør 1: Mi130198 Nummer metallrør 2: Mi127331				Nummer pumpe: A-11 Nummer filterkassett: 2							
Person B Sekk 2	Flow start	Tidspkt start	Flow slutt	Tidspkt slutt	Flow start	Tidspkt start	Flow slutt	Tidspkt slutt	Flow start	Tidspkt start	Flow slutt	Tidspkt slutt	Ventilator Lufthastighet, trinn 2, før steking starter (måles midt på, under fettfilteret): 1,70 m/s			
	2,61	1601	2,48	1935	1. 0,09	1607	0,08	1936	2,00	1607	1,96	1935				
	Nummer pumpe 1: 4 (grønn) Nummer pumpe 2: 6 Nummer filterkassett: PM-8 Nummer glassrør: XAD-8				Nummer pumpe 1: Nummer pumpe 2: Nummer metallrør 1: Mi129886 Nummer metallrør 2: Mi127334				Nummer pumpe: A-22 Nummer filterkassett: Stek21.08							
Person C Sekk 3	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid Start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt				
	2,69	1603	2,50	1938	1. 0,10	1603	0,10	1939	2,00	1603	2,04	1938				
	Nummer pumpe 1: 3 Nummer pumpe 2: 1 Nummer filterkassett: PM-9 Nummer glassrør: XAD-9				Nummer pumpe 1: 147 Nummer pumpe 2: 149 Nummer metallrør 1: Mi129606 Nummer metallrør 2: Mi129556				Nummer pumpe: A-12 Nummer filterkassett: Stek 0811							

Uke 8 – tirsdag 22. februar

	PAH, 2 pumper				Aldehyder, 2 pumper				Totalpartikler, 1 pumpe				Partikkelteller			
Person A	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt
Sekk 1	2,76	1555	2,66	1924	1. 0,08	1555	0,08	1925	2,00	1555	1,70	1921	0,302	1652	0,298	1918
	Nummer pumpe 1: 2 Nummer pumpe 2: 3 Nummer filterkassett: PM-10 Nummer glassrør: XAD-10				Nummer pumpe 1: 158 Nummer pumpe 2: 150 Nummer metallrør 1: Mi129579 Nummer metallrør 2: Mi129557				Nummer pumpe: A-12 Nummer filterkassett: Stek0815							
Person B	Flow start	Tidspkt start	Flow slutt	Tidspkt slutt	Flow start	Tidspkt start	Flow slutt	Tidspkt slutt	Flow start	Tidspkt start	Flow slutt	Tidspkt slutt	Ventilator			
Sekk 2	2,49	1556	2,38	1927	1. 0,11	1556	0,11	1927	2,00	1556	2,07	1926	Lufthastighet, trinn 2, før steking starter (måles midt på, under fettfilteret): 1,80 m/s			
	Nummer pumpe 1: 4 Nummer pumpe 2: 6 Nummer filterkassett: PM-11 Nummer glassrør: XAD-11				Nummer pumpe 1: 147 Nummer pumpe 2: 148 Nummer metallrør 1: Mi129851 Nummer metallrør 2: Mi129547				Nummer pumpe: A-11 Nummer filterkassett: Stud0308							
Person C (steker)	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt				
Sekk 3	2,23	1553	1,70	1929	1. 0,07	1553	0,06	1930	2,00	1553	1,98	1928				
	Nummer pumpe 1: Sintef 5 Nummer pumpe 2: 10535 (uten annet nr.) Nummer filterkassett: PM-12 Nummer glassrør: XAD-12				Nummer pumpe 1: 149 Nummer pumpe 2: 157 Nummer metallrør 1: Mi129571 Nummer metallrør 2: Mi129888				Nummer pumpe: A-22 Nummer filterkassett: Stud0408							

Uke 8 – onsdag 23. februar

	PAH, 2 pumper				Aldehyder, 2 pumper				Totalpartikler, 1 pumpe				Partikkelteller			
Person A (steker)	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt
Sekk 1	2,67	0950	2,49	1223	1. 0,10	0950	0,09	1223	2,00	0950	2,04	1222	0,301	0950	1215	0,303
	Nummer pumpe 1: 3 Nummer pumpe 2: 2 Nummer filterkassett: PM-13 Nummer glassrør: XAD-13				Nummer pumpe 1: 149 Nummer pumpe 2: 158 Nummer metallrør 1: Mi127302 Nummer metallrør 2: Mi130195				Nummer pumpe: A-12 Nummer filterkassett: Stek6007							
Person B	Flow start	Tidspkt start	Flow slutt	Tidspkt slutt	Flow start	Tidspkt start	Flow slutt	Tidspkt slutt	Flow start	Tidspkt start	Flow slutt	Tidspkt slutt	Ventilator			
Sekk 2	2,47	0951	2,30	1217	1. 0,09	0951	0,09	1217	2,00	0951	2,05	1216	Lufthastighet, trinn 2, før steking starter (måles midt på, under fettfilteret): 1,80 m/s			
	Nummer pumpe 1: 4 Nummer pumpe 2: 6 Nummer filterkassett: PM-14 Nummer glassrør: XAD-14				Nummer pumpe 1: 148 Nummer pumpe 2: 150 Nummer metallrør 1: Mi129858 Nummer metallrør 2: Mi127310				Nummer pumpe: A-11 Nummer filterkassett: AJ3							
Person C	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt				
Sekk 3	2,50	0947	1,80	1220	1. 0,11	0947	0,10	1221	2,00	0947	1,93	1221				
	Nummer pumpe 1: Nummer pumpe 2:				Nummer pumpe 1: 147 Nummer pumpe 2: 157 Nummer metallrør 1: Mi129548 Nummer metallrør 2: Mi129601				Nummer pumpe: A-22 Nummer filterkassett: 3							

Uke 8 – torsdag 24. februar

	PAH, 2 pumper				Aldehyder, 2 pumper				Totalpartikler, 1 pumpe				Partikkelteller			
Person A	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt
Sekk 1	2,87	0854	2,73	1226	1. 0,07	0854	0,08	1226	2,00	0854	2,06	1225	0,304	0857	0,304	1220
	Nummer pumpe 1: 2 Nummer pumpe 2: 3 Nummer filterkassett: PM-16 Nummer glassrør: XAD-16				Nummer pumpe 1: 148 Nummer pumpe 2: 147 Nummer metallrør 1: Mi129550 Nummer metallrør 2: Mi129541				Nummer pumpe: A-11 Nummer filterkassett: Stek0803							
Person B (steker)	Flow start	Tidspkt start	Flow slutt	Tidspkt slutt	Flow start	Tidspkt start	Flow slutt	Tidspkt slutt	Flow start	Tidspkt start	Flow slutt	Tidspkt slutt	Ventilator			
Sekk 2	2,75	0856	2,61	1228	1. 0,08	0856	0,08	1230	2,00	0856	2,03	1228	Lufthastighet, trinn 2, før steking starter (måles midt på, under fettfilteret): 1,80 m/s			
	Nummer pumpe 1: 4 Nummer pumpe 2: 6 Nummer filterkassett: PM-17 Nummer glassrør: XAD-17				Nummer pumpe 1: 157 Nummer pumpe 2: 150 Nummer metallrør 1: Mi129576 Nummer metallrør 2: Mi130206				Nummer pumpe: A-12 Nummer filterkassett: Stek0807							
Person C	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt				
Sekk 3	2,55	0857	1,86	1222	1. 0,09	0857	0,09	1222	2,00	0857	1,95	1222				
	Nummer pumpe 1: Nummer pumpe 2:				Nummer pumpe 1: 149 Nummer pumpe 2: 158 Nummer metallrør 1: Mi129609 Nummer metallrør 2: Mi130202				Nummer pumpe: A-22 Nummer filterkassett: AJ4							

Uke 10 – tirsdag 8. mars

	PAH, 2 pumper				Aldehyder, 2 pumper				Totalpartikler, 1 pumpe				Partikkelteller			
Person A	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt
Sekk 1	2,53	0841	2,37	1209	1. 0,08	0841	0,06	1209	2,00	0841	2,03	1209	0,308	0845	0,308	1209
	Nummer pumpe 1: 4 Nummer pumpe 2: 6 Nummer filterkassett: PM-19 Nummer glassrør: XAD-19				Nummer pumpe 1: 147 Nummer pumpe 2: 149 Nummer metallrør 1: Mi127338 Nummer metallrør 2: Mi129560				Nummer pumpe: A-11 Nummer filterkassett: AJ1							
Person B (steker)	Flow start	Tidspkt start	Flow slutt	Tidspkt slutt	Flow start	Tidspkt start	Flow slutt	Tidspkt slutt	Flow start	Tidspkt start	Flow slutt	Tidspkt slutt	Ventilator			
Sekk 2	2,44	0842	2,31	1210	1. 0,07	0842	0,06	1210	2,00	0842	2,07	1210	Lufthastighet, trinn 2, før steking starter (måles midt på, under fettfilteret): 1,75 m/s			
	Nummer pumpe 1: 5 Nummer pumpe 2: 1 Nummer filterkassett: PM-20 Nummer glassrør: XAD-20				Nummer pumpe 1: 148 Nummer pumpe 2: 158 Nummer metallrør 1: Mi129605 Nummer metallrør 2: Mi129884				Nummer pumpe: A-12 Nummer filterkassett: 4							
Person C	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt				
Sekk 3	2,94	0843	2,77	1212	1. 0,05	0843	0,03	1212	2,00	0843	1,95	1212				
	Nummer pumpe 1: 3 Nummer pumpe 2: 2 Nummer filterkassett: PM-21 Nummer glassrør: XAD-21				Nummer pumpe 1: 150 Nummer pumpe 2: 157 Nummer metallrør 1: Mi130196 Nummer metallrør 2: Mi129860				Nummer pumpe: A-22 Nummer filterkassett: Stek1307							

Uke 10 – onsdag 9. mars

	PAH, 2 pumper				Aldehyder, 2 pumper				Totalpartikler, 1 pumpe				Partikkelteller			
Person A <i>Sekk 1</i>	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt
	2,31	1632	2,22	2002	1. 0,05	1632	0,05	2002	2,00	1632	2,08	2002	0,308	1637	0,309	2002
	Nummer pumpe 1: 4 Nummer pumpe 2: 6 Nummer filterkassett: PM-22 Nummer glassrør: XAD-22				Nummer pumpe 1: 148 Nummer pumpe 2: 150 Nummer metallrør 1: Mi127339 Nummer metallrør 2: Mi129887				Nummer pumpe: A-12 Nummer filterkassett: Stek0808							
Person B <i>Sekk 2</i>	Flow start	Tidspkt start	Flow slutt	Tidspkt slutt	Flow start	Tidspkt start	Flow slutt	Tidspkt slutt	Flow start	Tidspkt start	Flow slutt	Tidspkt slutt	Ventilator			
	2,17	1635	2,03	2006	1. 0,07	1635	0,09	2006	2,00	1635	2,08	2006	Lufthastighet, trinn 2, før steking starter (måles midt på, under fettfilteret): 1,80 m/s			
	Nummer pumpe 1: 5 Nummer pumpe 2: 1 Nummer filterkassett: PM-23 Nummer glassrør: XAD-23				Nummer pumpe 1: 157 Nummer pumpe 2: 158 Nummer metallrør 1: Mi129578 Nummer metallrør 2: Mi129859				Nummer pumpe: A-11 Nummer filterkassett: R3 Pumpen fungerte ikke første stekerunde.							
Person C (steker) <i>Sekk 3</i>	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Kontroll PAH (festet på person A), 1 pumpe			
	2,82	1634	2,67	2000	1. 0,09	1634	0,09	2000	2,00	1634	1,99	2000	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt
	Nummer pumpe 1: 2 Nummer pumpe 2: 3 Nummer filterkassett: PM-24 Nummer glassrør: XAD-24				Nummer pumpe 1: 147 Nummer pumpe 2: 149 Nummer metallrør 1: Mi129602 Nummer metallrør 2: Mi130204				Nummer pumpe: A-22 Nummer filterkassett: R5				2,02 1634 1,93 2000 Nummer pumpe: Deluxe-2 Nummer filterkassett: PM-25 Nummer glassrør: XAD-25			

Uke 10 – torsdag 10. mars

	PAH, 2 pumper				Aldehyder, 2 pumper				Totalpartikler, 1 pumpe				Partikkelteller			
Person A (steker)	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt
Sekk 1	2,46	1622	2,31	1955	1. 0,08	1622	0,08	1955	2,00	1622	2,08	1955	0,294	1625	0,295	1955
	Nummer pumpe 1: 4 Nummer pumpe 2: 6				Nummer pumpe 1: 147 Nummer pumpe 2: 149				Nummer pumpe: A-11 Nummer filterkassett: R6							
	Nummer filterkassett: PM-26 Nummer glassrør: XAD-26				Nummer metallrør 1: Mi130199 Nummer metallrør 2: Mi127303											
Person B	Flow start	Tidspkt start	Flow slutt	Tidspkt slutt	Flow start	Tidspkt start	Flow slutt	Tidspkt slutt	Flow start	Tidspkt start	Flow slutt	Tidspkt slutt	Ventilator			
Sekk 2	2,52	1624	2,40	1954	1. 0,08	1624	0,08	1954	2,00	1624	2,00	1954	Lufthastighet, trinn 2, før steking starter (måles midt på, under fettfilteret): 1,80 m/s			
	Nummer pumpe 1: 5 Nummer pumpe 2: 1				Nummer pumpe 1: 148 Nummer pumpe 2: 150				Nummer pumpe: A-12 Nummer filterkassett: R7 Pumpe stoppet en periode i første stekerunde.							
	Nummer filterkassett: PM-27 Nummer glassrør: XAD-27				Nummer metallrør 1: Mi129580 Nummer metallrør 2: Mi130191											
Person C	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt	Kontroll PAH (festet på person B), 1 pumpe			
Sekk 3	2,82	1625	2,70	1950	1. 0,09	1625	0,09	1950	2,00	1625	1,98	1950	Flow start	Tid start	Flow slutt	Tid slutt
	Nummer pumpe 1: 3 Nummer pumpe 2: 2				Nummer pumpe 1: 157 Nummer pumpe 2: 158				Nummer pumpe: A-22 Nummer filterkassett: R4				1,87			
	Nummer filterkassett: PM-28 Nummer glassrør: XAD-28				Nummer metallrør 1: Mi129890 Nummer metallrør 2: Mi130205								1625			
													1,77			
													1950			
													Nummer pumpe: Deluxe-2 Nummer filterkassett: PM-29 Nummer glassrør: XAD-29			

19.3 Vedlegg 3 – Totalpartikler, filtervekt

Type steking	Stekedag	Testperson	Filternr.	Vekt filter før eksp. [g]	Vekt filter etter eksp. [g]	Differanse [g]	Pumpe-flow [l/min]	Tid [min]	Totalpartikler [mg/m ³]	Kommentar
Sideflesk - elektrisk komfyr	1	A	Stek3007	0,07175	0,07312	0,00137	2,025	209	3,24	
Sideflesk - elektrisk komfyr	1	B (steker)	AJ2	0,07224	0,07356	0,00132	2	212	3,11	
Sideflesk - elektrisk komfyr	1	C	Stud0908	0,07159	0,07297	0,00138	2,045	217	3,11	
Sideflesk - elektrisk komfyr	2	A	Stek0806	0,0708	0,07158	0,00078	1,57	205		Slangelekkasje - veldig lav sluttflow.
Sideflesk - elektrisk komfyr	2	B	Stek0810	0,07196	0,07427	0,00231	2	217	5,32	Pumpe stoppet en stund i siste pausen.
Sideflesk - elektrisk komfyr	2	C (steker)	Stek2107	0,07215	0,07383	0,00168	1,98	210	4,04	
Sideflesk - elektrisk komfyr	3	A (steker)	2	0,06992	0,07214	0,00222	2,02	209	5,26	
Sideflesk - elektrisk komfyr	3	B	Stek 21.08	0,07215	0,07401	0,00186	1,98	212	4,43	
Sideflesk - elektrisk komfyr	3	C	Stek0811	0,07275	0,075	0,00225	2,02	217	5,13	
Sideflesk - gasskomfyr	1	A	Stek0815	0,07221	0,07443	0,00222	1,85	206	5,83	
Sideflesk - gasskomfyr	1	B	Stud0308	0,07194	0,07496	0,00302	2,035	210	7,07	
Sideflesk - gasskomfyr	1	C (steker)	Stud0408	0,07212	0,07437	0,00225	1,99	215	5,26	

Sideflesk - gasskomfyr	2	A (steker)	Stek6007	0,07106	0,07247	0,00141	2,02	213	3,28
Sideflesk - gasskomfyr	2	B	AJ3	0,07226	0,07356	0,0013	2,025	206	3,12
Sideflesk - gasskomfyr	2	C	3	0,07129	0,07212	0,00083	1,965	213	1,98
Sideflesk - gasskomfyr	3	A	Stek0803	0,07278	0,07503	0,00225	2,03	211	5,25
Sideflesk - gasskomfyr	3	B (steker)	Stek0807	0,07108	0,07381	0,00273	2,015	212	6,39
Sideflesk - gasskomfyr	3	C	AJ4	0,07232	0,07407	0,00175	1,975	205	4,32
Bacon - gasskomfyr	1	A	AJ1	0,07236	0,07314	0,00078	2,015	208	1,86
Bacon - gasskomfyr	1	B (steker)	4	0,07273	0,07367	0,00094	2,035	208	2,22
Bacon - gasskomfyr	1	C	Stek1307	0,07181	0,0726	0,00079	1,975	209	1,91
Bacon - gasskomfyr	2	A	Stek0808	0,06979	0,07081	0,00102	2,04	210	2,38
Bacon - gasskomfyr	2	B	R3	0,06959	0,0704	0,00081	2,04	211	1,88
Bacon - gasskomfyr	2	C (steker)	R5	0,07122	0,072	0,00078	1,995	206	1,90
Bacon - gasskomfyr	3	A (steker)	R6	0,07105	0,07227	0,00122	2,04	213	2,81
Bacon - gasskomfyr	3	B	R7	0,07182	0,07286	0,00104	2	210	2,48
Bacon - gasskomfyr	3	C	R4	0,07071	0,07163	0,00092	2,49	205	1,80

19.4 Vedlegg 4 – Totalpartikler, veid fra PAH-filterkassetter

Filterkassett nr:	Kons. mg/m ³		Gj.snitt	Høyeste verdi	Laveste verdi	Høyeste-laveste	Median	Std.avvik
bacon PM1	3,48							
bacon PM2	6,27	Dag 1 uke 5	4,37	6,27	3,35	2,92	3,48	1,65
bacon PM3	3,35	Dag 2 uke 5	3,45	4,02	2,43	1,59	3,90	0,88
bacon PM4	2,43	Dag 3 uke 5	4,68	4,85	4,43	0,42	4,78	0,22
bacon PM5	3,90	Uke 5 total	4,17	6,27	2,43	3,84	4,02	1,09
bacon PM6	4,02	Dag 1 uke 8	4,80	5,74	4,19	1,55	4,48	0,82
bacon PM7	4,85	Dag 2 uke 8	2,70	2,90	2,37	0,53	2,84	0,29
bacon PM8	4,43	Dag 3 uke 8	5,21	5,73	4,69	1,04	5,22	0,52
bacon PM9	4,78	Uke 8 total	4,24	5,74	2,37	3,37	4,48	1,27
bacon PM10	4,19	Dag 1 uke 10	1,71	1,89	1,54	0,36	1,71	0,18
bacon PM11	5,74	Dag 2 uke 10	1,93	2,28	1,53	0,75	1,98	0,38
bacon PM12	4,48	Dag 3 uke 10	2,78	3,20	2,42	0,78	2,72	0,39
bacon PM13	2,84	Uke 10 total	2,14	3,20	1,53	1,67	1,98	0,57
bacon PM14	2,90							
bacon PM15	2,37							
bacon PM16	5,22							
bacon PM17	5,73							
bacon PM18	4,69							
bacon PM19	1,54							
bacon PM20	1,71							
bacon PM21	1,89							
bacon PM22	2,28							
bacon PM23	1,53							
bacon PM24	1,98							

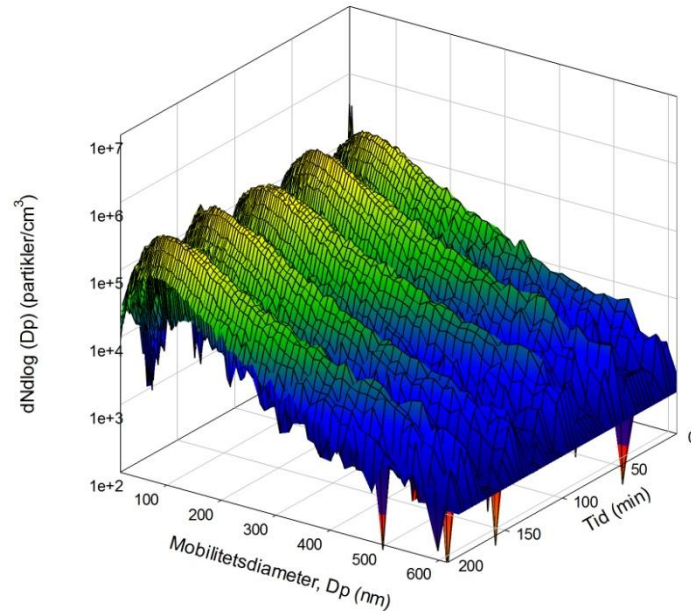
bacon PM26	3,20	
bacon PM27	2,72	
bacon PM28	2,42	
bacon PM25	2,06	Kontroll Dag 2 uke 10
bacon PM29	2,61	Kontroll Dag 3 uke 10

19.5 Vedlegg 5 – Totalpartikkel, beregninger

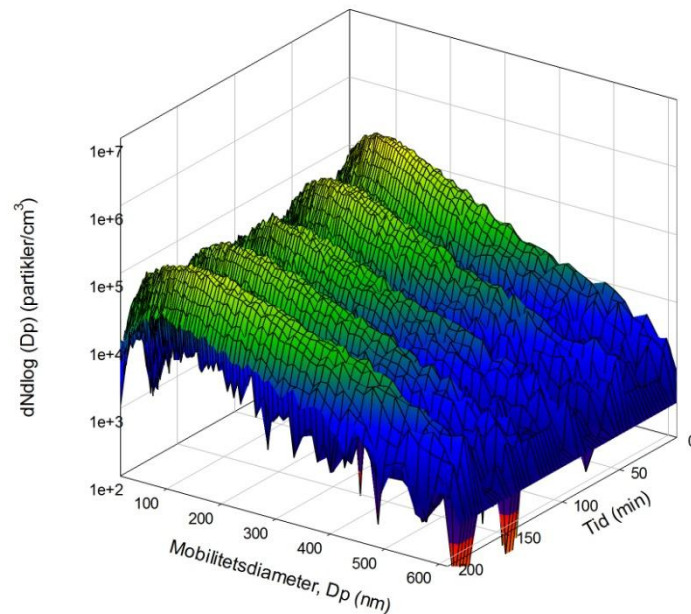
	<i>Gj.snitt eksp. [mg/m³] PAH-rør</i>	Gj.snitt eksp. [mg/m ³] Filterkassett*	Median*	Høyeste Verdi*	Laveste Verdi*	Variasjon (høyeste – laveste verdi)*	Kommentar*
Lettsaltet sideflesk, elektrisk komfyr - dag 1	4,37	3,15	3,11	3,24	3,11	0,12	
Lettsaltet sideflesk, elektrisk komfyr - dag 2	3,45	4,68	4,68	5,32	4,04	1,28	En måling ekskludert pga slangelekkasje.
Lettsaltet sideflesk, elektrisk komfyr - dag 3	4,68	4,94	5,13	5,26	4,43	0,83	
Lettsaltet sideflesk, gassbluss - dag 1	4,80	6,05	5,83	7,07	5,26	1,81	
Lettsaltet sideflesk, gassbluss - dag 2	2,70	2,79	3,12	3,28	1,98	1,29	
Lettsaltet sideflesk, gassbluss - dag 3	5,21	5,32	5,25	6,39	4,32	2,07	
Røkt bacon, gassbluss - dag 1	1,71	2,00	1,91	2,22	1,86	0,36	
Røkt bacon, gassbluss - dag 2	1,93 <i>Kontroll: 2,06</i>	2,05	1,90	2,38	1,88	0,50	
Røkt bacon, gassbluss - dag 3	2,78 <i>Kontroll: 2,61</i>	2,36	2,48	2,81	1,80	1,01	

19.7 Vedlegg 7 – Partikkelkonsentrasjon v/ steking av biff

Den grafiske framstillingen er lagd på bakgrunn av rådata fra forsøk med steking av biff⁵ i soyaolje og margarin. Stekeprosedyre, instrumentinnstilling på SMPS og labouratoriekjøkkenen er det samme som ble brukt i denne oppgaven (Sjaastad et al., 2010).

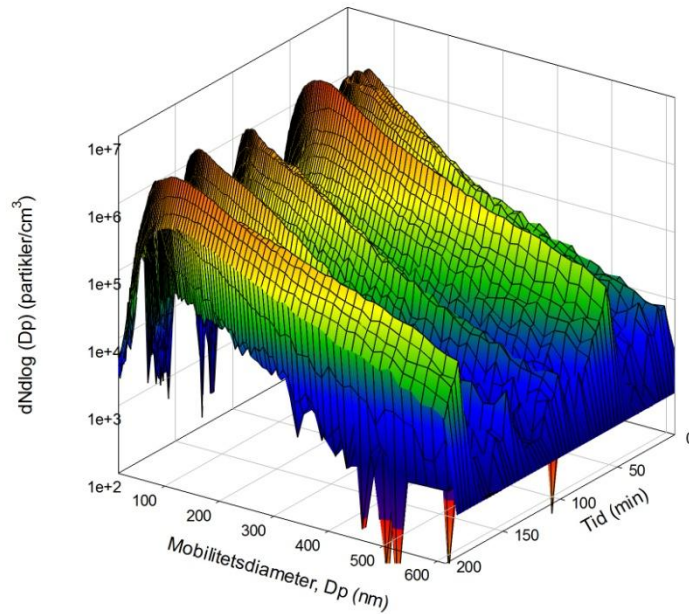


Totalt resultat v/ steking av biff i soyaolje på elektrisk komfyr.



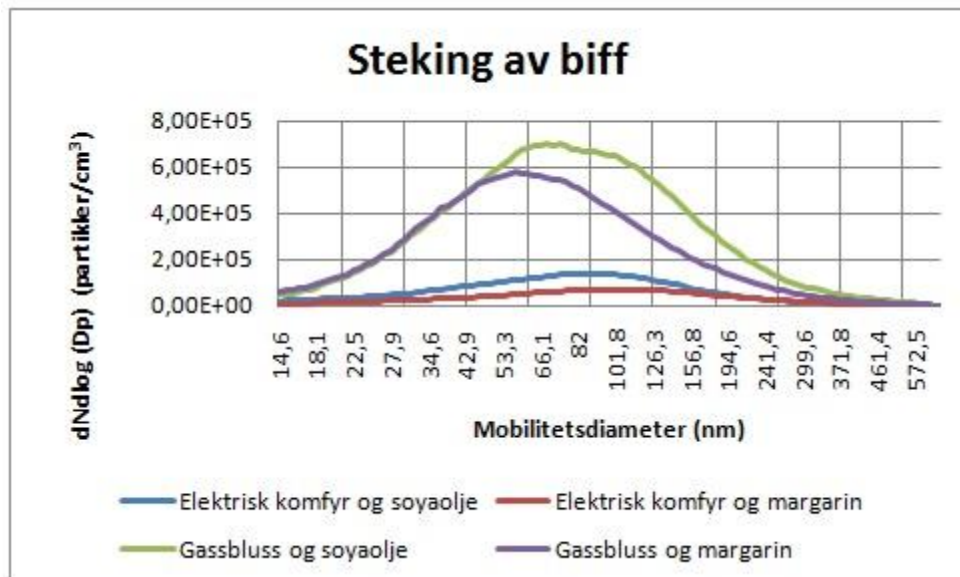
Totalt resultat v/ steking av biff i margarin på elektrisk komfyr.

⁵ Rådataene ble mottatt fra Førsteamanuensis Rikke Bramming Jørgensen, Faggruppe for HMS, Institutt for Industriell økonomi og Teknologiledelse, NTNU og er bearbeidet i Microsoft Office Excel 2007 og SigmaPlot 11.0, som beskrevet i kapittel 11.7, for å kunne sammenlignes med målingene gjort i denne oppgaven.



Totalt resultat v/ steking av biff i margarin på gassbluss.

Totalt resultat v/ steking av biff i soyaolje på gassbluss er ikke illustrert da det i datamaterialet ikke kommer fram når stekeforsøket startet. Datasettet varer også over lengre tid enn de andre datasettene. Beregnet peak partikkelkonsentrasjon for steking av biff i soyaolje på gassbluss er gjort ved å beregne peak partikkelkonsentrasjon for hele dette datasettet.



2D-framstilling av partikkelkonsentrasjonen.