



# Vejledning i gasprøveudtagning fra manuelle kamre til bestemmelse af lattergasemission

Ann Britt Værge <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Teknologisk Institut

**Denne vejledning omhandler installation af rammer og manuelle flux-kamre, samt udtagning af gasprøver fra kamrene til bestemmelse af lattergasudledning.**

## Baggrund

Lattergas ( $N_2O$ ) er en af de såkaldte klimagasser. Fra dyrkningsjorden er lattergas den største kilde til landbrugets klimabelastning. Lattergas er en meget potent klimagas og svarer til 298  $CO_2$ -ækvivalenter.

Lattergas dannes ved biologiske processer (nitrifikation og denitrifikation), der udføres af bestemte grupper af mikroorganismer i jorden. Ved nitrifikation omdannes  $NH_3$  til  $NO_2^-$  og evt. til  $N_2O$  og ved denitrifikation omdannes  $NO_3^-$  via  $NO_2^-$  til  $N_2$  eller  $N_2O$ . Dette betyder, at der ses tidlig og rummelig variation i lattergasudledning. En forøgelse i lattergasudledning vil bl.a. kunne måles efter kvælstoftilførsel, ved nedbør efter en tør periode og efter forstyrrelse af jorden.

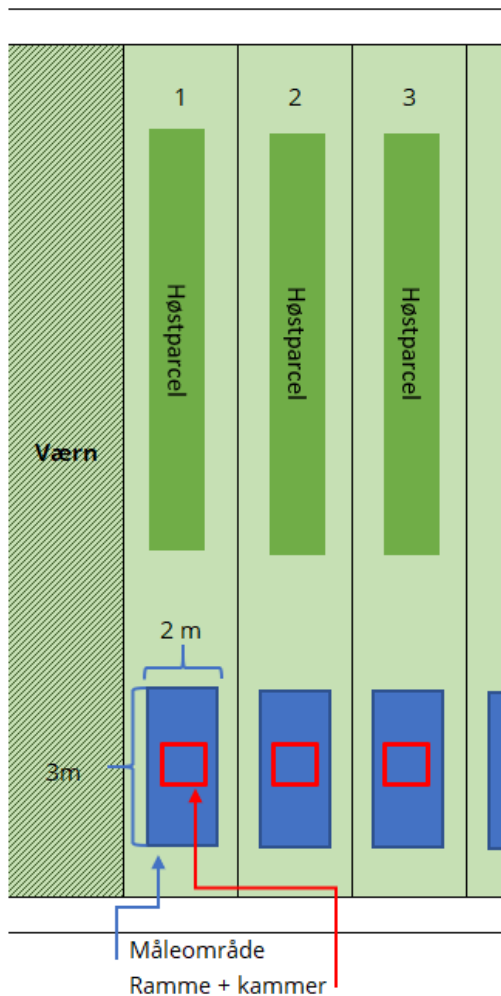
Nogle af de overordnede faktorer, som har betydning for størrelsen af lattergasudledningen fra jorden, er jordens tekstur og struktur, vandstatus, forstyrrelse af jorden, temperatur, jordfugtighed, tilgængelighed af nitrat-N og kulstof.

For at fange toppunkt for lattergasudledning fra marken, planlægges en prøveudtagningsstrategi, som tilpasses forsøgets grund- og forsøgsbehandlinger herunder jordbearbejdning, gødningstilførsel, såning m.m.

## Krav til forsøgsareal og forsøgsparceller

- Arealets dyrkningshistorie skal kendes for minimum de tre foregående dyrkningsår, heriblandt dyrket afgrøde, gødningstype og -tilførsel. Disse ting indberettes i PC Markforsøg under skema for Organisk gødning seneste 5 år under Grundbehandlinger jf. forsøgsplan.
- Brutto-parcellerne skal være tilpas lange, således, at der både er plads til høstparcellen og til ramme + kammer, der fylder ca. 2 x 3 m. Målekammer placeres i midten af parcellens bredde, og med buffer til begge sider, samt enden af parcellen, så de er placeret repræsentativt i parcellen uden samtidig at påvirke høstparcellen (**Figur 1**).
- Kamrene kan opbevares i marken ved forsøgsstedet. Kamrene kan stables og dækkes med en presenning. De må ikke stå sådan, at de skygger for forsøget.





**Figur 1** Udsnit af forsøg i marken, hvor der er buffer mellem høstparcellen og området omkring kammeret, så hverken høstparcellen påvirkes af færdsel i parcellen i forbindelse med gasprøvetagning og at rammen samtidig er placeret repræsentativt i parcellen med buffer til naboparceller.

## Planlægning af forsøg

Strategi for prøvetagning udarbejdes af Teknologisk Institut (TI) i forbindelse med forsøgsplanlægningen, da strategi for prøveudtagning afhænger af de specifikke forsøgsbehandlinger og grundbehandlinger i forsøget. TI udarbejder denne prøvetagningsplan (**Figur 2**) i et regneark, som deles i OneDrive. Dette gør det nemmere at justere prøvetagningstidspunkterne efter de specifikke datoer for udførsel, i stedet for de forventede/foreløbige datoer angivet i PC Markforsøg.

Det er vigtigt, at der er en tæt dialog mellem forsøgsenhed (LFE) og TI omkring tidspunkt for behandlinger og markoperationer, da det har stor indflydelse på den efterfølgende prøvetagningsplan. Prøvetagningstidspunkter skal følge udtagningsstrategien, der angiver bestemte antal dage efter behandling, hvor gasprøver skal udtages for at fange toppunkt i lattergasudledning og for at undgå udtagning i weekender.

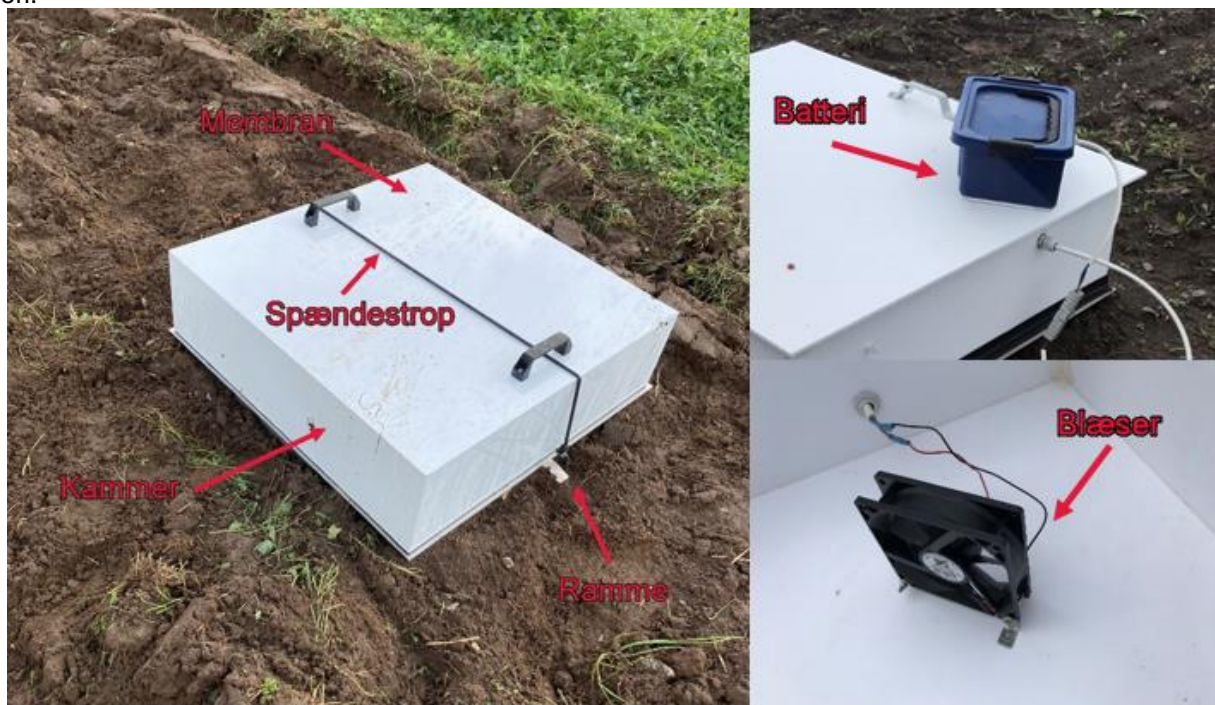
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1												
2	Forsøgsplan		020422121	Nedmuldningsstrategier for økologisk kløvergræs - med lattergasmålinger								
3	Kontaktperson		CALA (SEGES)									
4	Afgrøde		Nedmuldning af kløvergræs efterfulgt af vårbyg i to forskellige jordtyper									
5			Udfyldes af den som udtager gasprøverne									
6												
7												
8												
9	Date	Day of week	Days after ploughing	Event	GHG measurement related events	GHG sampling - planned	Actual date of GHG sampling	P-tid (fra forsøgsplan)	M-tid (fra udtagningsplan)	Moisture measurement	Temperature	Rainfall
10												
11	30-03-2021	Tuesday										
12	31-03-2021	Wednesday										
13	01-04-2021	Thursday										
14	02-04-2021	Friday										
15	03-04-2021	Saturday										
16	04-04-2021	Sunday										
17	05-04-2021	Monday		Trimming in treatment 4								
18	06-04-2021	Tuesday										
19	07-04-2021	Wednesday										
20	08-04-2021	Thursday										
21	09-04-2021	Friday										
22	10-04-2021	Saturday										
23	11-04-2021	Sunday										
24	12-04-2021	Monday	0	Milling + Ploughing in treatment 3	Frame installation							
25	13-04-2021	Tuesday	1			ø				X	X	X
26	14-04-2021	Wednesday	2							X	X	X
27	15-04-2021	Thursday	3			ø				X	X	X
28	16-04-2021	Friday	4							X	X	X
29	17-04-2021	Saturday	5							X	X	X
30	18-04-2021	Sunday	6							X	X	X
31	19-04-2021	Monday	7	Sowing of spring Barley	Frame removal and installation					X	X	X
32	20-04-2021	Tuesday	8							X	X	X

Figur 2 Eksempel på Prøvetagningsplan i et lattergasforsøg

## Forberedelse og prøvetagning i marken

Opsætningen til udtagning af gasprøver til bestemmelse af lattergasudledning består af forskellige elementer (Figur 3). Før selve udtagning af gasprøver kan foretages, skal en ramme til kammeret installeres i hver parcel jf. vejledning nedenfor.

Kun ved prøveudtagning sættes kammeret på rammen (75 x 75 cm eller majsforsøg: 60 x 60 cm), så der skabes et tætsluttet rum inde i kammeret, ved at kammeret spændes fast til rammen med strop- per. På kammeret findes en udtagningsmembran(septum) hvorfra prøverne udtages. Inden i kamme- ret er installeret en blæser, som cirkulerer luften rundt inde i kammeret. Blæseren er koblet til et bat- teri.



Figur 3 Manuelt målekammer med beskrivelse af detaljer.

## Installation af rammer til kamrene

Medbring følgende med installation af kamre:

- Rammer
- Forhammer
- Træplanker
- Vaterpas

1. Rammerne skal sættes i jorden minimum 24 timer før gasprøveudtagning kan foretages, for at reducere eventuelle jordforstyrrelser, der kan give støj i gasprøverne.
2. Rammer sættes ned i jorden midt i parcellens bredde med god afstand til høstparcellen og til enden af parcellen. Det er vigtigt, at rammerne placeres ens i hver parcel i forhold til afgrøden. Dvs. hvis afgrøden er korn, skal der være samme antal rækker indenfor hver ramme, således, at påvirkningen er ens. Hvis afgrøden er majs, placeres rammerne (60 x 60 cm) mellem de to midterste rækker.
3. Rammerne afsættes med GPS eller markeres i afgrøderækken ved siden af, så det er muligt at fjerne rammen og geninstallere den på samme sted, hvis der udføres markoperationer i løbet af prøvetagningsperioden. Det skal så vidt muligt undgås at skulle fjerne og geninstallere rammerne. En forskydning på 5-7 cm kan accepteres ved geninstallation af rammer efter eventuelle fjernelse i løbet af måleperioden.
4. Rammerne sættes i jorden ved at hamre på en flad trælægte (**Figur 4**). Ved installation af rammerne er det vigtigt at være forsigtig og undgå at påvirke prøvearealet med hammer, træplaner, eller ved at gå meget på arealet. Rammerne skal sættes ensartet i jorden, så de er i vatter og er banket lige langt ned i jorden. (Dette er vigtigt for at opnå samme rumfang inde i hvert kammer ved prøvetagning, da det har betydning for den senere udregning af lattergasudledningen.)



**Figur 4** Rammer sat i jorden før prøvetagning. a) Rammerne sættes i jorden ved at hamre på en flad trælægte, b) Opsatte rammer.

## Forberedelse til prøveudtagning

### Udstyrsliste

- Vials/hætteglas (6 ml) påført label opstillet i stativer (ud fra nedenstående vejledning)
- Ekstra vials
- Sprøjter
- Nåle (hav gerne lidt ekstra med)
- Stopur
- Tidsregistreringsark, der følger forsøgsdesign (fremsendes af TI)
- Underlag til papir (med mulighed for at dække til ved regnvejr)
- Skriveredskab
- Manuelle kamre
- Spændestropper
- Batterier (holdbarhed 3-4 prøvetagninger)
- Engangsservietter/klud
- Kasse til brugte nåle

### Forberedelse af materialer før prøveudtagning

Det anbefales at sætte nåle på sprøjterne dagen før prøveudtagning for at spare tid i mar-ken. Friktion mellem sprøjten og stemplet øges med antallet af injektioner. En sprøjte kan derfor maksimalt bruges til 40-50 injektioner/stempelbevægelser, hvilket svarer til en udtag-ningsrunde for omkring 12 kamre. Nålen kan knække under injektion, derfor anbefales det at medbringe ekstra nåle.

Vials kan kun anvendes én gang, da der skal være vakuum inde i glasset ved prøvetagning. De er fremstillet med vakuum og holdes tæt med en selvforsegrende gummimembran i låget. Denne membran forseglar vialen selv efter at gasprøven er indsprøjtet.



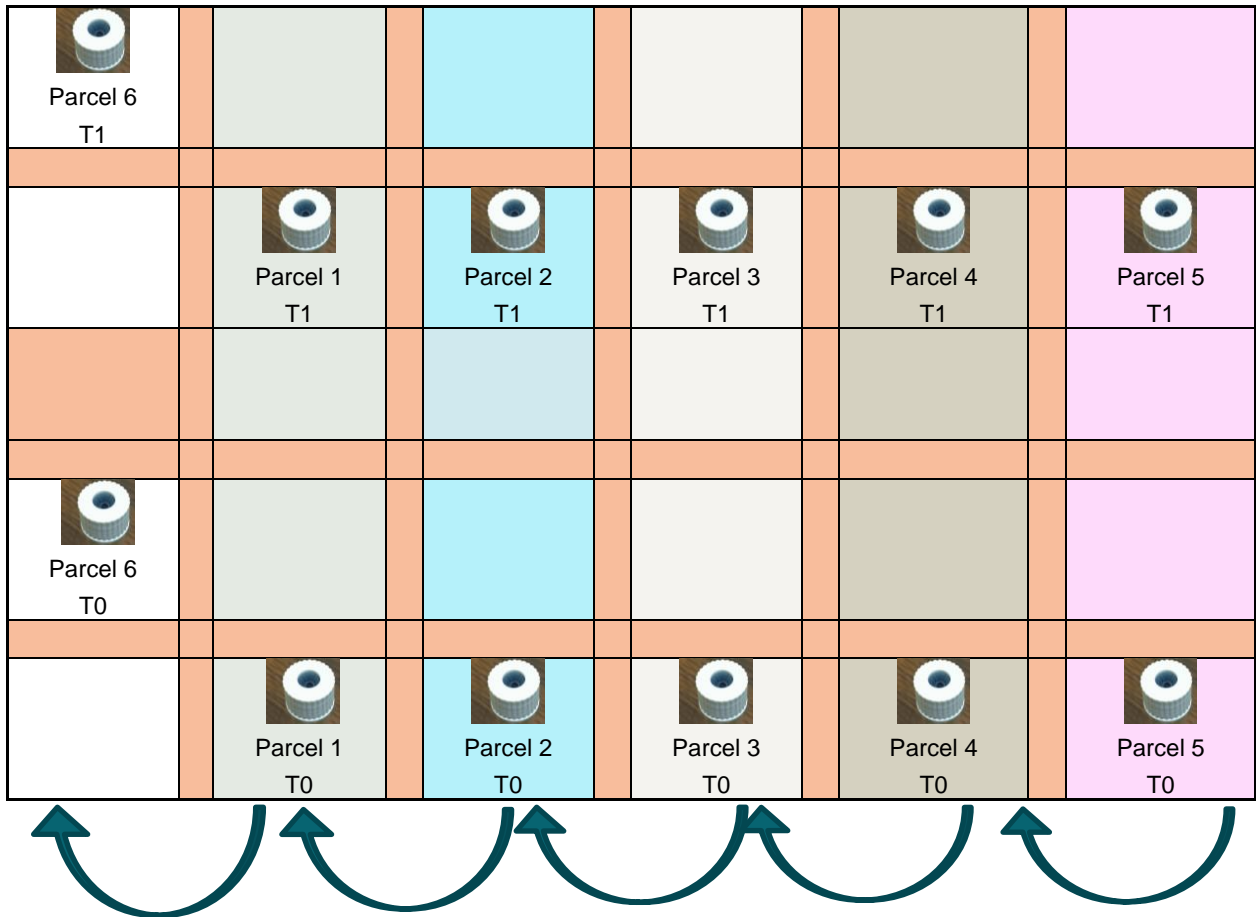
## Mærkning af vials

Forud for prøveudtagning påklisteres de tilhørende labels, som er fremsendt fra Teknologisk Institut, på vials. Da datoerne for prøveudtagning kan blive forskudt af forskellige årsager, anvendes et system, så 1. prøvetagnings-tidspunkt er angivet med M01, 2. prøvetagnings-tidspunkt med M02 osv. Det er derfor ikke muligt at referere P-tid i PC Markforsøg direkte med M-tid. Datoerne angivet i PC Markforsøg er derfor vejledende.

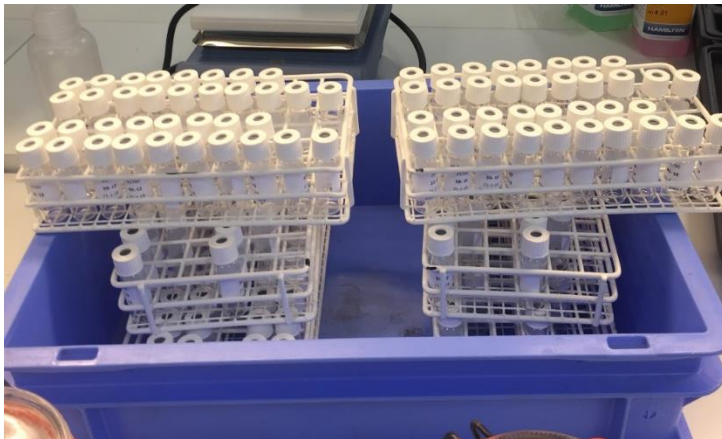
Prøvestativerne skal være nummereret. Vials stilles op i prøvestativet (5 rækker x 10 kolonner) efter følgende anvisning:

1. Vials med label ID stilles op efter forsøgsdesignet i PC Markforsøg. Start med stativ 1.
2. Det første rum i stativets 1. række bør holdes tomt, mens vials stilles op til udtagning for hvert prøvetagningspunkt (T0, T1, T2, T3), som på **Figur 5** nederst til venstre.
3. Herefter opstilles vials, som på **Figur 5**, hvor den første prøve, som skal udtages, er parcel 1, T0.
4. De resterende vials med samme T-tid, stilles i rækkefølge i stativet, som vist på figuren.
5. Vials til de andre T-tider stilles op på samme måde. Hvis der er plads til to T-tider i et stativ, skal der altid være én fri række mellem to T-tider.
6. Under prøveudtagning rykkes vials ét rum til venstre i stativet, når prøven er udtaget. På den måde er det muligt at følge med i hvor langt man er nået i prøveudtagningen.

OBS! Det er vigtigt at medbringe ekstra vials og ekstra blanke labels ved udtagning, da nogle vials kan blive utætte og miste vakuumeffekten. Hvis dette sker, udskiftes vialen, og der skrives på label, hvilken prøve det er. Når glasset er intakt med vakuum, vil noget af prøven trækkes ned i vialen uden, at der trykkes på stemplet. Det vil ikke ske hvis glasset er utæt.



**Figur 5** Opstilling af vials til prøveudtagning. Farverne indikerer prøver fra forskellige parceller. Figuren viser et eksempel kun med opstilling af hætteglas for T0 og T1 for forsøg med i alt 6 parceller.



**Figur 6** Gasprøver i vials med labels, opstillet i stativer.

## Prøveudtagning

Prøverne skal så vidt muligt udtages på samme tidspunkt af dagen ved alle prøveudtagninger fortrinsvis i tidsrummet kl 9-13. Der udtages 4 gasprøver pr. kammer fordelt på 4 runder: T0 = 1. runde, T1 = 2. runde, T2 = 3. runde og T3 = 4. runde. Start med 1. parcel, 1. gentagelse jf. forsøgsplanen.

Septum i kamrene skal skiftes efter hver 5. prøvetagningsdag, for at sikre at kammeret er tæt ved alle prøvetagninger, da septum kan blive slidt og utæt efter mange prøvetagninger.



**Figur 7** Her ses gasprøvetagning med sprøjte og nål fra et lukket kammer.

1. Når kamrene fragtes hen til forsøget, er det vigtigt at være opmærksom på, at septum ikke falder ud når man løfter kammeret tæt ved kroppen. Kamrene stilles klar ud for hver parcel med åbningen opad. Herefter kobles et batteri til hvert kammer. Kontroller om blæseren virker.
2. Pakningsfladen på kamrene og rammerne rengøres med engangsservietter, så det sikres at kammeret kan slutte helt tæt, når det monteres på rammen.
3. Placér kammeret på rammen og fastgør kammeret til rammen med stropperne i siderne. Straks efter montering af kammeret, noteres klokkeslættet for prøvetagningen i toppen af tidtagningsarket, start stopuret og udtag den første gasprøve med det samme (T0).
4. Udtagning af gasprøven fra kammeret udføres ved at føre sprøjtenålen gennem septum på oversiden af kammeret, hvorefter man trækker i stemplet helt op – uden at tage nålen ud! Skub nu stemplet helt i bund, så prøven føres tilbage i kammeret. Gentag dette 3 gange, for at få blandet gasserne i kammeret og for at oprense sprøjten (**Figur 7**).
5. Før sprøjtens tages ud af kammeret, udtages en prøve på 12 mL, mens sprøjten forbliver i kammeret. Mens sprøjten sidder i kammerets septum, noteres tiden for prøveudtagningen for den respektive parcel og prøve. Tiden skrives op som tt:mm:ss (**Figur 8**).
6. Herefter tages nålen ud af kammeret. Ved en vial på 3 mL skubbes 7 mL ud af sprøjten, således der nu er 5 mL prøve tilbage i sprøjten. Ved en vial på 6 mL skubbes 2 mL ud af sprøjten, således der nu er 10 mL prøve tilbage i sprøjten.
7. Sæt nu nålen i det første vial. Hvis glasset er intakt med vakuum, vil noget af prøven trækkes ned i vialen uden, at der trykkes på stemplet. Den resterende prøve indføres i vialen ved at trykke stemplet i bund.



*Hvis vials er defekte og der ikke er vakuum, vil vialen ikke automatisk trække gasprøven ned. I dette tilfælde skal prøven udtages på ny og indføres i en ny vial.*

8. Efter udtagning af prøven T0, parcel 1, flytter man til næste kammer (T0, parcel 2), og udfører prøveudtagningen som anført ovenfor.
9. Efter 1. runde af prøveudtagning (T0) i den sidste parcel, begynder man forfra på 2. runde (T1) ved parcel 1. Afhængig af antallet af parceller i forsøget, bør tidsintervallet mellem afslutning af en runde til påbegyndelse af ny runde være 5-10 min. dette betyder at der skal være minimum 10 minutter mellem T0 prøvetagning i Parcel 1 og T1 prøvetagning i Parcel 1.
10. Fortsæt med prøvetagning i samme rækkefølge indtil den sidste prøve er udtaget i 4. runde (T3).
11. Det er vigtigt, at der tages et foto af tidsregistreringsarket, som forsikring, hvis papiret skulle gå tabt fra marken til kontoret.
12. Efter endt målekampagne, fjernes kamrene fra rammerne i parcellerne og batterier afkobles fra kamrene. Kamrene stables og dækkes med en presenning. Batterier opbevares et tørt sted ved stuetemperatur for at forlænge levetiden.

**Forsøg:** 020422020-001

**Dato for prøveudtagning:** 10-09-2020

**Start tid for prøveudtagning:** kl. 10:21:00

**Beskrivende tidspunkt (M-tid jf. labels):** M01 (P02)

**Navn på prøveudtager:** DNR, TI

Parcel ID	T0	T1	T2	T3	Bemærkninger
Parcel 1	00:00:48	00:19:31	00:36:40	00:50:35	
Parcel 2	00:01:45	00:20:16	00:37:17	00:51:13	
Parcel 3	00:02:38	00:21:05	00:37:58	00:51:52	
Parcel 4	00:03:40	00:21:41	00:38:39	00:52:35	
Parcel 5	00:04:38	00:22:25	00:39:20	00:53:18	
Parcel 6	00:05:34	00:23:10	00:40:00	00:54:02	
Parcel 7	00:06:29	00:23:53	00:40:42	00:54:47	
Parcel 8	00:07:29	00:24:36	00:41:27	00:55:27	
Parcel 9	00:08:33	00:25:18	00:42:06	00:56:13	
Parcel 10	00:09:45	00:26:11	00:42:55	00:57:03	
Parcel 11	00:10:56	00:30:27	00:43:39	00:57:50	
Parcel 12	00:12:00	00:31:04	00:44:26	00:58:29	
Parcel 13	00:13:01	00:31:49	00:45:08	00:59:09	
Parcel 14	00:14:16	00:32:32	00:45:45	00:59:49	
Parcel 15	00:15:20	00:33:15	00:46:44	01:00:34	
Parcel 16	00:16:22	00:33:58	00:47:23	01:01:14	
Parcel 17	00:17:21	00:34:39	00:48:07	01:01:56	
Parcel 18	00:18:20	00:35:19	00:48:52	01:02:46	

**Figur 8** Eksempel på tidsregistreringsark. Bemærk at tiden angives som tt:mm:ss.

## Efter hver udtagning af gasprøver

- Efter endt prøvetagning fordeles gasprøverne i 4 poser, hvor prøver fra hver runde puttes i hver deres pose, hhv. for T0, T1, T2 og T3. Vials opbevares tørt og ved stuetemperatur. Vials kan opbevares med gasprøverne i op til 2-3 måneder uden lækage. Det er derfor ikke et krav, at prøver sendes lige efter udtagning, men kan med fordel puljes og sendes hver 14. dag til adressen angivet i forsøgsplanen. En tidsregistreringsseddel sendes med som følgeseddel, hvor informationer øverst på arket er udfyldt, mens tidsregistreringen ikke udfyldes på denne. Hvis der er kommentarer til enkelte prøver, kan det angives i de tilhørende celler i skemaet, eksempelvis hvis blæseren stopper i måleperioden (kan noteres efter end målekampagne), kammeret er ikke fastgjort korrekt, prøve udtaget i forkert vial, septum trukket ud med nålen, skader på området i og omkring rammen pga. dyr eller andet, prøvetagning stoppet midlertidigt pga. regn og startet op igen efter regn
- Dato for prøvetagning indsættes i den korrekte P-tid i PC Markforsøg
- De nedskrevne tidspunkter på tidsregistreringsarket overføres til tilsvarende ark i Excel og vedhæftes som dokument i PC Markforsøg.
- Send prøverne med track and trace

## Udtagning af andre prøver relateret til forsøg med lattergasprøveudtagning

I forsøg, hvor der udtages gasprøver til lattergasbestemmelse, er der også behov for udtagning af andre prøver, som har afgørende betydning for forsøget:

- [Opsætning af vejstation med temperatur- og nedbørsmålinger](#)
- [N-min jordprøver](#)
- Jordtemperatur- og fugtighedsmåling i 20-25 cm dybde.

## Ordliste

**P-tid:** måletid i PC Markforsøg

**M-tid:** tidspunkter for udtagning af lattergasprøver, nummereret i kronologisk rækkefølge, således, at M01 = 1. udtagning, M2 = 2. udtagning osv. Til hver M-tid registres datoen på tidtagningsarket. M-tid stemmer ikke nødvendigvis med datoer for P-tider i PC Markforsøg.

**T-tid:** angiver runde for udtagning af i alt 4 gasprøver pr. kammer pr. prøvetagningsgang (M-tid), hhv. T0, T1, T2 og T3.

**Vial:** hvor gasprøven trækkes ind i og opbevares i – også omtalt som 'hætteglas'