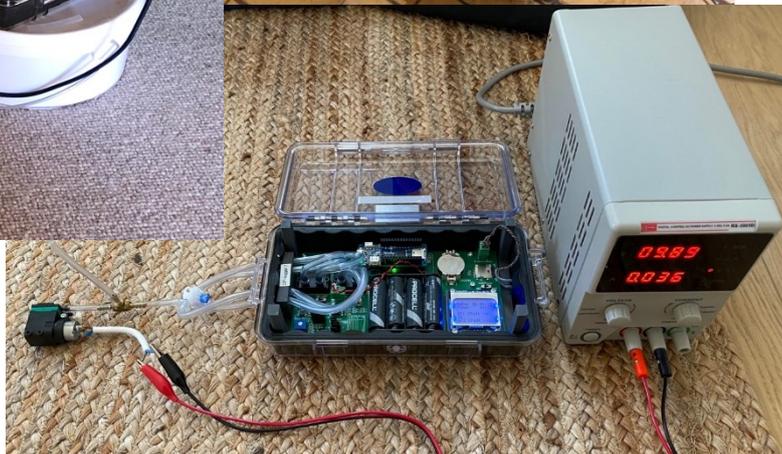


Differenstryklogning ifm. in- deluftundersøgelser

– Region Midtjyllands testhus i Roslev



Juni 2023
Version 2

Dansk Miljørådgivning A/S



Udarbejdet af Per Loll
Kvalitetsgodkendt af Claus Larsen
DMR-sagsnr. 2021-3862

Indholdsfortegnelse

1	Indledning	2
1.1	Introduktion til differensterik	2
1.2	Baggrund og problemstilling.....	2
1.3	Formål	3
2	Opsamling på differensterikdata i Testhuset	4
2.1	Måleprogram	4
2.2	Data fra Systronik-loggere	5
2.3	Data fra IoT-loggere	8
2.4	Data fra DMR-loggere	8
2.5	Sammenligning af data fra forskellige loggertyper	10
3	Loggertyper og måleprincipper	13
3.1	Sensortyper	13
3.1.1	Systronik BlueLine S4602 ST	13
3.1.2	IoT- og DMR-loggere	14
3.2	Markedsafsøgning ift. alternative loggertyper	14
3.3	Konstruktion af målepunkt og tilkobling.....	15
3.3.1	Forgreninger på målepunkt	15
3.3.2	Utætheder på målepunkt	17
3.4	Potentielt indeluftbidrag fra flowbaserede sensorer (RedZone beregninger)	18
4	Sammenfatning	20
5	Referencer	21

Bilag

- Bilag 1: Situationsplan med differensmålepunkter - Testhuset
- Bilag 2: Tidsserier for Systronik-loggere i Testhuset
- Bilag 3: Sammenfattende statistisk for Systronik-loggere i Testhuset
- Bilag 4: Tidsserier for IoT-loggere i Testhuset
- Bilag 5: Tidsserier for DMR-loggere i Testhuset
- Bilag 6: Sammenligning af IoT- og Systronik-loggere
- Bilag 7: Datablade for Systronik-loggere og Sensirion-sensorer i IoT- og DMR-loggere.

1 Indledning

Denne rapport belyser forskellige tekniske aspekter af differensteriklogning over terrændæk ifm. undersøgelse og risikovurdering af indeluften i boliger på forurenede lokaliteter. Rapporten er udarbejdet af Per Loll, Dansk Miljørådgivning A/S for Region Midtjylland.

Projektet har været fulgt af en følgegruppe fra Region Midtjylland:

Karin Birn Nielsen (projektleder)
Winnie Hyldegaard
Børge Hvidberg.

1.1 Introduktion til differensterik

Differensterik er kort og godt en "forskell i tryk" imellem to zoner; ikke en absolut størrelse. I denne rapport er der fokus på differensterikket over et terrændæk/betongulv eller imellem en kloak/faldstamme og indeluften, idet differensterikket kan fungere som en drivende kraft i forhold til konvektiv transport af (forurenede) luft igennem revner, sprækker, huller mv.

Det naturlige differensterik over betongulve kan erfaringsmæssigt variere imellem -1 og +2 Pa (regnet positivt ved et relativt overtryk under gulv), mens differensterik imellem kloaker/faldstammer og indeluft er væsentligt mindre godt belyst, men erfaringsmæssigt kan variere imellem -1 og +4 Pa i en baseline situation /1/. Under træk-og-slip kan der dog ses kortvarige udsving på op mod 100-200 Pa /1/ og /2/.

Da differensterikket udtrykker trykforskellen hen over en barriere (f.eks. et betongulv eller en faldstamme), er det essentielt, at der etableres en tæt kontakt til "kildesiden". Dette sker ofte ved montering af en prøvetagningsstuds, svarende til det udstyr der bruges til poreluftprøvetagning.

En given differensterikmåler vil have to målestuder, som skal have kontakt til hver sin side af barrieren, hhv. til kildesiden og til indeluften. Ofte vil måleapparatet blive placeret i indeluften, hvormed den ene studs på apparatet kan sidde i "fri luft", mens den anden tilsluttes prøvetagningsstuds via et mindre slangesykke. Da differensterikket har et fortegn (en positiv- og en negativ-retning) er det essentielt, at en given differensterikmåler monteres med dette for øje. Der er i branchen en udtalt konvention om at regne differensterik positivt, hvis trykket er højere på kildesiden end på indeluftsiden, så et positivt differensterik udtrykker et potentiale for en transport af forurenede luft mod indeluften. Denne konvention bevirker, at plussiden på apparatet skal monteres på prøvetagningsstuds, der giver adgang til kildesiden.

Da differensterik udtrykker en forskell i tryk, er det desuden vigtigt at holde sig for øje, at et øget differensterik over f.eks. et betongulv, ikke kan tolkes entydigt som en trykstigning i poreluften – der kan lige så godt være tale om et trykfald på indeluftsiden. Dermed har ændringer på både kildesiden og indeluftsiden betydning for det målte differensterik.

1.2 Baggrund og problemstilling

Region Midtjylland (RM) har på den seneste rammeaftale for indeluftundersøgelser haft indbygget et krav til at der, sammen med indeluftmålinger, udføres en sideløbende logning af differensterik hen over terrændækket i et punkt, dels i perioden for indeluftmåling (typisk 14 dage med ORSA-rør), og dels i en omkringliggende periode (før og/eller efter). Dette for at kunne vurdere om indeluftmålingerne er udført i en periode hvor differensterikket er rimelig repræsentativ ift. det forventede, f.eks. at perioden ikke er 'uheldig' med overvejende nedadrettet gradient samt for at have en ekstra parameter i forbindelse med vurdering af resultater fra forskellige måleperioder.

For at blive klogere på forventelige størrelsesordner på både rumlige og tidlige variationer, har RM etableret 11 faste målestationer i gulvet i regionens testhus i Roslev (Testhuset), samt to målestationer til faldstammer/kloak. Måleprogrammet har primært været baseret på differensterikloggere af typen Systronik BlueLine S4602, men dertil er der i to målepunkter tilkoblet IoT-loggere (Internet of Things) med løbende datatransmission til en web-plattform. I forbindelse med gennemførelse af nærværende projekt har der endvidere været tilknyttet op til 4 DMR-loggere i perioder, til sammenligning med Systronik- og IoT-loggerne.

Regionen har oplevet en del problemer med stabiliteten af Systronik-loggerne, der har en tendens til nul-punktsdrift, og at de f.eks. er følsomme over for temperaturpåvirkninger ved direkte sollys. Desuden kan der opstå fejl ved nulstilling, hvis der f.eks. er (luft-)bevægelse omkring loggerne på nulstillingstidspunktet. Samtidig er Systronik-loggerne "autonome" apparater, som sættes i gang på en lokalitet, og hvor data tappes manuelt når måleperioden er overstået. I visse tilfælde opleves datatab ifm. strømtab eller lignende, hvorfor IoT-loggere kan være et alternativ, med mulighed for at opdage eventuelle driftsforstyrrelser tidligt.

Nærværende rapport er en opsamling på data fra Testhuset, samt en diskussion af resultaterne, med potentiel relevans for den nuværende praksis med sideløbende differenstryklogning ifm. regionens indeluftundersøgelser via autonome apparater.

1.3 Formål

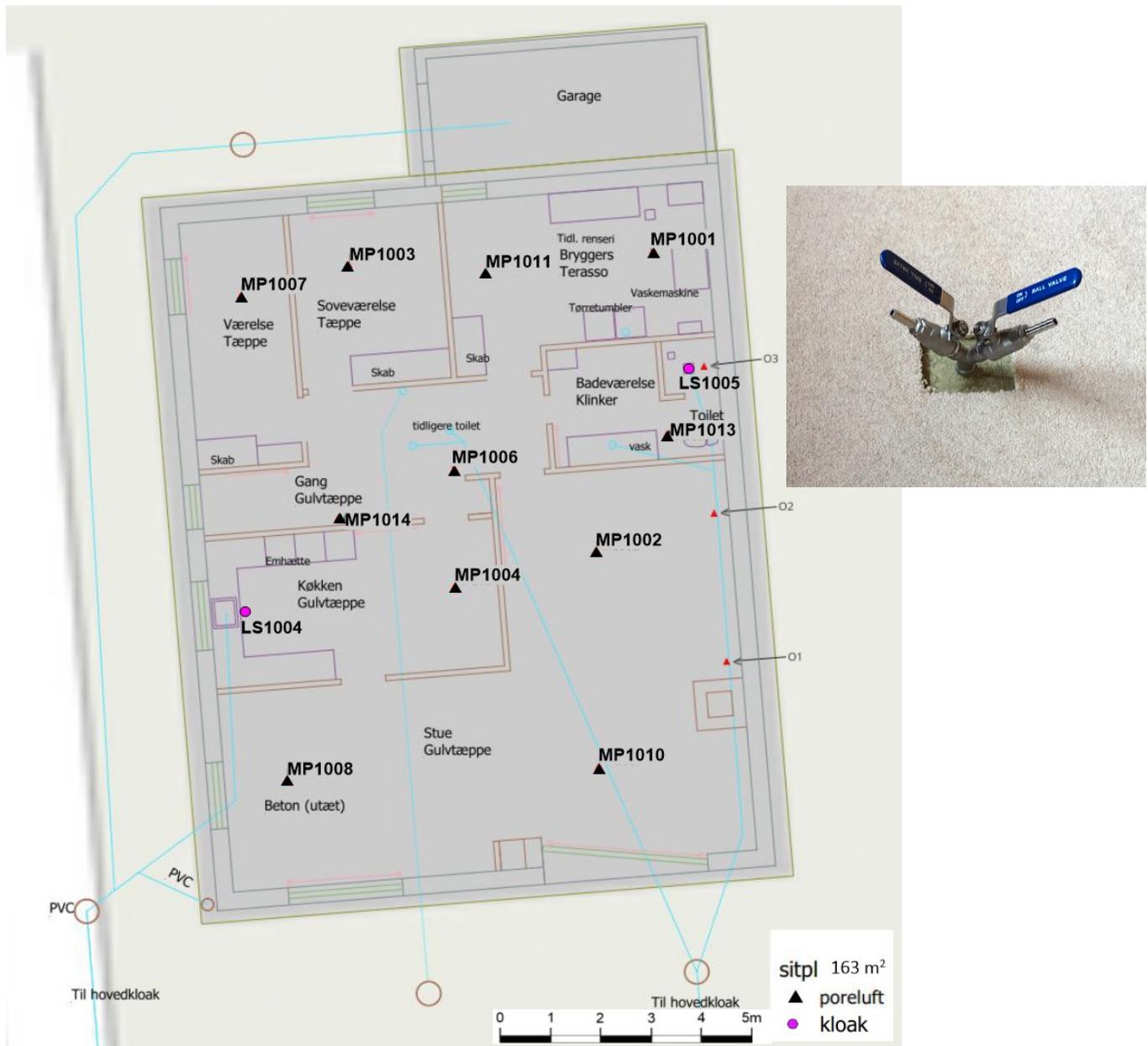
De primære formål med projektet er, at:

- Opsamle og databehandle differenstrykdata fra Testhuset.
- Vurdere rumlige variationer i differenstrykdata.
- Sammenligne Testhus-resultaterne fra Systronik-, IoT- og DMR-loggerne.
- Gennemføre en markedsafsøgning af andre potentielle loggere.
- Sammenligne forskellige loggertyper og måleprincipper.
- Vurdere anvendeligheden af forskellige loggere.

2 Opsamling på differenstrykdata i Testhuset

2.1 Måleprogram

Sideløbende med andre aktiviteter/projekter i Region Midtjyllands testhus i Roslev er der blevet logget differenstryk over gulvet i 11 punkter (Benævnt MP) og til kloak i to punkter (benævnt LS), se figur 2.1 (og bilag 1). I samtlige punkter er der etableret faste monitoringsstude (se foto af MP1007 indsat i figur 1). Testhuset var ubeboet i måleperioden, så differenstryk-resultaterne er ikke påvirket af beboeradfærd (åbning af døre og vinduer). Dørene imellem de enkelte rum holdes lukkede (undtagen når der er aktiviteter i huset), men de er ikke tætnet med tape eller lignende.



Figur 2.1: Faste monitoringspunkter til monitoring af differenstryk i 11 punkter i gulv (MP) og to punkter til kloak (LS). Målepunkterne O1-O3 er sonder igennem sokkel. Kloakledninger er markeret med blå linjer. Indsat fotoeksempel viser fast monitoringspunkt i MP1007. Også vedlagt i bilag 1 i større version.

I de 11 punkter over gulv har der været systematisk logning af differenstryk med Systronik BlueLine differenstrykloggere af typen S4602 siden 27. maj 2020. I de to monitoringspunkter til kloak (LS1004 og LS1005) har der været logget siden 24. februar 2021. Siden den 29. oktober 2020 er der gennemført en systematisk

procedure til dataopsamling og nulpunktskalibrering af loggerne ca. 1 gang pr. måned, og måledata forud for denne dato vurderes at være mindre pålidelige.

Den 12. maj 2020 er der opsat to stk. IoT-loggere, med logning til skyen (<https://iottesthus.rm.dk/>), hhv. på MP1003-Soveværelse (Sensor1/Diftryk1) og MP1004-Køkken (Sensor2/Diftryk2). Den 11. november 2021 er Sensor2 flyttet fra MP1004-Køkken til LS1005-WC pga. meget små udsving på data i MP1004 og en tilsyneladende bias imellem Systronik- og IoT-data. Den 21. april 2022 er Sensor1/Diftryk 1 flyttet fra MP1003-Soveværelse til MP1013-Badeværelse, og Sensor2/Diftryk2 er flyttet til MP1006-Gang. Loggerne blev flyttet til egnede punkter forud for en sammenligning med DMR-loggere med forskellig tidslig midling (se afsnit 2.5).

Placeringen af de enkelte IoT-loggere, fordelt på perioder, er opsummeret i tabel 2.1.

Tabel 2.1: Opsummering af placering/tilkobling af IoT-loggere.

Periode	Sensor1/Diftryk1	Sensor2/Diftryk2
12/5-20 – 11/11-21	MP1003-Soveværelse	MP1004-Køkken
11/11-21 – 21/4-22	MP1003-Soveværelse	LS1005-WC
21/4-22 –	MP1013-Badeværelse	MP1006-Gang

I perioden 16. december 2021 til 7. september 2022 har der været opsat en DMR-logger med to kanaler (DMR15) på MP1013-Badeværelse og LS1005-Gulvafløb. DMR15 har en software-kodet stabiliserende midling over 50 punkter (ca. 5 sek.). Fra den 21. april til 10. oktober 2022 har der yderligere været opsat DMR-loggere på MP1013-Badeværelse og LS1005-Gulvafløb (DMR13 med 15-punktsmidling over ca. 1,5 sek.) og MP1006-Gang (DMR9 og DMR26 med hhv. 15- og 50-punktsmidling). Hver DMR-logger har to kanaler (dP1 og dP2). Kanal 2 (dP2) på DMR9 og DMR26 har ikke været tilsluttet et målepunkt, og har således fungeret som nulpunktskanal.

Bestykningen med DMR-loggere er opsummeret i tabel 2.2.

Tabel 2.2: Opsummering af bestykning med DMR-loggere.

DMR9 (15-midling)		DMR26 (50-midling)		DMR13 (15-midling)		DMR15 (50-midling)	
21/4-22 – 10/10-22		21/4-22 – 10/10-22		21/4-22 – 10/10-22		16/12-21 – 7/9-22	
dP1	dP2	dP1	dP2	dP1	dP2	dP1	dP2
MP1006	0-punkt	MP1006	0-punkt	LS1005	MP1013	LS1005	MP1013
Gang				Badeværelse			

Samtlige loggere, uanset fabrikat, er sat til en loggerfrekvens på hvert 10. minut.

2.2 Data fra Systronik-loggere

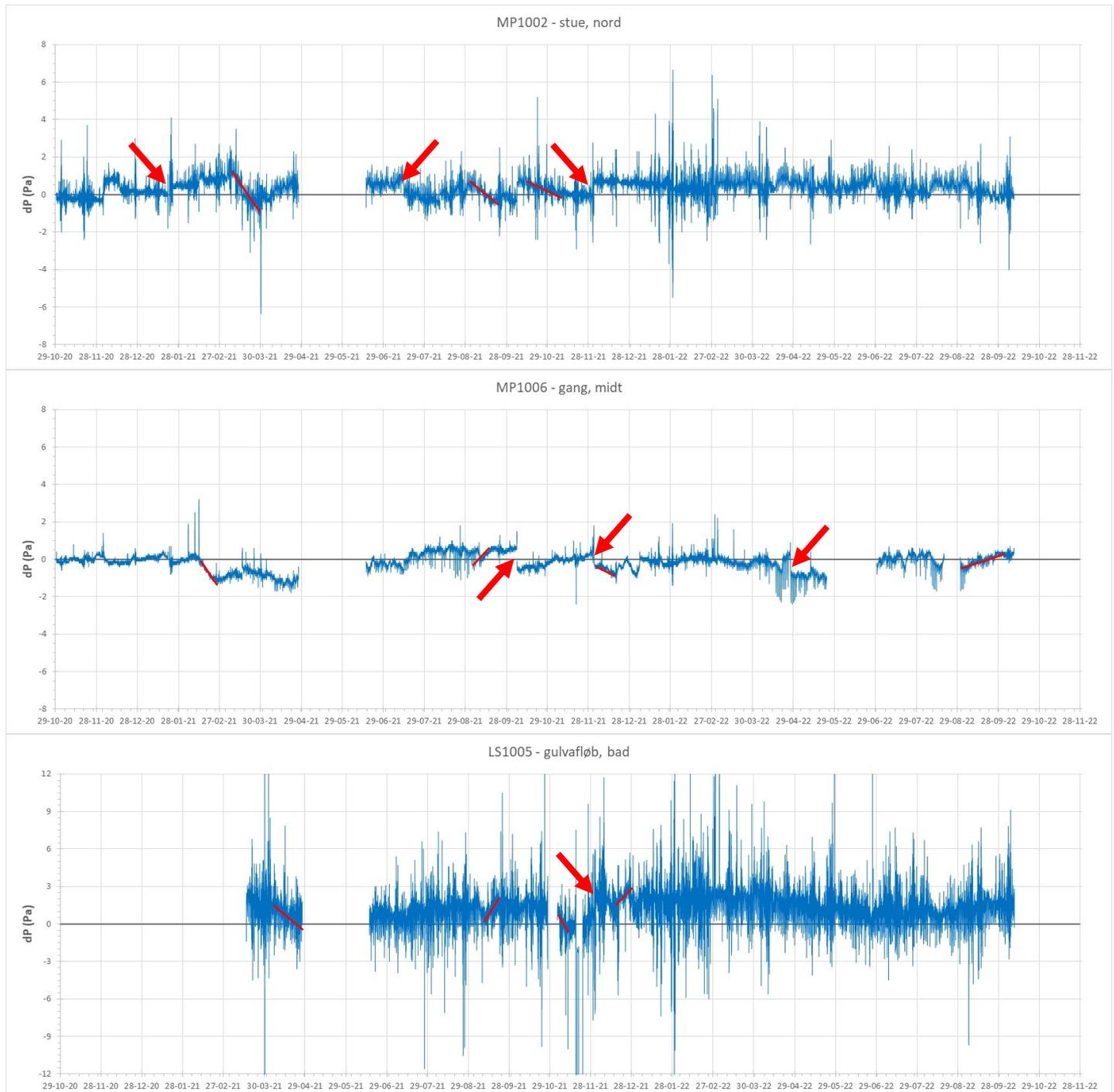
Figur 2.2 viser tre udvalgte tidsserier fra Systronik-loggerne (MP1002, MP1006 og LS1005), mens samtlige tidsserier er vedlagt i bilag 2. Alle dataserier er trimmet, så de kun viser data fra 29. oktober 2020 og frem, svarende til perioden for systematisk dataopsamling og nulpunktskalibrering af loggerne ca. 1 gang pr. måned. Dataserierne repræsenterer ca. 2 års differenstrykmålinger i Testhuset.

Af figuren ses det, at der er forholdsvis stor forskel i dataseriernes udseende i forhold til amplituden/størrelsen af udsving, men fælles for dem alle er, at differenstrykket over betongulvet har en pulserende natur, og – for det enkelte punkt – svinger stort set lige meget op og ned fra et gennemsnitligt udgangspunkt.

De fleste loggere/loggerpositioner er forbundet med tilsyneladende nulpunktsdrift og/eller "hoppende" nulpunktskalibrering (tydelig niveaumæssig forskydning af dataserien efter nulpunktskalibrering). På eksempel-kurverne i figur 2.2 er udvalgte tidspunkter for "hoppende" nulpunktskalibrering markeret med røde pile på graferne, mens nogle udvalgte perioder med tilsyneladende nulpunktsdrift er markeret med røde linjer. Det er svært at vide, om der er tale om nulpunktsdrift eller reelle trends i differenstrykket, men umiddelbart ville det nok være forventeligt, at deciderede trends ville være nogenlunde ens for alle loggere, mens drift i højere grad kan forventes at være individuelt for hver logger.

De udvalgte tidsserier i figur 2.2 illustrerer meget godt de problemer med nulpunktskalibrering og -drift RM har oplevet med Systronik-loggerne. Det grundlæggende problem med nulpunktsdrift er, at det reelt er umuligt at vide, om der er tale om en reel trend, eller om datasættet bør korrigeres for trenden. I modsætning hertil, er "hoppende" nulpunktskalibrering lettere at spotte og korrigerer dataserien for. Det primære

problem hermed er, at det kræver lang tid. Når de to mekanismer er sammenblandet, bliver det både tidskrævende og ret subjektivt, om noget er en reel trend eller bør korrigeres, og det bliver sværere at opnå en grundlæggende tillid til datasættet. Dertil virker nulpunktskalibreringen "lidt tilfældig" idet hoppet nogle gange er op og andre gange ned, og det kan således være svært at vide om en given dataserie (af f.eks. 3 ugers varighed) repræsenterer en korrekt eller biased nulpunktskalibrering. Nulpunktskalibreringen kan f.eks. være fejlbehæftet hvis der ikke er fuldstændig vindstille omkring loggeren i kalibreringsøjeblikket.

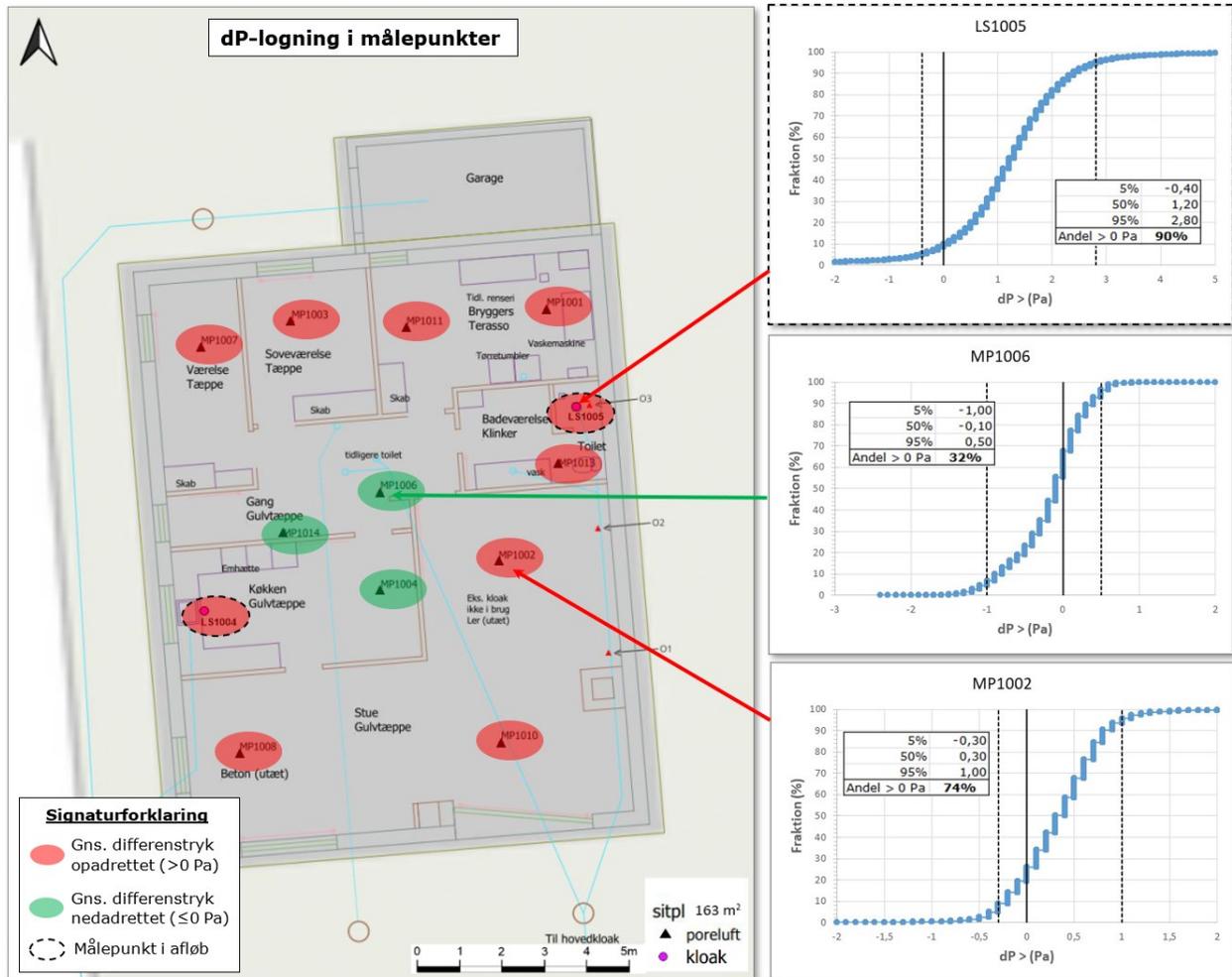


Figur 2.2: Udvalgte tidsserier fra Systronik-loggere (MP1002, MP1006 og LS1005). Bemærk at den nederste graf har en anden skalering af y-aksen. Eksempler på "hoppende" nulpunktskalibrering er markeret med røde pile, og eksempler på tilsyneladende nulpunkttsdrift er markeret med røde linjer. Tidsserier fra samtlige Systronik-loggere er vedlagt i bilag 2.

På baggrund af de foreliggende dataserier fra Systronik-loggerne, dvs. trimmet til efter 29. oktober 2020 samt ukorrigerede for nulpunkttsdrift og nulpunktskalibrering, er statistiske nøgletal for hvert loggerpunkt

sammenstillet i bilag 3. For hvert punkt er der optegnet et fordelingsplot for differenstrykket, og der er opsamlet 5, 50 og 95% fraktiler, svarende til medianen og et 90% konfidensinterval for hvert målepunkt. Dertil er andelen af målepunkter med et differenstryk >0 Pa beregnet for hvert punkt, svarende til den %-del af tiden, hvor det enkelte målepunkt har en opadrettet trykgradient.

Figur 2.3 viser et uddrag af bilag 3, hvor det for hvert målepunkt er markeret om det gennemsnitlige differenstryk er opadrettet (rød oval) eller neutralt til nedadrettet (grøn oval).



Figur 2.3: Fordelingsplots og sammenfattende statistik for Systronik-loggere i tre, udvalgte målepunkter, samt markering for alle målepunkter om der er tale om en op- eller nedadrettet gennemsnitlig gradient for målepunkter (angivet med en farvet oval). Data for samtlige målepunkter er vedlagt i bilag 3.

Af figur 2.3 ses det, at der overvejende er tale om opadrettede differenstryk i Testhuset, og at de opadrettede trykgradienter tilsyneladende koncentrerer sig om periferien af bygningens fodaftryk, mens der, centralt i fodaftrykket (køkken og gang), er tale om gennemsnitlige nedadrettede gradienter. Årsagen hertil er ikke kendt. Begge målinger bag vandlåse viser en trykgradient, der er rettet mod indeluften. Tabel 2.3 viser en sammenfatning af de statistiske nøgletal for samtlige målepunkter.

Tabel 2.3: Opsummerende statistik for Systronik-loggere.

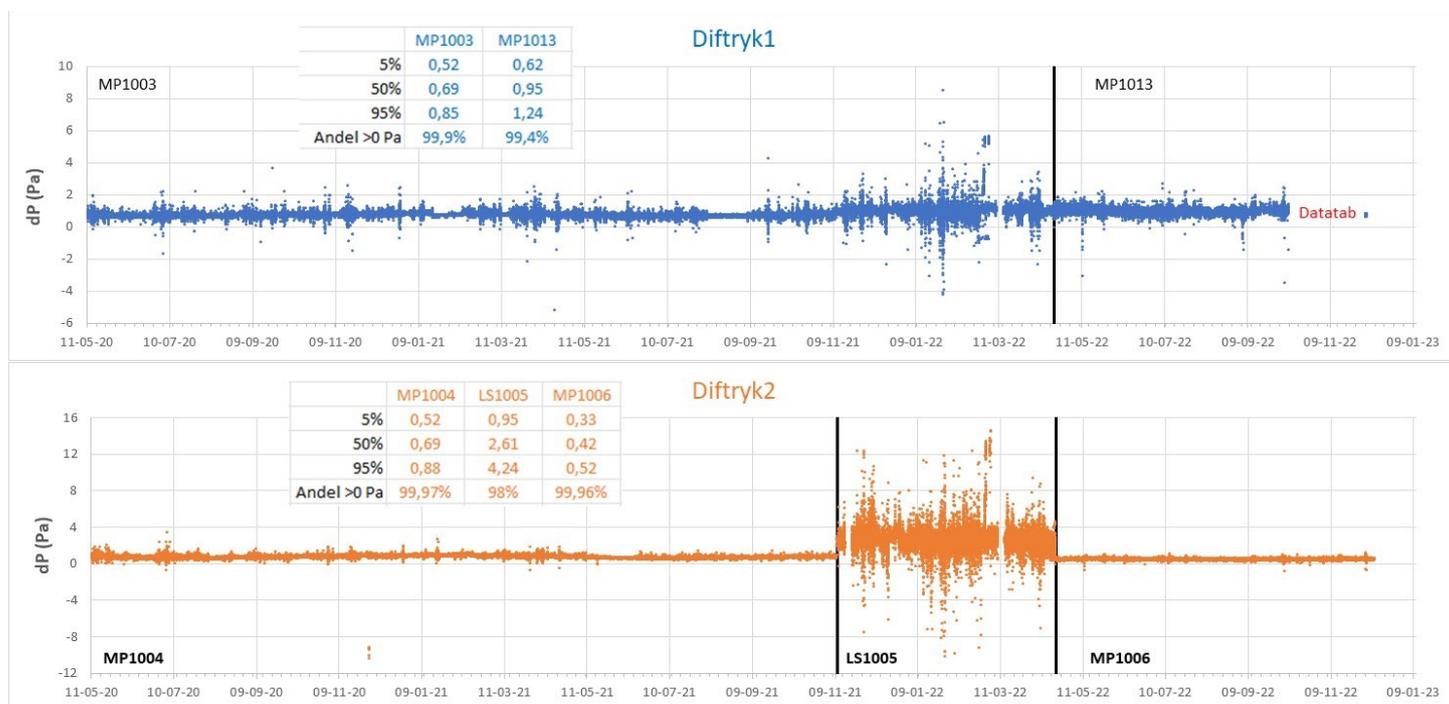
	MP1001	MP1002	MP1003	MP1004	MP1006	MP1007	MP1008	MP1010	MP1011	MP1013	MP1014	LS1004	LS1005
5%	-0,2	-0,3	-0,1	-0,3	-1,0	-0,3	-0,4	-0,9	-0,4	-0,4	-0,3	-1,0	-0,4
50%	0,3	0,3	0,1	0,0	-0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	-0,1	0,5	1,2
95%	0,8	1,0	0,3	0,3	0,5	1,0	0,5	0,9	0,9	0,9	0,1	2,4	2,8
Andel >0 Pa	78%	74%	69%	33%	32%	66%	57%	61%	70%	75%	15%	62%	90%

Af tabel 2.3 ses det, at median differenstrykket over betongulvet i alle punkter ligger imellem -0,1 og 0,3 Pa, mens median differenstrykket for målepunkterne i afløbene ligger på hhv. 0,5 og 1,2 Pa. I samtlige målepunkter i gulvet ligger 90% konfidensintervallet inden for intervallet -1,0 til 1,0 Pa, mens det for målepunkterne i afløb ligger imellem -1,0 og 2,8 Pa. I alle tilfælde er der således tale om ganske beskedne differenstryk, med opadrettede gradienter imellem 15 og 90% af tiden.

Det bemærkes at data i tabel 2.3 forventes at være forbundet med en (mindre) grad af "falsk" spredning, grundet nulpunktsdrift og "hoppende" nulpunktskalibrering, så de faktiske konfidensintervaller forventes at være (lidt) smallere.

2.3 Data fra IoT-loggere

Figur 2.4 viser tidsserier for IoT-loggerne med indsatte tabeller over sammenfattende statistik.



Figur 2.4: Tidsserier fra IoT-loggere med markering af hvilket målepunkt loggeren har været tilsluttet, samt sammenfattende statistik for hvert loggerpunkt. Graferne er også vedlagt i bilag 4.

Af den sammenfattende statistik indsat på graferne i figur 2.4 ses det, at der er tale om ret anderledes/højere niveauer for differenstrykket, end data fra Systronik-loggerne. Data indikerer således en overvejende tendens til at opadrettede gradienter for samtlige perioder og punkter; mere end 99% af tiden. Samtidig ligger 50%-fraktilerne/medianværdierne betydeligt højere end for Systronik-loggerne.

Se afsnit 2.5 for sammenligning af de forskellige loggertyper.

2.4 Data fra DMR-loggere

Tabel 2.4 viser opsummerende statistik for DMR-loggerne, og figur 2.5 viser udvalgte tidsserier.

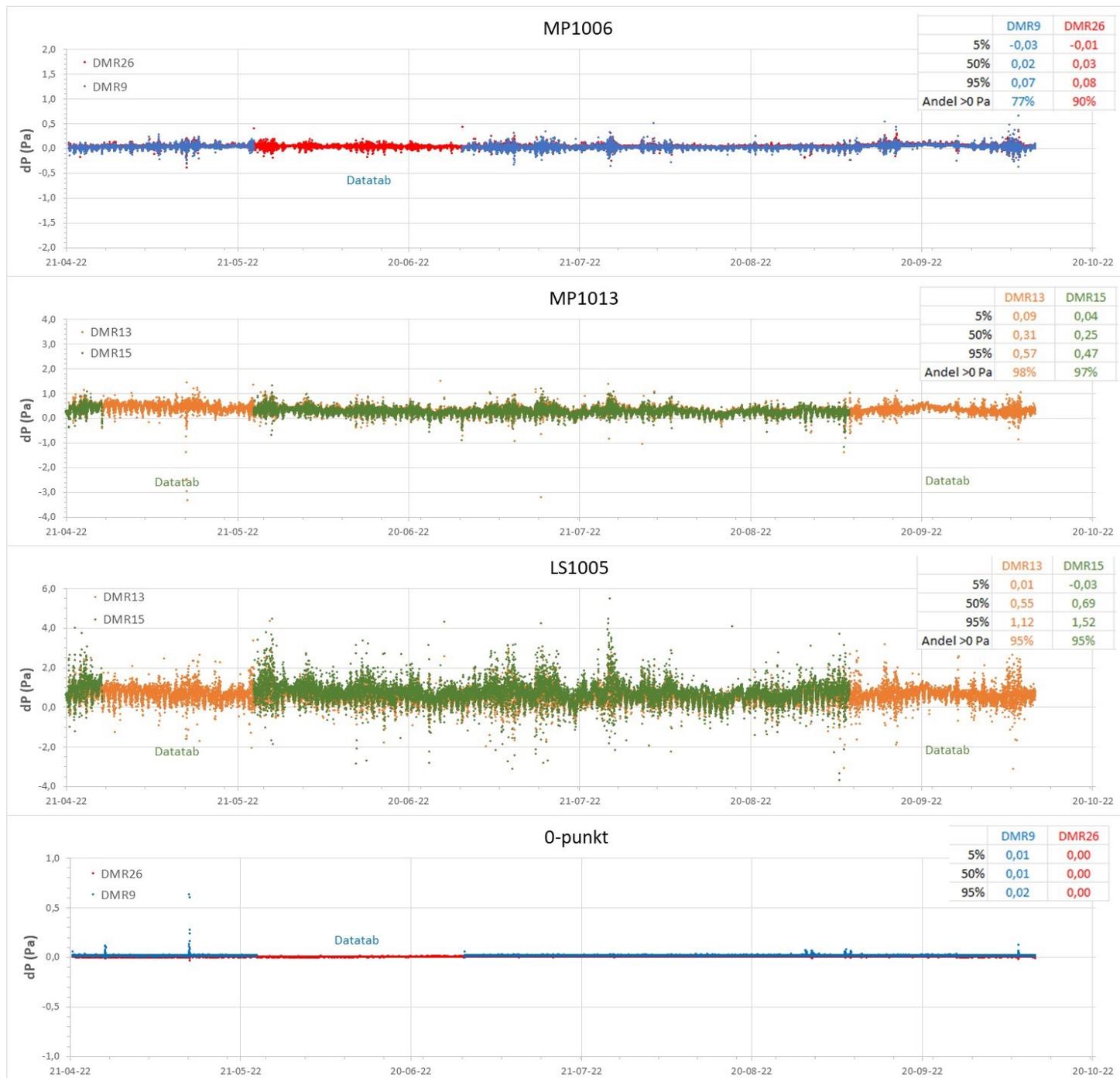
Tabel 2.4: Opsummerende statistik for DMR-loggere (fra 21-04-22 til 10-10-22).

Punkt	0-punkt		MP1006		LS1005		LS1005*	MP1013		MP1013*
Logger	DMR9(15)	DMR26(50)	DMR9(15)	DMR26(50)	DMR13(15)	DMR15(50)	DMR15(50)	DMR13(15)	DMR15(50)	DMR15-50
5%	0,01	0,00	-0,03	-0,01	0,01	-0,03	0,04	0,09	0,04	-0,03
50%	0,01	0,00	0,02	0,03	0,55	0,69	0,65	0,31	0,25	0,25
95%	0,02	0,00	0,07	0,08	1,12	1,52	1,37	0,57	0,47	0,50
Andel >0 Pa	-	-	77%	90%	95%	95%	96%	98%	97%	94%

* Længere dataserie for perioden 16-12-2021 til 7/9-2022.

(15) intern software-kodet midling over 15 punktmålinger á ca. 100 ms, dvs. midling over ca. 1,5 sek.

(50) intern software-kodet midling over 50 punktmålinger á ca. 100 ms, dvs. midling over ca. 5 sek.



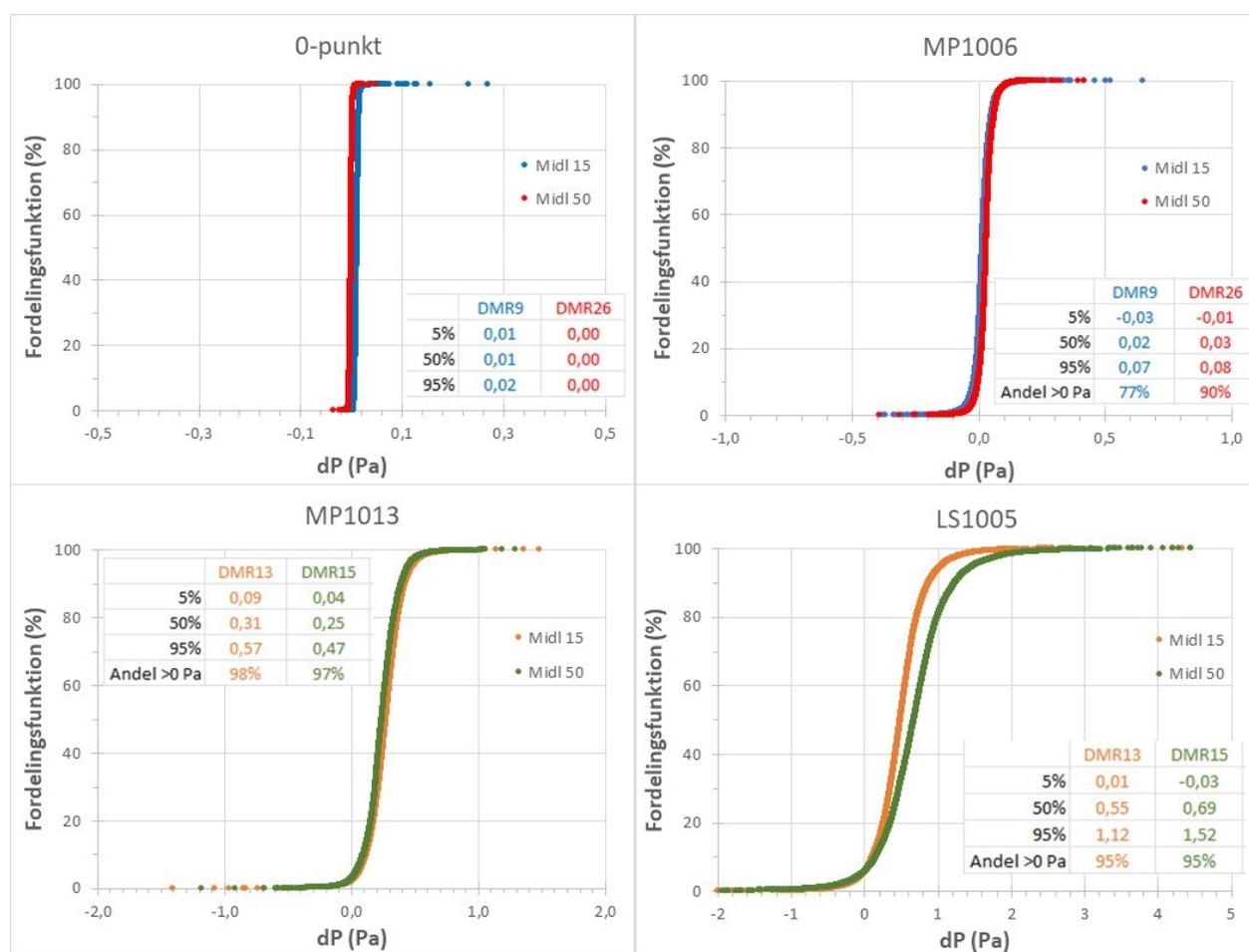
Figur 2.5: Tidsserier fra DMR-loggere tilsluttet MP1013, LS1005 og nulpunkts-logning, samt sammenfattende statistik for hvert loggerpunkt. Samtlige grafer er vedlagt i bilag 5.

Som det fremgår af tabel 2.4, så har der været benyttet DMR-loggere med to forskellige software-kodede stabiliserende midlingsfunktioner, hhv. over 1,5 og 5 sek. Som det fremgår af tabel 2.4 og figur 2.5 så er

der observeret en god nulpunktskalibrering, ingen nulpunktsdrift og god reproducerbarhed for DMR-loggerne. Dette gælder samtlige dataserier fra DMR-loggerne (se bilag 5).

Som det fremgår af tabellen og af figur 2.5 (MP1013 og LS1005), så er der ikke observeret betydende forskelle på om den interne midling sker over 15 eller 50 punktmålinger á 100 ms. For MP1006 er der konstateret god visuel overensstemmelse, og sammenlignelig statistiske fordelinger, undtaget for andelen af datapunkter >0 Pa, hvilket skyldes en lille (og i praksis ubetydelig) forskel i nulpunktskalibreringen af de to sensorer (på ca. 0,01 Pa). Dette ses i figur 2.6 (for MP1006), hvor den blå kurve ligger lidt til venstre for den røde. Forskellen kommer kun til udtryk da differenstrykket i målepunktet ligger tæt på nul, og kun har meget små udsving omkring nulpunktet.

Figur 2.6 viser fordelingsfunktioner og sammenfattende statistik for DMR-loggerne, grupperet efter målepunkt. Det ses af figuren, at der observeres ens statistiske parametre for de tre målepunkter og for nulpunktslogningen. Kun for LS1005 ses der en adskillelse af kurverne, hvilket muligvis skyldes at der ikke er logget i helt de samme perioder (se figur 2.5), eller alternativt, at der har været en mindre utæthed i forbindelsen til den kanal på DMR13, der er koblet til LS1005.



Figur 2.6: Fordelingsfunktioner og sammenfattende statistik for DMR-loggerne ved hhv. 15- og 50-punktsmidling.

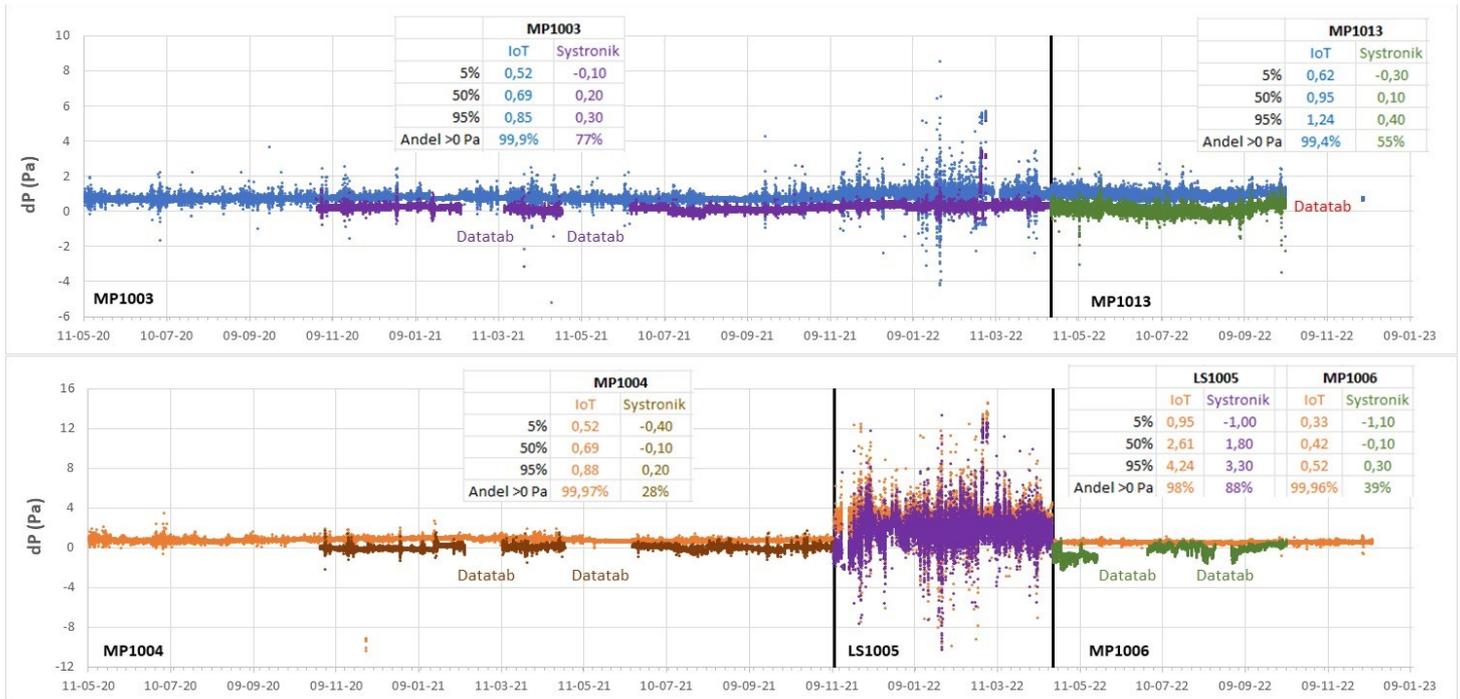
Se afsnit 2.5 for sammenligning af de forskellige loggertyper.

2.5 Sammenligning af data fra forskellige loggertyper

Figur 2.7 viser sammenligningen imellem IoT-loggerne og Systronik for sammenlignelige perioder, og her er det ret tydeligt, at der er en positiv bias i IoT-loggerdata ift. Systronik-data. Det er svært eller umuligt at vide, hvilke data, der er (mest) korrekte.

Umiddelbart kan det dog konstateres, at IoT-loggerne ikke er forbundet med nulpunktsdrift grundet et andet måleprincip (se afsnit 3.1), hvilket ses på tidsserierne. Til gengæld er der tale om en softwarekodet kalibrering af IoT-loggerne, der (så vidt vides) ikke er tjekket imod et troværdigt referenceinstrument inden installation på lokaliteten. I princippet kan der således både være tale om nulpunktsbias og en "forkert" oversættelse af elektrisk signal til differenstryk (udslagenes størrelse).

Systronik-loggerne nulstilles manuelt ca. 1 gang pr. måned, hvilket umiddelbart er med til at skabe tillid til at nulpunktet på Systronik-loggerne ikke permanent ligger forskudt fra det rigtige nulpunkt. Samtidig er der, i forbindelse med gennemførelse af nærværende projekt, konstateret fejl i den kodede oversættelsesfunktion for IoT-loggerne, hvilket ikke umiddelbart er med til at skabe tillid til de indsamlede IoT-loggerdata. Samlet set vurderes dataserierne fra Systronik-loggerne at være mere troværdige end IoT-loggerne.



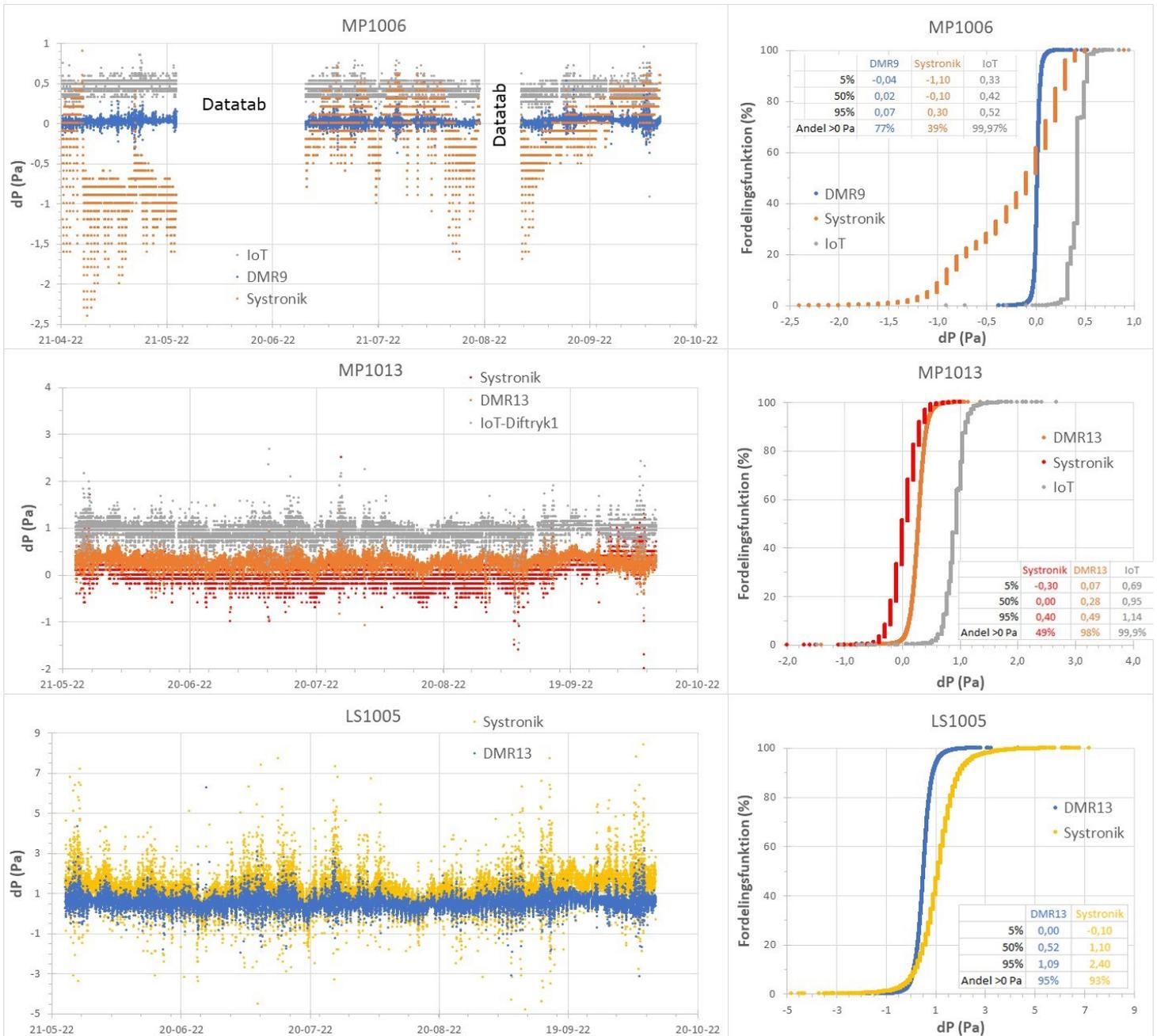
Figur 2.7: Tidsserier fra IoT-loggere, sammen med Systronik-data for sammenlignelige loggere og tidsperioder, inkl. sammenfattende statistik. Farverne på graferne hænger sammen med farverne i tabellerne og refererer til logger-type for forskellige perioder. Større versioner er vedlagt i bilag 6.

I figur 2.8 er der foretaget en sammenstilling for tre målepunkter med samtidige differenstrykmålinger med to eller tre loggertyper, inkl. DMR-loggere. Alle dataserierne er korrigeret til perioder med data fra alle tre loggertyper for at undgå databias i sammenligningen, der skyldes forskelle i loggerperioderne. I perioden er der foretaget 6 manuelle nulstillinger af Systronik-loggerne.

Som det fremgår af figur 2.8, så er der flere forskellige typer af forskelle på spil:

- IoT-loggerne måler konstant et højere gennemsnitligt niveau end de øvrige loggertyper, hvilket umiddelbart tyder på en bias i nulpunktskalibreringen af IoT-loggerne. IoT-loggeren har en positiv bias på hhv. +0,40 (MP1006) og +0,67 Pa (MP1013) ift. DMR-loggerne, hvilket ses af forskellen i 50% fraktiler imellem de to loggertyper.
- Amplituderne (størrelsen på udsvingene og formen på fordelingsfunktionerne) er meget ens på IoT- og DMR-loggerne, og tidlige tendenser følger hinanden for disse to loggertyper (f.eks. lidt før 20-08-22 i den midterste graf). Dette tyder på, at følsomhed og softwareoversættelsen imellem sensor-signal og differenstryk er ens.
- Systronik-loggeren tilkoblet MP1006 har meget "hoppende" nulpunktskalibreringer, og fordelingsfunktionen for denne logger afviger også en del fra den S-form, som ellers ses for de øvrige dataserier, hvilket indikerer mindre valide målinger for denne logger. De hoppende nulpunktskalibreringer ses også af den fulde tidsserie for denne logger, jf. figur 2.2.

- Der er forholdsvis god overensstemmelse imellem tidsserierne for Systronik- og DMR-loggerne tilkoblet MP1013 og LS1005, men en lille bias imellem loggerne og mindre forskelle i amplituderne (størrelsen på udsvingene og formen på fordelingsfunktionerne). Disse forskelle kan skyldes installationerne, jf. diskussionen i afsnit 3.3.



Figur 2.8: Sammenlignende tidsserier fra Systronik-, IoT og DMR-loggere, inkl. sammenfattende statistik. Farverne på graferne hænger sammen med farverne i tabellerne og refererer til logger-type for forskellige perioder

3 Loggere og måleprincipper

I projektet er der benyttet tre forskellige loggere, hhv. Systronik-, IoT- og DMR-loggere, og i det følgende gennemgås nogle betydende forskelle, der er på loggerne. Tabel 3.1 viser sammenlignelige specifikationer for de tre loggere, og figur 3.1 viser fotos af de tre loggere.

Tabel 3.1: Sammenligning af Systronik-, IoT- og DMR-loggere.

	Strøm	Sensor	T-korrigeret	Range [Pa]			Atmosfæretryk [mbar]		Temperatur [°C]		Midling/stabilisering?	Loggerfrekvens [min]
				min	max	Opløsning	Ja/nej	Opløsning	Ja/nej	Opløsning		
Systronik S4602	Batteri	Membran	Ja	-2000	+2000	0,1	Ja	1	Ja	0,1	?	10
IoT	Netstrøm	Termisk/flow	Ja	-62	+62	0,1	Ja	0,002	Ja	0,1	*Standard er 1,5 s (4 niveauer)	10
DMR	Batteri	Termisk/flow	Ja	-125	+125	0,1	Ja	0,01	Ja	0,01	*50 punkter over ca. 5 s	10

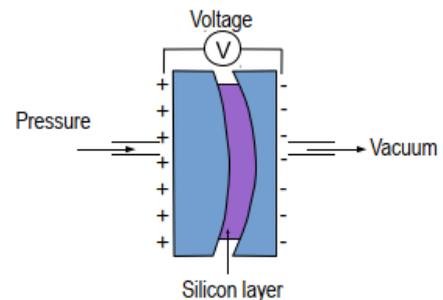


Figur 3.1: Fotos af hhv. Systronik-logger (venstre), IoT-logger (i midten) og DMR-logger (højre).

3.1 Sensortyper

3.1.1 Systronik BlueLine S4602 ST

Systronik-loggerne er håndholdte apparater, som benytter et membranmåleprincip til måling af differenstryk (kaldet en piezoresistive based sensor). De to slangestudser på apparatet er forbundet til et lille kammer, hvori der sidder en fintfølede membran, som vil flekse til den ene side eller den anden, afhængigt af hvilken side af kammeret, der har det højeste tryk (se figur 3.2). Afhængigt af differensstrykkets størrelse og "retning", flekser membranen til den ene eller den anden side, og genererer en svag spænding/strøm, der måles af en sensor, og oversættes til et differenstryk via en software-kodet funktion (se figur 3.2). Datablad for Systronik-loggeren er vedlagt i bilag 7.



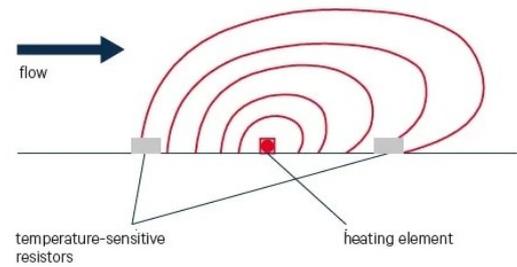
Figur 3.2: Principskitse af membran-sensor (KIMO MP110©).

Den fysiske membran har nogle materialekonstanter, som spiller ind på hvor meget membranen flekser (og hvilken spænding der genereres). Derfor er membranbaserede sensorer følsomme overfor visse forhold i omgivelserne (f.eks. temperatur), og skal kompenseres og nulstilles for at give præcise resultater. Systronik-loggeren har indbygget en barometertryksensor og en temperatursensor, og har indbygget kompensation for disse faktorer. Databladet for loggeren indikerer en automatisk nulpunktskalibrering for loggertypen, men på trods heraf opleves der nulpunktsdrift og -kalibreringsproblemer med loggeren (se afsnit 2.2).

Membranbaserede sensorer kan være følsomme overfor (store) trykstød, og kan gå i stykker, hvis de udsættes for differenstryk, der ligger væsentligt uden for deres måleområde.

3.1.2 IoT- og DMR-loggere

Sensorerne i IoT- og DMR-loggerne benytter samme måleprincip, der ikke er af membrantypen. I stedet for benytter de et flowbaseret måleprincip, hvor en ganske svag luftstrøm strømmer igennem sensoren. Ved en ændring i differensstrykket vil luftstrømmen blive svagere (eller stærkere). Luftstrømmen medfører en temperaturforskel (se figur 3.3), som oversættes til et elektrisk signal. Med databladet følger en funktion/ligning til at oversætte det analoge signal til et differenstryk. Denne ligning skal softwarekodes i den enhed som sensoren bygges ind i.



Figur 3.3: Principskitse af termisk baseret sensor (AZOsensors©).

Da målprincippet afhænger af luftflow og luftens densitet, så er der indbygget en atmosfæretryksensor og en temperatursensor i differensstryksensoren, og sensoren er hard-kodet til kalibrering for disse faktorer.

Begge loggertyper benytter sensorer fra firmaet Sensirion, hhv. en SDP1000 for IoT-loggeren og en SDP610 for DMR-loggeren. Output fra SDP1000 er et analogt signal (en spænding på 0-5 V), mens output fra SDP610-sensoren er digitalt (I²C). Datablade for Sensirion-sensorerne er vedlagt i bilag 7.

Rundt om sensoren er der dels bygget en fysisk enhed og noget elektronik (hardware og software), som kan omsætte det analoge signal til et differenstryk, og som medfører, at data lagres/kommunikeres videre. Det har ikke været muligt at få oplyst hvordan IoT-loggeren er opbygget, men i DMR-loggeren er hver sensor kalibreret og valideret mod et referenceapparat, inkl. den hardware, der er rundt omkring sensoren (små slangestykker og eksterne studser på Pelicasen/indbygningskassen).

Det er muligt, at en manglende kalibrering og validering for IoT-loggeren er årsagen til den tilsyneladende bias på nulpunktet, der opleves på dataserierne fra IoT-loggerne (jf. afsnit 2.5).

Flowbaserede sensorer er forbundet med nogle fordele ift. membranbaserede sensorer. De er generelt meget nulpunktsstabile, er ikke forbundet med drift, og har ikke en membran, der kan ødelægges af trykstød. Nogle forhold skal man dog være opmærksom på ved flowbaserede sensorer:

- Til sensoren hører et software-bibliotek med en softwarefunktion til oversættelse af analogt spændingssignal til differenstryk. Denne funktion gælder dog kun selve sensoren og ikke yderligere hardware, der tilkobles sensorens studser, f.eks. slangestykker, bøjninger og slangestudser, der føres igennem den elektrikerdåse/pellicase, som sensoren indbygges i.
- Da sensoren benytter sig af luftflow og termisk ledningsevne (og dermed luftdensitet), så afhænger signalet principielt af højden over havets overflade. SDP-sensorerne er kalibreret til en højde på 425 m, og har en korrektionsfaktor på 0,95 ved 0 meter og 1,15 ved 1500 meter over havets overflade (det udlæste resultat skal ganges med korrektionsfaktoren). Ekstern kalibrering, som den der foretages på DMR-loggerne, inkluderer både højden over havets overflade og den eksterne hardware omkring sensoren.
- Sensorens anvendelse af luftflow medfører principielt et tab af følsomhed, hvis der kobles lange slanger på sensoren, i størrelsen 1,6% ved 2 meter slanger. Slanger op til en meter er forbundet med mindre end 1% tab af følsomhed på en aktuel måling (1 Pa registreres som 0,99 Pa), jf. bilag 7.
- Luftflowet igennem sensoren kan principielt medføre et forureningsbidrag fra poreluft til indeluft – se afsnit 3.4.

3.2 Markedsafsøgning ift. alternative loggertyper

I forbindelse med projektet er der gennemført en markedsafsøgning ift. potentielle alternative loggere, ud fra følgende ønsker:

- Ingen nulpunktsdrift og ingen behov for manuelle nulpunktskalibreringer.
- Måleområde i intervallet ± 25 til ± 2000 Pa.
- Dataopløsning $\leq 0,1$ Pa.
- Mulighed for logning til skyen.

Dertil er der foretaget en opsamling af følgende, jf. tabel 3.2:

- Forhandler og prisniveau (eks. moms).
- Strømforsyning.
- Sensortype.
- Måling af atmosfæretryk og temperatur.
- Benyttes intern stabiliserende midling.

Tabel 3.2: Resultat af markedsafsøgning inkl. Systronik-, IoT- og DMR-loggere.

Loggeroversigt	Marked		Range [Pa]			Logning til skyen	Strøm	Sensor	T-korr.	Atmosfæretryk [mbar]		Temperatur [°C]		Midling/stabilisering
	Forhandler	Pris DKK	min	max	Opløsning					Ja/nej	Opløsning	Ja/nej	Opløsning	
Systronik S4602	ELMA	5.400	-2000	+2000	0,1	Nej	Akku batteri	Membran	Ja	Ja	1	Ja	0,1	?
IoT	?		-62	+62	0,1	Ja	24V	Termisk/flow Sensirion SDP1000	Ja	Ja	0,002	Ja	0,1	?
DMR	DMR	leje	-125	+125	0,1	Nej*	2 x AA	Termisk/flow Sensirion SDP610	Ja	Ja	0,01	Ja	0,01	*15 pkt. (ca. 1,5 s)
Celsicom dP600	Buhl & Bønsøe	3.600	-125	+125	0,01	Ja	2 x AA	Termisk/flow Sensirion SDP810	Ja	Nej	-	Ja	0,01	Ingen
Kistock KP320	ELMA	3.100	-1000	+1000	1	Nej	2 x AA SAFT	Membran	?	Nej	-	Nej	-	?
KIMO CP 211	ELMA	4.200	-100	+100	1	Nej	220V	Membran	Ja	Nej	-	Nej	-	Indstil i 9 niv.
KIMO CP 111	ELMA	2.000	-100	+100	1	Nej	24V	Membran	Ja	Nej	-	Nej	-	?

* Kan bygges på bestilling Alle membranensensorer skal nulstilles manuelt

Et par forhold er værd at bemærke. Navnlig at loggertyper med logning til skyen er baseret på flowsensorer, at alle membranbaserede loggere kræver en form for manuel nulpunktskalibrering, selvom nogle har indbyggede automatiske funktioner til at mindske nulpunktsdrift, og at det er svært at finde loggere, der kan logge med en opløsning på 0,1 Pa (eller finere). Erfaringerne fra denne undersøgelse viser, at det er ønskelig med en opløsning på 0,1 Pa (eller finere) så "hakkene" på fordelingsfunktioner over data ikke bliver grovere end de f.eks. ses for Systronik-loggerne i figur 2.8.

3.3 Konstruktion af målepunkt og tilkobling

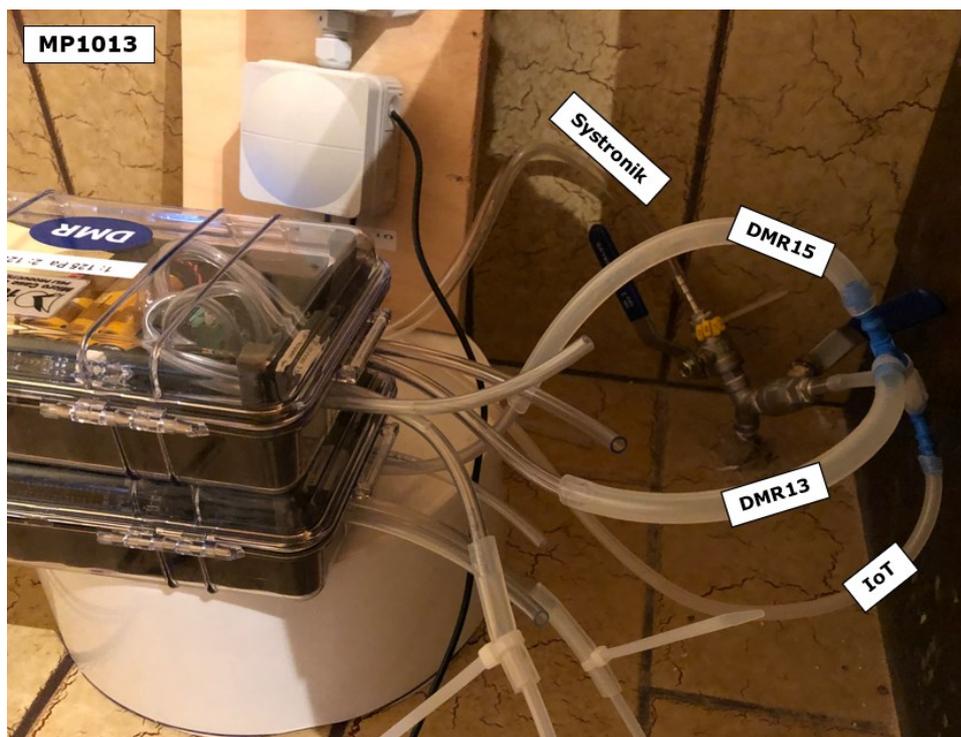
3.3.1 Forgøring på målepunkt

Da målepunkter til differenstryklogning pr. definition skal måle over en "barriere", f.eks. et betongulv eller en faldstamme, så skal der etableres en adgang til den anden side af barrieren. Her er det essentielt, at målepunktets konstruktion sikrer en tæt tilslutning. Hvis der er utætheder omkring målepunktet, vil der ske en større eller mindre trykudligning via utætheden, som vil afspejle sig i en lavere følsomhed i målingerne (ses som mindre udsving på differenstrykkets tidsserie). Med andre ord, så har målepunktets etablering medført en "forstyrrelse" af det system som man forsøger at karakterisere den "uforstyrrede" tilstand af.

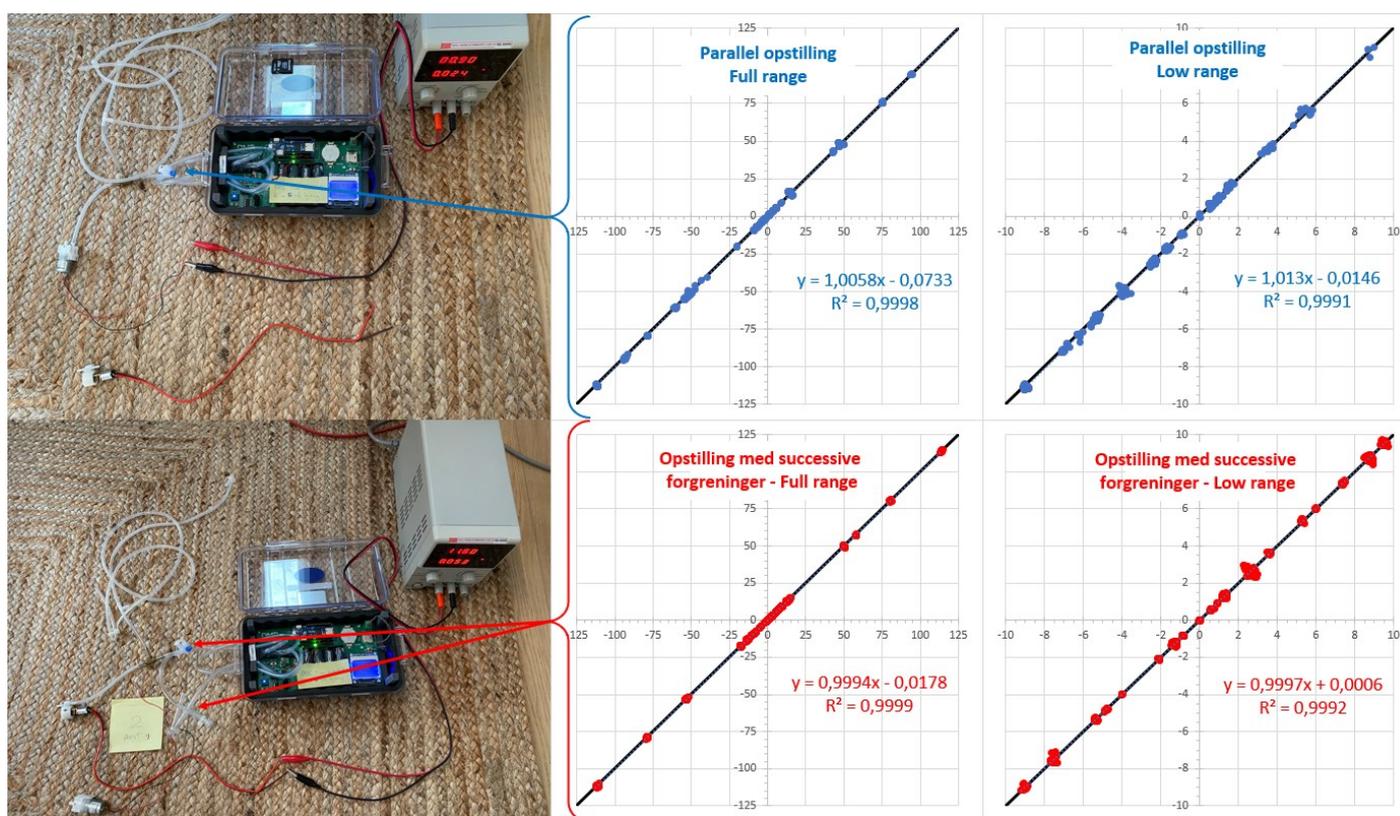
Normalt kobles kun én logger til et enkelt målepunkt, men fordi en del af projektets formål har været at foretage en sammenligning af forskellige loggertyper, så har der i det konkrete projekt på nogle tidspunkter været koblet op til fire loggere til et enkelt målepunkt via tre forgøring (Y-stykker), se figur 3.4.

I denne testopstilling, med flere på hinanden følgende forgøring, kan der principielt ske et tab af følsomhed for de loggere, der er koblet på de sidste grene af målepunktet ift. de loggere, der er tættere på kildesiden. Dette gør sig specielt gældende for flowbaserede loggere, hvor en del af signalet for nedstrøms placerede loggere tages ud i et opstrøms punkt. Brugen af en flowbaseret sensor udgør principielt en lille forstyrrelse af systemet, men hvis forstyrrelsen blot er "forsvindende" lille, så kan den negligeres.

For at undersøge betydningen af denne problematik, er der udført en serie kontrollerede forsøg med to DMR-loggere, hhv. i en parallel opstilling og i en opstilling med successive forgøring. Resultaterne er opstillet hhv. i full range (ca. ± 100 Pa) og i low range (ca. ± 10 Pa), og fremgår af figur 3.5.



Figur 3.4: Fotos af MP1013 med fire tilkoblede loggere.



Figur 3.5: Forsøgsopstilling og resultater af forsøg med en parallel opstilling (øverst) og en opstilling med successive forgreninger (nederst). dP1 på x-aksen og dP2 på y-aksen. I opstillingen med successive forgreninger er dP2 den nedstrøms placerede sensor. Punkterne angiver forsøgsdata, mens de fede, sorte linjer angiver 1:1-linjer og hældningen på regressionslinjernes ligninger angiver afvigelsen fra 1:1-linjen.

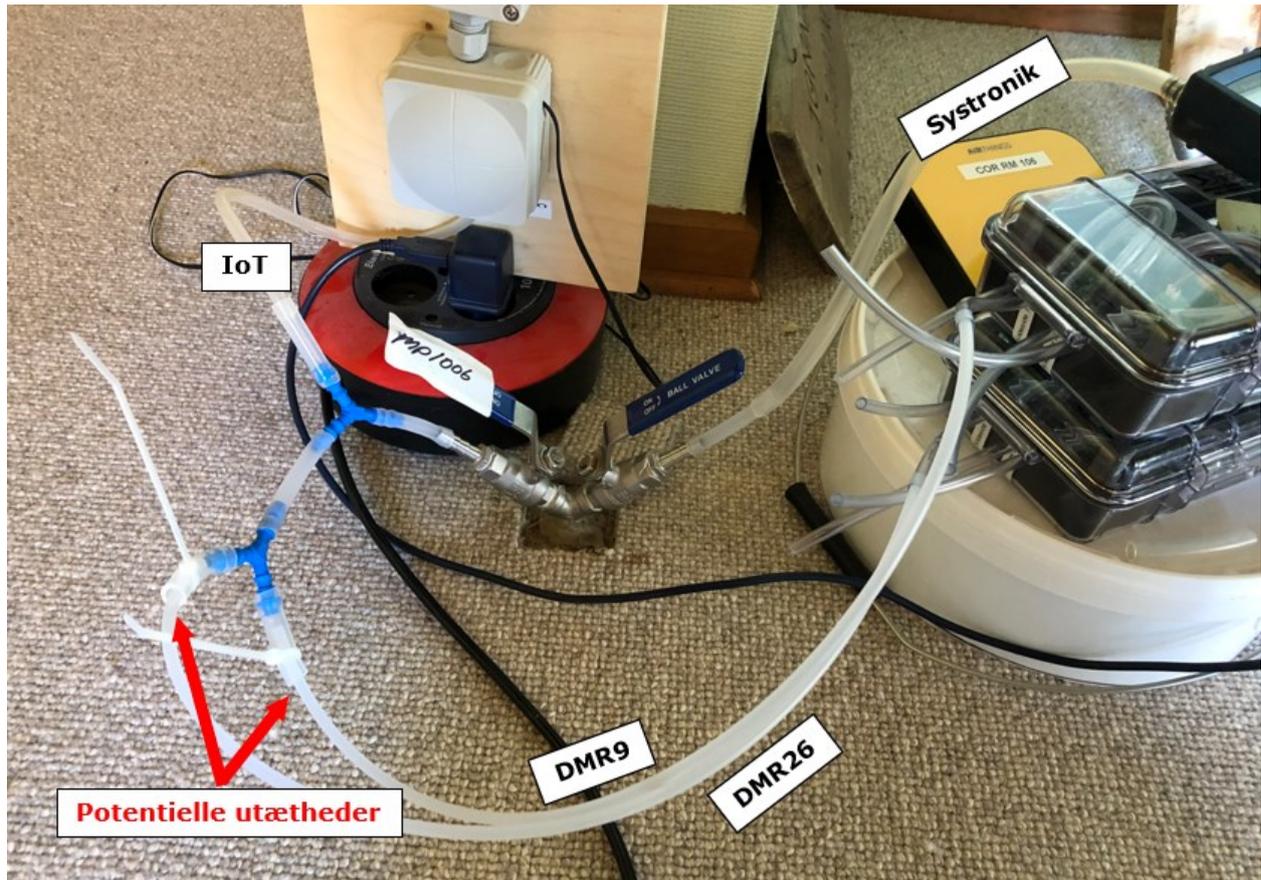
Af figur 3.5 ses det, at hældningen på regressionslinjerne (hhv. full og low range) ca. 1,01 for den parallelle opstilling, mens den er ca. 1 for opstillingen med successive forgreninger. Dette betyder at dP2 taber ca.

1% i følsomhed i opstillingen med successive forgreninger, hvor den er placeret nedstrøms dP1, svarende til at et faktisk differenstryk på 1 Pa vil blive målt som 0,99 Pa på den nedstrøms sensor i en opstilling med successive forgreninger. Denne forskel vurderes at være ubetydelig i praksis, og er således ikke årsag til forskellige resultater i en opstilling med tre forgreninger på målepunktet, f.eks. som det ses i figur 2.8.

3.3.2 Utætheder på målepunkt

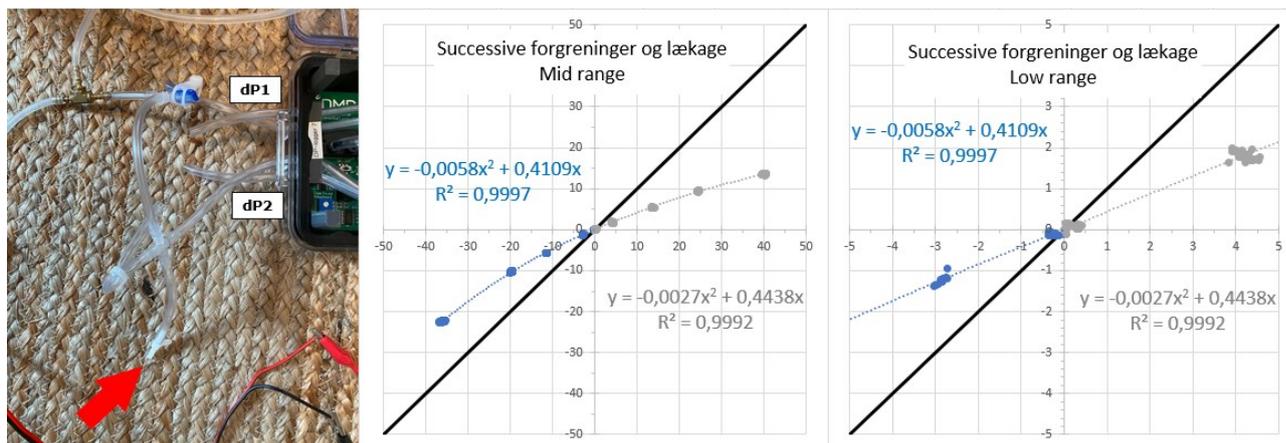
Afledt af problemstillingen med potentielt tab af følsomhed i opstillinger med successive forgreninger er det også undersøgt hvad konsekvensen er, hvis der er utætheder i sammenkoblingen af logger og målepunkt.

I figur 3.6 ses potentielle punkter for utætheder i tilkoblingen af DMR-loggerne til MP1006. Tilsvarende punkter ses på opstillingen til MP1013 (jf. figur 3.4).



Figur 3.6: Fotos af MP1006 med forgreninger og potentielle utætheder i sammenkobling af DMR-loggere og målepunkt.

For at undersøge betydningen af denne problematik, er der udført en serie kontrollerede forsøg med to DMR-loggere i en opstilling med successive forgreninger og lækage før den nedstrøms sensor (dP2). Resultaterne er opstillet hhv. i mid range (ca. ± 40 Pa) og i low range (ca. ± 5 Pa). Resultaterne heraf fremgår af figur 3.7.



Figur 3.7: Forsøgsopstilling og resultater af forsøg med en opstilling med successive forgreninger og en lækage før den nedstrøms logger (dP2). Resultaterne er plottet med dP1 på x-aksen og dP2 på y-aksen. Punkterne angiver forsøgsdata, mens de fede, sorte linjer angiver 1:1-linjer. Blå punkter og linje angiver data i negativ range (undertryk) og grå punkter og linje angiver data i positiv range (overtryk). Fittede linjer er 2. grads polynomier.

Af figur 3.7 ses et ret tydeligt tab af følsomhed på dP2 (med lækage) ift. dP1 (uden lækage). I den højre graf (low range) ses f.eks. at -2,8 Pa på dP1 giver ca. -1,3 Pa på dP2. Det ses også, at lækagen giver et asymmetrisk tab af følsomhed ift. positivt og negativt differenstryk.

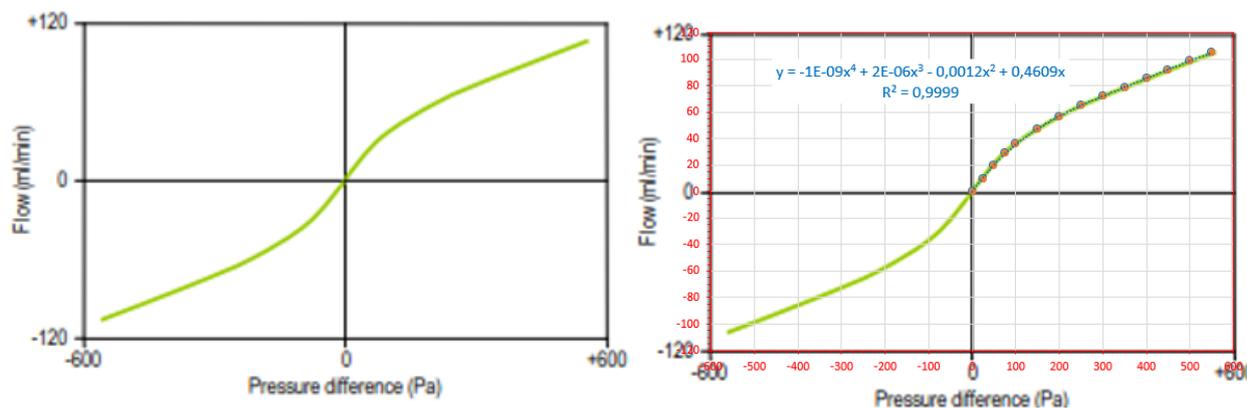
Ud fra resultaterne af det kontrollerede forsøg kan det uddrages, at konsekvensen af en lækage er tab af følsomhed, og et uens tab af følsomhed i hhv. det positive og negative område for differensstrykket. Dette vil betyde en smallere fordelingsfunktion, med bias på gennemsnittet, for en given tidsserie. Med andre ord vil en lækage betyde at differensstrykket måles til at være mindre (både positivt og negativt) end det faktisk er.

Principielt kunne forskellen imellem Systronik- og DMR13-loggeren (i figur 2.8) være konsekvensen af en mindre lækage i tilslutningen af den nedstrøms placerede DMR13. Det understreges dog, at der ikke er kendskab til faktiske utætheder ifm. nogle af datasierne fra Testhuset.

3.4 Potentielt indeluftbidrag fra flowbaserede sensorer (RedZone beregninger)

Som beskrevet i afsnit 3.1, så er flowbaserede sensorer forbundet med en lille luftstrøm igennem sensoren. Ved placering af målepunkter under gulv i zoner med høje poreluftkoncentrationer kan dette potentielt give et poreluftbidrag af forurening til indeluften. I dette afsnit afsøges om sådanne bidrag kan betragtes som ubetydelige eller om de – i visse situationer – kan give betydende bidrag til indeluften.

Grafen til venstre i figur 3.8 viser sammenhængen imellem differenstryk og flow igennem SDP610-sensoren, som er indbygget i DMR-loggeren (jf. bilag 7). Grafen til højre er en digitalisering af den positive del af kurven, svarende til den del der potentielt kan give et bidrag til indeluften.



Figur 3.8: Sammenhæng imellem differenstryk og flow igennem SDP610, jf. bilag 7 (til venstre), og digitalisering af den positive del af grafen (til højre).

På baggrund af den højre graf i figur 3.8 er der foretaget en tabellering af flowet ved relevante dele af differenstrykspektrummet, se tabel 3.3.

Tabel 3.3: Flow igennem SDP610 som funktion af differenstryk. 2 Pa er benyttet i følgende eksempler og er markeret med fed skrift.

dP (Pa)	0,2	0,3	0,5	0,75	1	1,5	2	2,5	5	10
Flow (ml/min)	0,092	0,138	0,230	0,345	0,460	0,689	0,917	1,145	2,274	4,487

Med udgangspunkt i en betragtning om at differenstryk over betondæk sjældent overstiger 2 Pa i gennemsnit (og erfaringsmæssigt ligger <0,3 Pa), tages der i det følgende udgangspunkt i et konstant flow igennem sensoren på 0,917 ml/min, svarende til 0,000055 m³/t og ca. 0,018 m³ over en 14 dages periode med måling af differenstryk.

I forhold til en konsekvensvurdering antages der en bolig med en poreluftforurening med en koncentration under hele bygningens fodaftrek på 10.000 µg TCE/m³ (10.000 gange ADK). Dette vurderes at være en meget kraftig poreluftforurening, som svarer til at 99% af lokaliteterne i /3/ har en arealvægtet gennemsnitlig poreluftkoncentration, der overskrider ADK i lavere grad.

Nu antages en bolig på 130 m², en loftshøjde på 2,3 m og et luftskifte på 0,25 t⁻¹ samt differenstryklogning i 10 punkter over bygningens fodaftrek.

For dette meget konservative scenarium, baseret på et højt differenstryk, en meget kraftig poreluftforurening og mange loggere, kan der beregnes et samlet bidrag til indeluften (masseflow) på 5,5 µg/t (10.000 µg/m³ · 0,000055 m³/t/logger · 10 loggere). Det samlede luftskifte i boligen er 74,75 m³/t (130 m² · 2,3 m · 0,25 t⁻¹). På baggrund heraf kan der beregnes et samlet bidrag til indeluften igennem sensorerne på 0,074 µg/m³, svarende til 7,4% af ADK for TCE. Hvis der for samme scenarium antages et mere realistisk gennemsnitligt differenstryk på 0,3 Pa, så kan det falske poreluftbidrag beregnes til 1,1% af ADK.

I Testhuset er der et arealvægtet gennemsnit for poreluftforureningen på ca. 710 µg PCE/m³ og 11 loggere, samt et gennemsnitligt differenstryk over betondækket på ca. 0,14 Pa (baseret på gennemsnit af 50% fraktilerne i tabel 2.3), svarende til et flow igennem hver logger på 0,065 ml/min (3,9 · 10⁻⁶ m³/t). For Testhuset kan der beregnes et bidrag på 0,0004 µg PCE/m³, eller 0,007% af ADK.

Samlet set vurderes det, at der kun i meget sjældne tilfælde kan forekomme bidrag igennem sensorer, der overstiger 1% af ADK, men at der i situationer med meget høje poreluftkoncentrationer, kombineret med meget høje differenstryk kan forekomme bidrag igennem flowbaserede differenstryksensorer på op til ca. 7% af ADK. Der bør naturligvis være fokus på ikke at benytte flowbaserede differenstryksensorer i sådanne situationer.

4 Sammenfatning

Baseret på Systronik-loggerne og ca. 2 års logninger i Testhuset ses det, at median differenstrykket over betongulvet ligger imellem -0,1 og 0,3 Pa; 3 punkter med neutrale eller negative differenstryk og 8 med positive differenstryk. Median differenstrykket for målepunkterne i afløbene ligger på hhv. 0,5 og 1,2 Pa. I samtlige målepunkter i gulvet ligger 90% konfidensintervallet i intervallet -1,0 til 1,0 Pa, mens det for målepunkterne i afløb ligger imellem -1,0 og 2,8 Pa. I alle tilfælde er der tale om ganske beskedne differenstryk, af en pulserende natur, som er opadrettet imellem 15 og 90% af tiden.

Systronik-loggerne er baseret på en membransensor, og skal jævnligt nulpunktkalibreres manuelt. Systronik-loggerne vurderes at være repræsentative for membran-loggere generelt. Data tyder på at nulpunktskalibreringen i nogle tilfælde ikke er korrekt (er biased) og dertil er loggeren forbundet med en tilsyneladende nulpunktsdrift imellem disse kalibreringer.

Sammenfattende kan det siges, at der er tale om (mindre) rumlige variationer i differenstrykket, men at de manuelle nulpunktskalibreringer og nulpunktsdrift gør det svært at vide om en given dataserie (af f.eks. 3 ugers varighed) repræsenterer en korrekt eller biased nulpunktskalibrering.

Der er foretaget en sammenligning af de tre forskellige loggere, som har været anvendt i Testhuset, hhv. Systronik-, IoT- og DMR-loggere. I forbindelse hermed er det identificeret, at IoT- og DMR-loggere benytter en flowbaseret differenstryksensor, som ikke er forbundet med nulpunktsdrift eller temperaturfølsomhed, men som er forbundet med en softwarebaseret oversættelse af et analogt eller digitalt sensor-signal til et differenstryk. Hver DMR-logger er kalibreret og valideret individuelt, men for IoT-loggerne er der usikkerhed om de er kalibreret efter indbygning i den hardwareenhed, som omslutter sensoren. Dataserialerne for IoT-loggerne ser ud til at være forbundet med en niveaumæssig bias ift. de øvrige loggere, grundet en forkert nulpunktskalibrering.

Der er udført kontrollerede forsøg med henblik på at erkende om målepunkter med tre forgreninger kan have medført bias ifm. sammenligningen af de forskellige loggertyper. Konklusionen på disse forsøg er, at forgreningerne medfører minimale usikkerheder på dataserialerne, i størrelsesordenen 1%, hvilket vurderes at være uden praktisk betydning.

Der er også udført kontrollerede forsøg ift. potentielle utætheder ved sammenkobling af logger og målepunkter. Disse forsøg indikerer, at utætte samlinger kan medføre betydende tab af følsomhed i målingerne, og at tabet er asymmetrisk ift. trykneutralitet (0-punkt). Utætheder vil medføre både bias ift. gennemsnit og en asymmetrisk sammentrykning af differenstrykudsvingene, som afhænger af det korrekte differenstryk og af utæthedens størrelse.

Samlet set gør ovenstående usikkerheder, i form af usikre, manuelle nulpunktskalibreringer og nulpunktsdrift på Systronik-loggerne, samt usikkerhed omkring softwarekalibrering af IoT-loggerne, samt eventuelle usikkerheder omkring potentielle utætte sammenkobling af loggere til målepunkter, at det er meget svært at sige noget endeligt ift. sammenligningen af de tre målepunkter, hvor en sammenligning er mulig.

De flowbaserede sensorer er forbundet med et potentielt bidrag til indeluften. Afsøgende overslagsberegninger med 10 loggere placeret i en bolig har dog vist, at selv situationer med meget høje poreluftkoncentrationer, kombineret med meget høje differenstryk, vil give bidrag på maksimalt ca. 7% af ADK. De fleste realistiske scenarier vil være forbundet med mindre end 1% bidrag af ADK. Herunder viser en beregning for Testhuset et bidrag på kun 0,007% af ADK.

Der er foretaget en markedsafsøgning ift. andre loggertyper, og det kan konstateres, at der er et ret begrænset udvalg af loggere, som har en opløsning på mindst 0,1 Pa. Dertil kommer at samtlige membranbaserede loggere benytter manuel nulpunktskalibrering, hvilket er uønskeligt i forhold til at generere troværdige dataserialer med en præcision, som ikke kræver en efterfølgende manuel datakorrektion. De flowbaserede loggere virker pt. som det bedste bud på stabile og præcise dataserialer, og de fleste loggere, som er i stand til at logge til skyen, er desuden baseret på disse sensorer. Det anbefales dog at udføre en validering af flowbaserede loggere for at skabe tillid til præcisionen i data, jf. nulpunktsbias ved IoT-logger i denne undersøgelse.

5 Referencer

- /1/ Dynamiske bidrag fra kloak til indeklimaet – Obduktionsprojektet. Udarbejdet af DMR A/S for Region Syddanmark. 29. maj 2018.
- /2/ Differenstrykmålinger. M.L. Sørensen. Præsentation på ATV Vest-møde 16. januar 2017.
- /3/ Erfaringsbaserede reduktionsfaktorer for poreluftbidrag til indeluften når der er in-situ støbt betondæk – Erfaringer fra 161 danske lokaliteter. Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer, Teknik og Administration nr. 1, 2023.

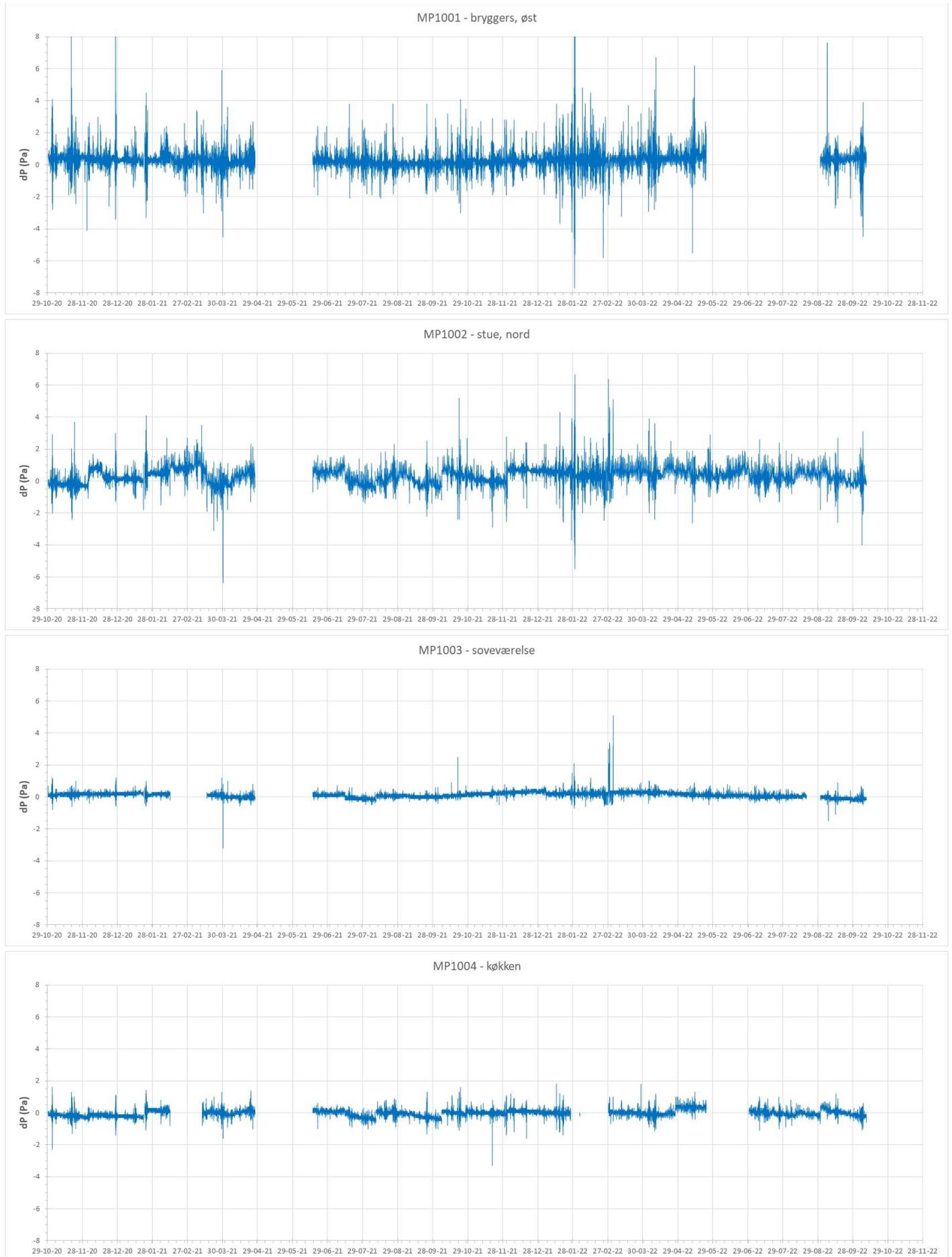
Bilag 1



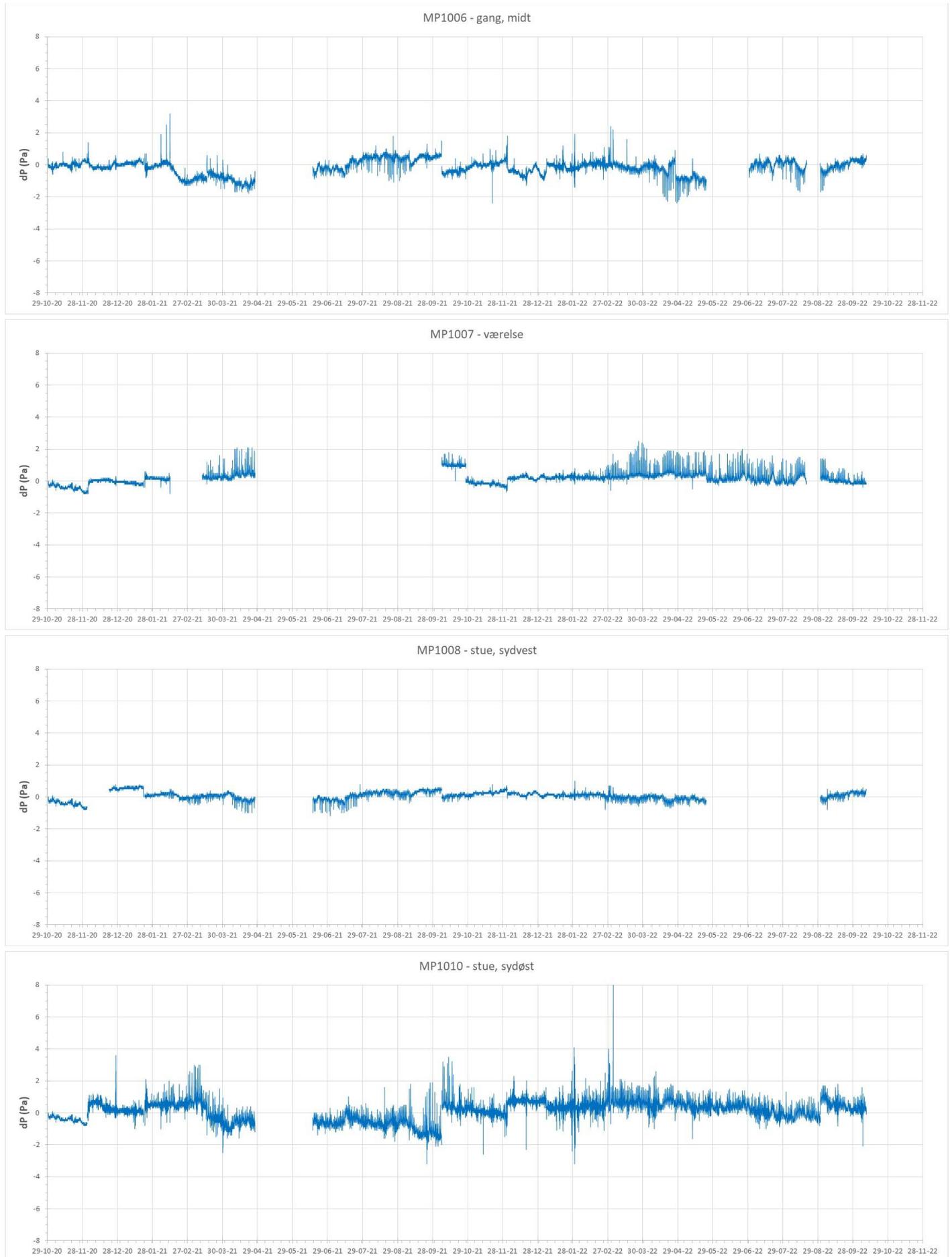
	Emne Differenstrykmålepunkter under gulv (MP) og i kloakker (LS)		A4
	Lokalitetsnr.	Adresse Rybjergvej 3, Roslev	Dato 26-01-2023
Rådgivende Ingeniørfirma Dansk Miljørådgivning A/S	DMR-sagsnr. 2021-3862	Matrikelnr.	Bilagsnr. 1
	Udført af PL Godkendt af CL	Målestok 1:100	

Bilag 2

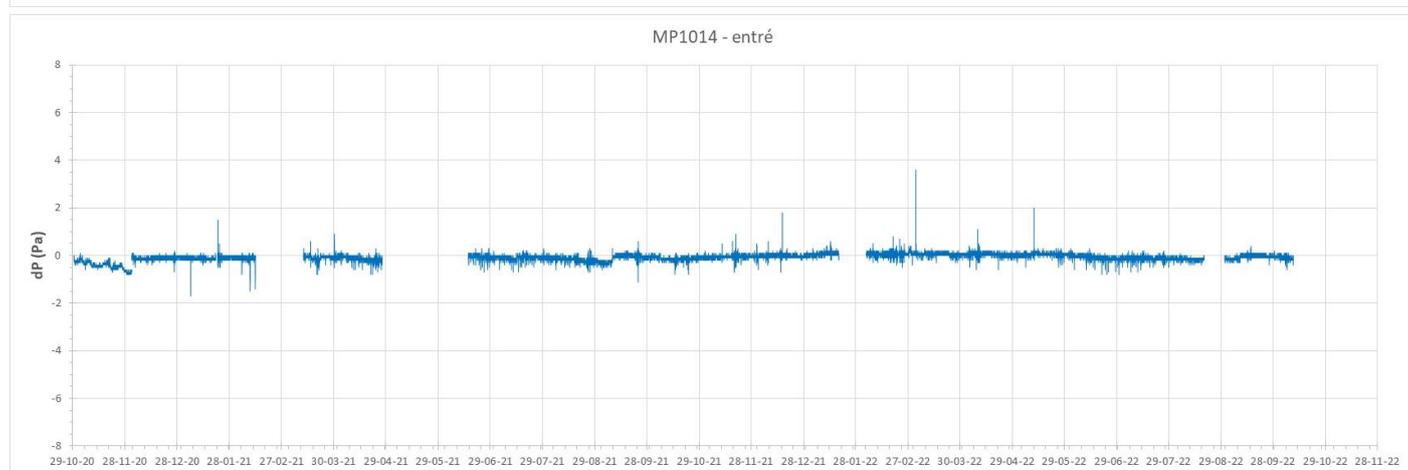
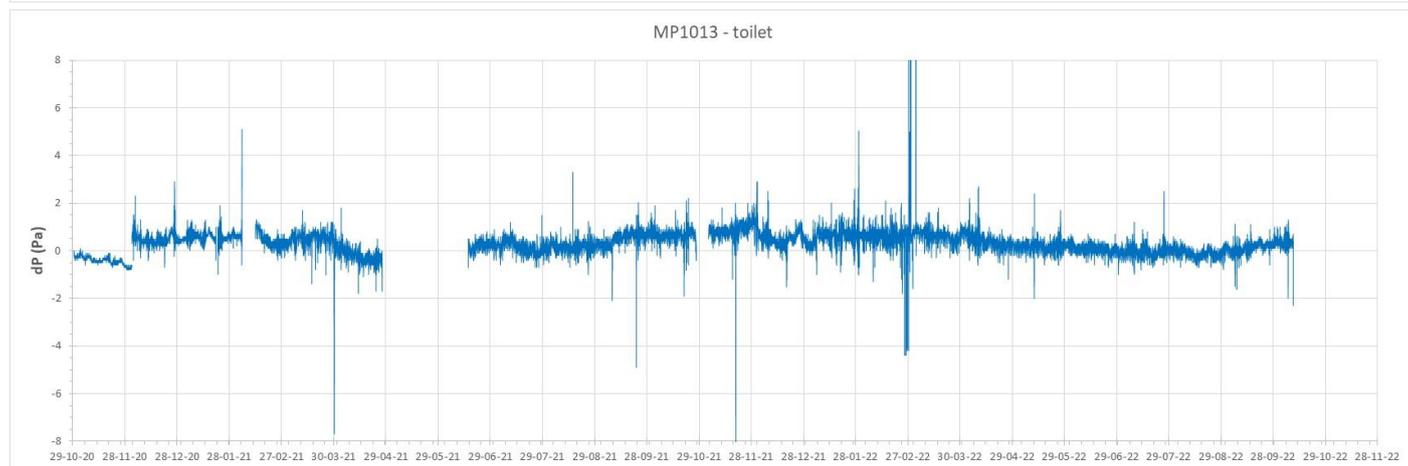
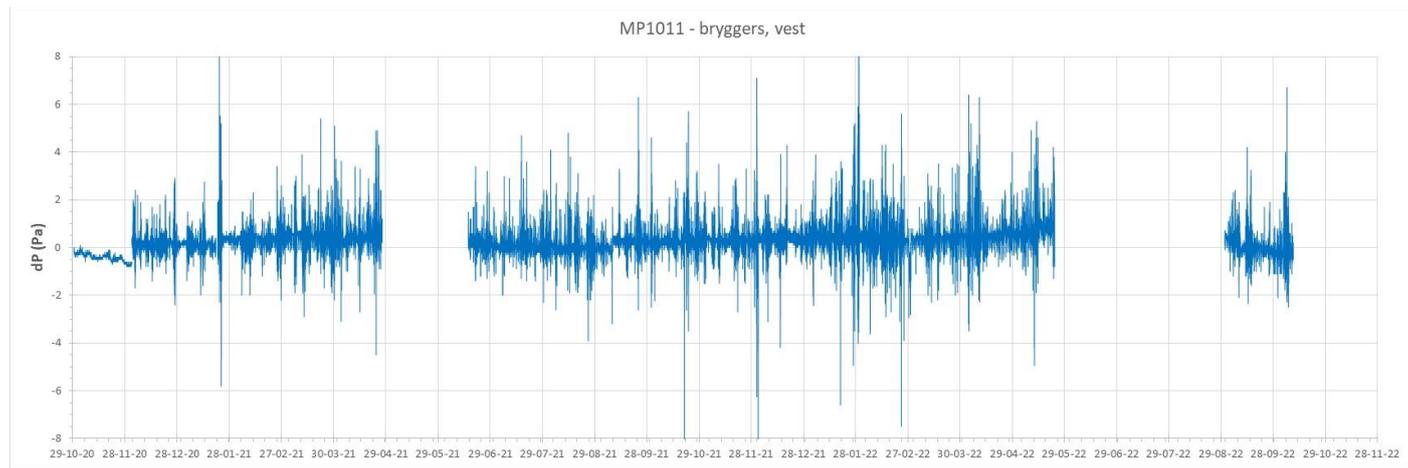
Bilag 2 Tidsserier for Systronik-loggere i Testhuset



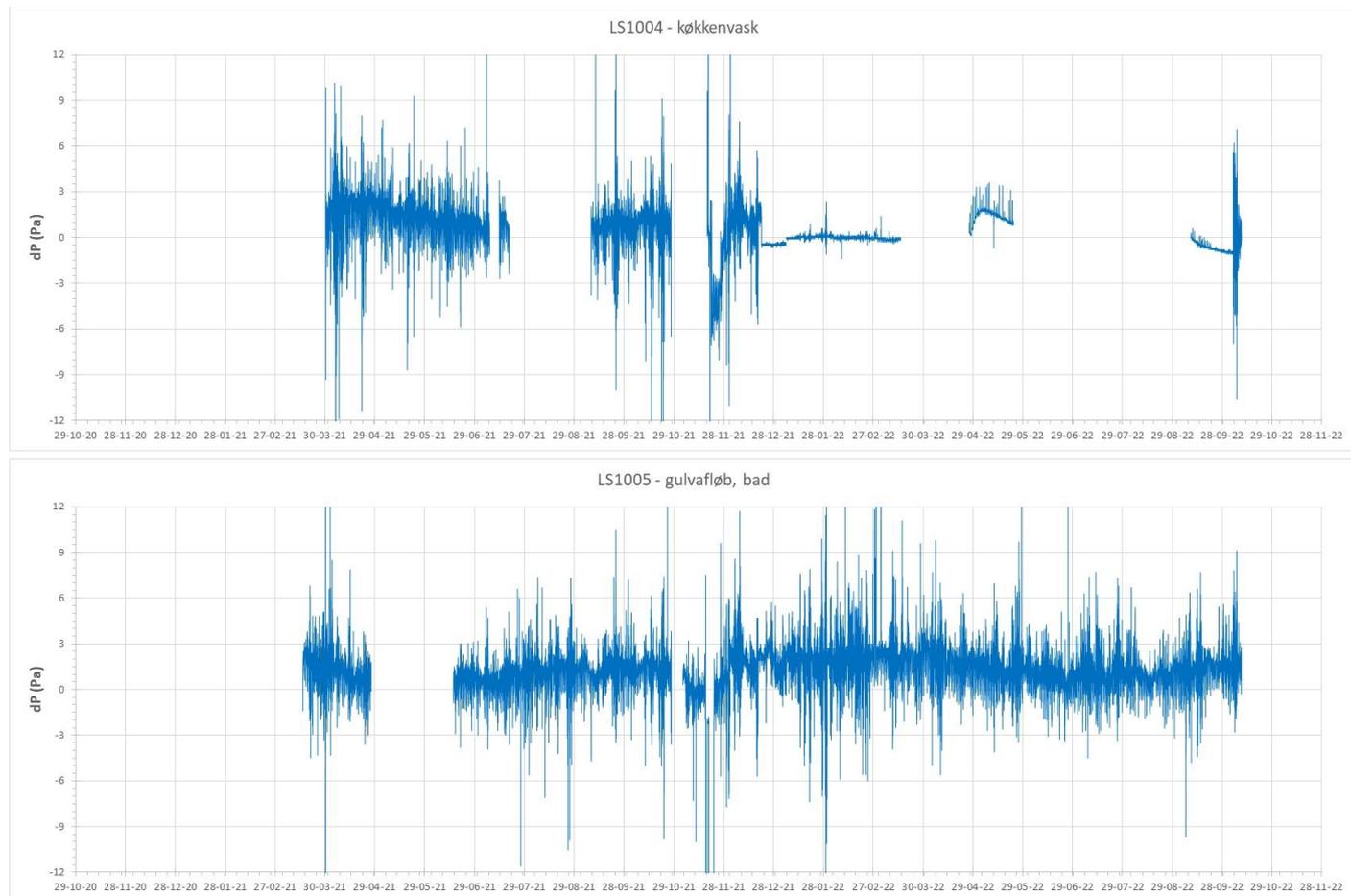
Bilag 2 Tidsserier for Systronik-loggere i Testhuset



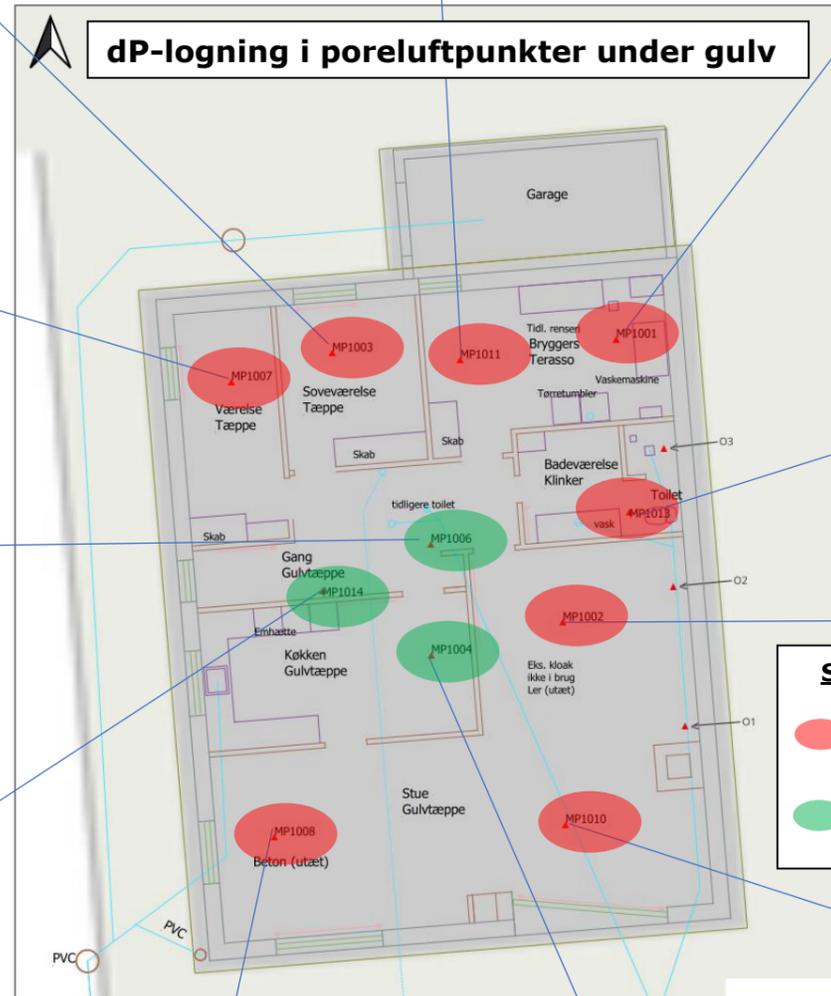
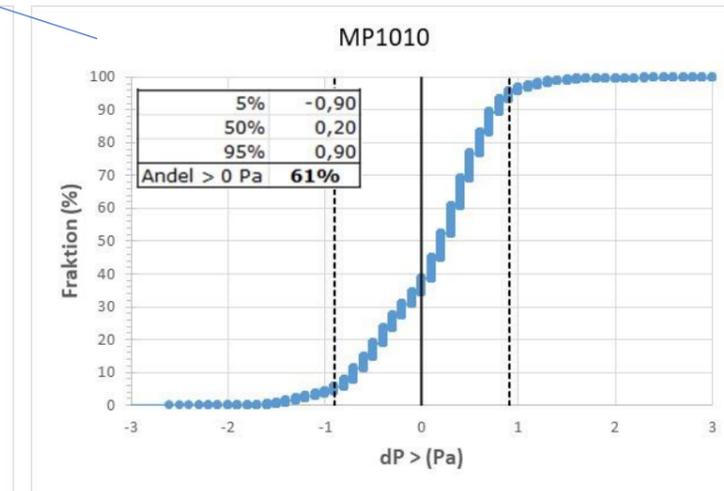
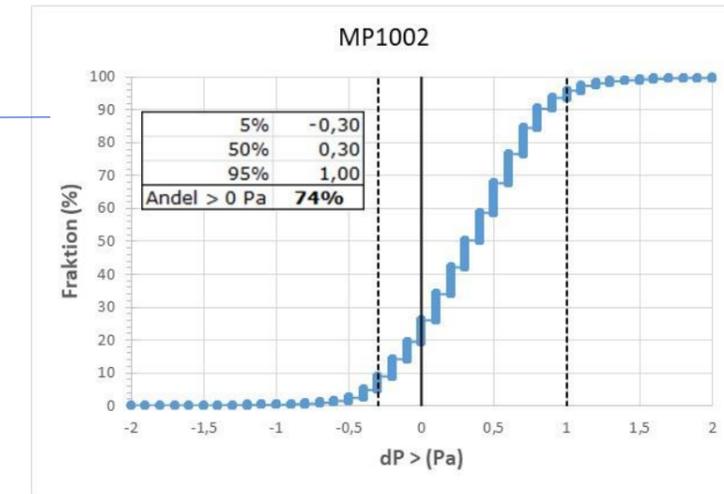
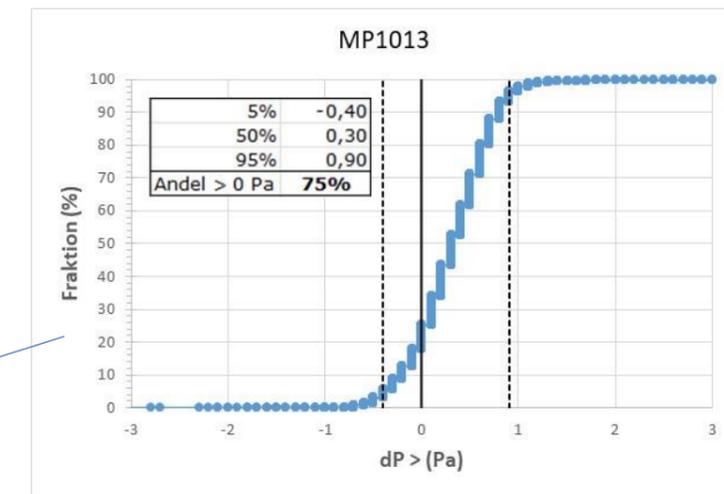
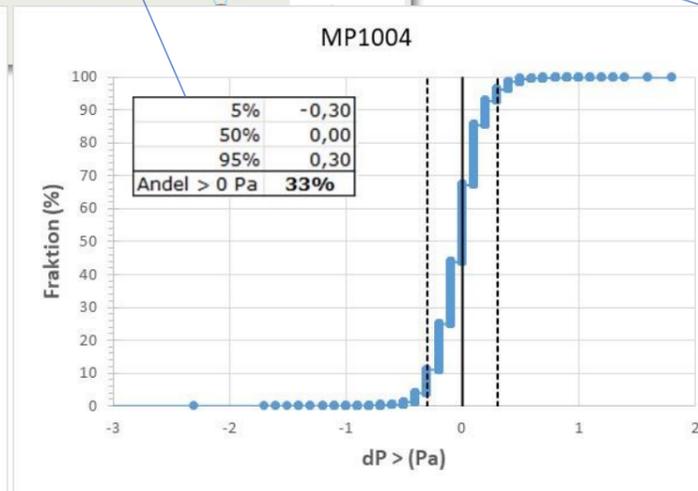
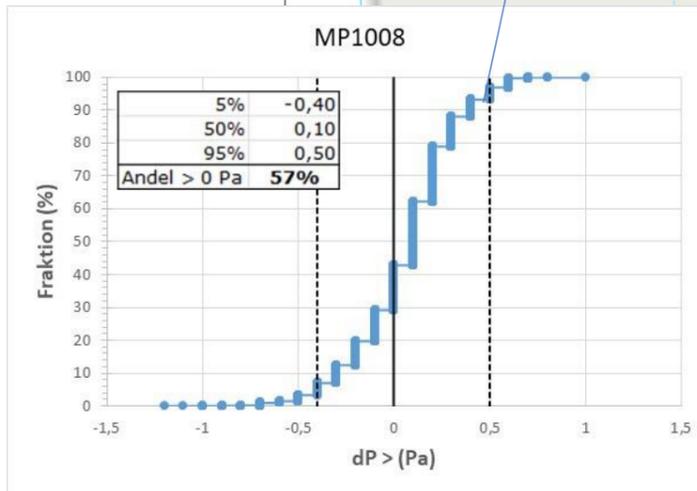
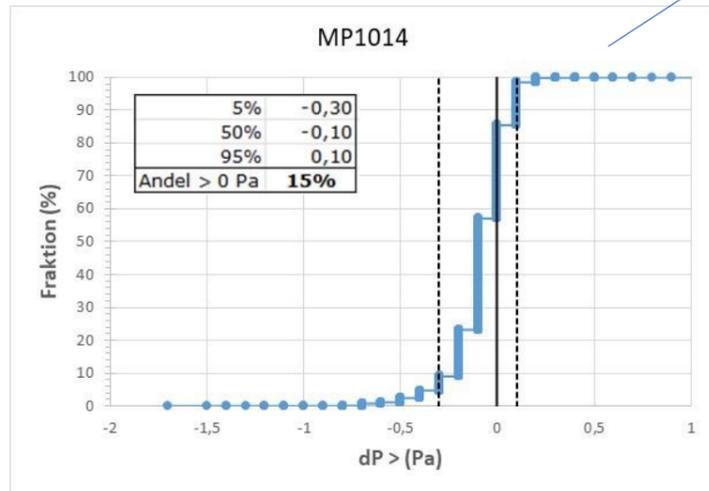
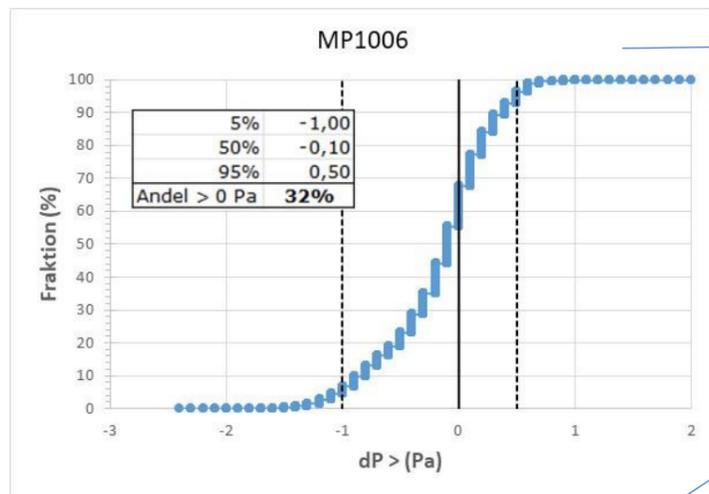
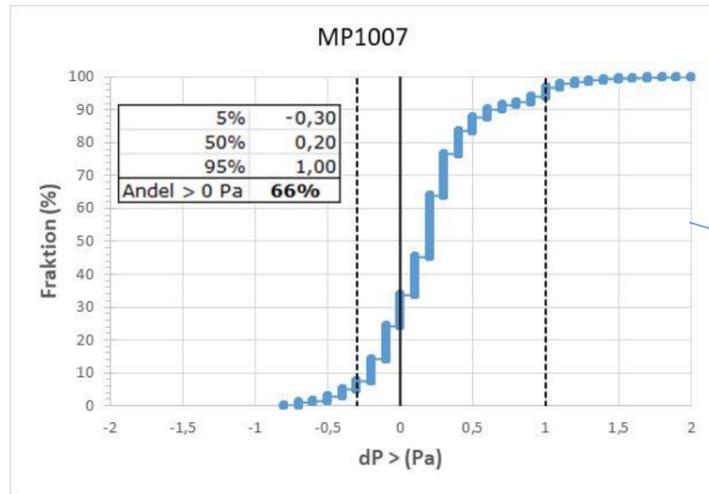
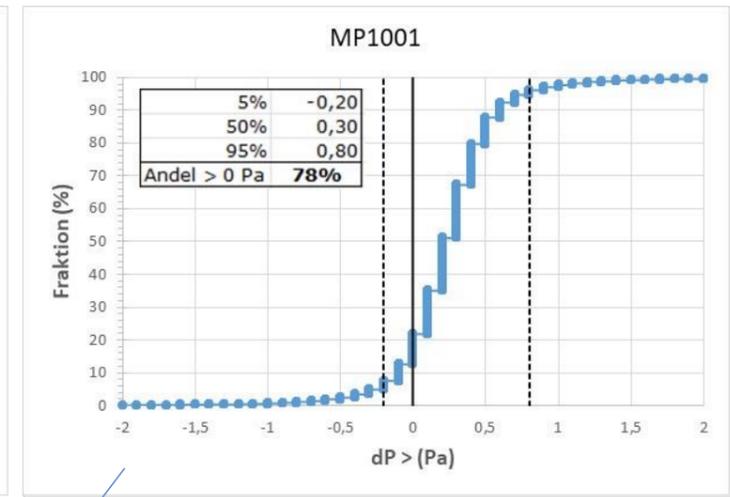
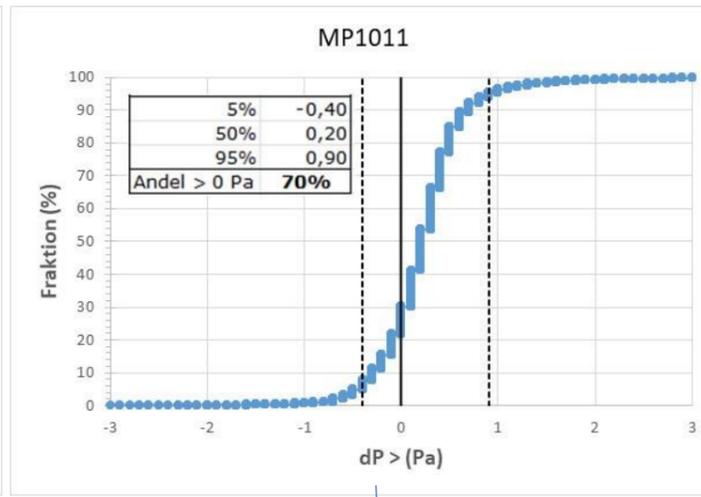
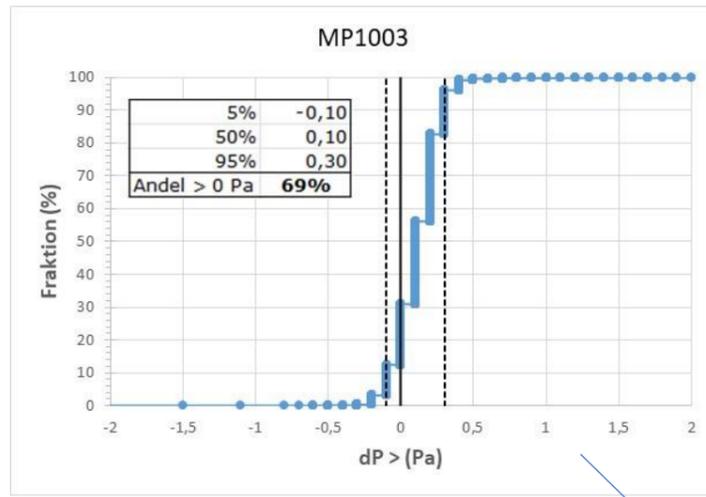
Bilag 2 Tidsserier for Systronik-loggere i Testhuset



Bilag 2 Tidsserier for Systronik-loggere i Testhuset

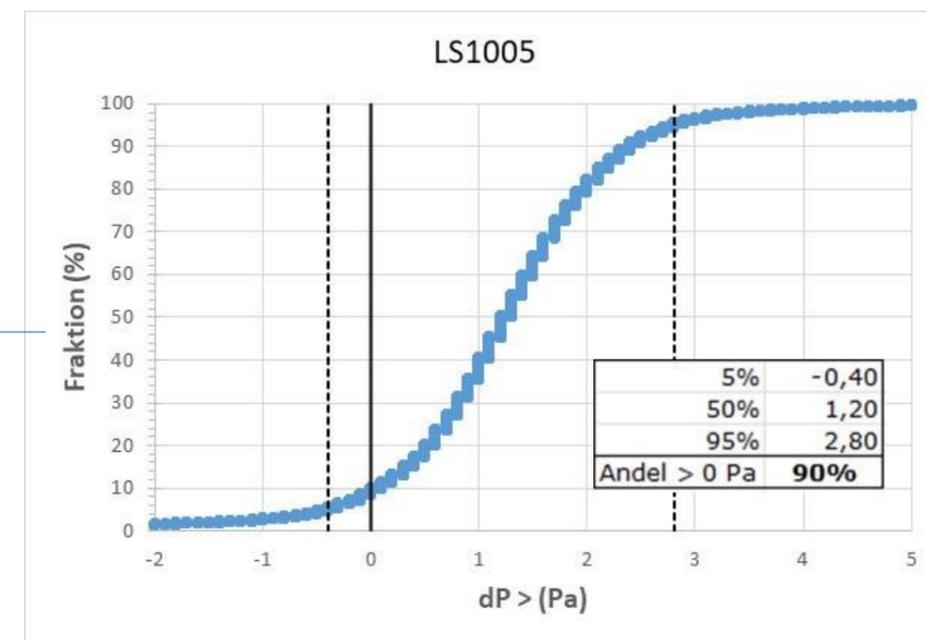
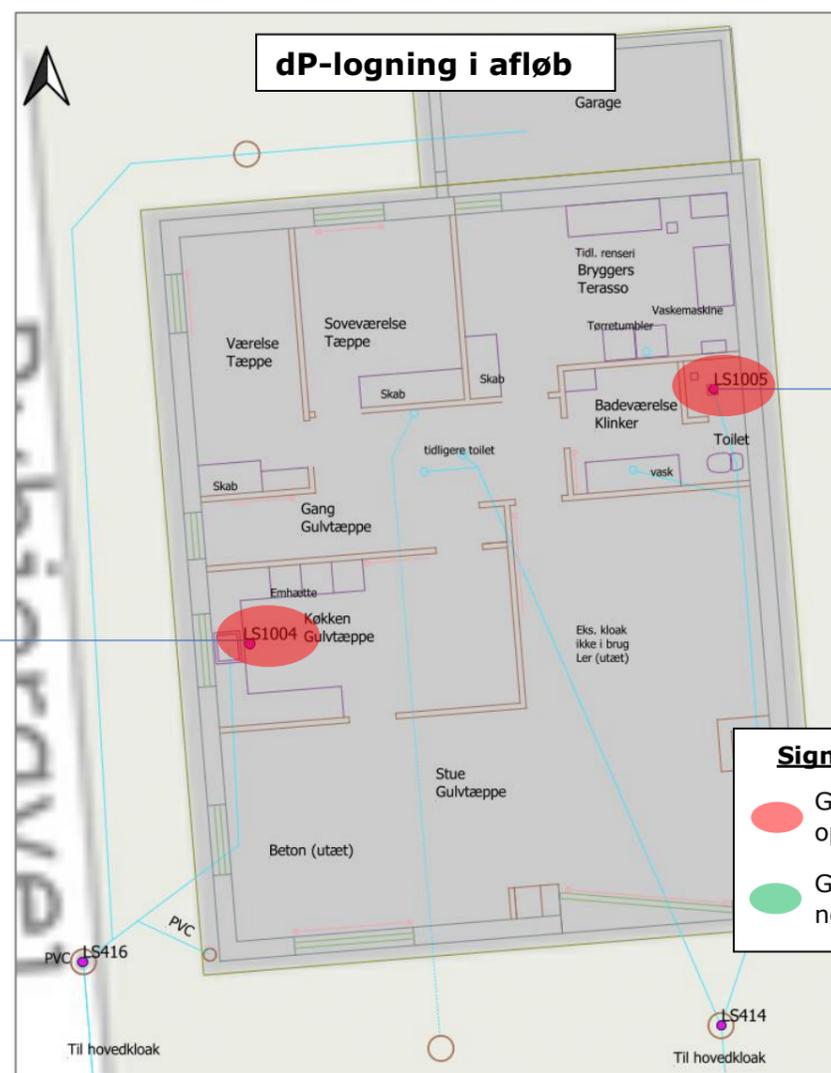
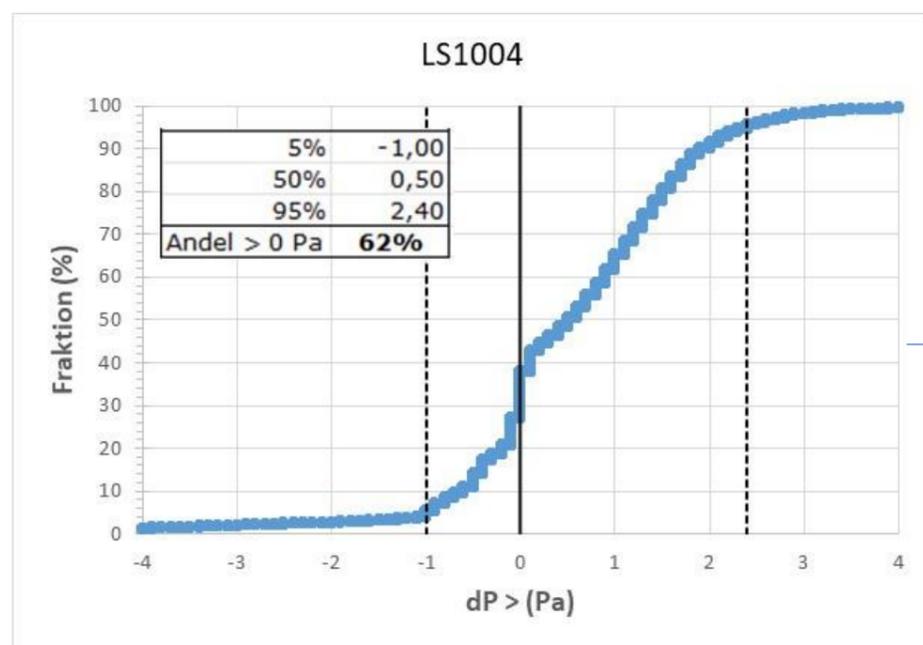


Bilag 3



Signaturforklaring

- Gns. differenstryk opadrettet (>0 Pa)
- Gns. differenstryk nedadrettet (≤0 Pa)

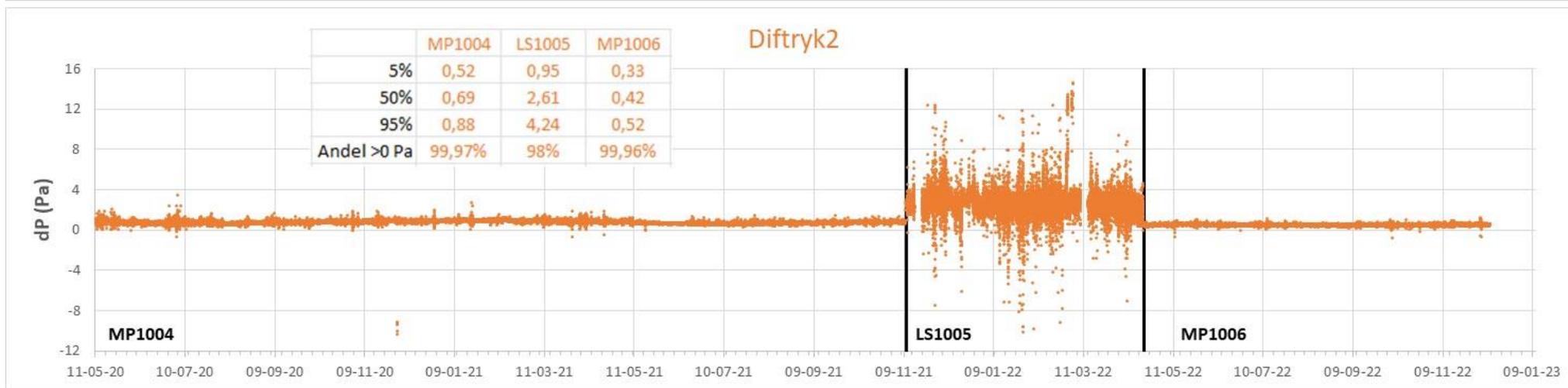
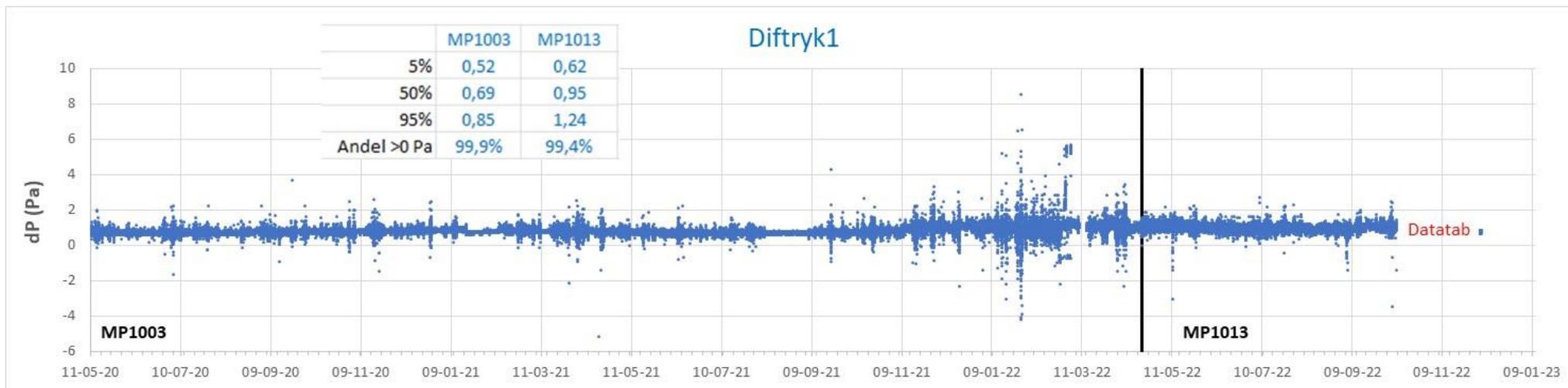


Signaturforklaring

- Gns. differenstryk opadrettet (>0 Pa)
- Gns. differenstryk nedadrettet (≤0 Pa)

Bilag 4

Bilag 4 Tidsserier for IoT-loggere i Testhuset



Bilag 5

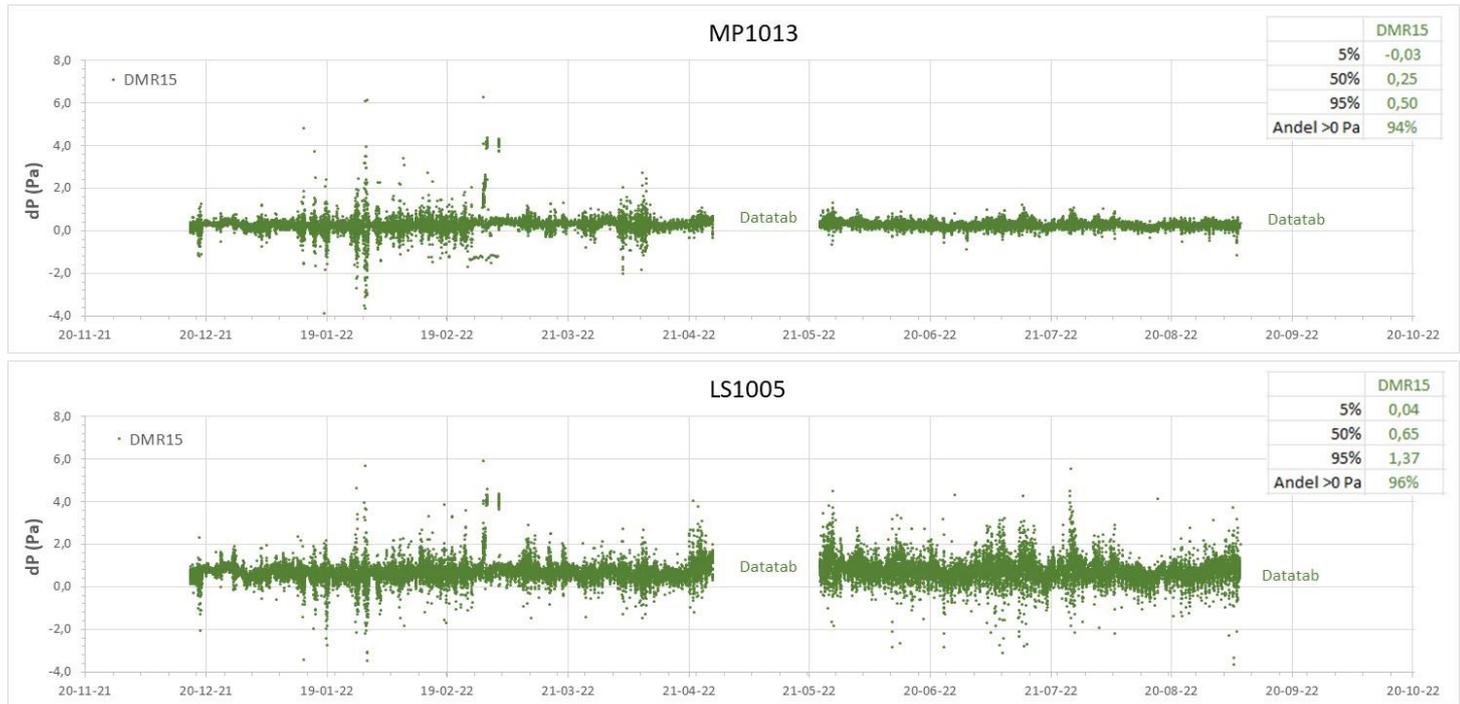
Bilag 5 Tidsserier for DMR-loggere i Testhuset

Loggeroversigt:

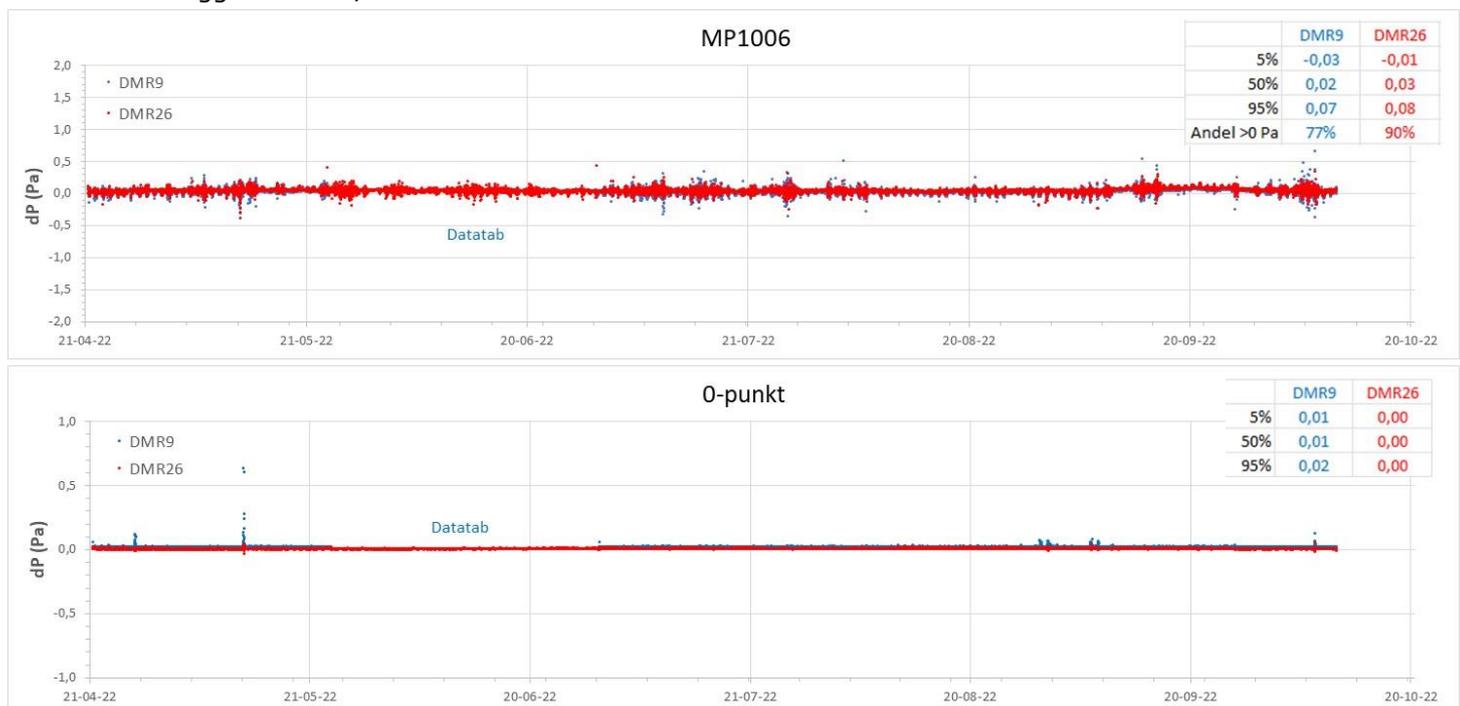
	Port	MP	Midling (15/50)	
Gang	DMR9	dP1	MP1006	15
	DMR9	dP2	0-pkt.	15
	DMR26	dP1	MP1006	50
	DMR26	dP2	0-punkt	50
Badeværelse	DMR13	dP1	LS1005	15
	DMR13	dP2	MP1013	15
	DMR15*	dP1	LS1005	50
	DMR15*	dP2	MP1013	50

* = den der har været i testhuset fra start

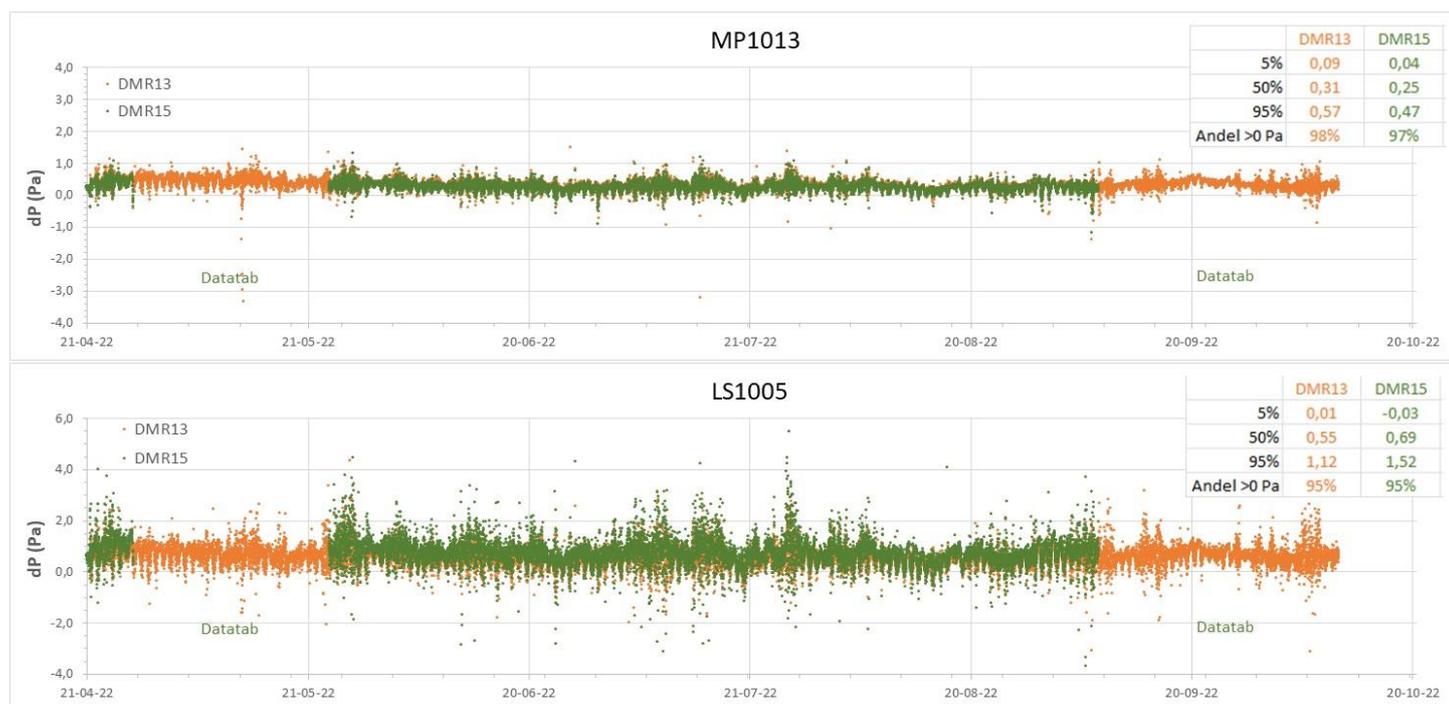
Data fra DMR15 (50-midling) fra 16/12-2021



Data fra alle loggere fra 21/4-2022

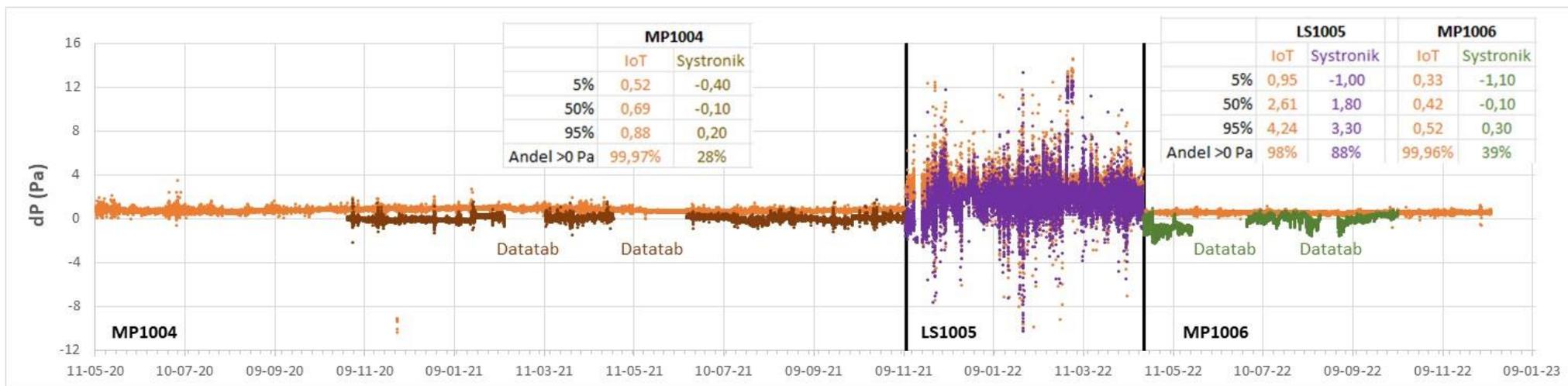
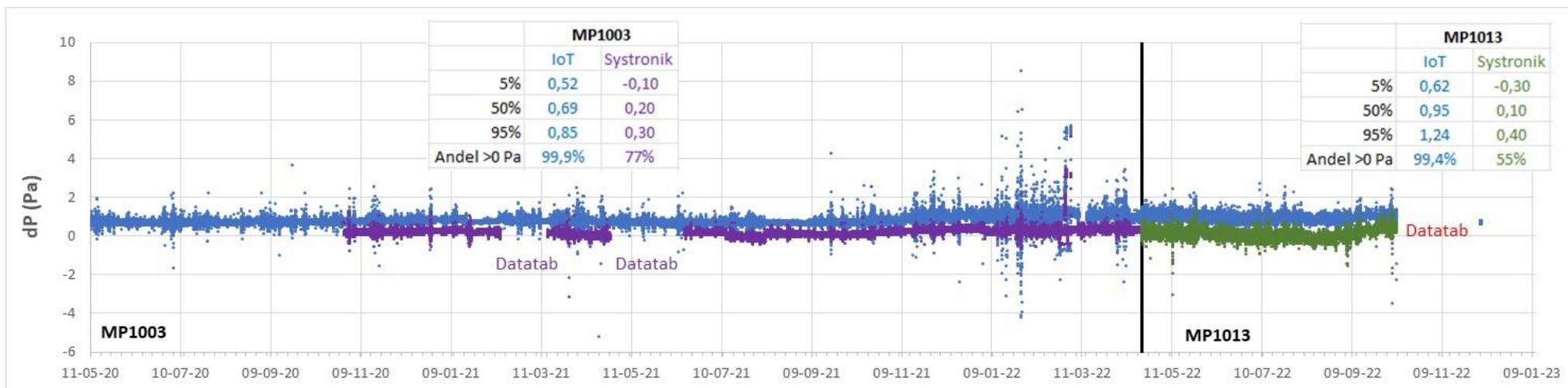


Bilag 5 Tidsserier for DMR-loggere i Testhuset



Bilag 6

Bilag 6 Sammenligning af IoT- og Systronik-loggere



Bilag 7

S4600 ST

Pressure Measuring



BlueLine®

 **Bluetooth®**
SMART



SYSTRONIK

Messtechnologie

The high-precision pressure meters Series S4600 ST® are exclusively suitable for measuring pressure of gaseous, non-aggressive media in non-hazardous areas. Available are six device versions (20 mbar, 150 mbar, 1 bar, 5 bar, 8 bar, 18 bar). The S4600 ST measuring instruments can be used for pressure measurements as well as for leakage and load testscan on gas lines.

Technical specification

Model	Range (mbar)	Pitot (m/s)	Max. Excess pressure (bar)	Resolution (mbar)	Accuracy (% from reading)	Connections
S4601 ST	±150	2 - 50	1.35	0.01 (< 99.99) bzw. 0.1 (> 100) Pitot (m/s): 0.1	0.5 ±1 Digit Pitot: ±0.8 m/s	2x standard (ø 8mm)
S4602 ST	±20	0.5 - 50	0.25	0.001 Pitot (m/s): 0.1	0.5 ±1 Digit Pitot: ±0.3 m/s	2x standard (ø 8mm)
S4610 ST	±1000	-	16	0.1 (< 999.9) bzw. 1.0 (> 1000)	0.5 ±1 Digit	2x standard (ø 8mm)
S4650 ST	±5000	-	16	0.1 (< 999.9) bzw. 1.0 (> 1000)	0.5 ±1 Digit	2x standard (ø 8mm) (optional ø 3 mm Festo)
S4680 ST	±8000	-	16	0.1 (< 999.9) bzw. 1.0 (> 1000)	0.5 ±1 Digit	2x standard (ø 8mm) (optional ø 3 mm Festo)
S4699 ST	±18000	-	28	1	0.5 ±1 Digit	2x standard (ø 8mm) (optional ø 3 mm Festo)

General specification

Dimensions (L x W x D)	66 x 143 x 37 mm
Weight	About 227 g
Material housing	Polyamide (PA)
Reponse time	T 90 < 10 s
Pressure connection	2 x 8 mm or 2 x Festo (3mm)
Temperature environment	0° C or +40° C
Temperature medium	0° C or +40° C
Storage temperature	-20° C to +50° C
Barometric pressure	750 - 1100 hPa

EUROprinter



Easy and fast print of the measuring protocols.

Pressure test valve

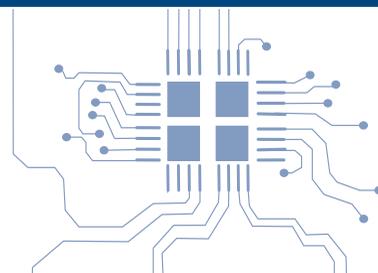


Pressure test valve with quick-coupling and precision metering for easy adjustment of various pressure levels.

Suitcase



All-In One suitcase with space for a lot accessories.



Free-hand working

The ergonomically designed hand-held instrument has an integrated protective cover with three magnets, which also allows hands-free operation.

Different units adjustable

Availability in nine different units (Pa, mbar, hPa, kPa, mmWs, mmHg, inHg, PSI, bar).

Wireless print

An IR interface for wireless connection to an IR printer enables the documentation of the measurement results. Further still is a data interface to external Bluetooth Smart printer available.

Accurate readings

The pressure meter has automatic and manual zero correction as well as an automatic check routine. The built-in barometric pressure sensor and the internal temperature compensation provide highly accurate readings.

Clear presentation

A large TFT color screen gives brilliant visualization and simultaneous display of four readings. Menu navigation assisted by colored icons. And versatile adjustable settings and alarm limits.

Flow

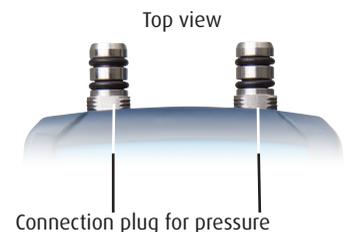
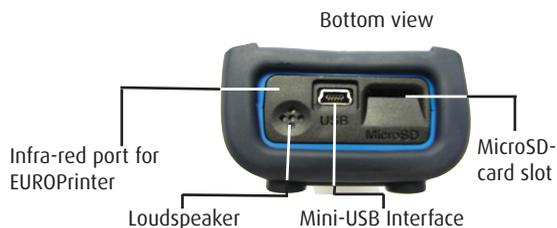
The pressure gauges ST S4601 and S4602 ST can optionally be used for flow velocity measurements (Pitot). With input of channel geometries with the air velocity (m/sec, km/h) and the flow rate (m³/h, m³/s l/s) are displayed.

Data processing apps

Easily display and processing of the measured values by the EuroSoft mobile app for Android and iOS.

Storage of measured values

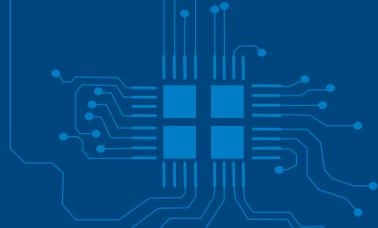
All measured data can be stored on the MicroSD card and transferred to a PC or be logged with the optional data logger function over long periods of time.



EuroSoft mobile EuroSoft mobile



SYSTRONIK
Messtechnologie



SYSTRONIK GmbH is specialized in development and production high quality measuring instruments for fl ue gas analysis, testing and maintaining HVAC installations, climate technology and environmental technology.

All SYSTRONIK products meet the highest standards for quality, reliability and safety. Our facilities are certified to full operational requirements of the ISO 9001 quality standard. We are constantly striving to improve our quality assurance position with input from periodic audits by independent experts required for continued ISO 9001 certification.



Distributor:

BlueLine®

Subject to change - Systronik v17001

The Bluetooth® word mark and logo are owned by Bluetooth SIG, Inc.
The use of this marks is under license by Systronik
Google Play is a trademark of Google Inc.

Member of AFRISO-EURO-INDEX Group

SYSTRONIK Elektronik und Systemtechnik GmbH
GewerbestraÙe 57 · D-88636 Illmensee

Telephone +49 7558 / 9206-0 · Fax +49 7558 / 9206-20
info@systronik.de · www.systronik.com

SYSTRONIK
Messtechnologie

Datasheet SDP1000

Low Range Differential Pressure Sensor for Air and Non-Aggressive Gases

- For HVAC and medical OEM applications
- Unsurpassed performance thanks to CMOSens® technology
- Offset and hysteresis free
- Excellent accuracy and reproducibility even below 10 Pa
- Fully calibrated and temperature compensated
- Linear or square root extracted output characteristics available
- Not sensitive to the mounting orientation
- Direct PCB mounting with simple snap-on system



Datasheet – v5.1

SDP1000 Product Summary

The SDP1000 differential pressure sensors for air cover the following measurement ranges: -5 to 125 Pa (0.5 inch H₂O), and -20 to 500 Pa (2 inch H₂O).

Mounted in a rugged, chemically inert PPS housing the SDP1000 differential pressure sensors feature a unique dynamic range, zero offset and unsurpassed long term stability. This makes it an ideal fit for demanding yet cost sensitive OEM applications in HVAC and medical equipment.

The devices are supplied with 5.0 V and provide a 0.25...4.0 V output. Although the output of the SDP1000 differential pressure sensor is analog, the internal linearization and temperature compensation is performed digitally. This results in a superior accuracy, outstanding resolution, and lowest temperature dependence.

Since fully exchangeable just a few external electronic components around the SDP1000 make a high quality

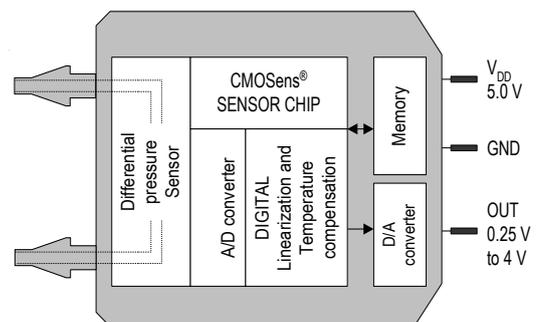
differential sensor transmitter with e.g. an 0...10 V output or other interfaces.

Its leading performance is based on Sensirion's proprietary CMOSens® sensor technology which combines the sensor element with amplification and A/D conversion on one single silicon chip. The differential pressure is measured by a thermal sensor element. In contrast to other thermal differential pressure sensors only a very small amount of air is required. This leads to a reliable operation even under harsh conditions. In comparison to membrane based sensors the SDP1000 differential pressure sensors show an extended measurement range, better offset stability and improved reproducibility even at lowest pressure ranges. In addition, the SDP1000 is robust against pressure bursts and shows no sensitivity to the mounting orientation.

Applications

- Medical
- HVAC
- Automotive
- Process Automation

Block Diagram



1 Specifications

Table 1: Sensor specifications (at 23°C and $p_{absolute} = 966\text{mbar}$, $VDD = 5.0\text{ V}$ unless otherwise noted).

Parameter	SDP1000-L025			SDP1000-L05			SDP1000-L			Unit
	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Measurement range	-62		62	-5		125	-20		500	Pa
	-0.25		0.25	-0.02		0.5	-0.08		2	Inch water
Power supply (see Tab 4)	4.75	5.00	5.25	4.75	5.00	5.25	4.75	5.00	5.25	V
Full scale output (100 kΩ load)	Typ. 4.00V at +62Pa Typ. 0.20V at -62Pa						4.00			V
Zero Pressure Output	2.10			0.250			0.250			V
Accuracy (also see Figure 1)	0.5			0.2			0.1			% FS ⁽¹⁾⁽²⁾
	1.5			1.5			1			% m.v. ⁽¹⁾
Repeatability	0.3			0.3			0.3			% m.v. ⁽¹⁾
Offset stability	0			0			0			Pa / year
Additional error over temperature (T ≠ 23°C)	0.003			0.003			0			% FS/°C ⁽²⁾
	0.03			0.03			0.03			% m.v./°C
Resolution < 30% FS ⁽¹⁾							0.05	0.1	0.2	Pa
Resolution 30..70% FS ⁽¹⁾	0.05	0.1	0.2	0.05	0.1	0.2	0.2	0.5	1.5	Pa
Resolution > 70% FS ⁽¹⁾							1.5	2.2	3	Pa

(1) FS = full scale or span, m.v. = measured value, i.e. reading, whichever value is bigger

(2) FS = full scale or span, i.e. for the SDP1000-L it is 500 Pa (2 "H2O), for the SDP1000-L025 it is 62 Pa (0.25 "H2O)

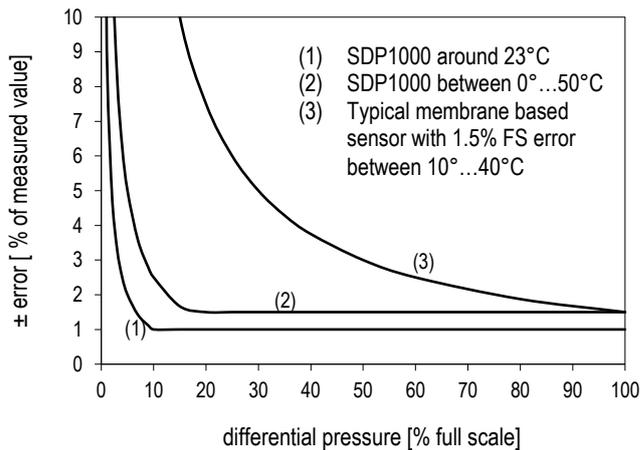


Figure 1: Accuracy (includes errors caused by offset, linearity, hysteresis and repeatability) of the SDP1000-L (1), (2) compared with typical membrane sensors (3).

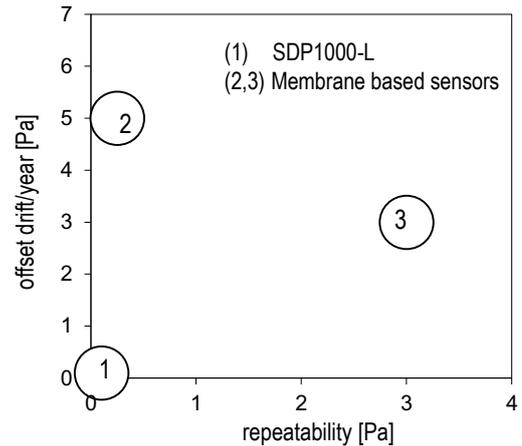


Figure 2: Max. repeatability and offset drift/year of the SDP1000-L (1) compared with two typical membrane based sensors (2,3).

Table 2: Additional sensor specifications.

Media	Air, N ₂ – for other gases contact Sensirion AG.
Operating Conditions: - Temperature - Humidity	-10 °C ... +60 °C / 14°F ... 140 °F non-condensing
Ambient storage conditions ¹	-40 °C ... +80 °C / -40°F ... 176 °F
Orientation sensitivity	below resolution
Response time	40 ms
Admissible overpressure (short term)	1 bar (14.5 PSI)
Burst Pressure Capability	2 bar (29 PSI)
Weight	14 g
Protection Class	IP 20
Wetted materials	Glass (silicon nitride, silicon oxide), Silicon, PPS (Polyphenylene Sulfide), PEEK (Polyetheretherketone), FR4, Silicone as static sealing, Epoxy, Gold
Gas flow through sensor	see Figure 6.
REACH and RoHS	REACH and RoHS compliant

⁽¹⁾ For maximum 2 weeks

1.1 Temperature Compensation

The SDP1000 differential pressure sensors feature a sophisticated built-in temperature compensation circuit. The temperature is measured on the CMOSens chip by means of a PTAT bandgap reference temperature sensor. Its data is fed into a compensation circuit which is also integrated on the CMOSens[®] sensor chip. No external temperature compensation is therefore required.

1.2 Altitude Correction

The SDP1000 differential pressure sensors achieve their unsurpassed performance by using a dynamic measurement principle, i.e. an applied differential pressure forces a small air flow through the sensor. This results in a dependence of the indicated differential pressure on the ambient air density. While the temperature effect is compensated (see Paragraph 1.1) the altitude above sea level has an influence on the SDP1000 output. If desired, this effect can be compensated by a correction factor according to the following equation:

$$Dp_{eff} = Dp_{sensor} + P_{cal} / P_{amb}$$

where Dp_{eff} is the effective differential pressure, Dp_{sensor} the differential pressure indicated by the SDP1000, P_{cal} the absolute pressure during calibration (966 mbar) and P_{amb} the actual ambient absolute pressure.

This leads to the following correction factors:

Table 3: Altitude correction factors.

Altitude [meter]	Ambient Pressure (P_{amb}) [mbar]	Correction Factor P_{cal} / P_{amb}
0	1013	0.95
250	984	0.98
425	966	1.00
500	958	1.01
750	925	1.04
1500	842	1.15
2250	766	1.26
3000	697	1.38

Example:

The SDP1000 is used at 750 m above sea level. The output of the SDP1000 shows 0.5 V, which corresponds to $Dp_{sensor} = 33.3$ Pa. Taking into account the correction factor $P_{cal} / P_{amb} = 1.04$ the effective differential pressure Dp_{eff} is $33.3 \text{ Pa} * 1.04 = 34.6$ Pa.

Note:

In many HVAC applications such as filter monitoring, fan/ventilator control or air flow measurement the described effect is actually welcome since at the end the mass flow and not volume flow is the effective value to control.

2 Electrical Specifications

2.1 Power Supply

The SDP1000 differential pressure sensors require a stable voltage supply of 5 V. Influence of the supply voltage variation on the offset and the sensitivity are given in Table 5.

2.2 Voltage Output

The SDP1000 features a voltage output from 0.25 V to 4.0 V (Figure 2). An output voltage below 0.25 V indicates a negative differential pressure. This range is not calibrated however. Exempt from this statement is the SDP1000-L025, which features a fully bidirectional calibration with 0.2 to 4.0 V output.

The resistive load at the output pin should be larger than 20 kOhm. The capacitive load at the output pin must not be larger than 200 pF. If the design shows a larger capacity at the output pin an additional resistor is required in series at the output (e.g. 620 Ohm).

Linear output

Formula: $P = \text{Ifactor} * (\text{voltage}^{(1)} - 0.250)/3.750$

Ifactor =	SDP1000-L05	SDP1000-L
Pascal	125	500
Inch water	0.5	2

⁽¹⁾ voltage: measured output voltage in Volt.

For bi-directional SDP1000-L025

Formula: $P = \text{Ifactor} * (\text{voltage} - 2.10)/1.90$

Ifactor = 62 Pa or 0.25 Inch water

Table 4: SDP1000 electrical characteristics.

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Power Supply Voltage V_{DD}		4.75	5.0	5.25	VDC
Operating Current	5 V, no load, zero flow		4.3	5.2	mA
Output capacitive load C_{load}			20	200	pF
Recommended load R_{load}	To GND	20	100	∞	k Ω

Table 5: Typical power supply dependence of the offset and the sensitivity.

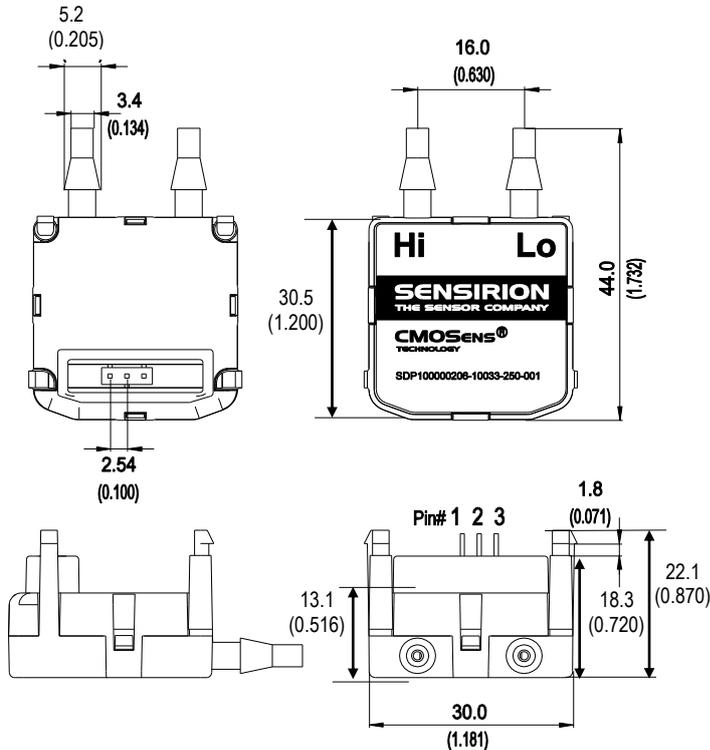
Parameter	Device	4.75 V	5.0 V	5.25 V	Units
Offset	SDP1000-L025	- 3.5		+ 3.5	Pa
	SDP1000-L05	- 0.4		+ 0.4	
	SDP1000-L	- 1.6		+ 1.6	
Sensitivity	SDP1000-L025	29.0	30.6	32.2	mV/Pa
	SDP1000-L05	28	30	32	
	SDP1000-L	7.1	7.5	7.9	

3 Physical Dimensions and Mounting Information

3.1 Housing

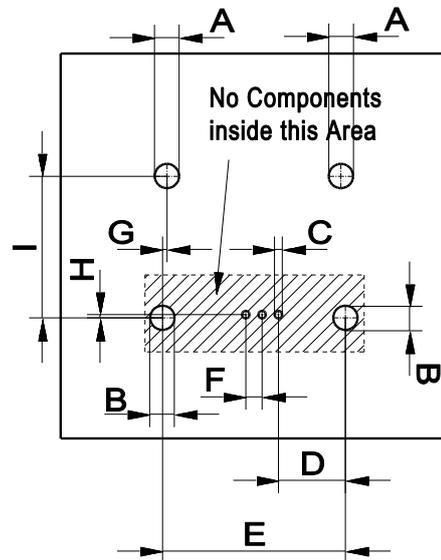
The SDP1000 differential pressure sensor is mounted in chemically inert PPS housing. The rugged package has been designed to withstand continuous overpressures of at least 1 bar (14.5 PSI). Burst pressure is > 2 bar (29 PSI)

The physical dimensions and mounting information is given in Figure 4 and 5.



Pin#	Function
1	VDD (5 Vdc)
2	Ground
3	OUT (0.25...4 Vdc)

Figure 4: Pin out and physical dimensions in mm (inch). The drawing is not to scale.



Dim.	[mm]	[inch]	[mil]
A	3.00	0.118	118
B	3.30	0.130	130
C	1.20	0.047	47
D	10.20	0.402	402
E	28.20	1.110	1110
F	2.54	0.100	100
G	0.60	0.024	24
H	0.50	0.020	20
I	22.70	0.894	894

Figure 5: SDP1000 PCB footprint. The drawing is not to scale.

3.2 Soldering Instructions

The SDP1000 differential pressure sensor can be wave soldered. Direct reflow soldering is not recommended since it may affect the accuracy. If reflow soldering is required Sensirion recommends to use an SMD connector (e.g. type Samtec SSM-103-L-SV) and to mount the SDP1000 after soldering.

3.3 Connecting Hose

Sensirion recommends a hose with an inner diameter of 1/8 to 3/20 inch (3.18 to 3.8mm). Due to the dynamic measurement principle, a small air flow is

required (Figure 6) which leads to a dependence on the length of the hose (Figure 7). Tubes up to 1 m show less than 1 % error of the measured value (Figure 7).

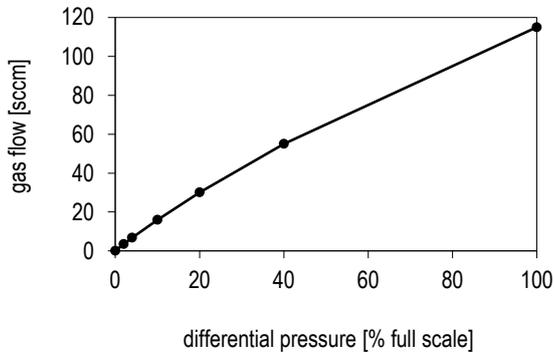


Figure 6: Typical air flow through the SDP1000. Please note: 1 sccm = 1 cm³/min at 0°C and 1013 mbar pressure (1 sccm = 0.001 norm liter).

Length of the connecting hose	Deviation of Measured Value
0.5 m (20 inch)	- 0.4 %
1.0 m (40 inch)	- 0.8 %
2.0 m (80 inch)	- 1.6 %
4.0 m (160 inch)	- 3.2 %

4,76 mm id

Figure 7: Influence of the length of the connecting hose on the accuracy (using 3/16 inch inner diameter). Example: a 50 Pa difference pressure is shown as 49.8 Pa when using 0.5 m tube with 3/16 inch diameter.

4 Ordering Information

When ordering SDP1000 differential pressure sensors please refer to the following part names and article numbers. For the latest product information and local distributor check out Sensirion's website on <http://www.sensirion.com>

Table 6: Overview ordering information

Part Name	Output	Range (Full Scale)				Article Number
		\pm 62 Pa	\pm 0.62 mbar	\pm 0.25 "H ₂ O	\pm 0.009 PSI	
SDP1000-L025	Voltage 0.2 – 4.0 V, linear	\pm 62 Pa	\pm 0.62 mbar	\pm 0.25 "H ₂ O	\pm 0.009 PSI	1-100313-03
SDP1000-L05	Voltage 0.25 - 4.0 V, linear	125 Pa	1.25 mbar	0.5 "H ₂ O	0.018 PSI	1-100235-03
SDP1000-L	Voltage 0.25 - 4.0 V, linear	500 Pa	5 mbar	2 "H ₂ O	0.07 PSI	1-100110-03

5 Revision history

Table 7: Revision history

Date	Version	Page(s)	Changes
November 2002	Preliminary v0.9	all	First preliminary release
January 2003	First release	all	Specifications, typos, various small modifications
December 2004	V2.6	all	Introduction type L05
Juni 2005	V2.7	all	Change of address, adjusted specifications for type L05
March 2006	V2.8	all	Introduction of Sensirion USA address, updated disclaimer
March 2006	V2.9	2,6	New Calibration temperature: 23°C. Change of barbs/ports diameter specification
October 2006	V3.0	1,8,9	RoHS statement, Introduction of revision history in this document
May 2008	V3.1	All	RoHS statement on page 3, New disclaimer on page 10, Contact addresses updated, Various small modifications, Inconsistency in Zero Pressure / Full Scale Output corrected
September 2008	V4.0	2-5,8	SDP2000-R discontinued, new SDP1000-L025 implemented, power consumption, power supply dependence and temperature dependence changed due to new SF04 sensor chip version, article number index counted up due to new sensor chip version. Small linguistic adaptations.
October 2011	V4.1	1	Block diagram changed
February 2013	V5	all	Updated product number. Minor updates.
April 2017	V5.1	all	Removed SDP1000-R and moved SDP2000-L to separate datasheet No changes to SDP1000 specifications

Important Notices

Warning, personal injury

Do not use this product as safety or emergency stop devices or in any other application where failure of the product could result in personal injury (including death). Do not use this product for applications other than its intended and authorized use. Before installing, handling, using or servicing this product, please consult the datasheet and application notes. Failure to comply with these instructions could result in death or serious injury.

If the Buyer shall purchase or use SENSIRION products for any unintended or unauthorized application, Buyer shall defend, indemnify and hold harmless SENSIRION and its officers, employees, subsidiaries, affiliates and distributors against all claims, costs, damages and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if SENSIRION shall be allegedly negligent with respect to the design or the manufacture of the product.

ESD Precautions

The inherent design of this component causes it to be sensitive to electrostatic discharge (ESD). To prevent ESD-induced damage and/or degradation, take customary and statutory ESD precautions when handling this product.

See application note "Handling Instructions" for more information.

Warranty

SENSIRION warrants solely to the original purchaser of this product for a period of 12 months (one year) from the date of delivery that this product shall be of the quality, material and workmanship defined in SENSIRION's published specifications of the product. Within such period, if proven to be defective, SENSIRION shall repair and/or replace this product, in SENSIRION's discretion, free of charge to the Buyer, provided that:

- notice in writing describing the defects shall be given to SENSIRION within fourteen (14) day after their appearance;

- such defects shall be found, to SENSIRION's reasonable satisfaction, to have arisen from SENSIRION's faulty design, material, or workmanship;
- the defective product shall be returned to SENSIRION's factory at the Buyer's expense; and
- the warranty period for any repaired or replaced product shall be limited to the unexpired portion of the original period.

This warranty does not apply to any equipment which has not been installed and used within the specifications recommended by SENSIRION for the intended and proper use of the equipment. EXCEPT FOR THE WARRANTIES EXPRESSLY SET FORTH HEREIN, SENSIRION MAKES NO WARRANTIES, EITHER EXPRESS OR IMPLIED, WITH RESPECT TO THE PRODUCT. ANY AND ALL WARRANTIES, INCLUDING WITHOUT LIMITATION, WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, ARE EXPRESSLY EXCLUDED AND DECLINED.

SENSIRION is only liable for defects of this product arising under the conditions of operation provided for in the datasheet and proper use of the goods. SENSIRION explicitly disclaims all warranties, express or implied, for any period during which the goods are operated or stored not in accordance with the technical specifications.

SENSIRION does not assume any liability arising out of any application or use of any product or circuit and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. All operating parameters, including without limitation recommended parameters, must be validated for each customer's applications by customer's technical experts. Recommended parameters can and do vary in different applications.

SENSIRION reserves the right, without further notice, (i) to change the product specifications and/or the information in this document and (ii) to improve reliability, functions and design of this product.

Copyright © 2001 -2017, SENSIRION.

CMOSens® is a trademark of Sensirion

All rights reserved

Headquarters and Subsidiaries

SENSIRION AG
Laubisruetistr. 50
CH-8712 Staefa ZH
Switzerland

phone: +41 44 306 40 00
fax: +41 44 306 40 30
info@sensirion.com
www.sensirion.com

Sensirion Taiwan Co. Ltd.
phone: +41 44 306 40 00
info@sensirion.com

Sensirion Inc., USA
phone: +1 312 690 5858
info-us@sensirion.com
www.sensirion.com

Sensirion Japan Co. Ltd.
phone: +81 3 3444 4940
info-jp@sensirion.com
www.sensirion.co.jp

To find your local representative,
please visit
www.sensirion.com/contact

Sensirion Korea Co. Ltd.
phone: +82 31 337 7700~3
info-kr@sensirion.com
www.sensirion.co.kr

Sensirion China Co. Ltd.
phone: +86 755 8252 1501
info-cn@sensirion.com
www.sensirion.com.cn

Sensirion SDP610 differenstryksensor

SENSIRION
THE SENSOR COMPANY

SDP600 Series (SDP6xx/5xx) Low-cost Digital Differential Pressure Sensor

- Accuracy better than 0.2% FS near zero
- Digital output (I²C)
- Excellent repeatability, even below 10 Pa
- Calibrated and temperature compensated
- Excellent long-term stability
- Flow measurement in bypass configuration



Product Summary

The SDP600 sensor family is Sensirion's series of digital differential pressure sensors designed for high-volume applications. They measure the pressure of **air and non-aggressive gases** with superb accuracy and no offset drift. The sensors cover a **pressure range of up to ±500 Pa** (±2 inch H₂O / ±5 mbar) and deliver **outstanding accuracy** even at the bottom end of the measuring range.

The SDP600 series operates from a 3.3 Vdc supply voltage and features a digital 2-wire interface, which makes it easy to connect directly to a microprocessor. The signal is internally **linearized** and **temperature compensated**.

The outstanding performance of these sensors is based on Sensirion's **patented CMOSens[®] sensor technology**, which combines the sensor element, signal processing and digital calibration on a tiny microchip. The differential pressure is measured by a thermal sensor element using flow-through technology. Compared with membrane-based sensors, the SDP600 features an **extended dynamic range**, better **long-term stability**, and improved repeatability, especially near zero.

The well-proven CMOS technology is perfectly suited for high-quality mass production and is the ideal choice for **demanding** and **cost-sensitive OEM applications**.

Applications

- Medical
- HVAC
- Automotive
- Process automation
- Burner control

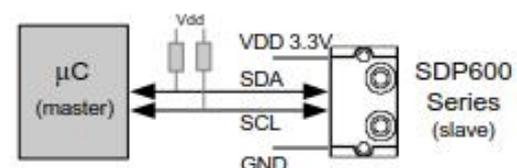
New versions

- Low pressure versions SDP600/610-125Pa and SDP600/610-25Pa are suited to measure very low and ultra low differential pressure.
- Low power versions (SDP606/SDP616) are developed especially for low power battery operation.
- Special calibration to measure a massflow in bypass configuration (SDP601/SDP611).

OEM options

A variety of custom options can be implemented for high-volume OEM applications. Ask us for more information.

Connection diagram



SDP600 series with bidirectional digital communication (I²C bus)

Sensor chip

The SDP600 series features a fourth-generation silicon sensor chip called SF04. In addition to a thermal mass flow sensor element, the chip contains an amplifier, A/D converter, EEPROM memory, digital signal processing circuitry, and interface. The highly sensitive chip requires only a minuscule amount of gas flow through the sensor.

Sensirion SDP610 differenstryksensor

1. Sensor Performance

1.1 Physical specifications¹

Parameter	SDP500 SDP510	SDP600-500Pa SDP610-500Pa	SDP600-125Pa SDP610-125Pa	SDP600-25Pa SDP610-25Pa	SDP601 SDP611	SDP606 SDP616
Short Description	Low cost	Standard	Low DP	Lowest DP	"Mass Flow" ⁷	Low Power ²
Calibrated range ³	0 Pa to +500 Pa (0 to 2.0 in. H ₂ O)	- 500 Pa to + 500 Pa (± 2.0 in. H ₂ O)	- 125 Pa to + 125 Pa (± 0.5 in. H ₂ O)	- 25 Pa to + 25 Pa (± 0.1 in. H ₂ O)	- 500 to + 500 Pa (± 2.0 in. H ₂ O)	
Measurement range	- 500 to + 500 Pa (± 2.0 in. H ₂ O)		- 125Pa to + 125 Pa (± 0.5 in. H ₂ O)	- 25 Pa to + 25 Pa (± 0.1 in. H ₂ O)	- 500 to + 500 Pa (± 2.0 in. H ₂ O)	
Temperature-compensation	yes	yes	yes	yes	mass flow ⁴	yes
Resolution	12 bits preset ⁵ (adjustable from 9 to 16 bit)					16 bit
Zero point accuracy ^{6,7}	0.2 Pa		0.1 Pa		0.2 Pa	
Span accuracy ^{6,7}	4.5% of reading	3% of reading				
Zero point repeatability ^{6,7}	0.1 Pa		0.05 Pa	0.03 Pa	0.1 Pa	
Span repeatability ^{6,7}	0.5% of reading					
Offset shift due to temperature variation	None (less than resolution)					
Span shift due to temperature variation	< 0.5% of reading per 10°C					
Offset stability	< 0.1 Pa/year					
Response time ⁵	4.6 ms typical at 12-bit resolution					70 ms typical
Warm-up time for first reliable measurement	Typ. 50 ms (first measurement typically after 16 ms)					N/A

¹ Unless otherwise noted, all sensor specifications are valid at 25°C with V_{dd} = 3.3 Vdc and absolute pressure = 966 mbar.

² Low Power version are specified at 25°C with V_{dd} = 3.0 Vdc and absolute pressure = 966 mbar.

³ The SDP500/SDP510 sensors do measure in the full range from -500 to +500 Pa. But in contrast to the SDP600/SDP610 we do not guarantee the specified accuracy for the negative measurement range for SDP500/SDP510.

⁴ Please see chapter 5.3 for details.

⁵ See Application Note for response times with other resolutions, e.g. 1.3 ms with 10 bits.

⁶ With 12-bit resolution; includes repeatability and hysteresis.

⁷ Total accuracy/repeatability is a sum of zero-point and span accuracy/repeatability.

1.2 Ambient conditions

Parameter	SDP5xx / SDP6xx Series
Calibrated for ⁸	Air, N ₂
Media compatibility	Air, N ₂ , O ₂
Calibrated temperature range ^{8,9}	-20 °C to +80 °C
Operating temperature	-20 °C to +80 °C
Storage temperature ⁸	-40 °C to +80 °C
Position sensitivity	Less than repeatability error

1.3 Materials

Parameter	SDP5xx / SDP6xx Series
Wetted materials	PBT (polybutylene terephthalate), glass (silicon nitride, silicon oxide), silicon, gold, FR4, silicone as static sealing, epoxy, copper alloy, lead-free solder
REACH, RoHS, WEEE	The SDP5xx/6xx series is REACH, RoHS and WEEE compliant

	59'780 (inch H ₂ O) ⁻¹
SDP6x0-25Pa	120'000 mbar ⁻¹ 8'273'719 psi ⁻¹ 298'900 (inch H ₂ O) ⁻¹

2.2 Electrical characteristics for SDP606 / SDP616 (low power version)

Parameter	SDP606 / SDP616
Operating voltage	2.7– 3.3 Vdc (A supply voltage of 3.0 V is recommended)
Current drain	< 400 µA
Current drain in sleep mode	< 1 µA
Interface	Digital 2-wire interface (I ² C)
Bus clock frequency	100 kHz typical, 400 kHz max.
Default I ² C address	64 (binary: 1000 000)
Scale factor ¹¹	60 Pa ⁻¹ (for all 500 Pa versions)

2. Electrical Specifications

2.1 Electrical characteristics

Parameter	SDP5xx / SDP6xx ¹⁰
Operating voltage	3.0– 3.6 Vdc (A supply voltage of 3.3 V is recommended)
Current drain	< 6 mA typical in operation
Interface	Digital 2-wire interface (I ² C)
Bus clock frequency	100 kHz typical, 400 kHz max.
Default I ² C address	64 (binary: 1000 000)
Scale factor¹¹	
SDP6xx-500Pa	60 Pa ⁻¹
SDP6x0-125Pa	240 Pa ⁻¹
SDP6x0-25Pa	1200 Pa ⁻¹
Scale factor to alternative units ¹²	For all 500 Pa versions: 6'000 mbar ⁻¹ 413'686 psi ⁻¹ 14'945 (inch H ₂ O) ⁻¹
SDP 6x0-125Pa	24'000 mbar ⁻¹ 1'654'744 psi ⁻¹

⁸ Contact Sensirion for information about other gases, wider calibrated temperature ranges and higher storage temperatures.

⁹ Valid for products with serial numbers starting with 1136 000 000. For older products, calibrated temperature range is 0°C to +50°C.

¹⁰ For all SDP6xx sensors except for SDP606/SDP616.

¹¹ See section 5.1. The scale factor may vary with other configurations.

¹² Instead of the standard scale factor (to get the physical value in Pa), the sensor output may be divided by alternative scale factors to receive the physical value in another unit.

3. Interface Specifications

The serial interface of the SDP600 series is optimized in terms of sensor readout and power consumption. It is compatible with I²C interfaces. For detailed specifications of the I²C protocol, see *The I²C Bus Specification*, Version 2.1, January 2000 (source: NXP).

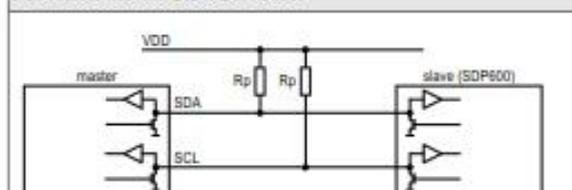
3.1 Interface connection – external components

Bi-directional bus lines are implemented by the devices (master and slave) using open-drain output stages and a pull-up resistor connected to the positive supply voltage.

The recommended pull-up resistor value depends on the system setup (capacitance of the circuit or cable and bus clock frequency). In most cases, 10 kΩ is a reasonable choice.

The capacitive loads on SDA and SCL line have to be the same. It is important to avoid asymmetric capacitive loads.

I²C Transmission Start Condition



Both bus lines, SDA and SCL, are bi-directional and therefore require an external pull-up resistor.

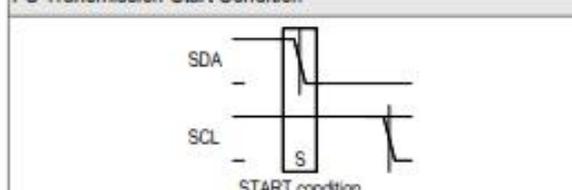
3.2 I²C Address

The I²C address consists of a 7-digit binary value. By default, the I²C address is set to 64 (binary: 1000 000). The address is always followed by a write bit (0) or read bit (1). The default hexadecimal I²C header for read access to the sensor is therefore h81.

3.3 Transfer sequences

Transmission START Condition (S): The START condition is a unique situation on the bus created by the master, indicating to the slaves the beginning of a transmission sequence (the bus is considered busy after a START).

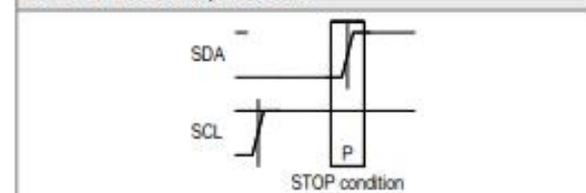
I²C Transmission Start Condition



A HIGH to LOW transition on the SDA line while SCL is HIGH

Transmission STOP Condition (P): The STOP condition is a unique situation on the bus created by the master, indicating to the slaves the end of a transmission sequence (the bus is considered free after a STOP).

I²C Transmission Stop Condition

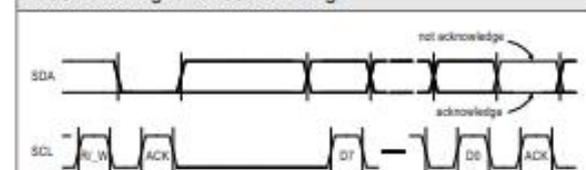


A LOW to HIGH transition on the SDA line while SCL is HIGH.

Acknowledge (ACK) / Not Acknowledge (NACK): Each byte (8 bits) transmitted over the I²C bus is followed by an acknowledge condition from the receiver. This means that after the master pulls SCL low to complete the transmission of the 8th bit, SDA will be pulled low by the receiver during the 9th bit time. If after transmission of the 8th bit the receiver does not pull the SDA line low, this is considered to be a NACK condition.

If an ACK is missing during a slave to master transmission, the slave aborts the transmission and goes into idle mode.

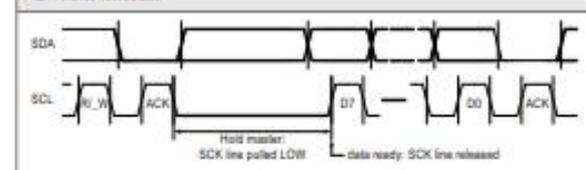
I²C Acknowledge / Not Acknowledge



Each byte is followed by an acknowledge or a not acknowledge, generated by the receiver

Handshake procedure (Hold Master): In a master-slave system, the master dictates when the slaves will receive or transmit data. However, in some situations a slave device may need time to store received data or prepare data to be transmitted. Therefore, a handshake procedure is required to allow the slave to indicate termination of internal processing.

I²C Hold Master



After the SCL pulse for the acknowledge signal, the SDP600 series sensor (slave) can pull down the SCL line to force the master into a wait state. By releasing the SCL line, the sensor indicates that its internal processing is completed and transmission can resume. (The bold lines indicate that the sensor controls the SDA/SCL lines.)

3.4 Data transfer format

Data is transferred in byte packets in the I²C protocol, which means in 8-bit frames. Each byte is followed by an acknowledge bit. Data is transferred with the most significant bit (MSB) first.

A data transfer sequence is initiated by the master generating the Start condition (S) and sending a header byte. The I²C header consists of the 7-bit I²C device address and the data direction bit (R/W).

The value of the R/W bit in the header determines the data direction for the rest of the data transfer sequence. If R/W = 0 (WRITE) the direction remains master-to-slave, while if R/W = 1 (READ) the direction changes to slave-to-master after the header byte.

4. Command Set and Data Transfer Sequences

A command is represented by an 8-bit command code. The data direction may not change after the command byte, since the R/W bit of the preceding I²C header has already determined the direction to be master-to-slave. In order to execute commands in Read mode using I²C, the following principle is used. On successful (acknowledged) receipt of a command byte, the sensor stores the command nibble internally. The Read mode of this command is then invoked by initiating an I²C data transfer sequence with R/W = 1.

If a correctly addressed sensor recognizes a valid command and access to this command is granted, it responds by pulling down the SDA line during the subsequent SCL pulse for the acknowledge signal (ACK). Otherwise it leaves the SDA line unasserted (NACK).

The two most important commands are described in this data sheet, and the data transfer sequences are specified. Contact Sensirion for advanced sensor options.

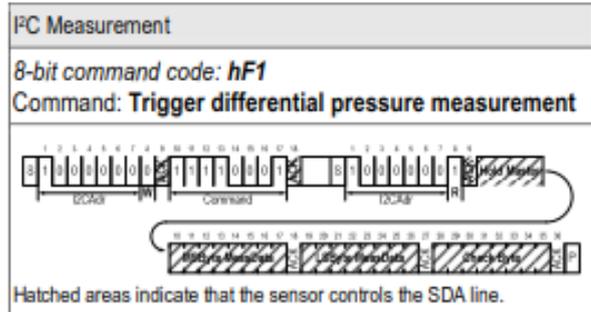
4.1 Measurement triggering

Each individual measurement is triggered by a separate read operation.

Note that two transfer sequences are needed to perform a measurement. First write command byte hF1 (trigger measurement) to the sensor, and then execute a read operation to trigger the measurement and retrieve the flow or differential pressure information.

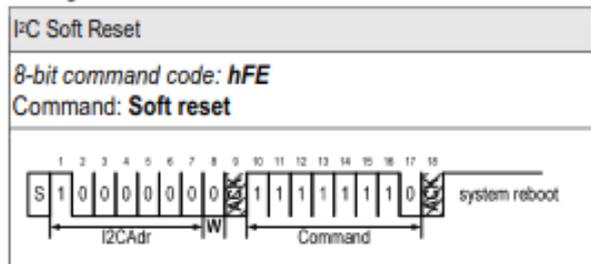
On receipt of a header with R/W=1, the sensor generates the Hold Master condition on the bus until the first measurement is completed (see Section 3.3 for timing). After the Hold Master condition is released, the master can read the result as two consecutive bytes. A CRC byte follows if the master continues clocking the SCL line after

the second result byte. The sensor checks whether the master sends an acknowledge after each byte and aborts the transmission if it does not.



4.2 Soft reset

This command forces a sensor reset without switching the power off and on again. On receipt of this command, the sensor reinitializes the control/status register contents from the EEPROM and starts operating according to these settings.



4.3 CRC-8 Redundant Data Transmission

Cyclic redundancy checking (CRC) is a popular technique used for error detection in data transmission. The transmitter appends an n-bit checksum to the actual data sequence. The checksum holds redundant information about the data sequence and allows the receiver to detect transmission errors. The computed checksum can be regarded as the remainder of a polynomial division, where the dividend is the binary polynomial defined by the data sequence and the divisor is a "generator polynomial".

The SF04 sensor implements the CRC-8 standard based on the generator polynomial

$$x^8 + x^5 + x^4 + 1.$$

Note that CRC protection is only used for data transmitted from the slave to the master.

For details regarding cyclic redundancy checking, please refer to the relevant literature.

5. Conversion to Physical Values

5.1 Signal scaling and physical unit

The calibrated signal read from the sensor is a signed INTEGER number (two's complement number). The INTEGER value can be converted to the physical value by dividing it by the scale factor (pressure = sensor output ÷ scale factor). The scale factor is specified in Section 2.1.

5.2 Temperature compensation

The SDP600 sensor series features digital temperature compensation. The temperature is measured on the CMOSens® chip by an on-chip temperature sensor. This data is fed to a compensation circuit that is also integrated on the CMOSens® sensor chip. No external temperature compensation is necessary.

5.3 Mass flow temperature compensation

A sensor output proportional to mass flow is necessary for measuring mass flow in a bypass configuration. Even though the output of the SDP sensors with mass flow temperature compensation is still differential pressure, the temperature compensation is adapted especially for mass flow measurements in a bypass configuration. At calibration temperature both calibrations are equivalent. Please find the application note "Bypass Configuration Differential Pressure Sensor SDPxxx" on our website.

5.4 Altitude correction

The SDP600 sensor series achieves its unsurpassed performance by using a dynamic measurement principle. The applied differential pressure forces a small flow of gas through the sensor, which is measured by the flow sensor element. As a result, any variation in gas density affects the sensor reading. While temperature effects are compensated internally, variations in atmospheric pressure (elevation above sea level) can be compensated by a correction factor according to the following formula:

$$DP_{\text{eff}} = DP_{\text{sensor}} \times (P_{\text{cal}} / P_{\text{amb}})$$

- DP_{eff}: Effective differential pressure
- DP_{sensor}: Differential pressure indicated by the sensor
- P_{cal}: Absolute pressure at calibration (966 mbar)
- P_{amb}: Actual ambient absolute pressure.

Altitude correction factors:

Altitude [meters]	Ambient pressure (P _{amb}) [mbar]	Correction factor (P _{cal} / P _{amb})
0	1013	0.95
250	984	0.98
425	966	1.00
500	958	1.01
750	925	1.04

1500	842	1.15
2250	766	1.26
3000	697	1.38

Example: At 750 m above sea level and a sensor reading of 40 Pa, the effective differential pressure is 41.8 Pa.

Note: In many HVAC applications such as air flow measurement in a bypass configuration, the described dependence on absolute pressure is actually welcome because the quantity that must effectively be controlled is the mass flow and not the volume flow. Mass flow is dependent on differential pressure and absolute pressure. For details please refer to our application note "Measuring Flow in a Bypass Configuration".

6. OEM Options

A variety of custom options can potentially be implemented for high-volume OEM applications. Contact Sensirion for more information.

7. Mechanical Specifications

7.1 Mechanical concept

The SDP600 Series is designed for through-hole technology and can be wave-soldered or hand-soldered to a PCB.

- The SDP60x/SDP500 can be directly connected to a manifold using two O-rings.
- The SDP61x/SDP510 sensors have ports for connecting standard-size plastic tubes.

7.2 Mechanical characteristics

Parameter	SDP510/SDP610	SDP500/SDP600
PCB attachment	Clip-in and hand or wave soldering. Additional mechanical attachment depending on force requirements	
Allowable overpressure	1 bar (100 kPa, 400 inches H ₂ O)	
Rated burst pressure	> 5 bar	
Gas flow through sensor	< 150 ml/min	
Weight	< 6 g	
Protection rating	IP 30	

7.3 SDP600/SDP500 – Manifold connection

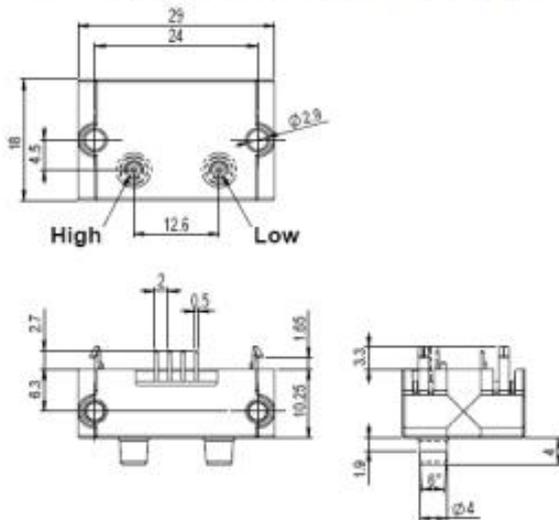


Figure 1: SDP600/SDP500 manifold mount version. All dimensions are in mm.

Sensirion recommends O-rings with the following dimensions:

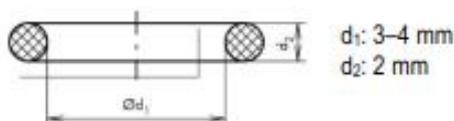


Figure 2: Cross section of recommended O-ring

7.4 SDP610/SDP510 – Tube connection

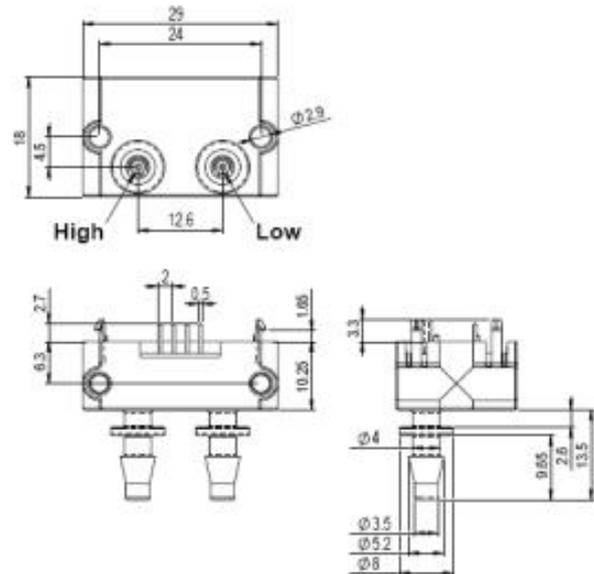


Figure 3: SDP610/SDP510 version with ports for tube connection. All dimensions are in mm.

7.5 Pin assignments

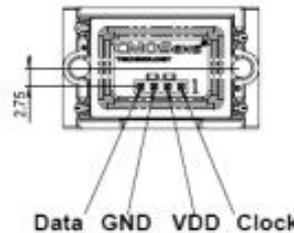


Figure 4: Digital output pin assignments (bottom view).

7.6 Footprint

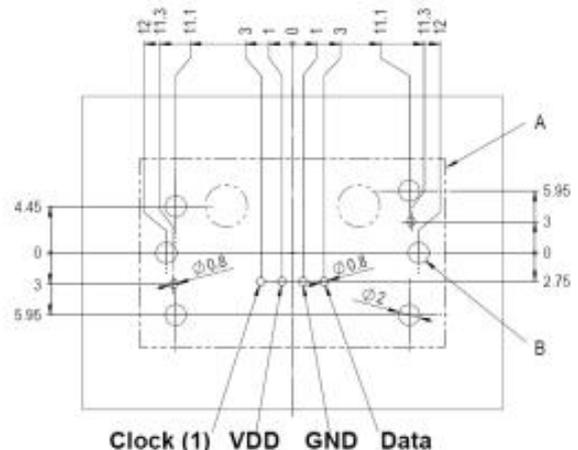


Figure 5: Footprint for PCB mounting. (top view = sensor side). All dimensions in mm.
A: Overall sensor dimensions
B: Holes for additional mounting screws (optional)

8. Instructions for Use

8.1 Soldering instructions

Standard wave soldering systems may be used for soldering SDP600 series sensors. Reflow soldering is **not** feasible and may damage the sensor.

The sensor ports must be protected from solder splash and flux during soldering. Figure 6 shows an appropriate temperature profile with maximum temperature values.

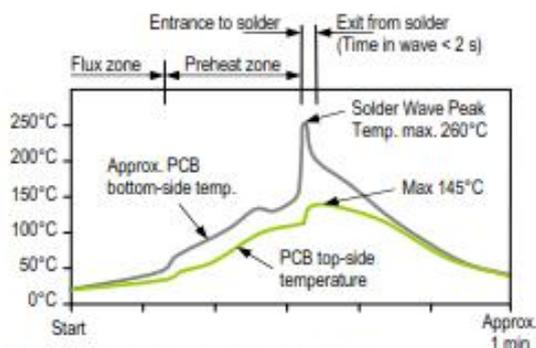


Figure 6: Suitable wave soldering profile.

The characteristics of wave soldering machines vary, so any soldering setup must be tested before production use.

8.2 Sensor handling

The sensors of the SDP600 series are designed to be robust and vibration resistant. Nevertheless, the accuracy of the high-precision SDP600 series can be degraded by rough handling. Sensirion does not guarantee proper operation in case of improper handling. **Note:** avoid applying any mechanical stress to the solder joints of the sensor during or as a result of PCB assembly.

The sensor ships in an antistatic package to prevent electrostatic discharge (ESD), which can damage the part. To avoid such damage, ground yourself using a grounding strap or by touching a grounded object. Furthermore store the parts in the antistatic package when not in use.

8.3 Additional attachment

If necessary, the robustness of the sensor attachment to the PCB can be increased by using a bracket as shown in Figure 7.

Sensirion recommends using this additional bracket when the sensor is fitted to a PCB. The bracket must be secured before the pins are soldered to the PCB, as otherwise sensor performance may be degraded by mechanical stress.

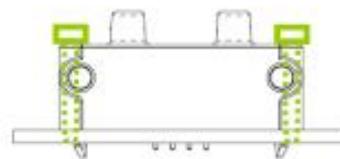


Figure 7: Supplementary bracket for the SDP600 series.

8.4 Air flow and tubing

Due to the dynamic measurement principle, a small air flow is required.

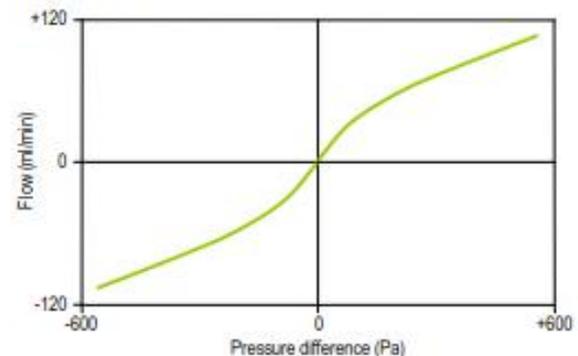


Figure 8: Typical air flow through the SDP6x0.

Note: 1 sccm = 1 cm³/min at 0°C and 1013 mbar
(1 sccm = 0.001 standard liter).

This air flow through the sensor creates a dependence on the tube length. The error is less than 1% with a tube length up to 1 m (with 3/16 inch inside diameter).

Sensirion SDP610 differenstryksensor

9. Ordering Information

Use the part names and item numbers shown in the following table when ordering SDP600 series differential pressure sensors. For the latest product information and local distributors, visit www.sensirion.com.

Part name	Description / Output	Calibrated range	"Mass flow"	Span accuracy	Product number 1-100xxx-xx
SDP500	PC, manifold mount	0 to +500 Pa (0 to +2 in. H ₂ O)		4.5%	601-02
SDP510	PC, tube connection	0 to +500 Pa (0 to +2 in. H ₂ O)		4.5%	602-02
SDP600-500Pa	PC, manifold mount	±500 Pa (±2 in. H ₂ O)		3%	456-02
SDP610-500Pa	PC, tube connection	±500 Pa (±2 in. H ₂ O)		3%	455-02
SDP600-125Pa	PC, manifold mount	±125 Pa (±0.5 in. H ₂ O)		3%	760-02
SDP610-125Pa	PC, tube connection	±125 Pa (±0.5 in. H ₂ O)		3%	761-02
SDP600-25Pa	PC, manifold mount	±25 Pa (±0.1 in. H ₂ O)		3%	758-02
SDP610-25Pa	PC, tube connection	±25 Pa (±0.1 in. H ₂ O)		3%	759-02
SDP601-500Pa	PC, manifold mount	±500 Pa (±2 in. H ₂ O)	x	3%	603-02
SDP611-500Pa	PC, tube connection	±500 Pa (±2 in. H ₂ O)	x	3%	604-02
Low Power Version					
SDP606	PC, manifold mount	±500 Pa (±2 in. H ₂ O)		3%	756-02
SDP616	PC, tube connection	±500 Pa (±2 in. H ₂ O)		3%	757-02
OEM versions					
SDP7xx	Customer specific				n/a

Packaging units: 80 items/tray and 480 items/box.

9.1 Packaging

Housing: The sensor housing consists of PBT. The device is fully RoHS compliant – it is free of Pb, Cd, Hg, Cr(6+), PBB and PBDE.

Each sensor is labeled by laser printing on the front side:

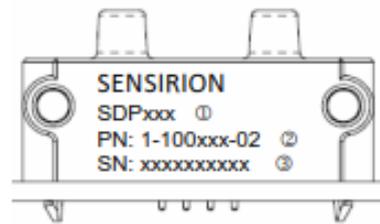


Figure 9: Marking of the housing.

Traceability Information: SDPxxx are shipped in trays of 80pcs. The tray dimension is 355mm x 255mm x 21.5mm. By piling them up, the height per tray can be considered as 19mm. For traceability, each tray is marked with a label. No information can be derived from the code directly, respective data is stored at Sensirion AG and is provided upon request.



Figure 10: Label sticking on each tray

Revision history

Date	Author	Version	Changes
Sept., 2008	PHA	V1.0	Initial release
Nov, 2008	PHA	V1.1	Small amendments (power consumption, asymmetric lines and US office address)
Jan, 2009	PHA	V1.2	Explanation to SDP5x0 calibration range, media compatibility extended
Feb, 2009	PHA	V1.3	Packaging information added, sensor handling instruction
Nov, 2009	PHA	V1.4	Zero point accuracy changed. Supply voltage requirements and recommendations relaxed.
January, 2011	DAT	V1.5	Introduction of low power versions(SDP6x6) and low differential pressure versions SDP6xx-125Pa / SDP6xx-25Pa.
Feb, 2011	VVO	V1.6	Calibrated Temperature Range is extended, minor corrections
Sept, 2012	ANB	V1.7	Updated Product Number.

Important Notices

Warning, personal injury

Do not use this product as safety or emergency stop devices or in any other application where failure of the product could result in personal injury (including death). Do not use this product for applications other than its intended and authorized use. Before installing, handling, using or servicing this product, please consult the datasheet and application notes. Failure to comply with these instructions could result in death or serious injury.

If the Buyer shall purchase or use SENSIRION products for any unintended or unauthorized application, Buyer shall defend, indemnify and hold harmless SENSIRION and its officers, employees, subsidiaries, affiliates and distributors against all claims, costs, damages and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if SENSIRION shall be allegedly negligent with respect to the design or the manufacture of the product.

ESD Precautions

The inherent design of this component causes it to be sensitive to electrostatic discharge (ESD). To prevent ESD-induced damage and/or degradation, take customary and statutory ESD precautions when handling this product.

See application note "Handling Instructions" for more information.

Warranty

SENSIRION warrants solely to the original purchaser of this product for a period of 12 months (one year) from the date of delivery that this product shall be of the quality, material and workmanship defined in SENSIRION's published specifications of the product. Within such period, if proven to be defective, SENSIRION shall repair and/or replace this product, in SENSIRION's discretion, free of charge to the Buyer, provided that:

- notice in writing describing the defects shall be given to SENSIRION within fourteen (14) days after their appearance;
- such defects shall be found, to SENSIRION's reasonable satisfaction, to have arisen from SENSIRION's faulty design, material, or workmanship;
- the defective product shall be returned to SENSIRION's factory at the Buyer's expense; and
- the warranty period for any repaired or replaced product shall be limited to the unexpired portion of the original period.

This warranty does not apply to any equipment which has not been installed and used within the specifications recommended by SENSIRION for the intended and proper use of the equipment. EXCEPT FOR THE WARRANTIES EXPRESSLY SET FORTH HEREIN, SENSIRION MAKES NO WARRANTIES, EITHER EXPRESS OR IMPLIED, WITH RESPECT TO THE PRODUCT. ANY AND ALL WARRANTIES, INCLUDING WITHOUT LIMITATION, WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, ARE EXPRESSLY EXCLUDED AND DECLINED.

SENSIRION is only liable for defects of this product arising under the conditions of operation provided for in the datasheet and proper use of the goods. SENSIRION explicitly disclaims all warranties, express or implied, for any period during which the goods are operated or stored not in accordance with the technical specifications.

SENSIRION does not assume any liability arising out of any application or use of any product or circuit and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. All operating parameters, including without limitation recommended parameters, must be validated for each customer's applications by customer's technical experts. Recommended parameters can and do vary in different applications.

SENSIRION reserves the right, without further notice, (i) to change the product specifications and/or the information in this document and (ii) to improve reliability, functions and design of this product.

Copyright © 2001-2012, SENSIRION.
CMOSens® is a trademark of Sensirion
All rights reserved

REACH, RoHS and WEEE Statement

The SDP600 Series complies with requirements of the following directives:

- EU Directive 1907/2006/EC concerning Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals (REACH)
- EU Directive 2002/96/EC on waste electrical and electronic equipment (WEEE), OJ13.02.2003; esp. its Article 6 (1) with Annex II.
- EU Directive 2002/65/EC on the restriction of certain hazardous substances in electric and electronic equipment (RoHS), OJ01.01.2011



Headquarters and Subsidiaries

SENSIRION AG
Laubisruefistr. 50
CH-8712 Staefa ZH
Switzerland

phone: +41 44 306 40 00
fax: +41 44 306 40 30
info@sensirion.com
www.sensirion.com

Sensirion AG (Germany)
phone: +41 44 927 11 66
info@sensirion.com
www.sensirion.com

Sensirion Inc., USA
phone: +1 805 409 4900
info_us@sensirion.com
www.sensirion.com

Sensirion Japan Co. Ltd.
phone: +81 3 3444 4940
info@sensirion.co.jp
www.sensirion.co.jp

Sensirion Korea Co. Ltd.
phone: +82 31 345 0031 3
info@sensirion.co.kr
www.sensirion.co.kr

Sensirion China Co. Ltd.
phone: +86 755 8252 1501
info@sensirion.com.cn
www.sensirion.com.cn

To find your local representative, please visit www.sensirion.com/contact

Sensirion SDP610 differenstryksensor