

Hovedbudskap

- Flertallet av respondentene rapporterte regelmessig kalibrering av pipetter i en nasjonal spørreundersøkelse.
- Pipettene ble i hovedsak kalibrert eksternt.
- Blant dem som utførte intern kalibrering, fulgte kun et mindretall krav fra NS-EN ISO 8655.
- De fleste gjennomførte intern kontroll med tre volum og ti målinger.
- Omtrent halvparten tilbød opplæring i pipettebruk og vedlikehold, ofte som del av generell laboratorieopplæring.

Sammendrag

Innledning: God praksis for kalibrering, kontroll og opplæring i pipetter er nødvendig for å redusere usikkerhet i pipettering. Studien hadde som formål å kartlegge hvordan norske medisinske laboratorier kvalitetssikrer pipetter.

Materiale og metode: I januar 2023 gjennomførte Avd. for medisinsk biokjemi og farmakologi ved Haukeland universitetssjukehus i samarbeid med Noklus en nasjonal spørreundersøkelse om pipetter. Undersøkelsen ble sendt til 177 kontaktpersoner ved medisinske laboratorier.

Resultater: 132 personer svarte, hvorav 20 ble ekskludert grunnet ufullstendige svar (svarprosent 63 %). 84% av respondentene rapporterte regelmessig kalibrering av pipetter. Av disse utfører 36 % intern kalibrering. Få av dem som kalibrerer internt følger alle krav i NS-EN ISO 8655- del 2 og 6 (1).

Litt mer enn halvparten (ca. 59%) hadde etablert intern kontroll av pipetter. Kontroll med tre volum og ti målinger er vanligst. Akseptgrenser hentes hovedsakelig fra NS-EN ISO 8655. Omtrent halvparten oppgir at alle ansatte får opplæring i pipetter.

Konklusjon: Studien viser at norske laboratorier har varierende praksis for kvalitetssikring av pipetter. Manglende etterlevelse av internasjonal standard ved intern pipettekalibrering og varierende opplæring i pipetter, kan svekke kvaliteten på både pipetter og pipettering. Forbedret opplæring og standardisert internkalibrering er nødvendig for å sikre nøyaktige pipetteringer og god analysekvalitet.

Nøkkelord

Pipette, kalibrering, kontroll, opplæring, metrologisk sporbarhet

Kvalitet i hver dråpe: Kalibrering, kontroll og opplæring i bruk av pipetter

Forfattere: Solveig Mo, Irina Manolescu, Wenche Iren Bjelkarøy, Gunn Berit Berge Kristensen, Alexander Blø, Marit Sverresdotter Sylte

Kontaktforfatter: solveig.mo@hotmail.com

Innledning

Pipetter er stempeldrevet volumetrisk utstyr som brukes til å aspirere og dispensere væsker (1). Til tross for økende automatisering av laboratorieprosesser forblir manuell pipettering et viktig verktøy i medisinske laboratorier. Pipetter benyttes ofte ved kritiske oppgaver som oppløsning av kontroller og kalibratorer, ved fortynning av prøver og ved tilsetning av prøvemateriale i analyseprosesser (2). Feil ved pipettene eller feilaktig bruk kan gi økt variasjon og unøyaktige pipetteringer (1), noe som i verste fall kan resultere i feil diagnose og behandling av pasienter.

Selv om variasjon i pipettering er uunngåelig, kan omfanget av feil reduseres gjennom etablering av gode rutiner for kalibrering og kontroll av pipetter, samt systematisk opplæring av pipetteoperatører (3, 4).

En studie av Crawford et al. viser at variasjon i væskens viskositet, som ved pipettering av serum, fullblod og metanol, kan føre til økt unøyaktighet. Dette indikerer at vurdering av pipetteringsteknikk basert på vannbaserte væsker kan gi et misvisende bilde av teknisk pipettekompetanse (5). For å forbedre nøyaktigheten anbefales grundig opplæring i pipetteringsteknikk som for eksempel «priming», hvor væsken aspireres og dispenseres tre ganger før selve pipetteringen. «Å prime» pipettespissen er særlig viktig ved pipettering av metanol og fullblod (5). Økt bevissthet om variasjo-

ner som kan oppstå under pipettering er avgjørende for å sikre gyldigheten og påliteligheten av pipetteringsresultater (3, 5). Andre faktorer som kan påvirke usikkerheten ved pipettering er blant annet valg av pipettespisser, pipetteringsteknikk, temperatur, vedlikehold og service (2).

I 2021 publiserte Norsk akkreditering dokumentet «Krav til metrologisk sporbarhet, kalibrering og kontroll av måleutstyr» (6). Her ble kravene til metrologisk sporbarhet spesifisert, i samsvar med International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) sitt dokumentet «Policy on Metrological Traceability of Measurement Results» (7). Dokumentet presiserer at alt måleutstyr som påvirker gyldigheten av analyseresultater skal kalibreres for å sikre metrologisk sporbarhet. Videre gjelder disse kravene også for interne kalibreringer utført av akkrediterte virksomheter (6).

Akkreditert kalibrering av pipetter er en prosess der man under spesifiserte betingelser fastsetter sammenhengen mellom måleverdier og tilhørende måleusikkerhet, i tråd med internasjonal standard. Denne informasjonen brukes til å oppnå pålitelige måleresultater (6). Kalibrering av pipetter utføres i et kontrollert miljø. Prosedyren består ifølge NS-EN ISO 8655 av følgende trinn (1):

1. **Veiling av vannprøver** – En definert mengde destillert vann pipetteres og veies på en akkreditert og kalibrert analytisk vekt med fuktkammer. Lufttrykk og temperatur registreres for å beregne volumet basert på den målte massen.
2. **Gjentatte målinger** – Prosedyren gjentas 10 ganger for å estimere nøyaktighet og presisjon. Resultatene sammenlignes med spesifikasjoner i standarden.

■ Bioingeniøren er godkjent som vitenskapelig tidsskrift. Artikkelen er fagfelleuurdert og godkjent etter Bioingeniørens retningslinjer.

3. Dokumentasjon – Resultatene registreres og arkiveres for sporbarhet.

Kalibreringsintervallet for pipetter avhenger av flere faktorer som målenøyaktighet, utstyrets historie, produsentens anbefalinger og miljøforhold (6). For å opprettholde objektiv kvalitetssikring må laboratorier som kalibrerer pipetter delta i relevante sammenlignende laboratorieprøvinger, som skal sikre at laboratoriene har metrologisk sporbarhet for kalibrering av pipetter (6, 7).

Kontroll av pipetter omfatter en rekke handlinger som, under spesifiserte betingelser, verifiserer at utstyret oppfyller fastsatte krav til nøyaktighet. Akkrediterte virksomheter forventes å vurdere behovet for kontroll av utstyr (6). Nyttige vurderinger for å vurdere kontrollbehovet inkluderer pipettens brukshyppighet, antall brukere, bruksområde, tillatte feilmarginer og stabilitet. Generelt bør kontroll av volumetrisk utstyr med variabelt volum inkludere vurdering av både riktighet, presisjon og nøyaktighet (2). Kontroll innebærer ikke etablering av metrologisk sporbarhet.

En nasjonal spørreundersøkelse ble gjennomført i norske medisinske sykehuslaboratorier i januar 2023 for å kartlegge rutiner for kvalitetssikring av pipetter, inkludert intern kalibrering, metrologisk sporbarhet og behov for sammenlignende laboratorieprøving (ekstern kvalitetssikring). Undersøkelsen hadde som mål å besvare hvor mange laboratorier som:

- Kalibrerer egne pipetter
- Kontrollerer egne pipetter
- Har opplæringsplaner for bruk og vedlikehold av pipetter

Studien var et samarbeidsprosjekt mellom Avdeling for Medisinsk biokjemi og farmakologi (MBF) ved Haukeland universitetssjukehus og Norsk kvalitetsforbedring av laboratorieundersøkelser (Noklus). En slik kartlegging av rutiner for kvalitetssikring av pipetter er viktig fordi manglende kalibrering, kontroll og opplæring har potensial til å påvirke nøyaktigheten ved pipetteringer, med mulige konsekvenser for analyseresultater og pasientbehandling. En kartlegging av laboratorienes rutiner ga innsikt i eventuelle mangler og deres omfang. Ved å undersøke pipettepraksis i norske sykehuslaboratorier ble det mulig å identifisere

sere områder med forbedringspotensial og bidra til styrket kvalitetssikring av pipetter og pasientsikkerhet. Denne artikkelen presenterer resultatene av spørreundersøkelsen.

Materiale og metode

En pilotversjon av spørreundersøkelsen ble sendt til et utvalg personer med pipettekompetanse i Helse Vest for innspill og korrigeringer før utsendelsen til kontaktpersoner i de medisinske laboratoriene.

Det var ikke behov for å søke Regionale komiteer for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk (REK) om godkjenning, da brukerundersøkelsen ikke involverte medisinsk eller helsefaglig forskning på mennesker, biologisk materiale eller helseopplysninger. Videre ble det heller ikke søkt Kunnskapssektorens tjenesteleverandør (SIKT), ettersom undersøkelsen ble utført gjennom Noklus sitt nettverk for medisinske laboratorier, som allerede mottar lignende undersøkelser fra Noklus med mål om kartlegging og kvalitetsforbedring.

Den elektroniske spørreundersøkelsen ble klargjort for nettbasert og anonymisert utfylling ved bruk av programvaren SurveyMonkey (8)

En lenke til undersøkelsen ble sendt via e-post til 177 kontaktpersoner i Noklus sitt nettverk av norske medisinske laboratorier, som består av kontaktpersoner fra ulike laboratoriefagfelt. Kontaktpersonene ble oppfordret til å videresende e-posten med lenken til den aktuelle pipetteansvarlige ved deres laboratorium.

Spørreundersøkelsen omfattet 29 spørsmål. Undersøkelsen var anonym i den forstand at svarene ikke kunne spores til deltakende laboratorium.

Spørsmålene i undersøkelsen er tilgjengelig som vedlegg 1.

Den statistiske bearbeidingen besto av beregning av snitt/prosentandeler, fremstilling av fordelinger, krysstabeller med varmekart og et venndiagram. Statistisk bearbeiding og analyse av data ble utført ved bruk av Microsoft Excel versjon 2502, R versjon 4.4.1 og RStudio versjon 2024.12.1+563 med relevante analysepakker (9-11).

Resultater

Totalt svarte 132 respondenter på undersøkelsen, hvorav 20 svar ble fjernet på grunn av ufullstendige svar, noe som resulterte i

FAKTA | Metrologisk sporbarhet

Metrologisk sporbarhet er egenskapen ved et måleresultat som gjør at det kan relateres til en referanse gjennom en dokumentert, ubrutt kjede av kalibreringer, der hver kalibrering bidrar til den totale måleusikkerheten.

For å bekrefte metrologisk sporbarhet kreves:

- en ubrutt kjede av metrologisk sporbarhet til en internasjonal eller nasjonal målestandard
- dokumentert måleusikkerhet
- dokumentert måleprosedyre
- akkreditert teknisk kompetanse
- metrologisk sporbarhet til SI-enheter
- kalibreringsintervall

Kilder:

International vocabulary of metrology

ILAC Policy on Metrological Traceability of Measurement Results

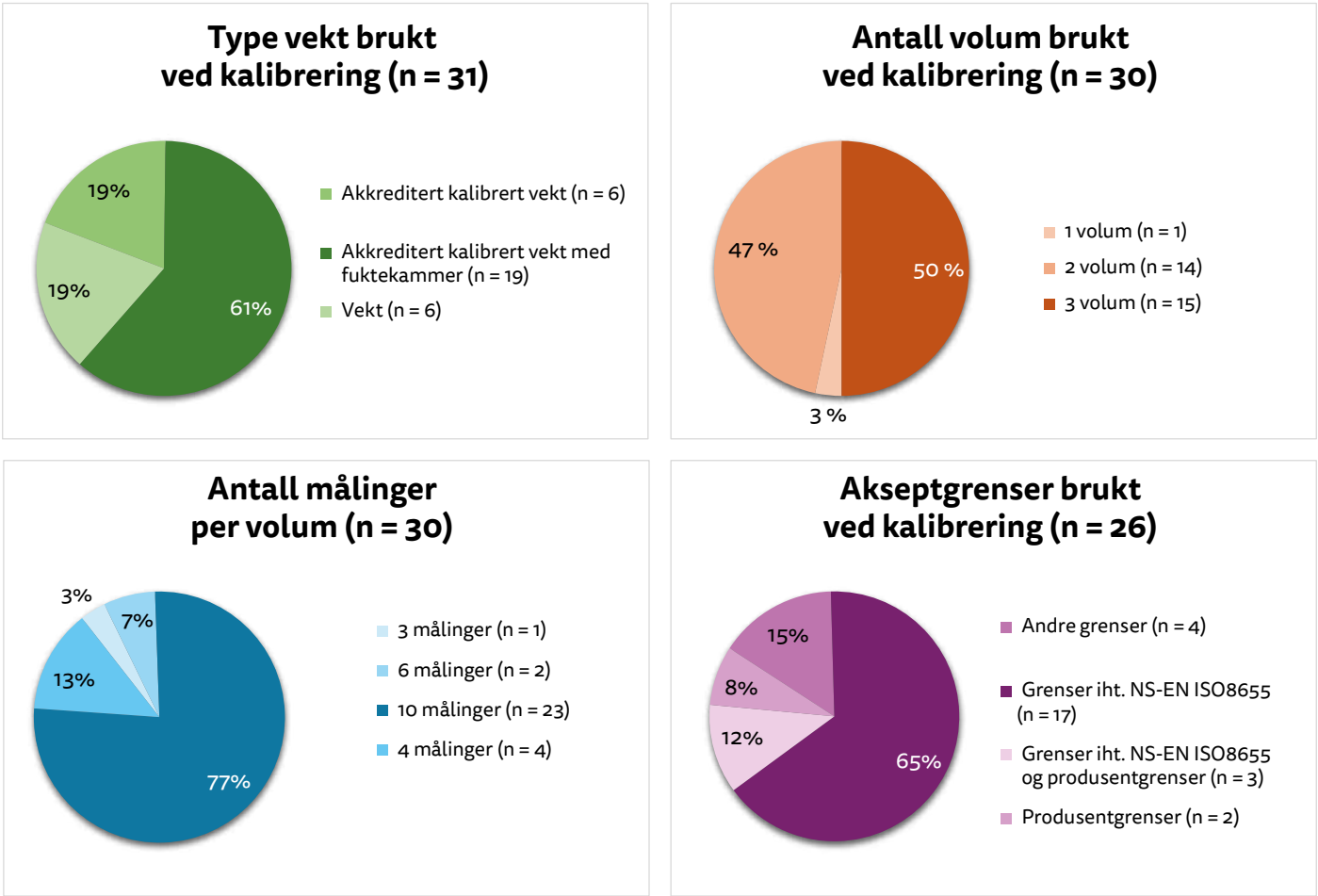
en endelig svarprosent på 63 %. Beregningen av svarprosent er basert på 177 kontaktpersoner som mottok undersøkelsen.

Respondentene oppga tilhørighet til ulike laboratoriefagfelt. Medisinsk biokjemi (n = 59) og immunologi og transfusjonsmedisin (n = 41) var de fagfeltene med flest representanter, etterfulgt av mikrobiologi (n = 21), patologi (n = 11), molekylærbiologi (n = 11), forskning (n = 9) og annet fagfelt (n = 13). Totalt 34 respondenter oppga tilhørighet til mer enn ett fagfelt.

Kalibrering og kontroll av pipetter

Akkreditert kalibrering av pipetter sikrer sporbarhet til og kobler måleresultatene til internasjonal standard (1). Kalibreringsintervallet for pipetter viser til den fastsatte tidsperioden mellom hver kalibrering (6). Blant respondentene oppgir 69 % (n = 76) at de har faste kalibreringsintervaller for pipettene sine. 15 % (n = 16) oppgir at de kalibrerer noen av pipettene regelmessig, mens 16 % (n = 18) oppgir at pipettene ikke kalibreres regelmessig. To respondenter har ikke svart på spørsmålet.

Blant respondentene som oppgir at de jevnlig kalibrerer alle eller enkelte av laboratoriets pipetter (n = 92), oppgir flertallet 63 % (n = 59) at de benytter ekstern kalibrering. En mindre andel 36 % (n = 34) gjennomfører intern kalibrering av alle eller enkelte pipetter. Figur 1 illustrerer kalib-



FIGUR 1: Oversikt over kalibreringsrutinene benyttet av respondenter som utfører intern kalibrering. Mørk farge viser antall som følger krav til kalibreringsrutiner for pipetter hentet fra NS-EN ISO 8655 for intern kalibrering av pipetter, mens lysere farge viser antall som følger andre rutiner.

reringsrutinene benyttet av respondenter som utfører intern kalibrering.

Figur 2 viser et venn-diagram av fordeling og overlapp mellom de fire kravene til kalibreringsrutiner hentet fra NS-EN

ISO 8655, som er vist i figur 1. Manglende samsvar med alle fire krav medfører at kalibreringen ikke gir metrologisk sporbarhet. Venn-diagrammet viser at flertallet av respondentene rapporterer

kun delvis samsvar, med overlapp mellom to eller tre krav, og kun seks respondenter oppgir å etterleve alle fire krav. Dette indikerer en begrenset etterlevelse av NS-EN ISO 8655 ved kalibrering av pipetter.

Kontroll ble i spørreundersøkelsen definert som et system for overvåking av pipettens kvalitet mellom kalibreringer. Når det gjelder kontroll av pipetter viste spørreundersøkelsen at 59 % (n = 58) av laboratoriene har et program for intern kontroll av pipetter, mens 34 % (n = 34) oppga at de ikke har et program for intern kontroll.

Tabell 1 er en krysstabell som illustrerer sammenhengen mellom antall volum som kontrolleres (ved kontroll av pipetter med variabelt volum) og antall målinger som utføres ved kontroll av pipetter. Resultatene viser at flertallet kontrollerer tre ulike volum, noe som dekker pipettens bruksområde bedre enn færre volum. De fleste utfører ti målinger per volum, noe som gir et bedre estimat av nøyaktighet og presisjon enn færre målinger.

Av de 58 respondentene som kontrol-

TABELL 1: Krysstabell med varmekart for oversikt over hvor mange volum som kontrolleres ved kontroll av pipetter med variabelt volum, og antall målinger som benyttes ved pipettekontroll (n = 52).

Krysstabell: Antall volum som kontrolleres mot antall målinger som utføres ved kontroll					
	En måling ved kontroll	To målinger ved kontroll	Fire målinger ved kontroll	Ti målinger ved kontroll	Flere målinger ved kontroll
Ett volum kontrolleres	3	0	1	1	1
To volum kontrolleres	1	1	5	6	5
Tre volum kontrolleres	1	2	5	11	5
Flere volum kontrolleres	1	0	0	1	3

lerer pipetter, oppgir flertallet at de bruker akseptgrenser fra NS-EN ISO 8655, tilsvarende dem som brukes ved kalibrering, også ved kontroll. Syv respondenter benytter produsent anbefalte grenser, mens like mange bruker egne statiske grenser. Figur 3 viser en oversikt over hvilke akseptgrenser som benyttes av laboratoriene ved kontroll av pipetter. Flere respondenter oppgir at de kombinerer ulike fremgangsmåter for å fastsette akseptgrenser for kontroll.

Tabell 2 er en krystabell som undersøker sammenhengen mellom kalibrering og kontroll av pipetter. Flertallet av respondentene oppgir at de både kalibrerer og kontrollerer pipettene sine. En nesten like stor andel kalibrerer pipettene, men gjennomfører ikke kontroll. Omtrent halvparten av dette har kontrollrutiner, men mangler kalibrering. Kun en respondent oppgir at de hverken kalibrerer eller kontrollerer pipettene sine.

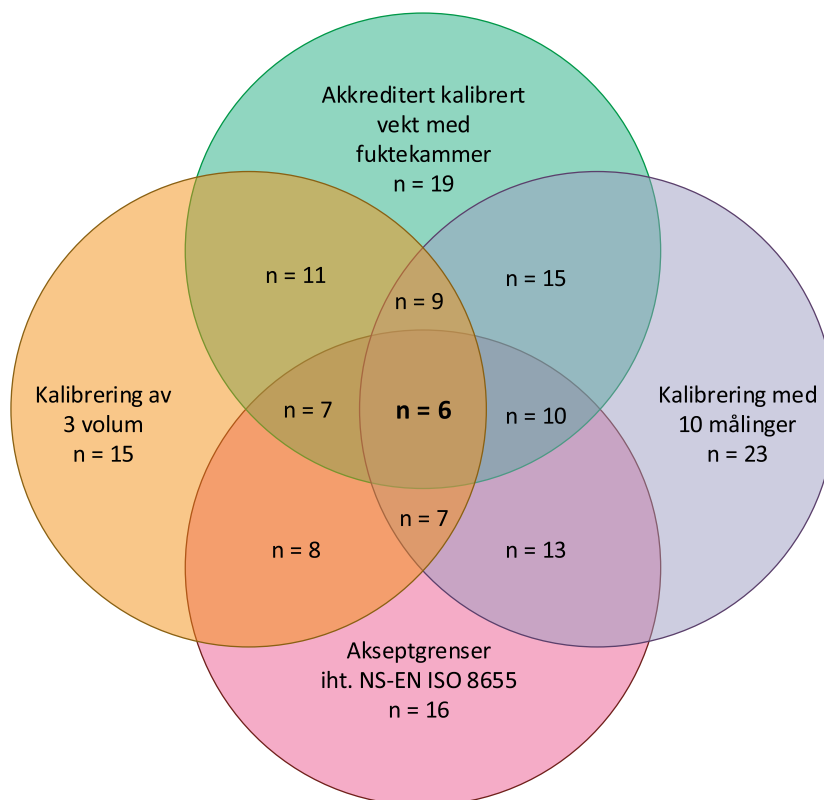
Opplæring i vedlikehold og bruk av pipetter

Vedlikehold av pipetter omfatter håndtering før og etter bruk, samt vurdering av behovet for service og vedlikehold. Undersøkelse av pipetteopplæring i laboratoriene viser at 51 % (n = 47) av laboratoriene tilbyr organisert opplæring i pipettevedlikehold, mens 27 % (n = 25) ikke tilbyr slik opplæring. Videre oppgir 16 % (n = 15) at de gir opplæring i vedlikehold til noen ansatte, men ikke til alle ansatte. Bruk av pipetter omfatter oppgaver som priming av pipettespiss, forståelse av pipetteknikker og identifisering av feilkilder ved pipettering. Når det gjelder opplæring i bruk av pipetter, oppgir 56 % (n = 52) av respondentene at slik opplæring tilbys, mens 22 % (n = 20) ikke gir slik opplæring. Videre oppgir 16 % (n = 15) at opplæring i bruk gis til enkelte ansatte, men ikke til alle.

Diskusjon:

En forståelse av hvor mye variasjon som er akseptabelt ved pipettering er avgjørende for å sikre pålitelige analyseresultater (3). Ulik pipetteringspraksis kan påvirke nøyaktighet og reproduksjon av resultater, derfor er standardiserte rutiner og kvalitetssikring viktig.

For å undersøke hvordan norske medisinske laboratorier kalibrerer og kontrollerer pipetter, og hvordan de gjennomfører opplæring, ble respondenter med kjennskap til laboratoriets pipettepraksis valgt ut. For å sikre representativitet, ble undersøkelsen sendt til respondenter i alle helseforetak i Norge. Svarprosenten på 63 %



FIGUR 2: Venn-diagram som viser fordeling og overlapp mellom fire kriterier for pipettekalibrering i norske laboratorier: bruk av akkreditert og kalibrert vekt med fuktekammer, testing av tre volum, utførelse av ti målinger per volum, og bruk av akseptgrenser i henhold til NS-EN ISO 8655. Antall forekomster (n) er angitt i hver sirkel og i overlappende områder. Det sentrale området representerer laboratorier som oppfyller alle fire kriteriene.

er basert på kontaktpersonene som mottok undersøkelsen, og gir et grunnlag for å vurdere dagens praksis, utfordringer og forbedringsmuligheter knyttet til kvalitetssikring av pipetter og pipettebruk.

Kalibrering og kontroll av pipetter

Respondentenes svar indikerer at det er variasjon i metodene for pipette-

kalibrering. Undersøkelsen ble gjennomført vinteren 2023, og det kan tenkes at flere laboratorier har endret sin praksis etter publisering av kravdokumentet «Krav til metrologisk sporbarhet, kalibrering og kontroll av måleutstyr» høsten 2022 (6). Laboratoriene blir ikke akkrediterte som kalibreringslaboratorier i henhold til NS-EN ISO/IEC 17025. I stedet får ►

TABELL 2: Krystabell med varmekart for sammenheng mellom antall respondenter som kalibrerer og kontrollerer pipetter (n = 98).

Krystabell: Kalibrering av pipetter mot kontroll av pipetter			
	Kontrollerer pipetter	Kontrollerer ikke pipetter	Vet ikke om pipetter kontrolleres
Kalibrerer pipetter	32	31	4
Kalibrerer ikke pipetter	15	1	1
Kalibrerer noen pipetter	10	2	2

de en godkjenning for intern kalibrering av pipetter som en del av akkrediteringen etter NS-EN ISO 15189. Siden laboratoriene ikke akkrediteres som egne kalibreringslaboratorier, men godkjenningen inngår i akkrediteringen av medisinske laboratorier, finnes det ingen tilgjengelig oversikt over hvor mange laboratorier som er godkjent for intern kalibrering av pipetter per august 2025.

En betydelig andel respondenter ser ut til å ta pipettekalibrering på alvor. Dette er et positivt funn, ettersom kalibrering av pipetter er avgjørende for å sikre nøyaktige og pålitelige pipetteresultater. Det er imidlertid bekymringsfullt at noen respondenter (16 %) ikke kalibrerer pipettene sine jevnlig, da dette kan påvirke kvaliteten på laboratorieanalysene. Ifølge Mangukiya og Panchal (2016) kan feilaktig kalibrering føre til avvik som kan resultere i misvisende analyseresultater og feil i forskningsdata fordi pipetter er sårbare for skjulte og tilfeldige feil (4).

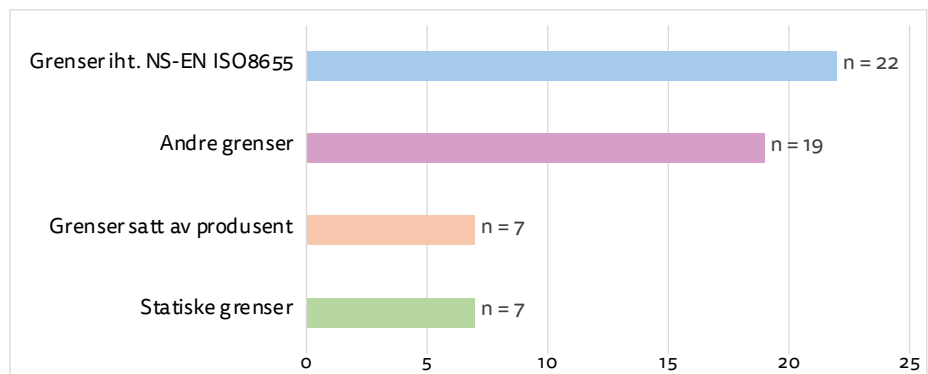
Blant laboratoriene som kalibrerer pipettene, viser resultatene at 34 respondenter velger å kalibrere noen eller alle pipettene internt. Dette kan være en kostnadseffektiv tilnærming, men stiller også krav til utstyr, lokaler og kompetansenivået hos personalet. Det er viktig at laboratoriene gir tilstrekkelig opplæring og har prosedyrer på plass for å sikre at intern kalibrering utføres korrekt. Diskusjonen rundt kalibrering av pipetter forutsetter at respondentene har en klar forståelse av forskjellen mellom kalibrering og kontroll av pipetter. NS-EN ISO 8655 stiller omfattende krav til kalibrering av stempeldrevet volumetrisk utstyr, inkludert spesifikasjoner for miljøforhold, utstyr, kompetanse og prosedyrer for pipettekalibrering.

I denne undersøkelsen fokuserte vi på fire sentrale krav: bruk av akkreditert og kalibrert vekt med fuktekammer, akseptgrenser i henhold til standarden, ti målinger per volum og kalibrering ved tre volum for variabelvolumpipetter.

Kun 6 av 34 laboratorier som kalibrerer pipetter internt, rapporterte at de etterlever alle disse kravene. Standardisert kalibrering er avgjørende for enhetlig praksis mellom laboratorier, og de lave tallene indikerer et behov for økt bevissthet om betydningen av å følge gjeldende standard.

Kontroll

Intern kontroll er viktig for kvalitetssikring av pipetter. Studien viser at halvparten av respondentene har et kontrollprogram,



FIGUR 3: Oversikt over akseptgrenser som brukes ved kontroll av pipetter (n = 55).

et tegn på en bevissthet rundt behovet for å overvåke kvaliteten på pipetter mellom kalibreringer. Regelmessig kontroll sikrer gyldigheten og påliteligheten i resultatene (3). Imidlertid er det bekymringsfullt at en tredjedel av laboratoriene mangler et kontrollprogram, som kan tyde på svakheter i deres kvalitetssikring av pipetter. På dette spørsmålet var det også noen respondenter som ikke svarte, eller svarte «vet ikke». Dette kan være en indikasjon på fravær av internkontroll for pipetter hos disse respondentene. Mangelen på kontroll kan føre til at feil med pipetten ikke blir oppdaget, og dermed svekke kvaliteten av prøveresultatene.

Undersøkelsen viser at de fleste respondentene som kontrollerer pipetter utfører kontroll ved tre volum og ti målinger per volum. Kontroll av flere volum tyder på bevissthet om at pipetter med variabelt volum kan oppføre seg ulikt avhengig av volumet som pipetteres. Kontroll av flere volum sikrer at pipettene fungerer, eller at feil oppdages ved ulike volumområder. Kontroll med flere målinger er en praksis som gir et mer nøyaktig bilde av pipettens ytelse og identifiserer eventuelle feil i pipetten (3). Imidlertid rapporterer et mindretall av respondentene at de kontrollerer med kun 1 eller 2 målinger, og denne praksisen kan være knyttet til at de ser pipettekontroll i sammenheng med interne kontrollrutiner der spesifikke måleverdier skal oppnås. Når nøyaktigheten vurderes ut fra samsvar med disse verdiene, kan en eller to målinger være tilstrekkelig for en rask kontroll. Selv om det kan være praktiske grunner til å bruke færre målinger, kan det resultere i en mindre pålitelig evaluering av pipettens nøyaktighet. Færre målinger gir en større usikkerhet, bredere konfidensintervall (KI) og mindre presise vurderinger. Hyppigheten kontrollene utføres med kan også ha betydning fordi hyppige kontroll-

målinger øker sannsynligheten for å oppdage avvik tidlig og reduserer risikoen for feilaktige analyseresultater som følge av upresis pipettering.

Laboratorier bør vurdere egne behov og tilpasse kontrollmetodene deretter, særlig ved håndtering av ulike væsketyper, ettersom pipettering av viskøse væsker medfører større variasjon enn pipettering av vann (12). Laboratoriene bør kunne begrunne hvorfor pipettens akseptgrenser er fastsatt slik de er, og hvordan pipettene møter interne krav til nøyaktighet og presisjon.

Opplæring

Undersøkelsen viste at omtrent halvparten av respondentene tilbød organisert opplæring i vedlikehold- og bruk av pipetter for alle ansatte, mens den andre halvparten enten manglet formelle opplæringsprogrammer eller hadde opplæring kun for enkelte. Våre resultater kan også tyde på at opplæring i pipetter er undervurdert og ikke en prioritert oppgave. Variasjon i opplæring kan føre til ulik praksis for hvordan pipetter vedlikeholdes og brukes i laboratoriene. Riktig vedlikehold og bruk av pipetter krever opplæring og det er viktig at alt laboratoriepersonell får den nødvendige opplæringen i pipetter. Ifølge Guan et al. er korrekt pipettering en undervurdert men avgjørende del av god laboratoriepraksis, siden manglende vedlikehold og feil pipettering ellers kan påvirke analyseresultatene (3).

Svakheter med studien

Spørreundersøkelsen omfattet en rekke spørsmål knyttet til kalibrering, kontroll og opplæring i pipetter. Det er mulig at enkelte respondenter har misforstått begrepene, og feilaktig oppgitt at de utfører kalibrering når det i realiteten dreier seg om utvidet kontroll uten sporbarhet til internasjonal standard. Dette kan ha inn-

virksomhet på datagrunnlaget og de påfølgende konklusjonene. Uklar begrepsbruk knyttet til kalibrering og kontroll indikerer et behov for presise definisjoner og tydelige retningslinjer for intern kalibrering av pipetter. Spørreundersøkelsen ble gjennomført anonymt, men deltakerne ble ikke informert om dette ved utsendelsen, noe som kan ha påvirket svarene.

Konklusjon

Spørreundersøkelsen avdekker både styrker og forbedringsområder i norske laboratoriers håndtering av pipettekalibrering og -kontroll. Resultatene avdekker varierende praksis for kvalitetssikring, der noen laboratorier både kalibrerer og kontrollerer pipetter, mens andre kun utfører en av delene, eller mangler slike rutiner helt. Enkelte respondenter oppgir også usikkerhet om laboratoriets prosedyrer, noe som understreker behovet for økt standardisering. Samtidig er det kritisk at mange respondenter som kalibrerer egne pipetter, ikke følger standarden for stempeldrevet volumetrisk måleutstyr, noe som kan føre til manglende metrologisk sporbarhet og unøyaktige pipetter.

Opplæringen av laboratoriepersonell viser rom for forbedring. Kun halvparten av respondentene har organisert opplæring i pipettevedlikehold og -bruk. Dette kan reflektere en undervurdering av nødvendig pipettekompetanse, der oppgaven utføres uten tilstrekkelig opplæring og kvalitetssikring. Manglende fokus på opplæring kan øke risikoen for feilpipetteringer og påvirke kvaliteten på analyser og forskningsresultater. Rett

pipetteringsteknikk er grunnleggende for nøyaktige målinger, og laboratorier må prioritere opplæring i pipetter.

Resultatene fra undersøkelsen viser et behov for å innføre kontrollprogrammer for pipetter, sikre etterlevelse av internasjonal standard ved kalibrering, og styrke opplæringen av laboratoriepersonell. Ved å adressere disse områdene kan laboratoriene forbedre kvaliteten på sine analyser. ■

Takk til

Gunn Merete Sævdal, Minh Thuy Cong Nguyen og Anders Halvorsen for innspill, korrigering, og verdifulle tilbakemeldinger til piloten før utsendelse av spørreundersøkelsen.

Interessekonflikter

Ingen interessekonflikter er oppgitt

Forfatterens bidrag

SM har bidratt med design av studien, analysert og tolket data og har vært hovedansvarlig for utforming av manuskriptet. WIB har bidratt med design av studien, diskusjon av resultatene og utforming av manuskriptet. IM har bidratt med design av studien, diskusjon av resultatene og utforming av manuskriptet. GBBK har bidratt med design av studien, diskusjon av resultatene og utforming av manuskriptet. AB har bidratt med design av studien, diskusjon av resultatene og utforming av manuskriptet. MSS har bidratt med design av studien, diskusjon av resultatene og utforming av manuskriptet. Alle forfatterne har lest og godkjent det endelige manuskriptet.

Referanser

1. International Organization for Standardization. NS-EN ISO 8655:2022. Stempeldrevet volumetrisk utstyr: <https://www.standard.no> (19.05.2025).
2. Mo S, Manolescu IB. Opplæring i pipetter: <https://kursbygger.ihelse.net/?startcourseid=1636&tracking=> (19.05.2025).
3. Guan XL, Chang DP, Mok ZX, Lee B. Assessing variations in manual pipetting: An under-investigated requirement of good laboratory practice. *J Mass Spectrom Adv Clin Lab.* 2023;30:25–9.
4. Mangukiya KK, Panchal M. Impact of calibration of pipette on quality control results. *Int J Clin Biochem Res.* 2016;3(1):28–30.
5. Crawford ML, Shuford CM, Grant RP. The pipetting Olympics: Propagating proper pipetting a priori in clinical LC-MS/MS analysis. *J Mass Spectrom Adv Clin Lab.* 2023;29:16–20.
6. Norsk akkreditering. Krav til etablering av metrologisk sporbarhet, kalibrering og verifisering/kontroll av måleutstyr: <https://www.akkreditert.no/globalassets/na-dokumenter/dokoo859.pdf> (19.05.2025).
7. ILAC. Pt0:07. ILAC Policy on Metrological Traceability of Measurement Results: <https://ilac.org/publications-and-resources/ilac-policy-series/> (19.05.2025).
8. SurveyMonkey: <http://no.surveymonkey.com> (22.02.2023).
9. Wickham H, Bryan J. readxl: Read Excel Files: <https://CRAN.R-project.org/package=readxl> (19.05.2025).
10. Iannone R, Cheng J, Schloerke B. gt: Easily Create Presentation-Ready Display Tables: <https://CRAN.R-project.org/package=gt> (19.05.2025).
11. Wickham H, Averick M, Bryan J, Chang W, D'Agostino McGowan L, François R, et al. tidyverse: Easily Install and Load the Tidyverse: <https://CRAN.R-project.org/package=tidyverse> (19.05.2025).
12. Sylte MS, Mo S, Virtanen K, Viertola R, Pelanti J, Berghäll H. Strengthening pipette performance through external quality control (poster). Reykjavik: Nordisk Medicinsk Laboratorieguppe (NML) Congress; 2025.

Om forfatterne



Solveig Mo er bioingeniør med mastergrad i innovasjon og entreprenørskap fra Høgskulen på Vestlandet.

Hun jobbet som fagbioingeniør ved Avdeling for medisinsk biokjemi og farmakologi ved Haukeland universitetssjukehus fram til 1. oktober 2025, da hun begynte i ny jobb som overingeniør i Justervesenet.



Wenche Iren Bjelkarøy er bioingeniør med mastergrad i helsefag. Hun jobber som seksjonsleder i Ekstern kvalitetskontroll (EQA), Norsk kvalitetsforbedring av laboratorieundersøkelser (Noklus).



Irina Manolescu er bioingeniør med mastergrad i helseledelse fra NTNU. Hun jobber som spesialbioingeniør

ved Patologisk avdeling, Haukeland universitetssjukehus og som kvalitetsleder ved Laboratoriet, Haraldsplass diakonale sykehus.



Gunn Berit Berge Kristensen er pensjonert bioingeniør med ph.d. innen kvalitetssikring. Hun er tidligere ansatt ved Norsk kvalitetsforbedring av laboratorieundersøkelser (Noklus).



Alexander Blø jobber som spesialbioingeniør ved Avdeling for medisinsk biokjemi og farmakologi, Haukeland universitetssjukehus.



Marit Sverresdotter Sylte er overbioingeniør/ph.d. ved Avdeling for medisinsk biokjemi og farmakologi ved Haukeland universitetssjukehus