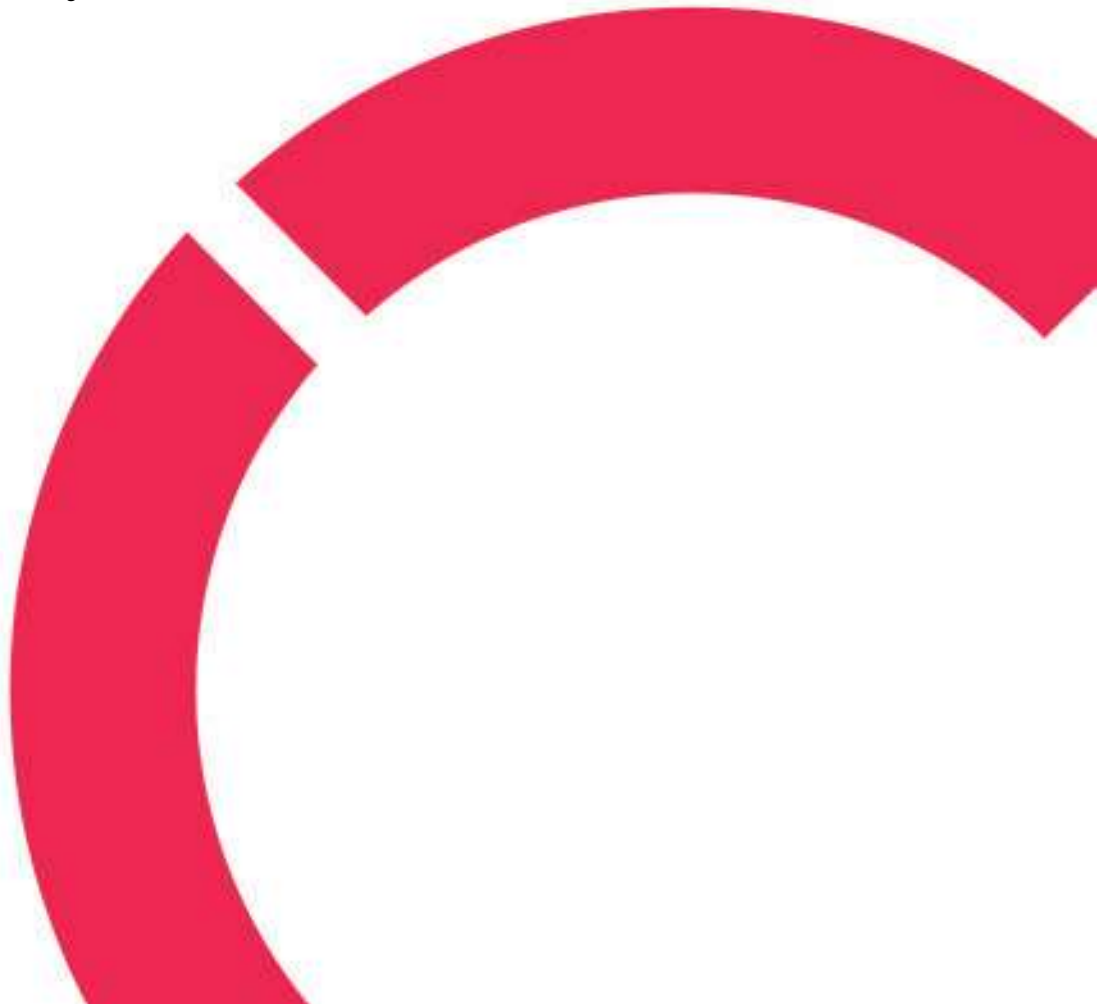


Jussi Huhtala

**PH-MITTAUKSIEN ENNAKKOHUOLTO MEMOBASE -OHJEL-
MISTON AVULLA BOLIDEN KOKKOLASSA**

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Insinööri (AMK), sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus
Maaliskuu 2023**



Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Maaliskuu 2023	Tekijä/tekijät Jussi Huhtala
Koulutus Insinööri (AMK), sähkö- ja automaatiotekniikka		<input checked="" type="checkbox"/> AMK <input type="checkbox"/> YAMK
Työn nimi PH-MITTAUKSIEN ENNAKKOHUOLTO MEMOBASE -OHJELMISTON AVULLA BOLIDEN KOKKOLASSA		
Työn ohjaaja Hannu Puomio		Sivumäärä 29 + 2
Työelämäohjaaja Pasi Karhunen		
<p>Ennakoiva kunnossapito on tärkeää toimivan prosessin kannalta. Opinnäytetyön aiheena oli parantaa pH-mittauksien ennakkohuoltoa Boliden Kokkolassa. Käyttöön otettiin Memobase-ohjelma, jolla pystytään suorittamaan pH-anturien kalibrointi vakaammissa olosuhteissa kuin ennen ja kalibrointitiedot tallentuvat ohjelman muistiin. Kalibrointien suorittaminen on jatkossa helpompaa, turvallisempaa ja tarkempaa. Memobase-ohjelman kalibrointiraporttien perusteella voidaan seurata anturien kuntoa ja elinikää, mikä auttaa ennakoimaan anturien vaihtotarpeen.</p> <p>Opinnäytetyössä laadittiin uusi toimintamalli, jossa käytetään tietokoneohjelmaa pH-anturien kalibroinnissa. Toimintamallin käyttöönotossa laadittiin työohje, jonka mukaan kunnossapitoasentajat toimivat.</p>		

Asiasanat Ennakkohuolto, Kalibrointi, Memobase, pH-mittaus
--

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date March 2023	Author Jussi Huhtala
Degree programme Bachelor of engineering, Electrical and Automation Engineering		
Name of thesis PREVENTIVE MAINTENANCE OF PH MEASUREMENTS USING MEMOBASE SOFTWARE IN BOLIDEN KOKKOLA		
Centria supervisor Hannu Puomio	Pages 29 + 2	
Instructor representing commissioning institution or company Pasi Karhunen		
<p>Preventive maintenance is important for a well-functioning process. The topic of the thesis was to improve the preventive maintenance of pH measurements in Boliden Kokkola. The Memobase program was introduced, which can perform the calibration of pH sensors under more stable conditions than before and the calibration data is stored in the program's memory. Calibrations will be easier, safer and more accurate in the future. Based on the calibration reports of the Memobase program, the condition and lifespan of the sensors can be monitored, which helps to anticipate the need to replace the sensor.</p> <p>In the thesis, a new operating model was drawn up, which uses a computer program in the calibration composition of pH sensors. In the implementation of the operating model, a work instruction was drawn up, according to which maintenance installers operate.</p>		
Key words Calibration, Memobase, pH measurement, Preventive maintenance		

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

COMPUTER

Ylemmän tason säätimen valinta

KASKADISÄÄDIN

Säädin, jossa on useita ohjaussuureita ja yksi säädettävä suure

LOCAL

Paikallinen asetusarvon valinta

pH

Potential of hydrogen on aineen happo/emäs arvo

PID

Proportional-Integral-Derivate on säädin, jota käytetään yleisesti teollisuuden säätöpiireissä

REMOTE

Apusäätimen toimintatila, jota ohjaa jokin ylemmän tason säädin

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 BOLIDEN KOKKOLA	2
3 PH-MITTAUS	3
3.1 Mittaustekniikat	4
3.2 Historiaa	6
3.3 Mittauksien käytettävyys	8
3.4 Kalibrointi	9
3.5 Säättöpiiri	10
4 MEMOBASE-OHJELMISTO	13
4.1 Käytettävyys	14
4.2 Tiedonkeruu	14
5 ENNAKOIVA KUNNOSSAPITO TEOLLISUUDESSA	16
5.1 Automaatiokunnossapito	16
5.2 Ennakkohuolto	17
6 UUSI TOIMINTAMALLI	19
6.1 Toimintamallin laatiminen	19
6.2 Työturvallisuus	20
6.3 Tulokset ja raportointi	21
7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	27
LÄHTEET	29
LIITTEET	
KUVIOT	
KUVIO 1. pH-asteikko	3
KUVIO 2. Kalibrointinäkyvä Memobase-ohjelmassa	9
KUVIO 3. PID-säädin.....	11
KUVIO 4. Kalibrointiasetukset.....	14
KUVIO 5. Näkyvä tietokannasta	15
KUVIO 6. Kalibrointiraportti lehti 2/4	22
KUVIO 7. Kalibrointiraportti lehti 1/4	23
KUVIO 8. Kalibrointiraportti lehti 3/4	24
KUVIO 9. Kalibrointiraportti lehti 4/4	25
KUVAT	
KUVA 1. pH-nauha	4
KUVA 2. E+H Compact CM82 -lähetin.....	5
KUVA 3. pH-lähetin ja anturi.....	6

KUVA 4. Vanha pH-mittari.....	7
KUVA 5. pH-elektrodi.....	8
KUVA 6. Memobase Plus CYZ71D.....	13
KUVA 7. E+H Smartblue -älypuhelinsovellus.....	17
KUVA 8. Kalibrointipiste huoltotiloissa	21
KUVA 9. Anturien säilytyspaikka	27

1 JOHDANTO

Boliden Kokkolassa automaatiokunnossapito huoltaa mittauksia kalibroimalla anturit kentällä mittauskohteissa. Käytettävä anturityyppi on analoginen eikä kalibroititietoja kerätä mihinkään järjestelmään talteen. Opinnäytetyön aiheena oli parantaa pH-mittauksien ennakkohuoltoa Memobase-ohjelmiston avulla Boliden Kokkolassa. Memobase-ohjelmiston avulla siirrytään digitaalisen anturityypin käyttöön tietyillä prosessialueilla ja kalibroidataa aletaan keräämään jokaisen kalibroinnin jälkeen tietokantaan ja näin ollen voidaan seurata anturien elinkaarta, kulutusta ja mittaustarkkuutta kalibroititietojen pohjalta.

Oletuksena on, että jatkossa mittaustarkkuus paranee ja työn suorittaminen on turvallisempaa, kun kalibroinnit suoritetaan huoltotiloissa vakaisissa olosuhteissa eikä halliolosuhteissa. Opinnäytetyössä laadittiin toimintaohje kalibroinneille ja mittausdatan tallentamiselle, seurattiin anturien elinkaarta verraten nykytilanteeseen sekä pyrittiin saamaan myös kustannusmielessä tärkeää tietoa vanhojen analogisten antureiden uusimisesta digitaalisiin.

Tällä hetkellä pH-mittauksia on Boliden Kokkolassa noin 50 kappaletta, joista digitaalisten osuus on noin 10 kappaletta. Yhdeksän mittauksen osalta suoritettiin noin 2 kuukauden testijakso, josta saadaan tietoa Memobase-ohjelmiston hyödyistä mittausteknillisesti sekä kustannusmielessä. Myös osaltaan tarkastellaan työturvallisuutta sekä työergonomiaa parantavia tekijöitä.

2 BOLIDEN KOKKOLA

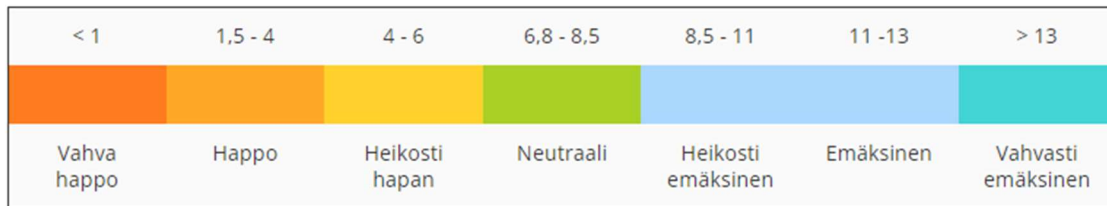
Suomen länsirannikolla sijaitseva Boliden Kokkola on Euroopan toiseksi suurin sinkkitehdas, joka on Kokkolan suurin teollinen työnantaja. Tehdas tuottaa yhteensä noin 40 erilaista sinkkituotetta, joista osa on puhdasta sinkkiä ja osa asiakasryhmien tai yksittäisten asiakkaiden tarpeisiin räätälöityjä seostuotteita. Boliden Kokkolassa tuotettua sinkkiä käytetään mm. autoihin, siltoihin, paristoihin, valopylväisiin ja rakentamiseen. Energiatohokkuuden näkökulmasta Boliden Kokkola on päästömäärien pienyyden takia maailman huippuluokkaa. Tuotantokapasiteetti on 315 000 tonnia vuodessa ja henkilöstömäärä 565. (Boliden 2022.)

Outokumpu teki vuonna 1967 päätöksen sinkkitehtaan rakentamisesta Kokkolaan. Yhtiöllä oli Suomessa tuohon aikaan useita sinkkikaivoksia, mutta oman sinkkitehtaan puuttuessa kaikki rikaste meni vientiin. Kokkola oli jo 1960-luvun lopulla valtakunnallisesti merkittävä teollisuuskaupunki, jossa valtion omistuksessa olleet suuryhtiöt Outokumpu ja Kemira pyörittivät useita tuotantolaitoksia. Alueella oli tarjolla runsaasti työvoimaa ja vapaata rakennusmaata, minkä lisäksi Kokkolan valintaa puolsi sen sijainti hyvien liikenneyhteyksien vieressä ja lähellä sinkkikaivoksia. (Boliden 2022.)

Sinkin tuotanto alkoi Kokkolassa vuonna 1969. Vuosikymmenten aikana tehdasta on laajennettu ja kehitetty jatkuvasti erilaisten laajennus- ja kehitysohjelmien avulla. Vuonna 2004 Sinkkitehdas siirtyi Outokummulta ruotsalaisen Bolidenin omistukseen yritysjärjestelyn yhteydessä. Kemiran omistuksessa oleva rikkihappotehdas siirtyi Bolidenin omistukseen vuonna 2010. Vuodesta 2014 Boliden Kokkolan sinkkitehtaalla on osana sinkin tuotantoprosessia otettu talteen myös sinkkirikasteessa olevaa hopeaa. Lopputuotteena syntyvä hopearikaste toimitetaan jalostettavaksi puhtaaksi hopeametalliksi. (Boliden 2022.)

3 PH-MITTAUS

Happo- ja emäsluosten happamuus ja emäksisyys voivat vaihdella laajalti ja siksi onkin hyödyllistä tietää, onko liuos happo vai emäs, mutta myös se miten hapan tai emäksinen se on. Happamuutta ja emäksisyyttä mitataan pH-asteikoilla, joka on 0-14. (NCH Europe 2023.)



KUVIO 1. pH-asteikko (NCH Europe 2023)

pH-arvon määritelmä pohjautuu kaavaan:

$$pH = -\log a_{H^+} = \log \frac{1}{a_{H^+}} \quad (1)$$

jossa a_{H^+} kuvastaa vetyionin aktiivisuutta.

Logaritmi on kymmenkantainen, joten pH on vetyionien aktiivisuuden kymmenkantaisen logaritmin vastaluku, joka tarkoittaa, että vetyionin aktiivisuus kasvaa kymmenkertaiseksi, kun pH pienenee yhdellä yksiköllä ja samalla myös liuoksen positiivinen varaus kasvaa. (Onkamo 2010, 7.)

Kaikkien pH-elektrodien toiminta perustuu Nernst:n yhtälöön. Nernst:n yhtälössä jännitelukema (mV) muutetaan ionikonsentraatioksi (tai pH:ksi). Tämä korrelaatio on suoraan verrannollinen. pH-elektrodeille teoreettinen mV-arvo on 0 mV, kun pH on 7 ja kulmakerroin on 59,16 mV/pH. Tämä tarkoittaa sitä, että aina, kun pH-muuttuu yhden yksikön, niin jännite muuttuu 59,16 mV, 25°C:n lämpötilassa. Kaikki tämä on teoriaa, sillä elektrodien kulmakerroin muuttuu niiden ikääntyessä. (Korhonen 2023.)

3.1 Mittaustekniikat

pH:ta voidaan mitata käyttämällä pH-indikaattoreita liuos- tai nauhamuodossa tai käyttämällä potentiometristä menetelmää. Indikaattoriratkaisujen käyttö on melko hankalaa, kun taas pH-nauhat ovat helppokäyttöisiä, mutta niiden tarkkuus on rajoitettu noin 0,2-0,5 pH-yksikköön eikä niitä voida käyttää pH:n jatkuvaan mittaamiseen, vaan jokainen mittaus on kertaluontoinen. (pH-meter info 2022a.)



KUVA 1. pH-nauha (NCH Europe 2023)

Kun tarvitaan suurempaa tarkkuutta tai nopeampaa mittausta, potentiometriin perustuva pH-mittari on ainoa oikea toteutustapa. pH-mittareita on erityyppisiä riippuen käyttökohteesta, alkaen erittäin tarkkoista ja kalliista penkkiyksiköistä pienikokoisiin taskumalleihin. Teknisessä mielessä pH-mittari kuvastaa tarkkaa jännitemittausta, joka on kytketty pH- ja vertailuelektrodeihin ja skaalattu siten, että se ei näytä mitattua potentiaalia, vaan valmista pH-arvoa. Nykypäivän pH-mittarissa vertailuelektrodi on rakennettu sisäisesti pH-elektrodiin, mikä tekee laitteesta kompaktin ja sen käytöstä hyvin yksinkertaista. (pH-meter info 2022a.)

Yleisesti ottaen pH-mittauspiiri sisältää elektrodin, kaapelin ja lähettimen, jossa mittauselektrodista eli anturista saatu jänniteviesti vahvistetaan ja muutetaan pH-arvoja osoittavalle mittarille sopivaksi vietiksi. Lähetin tuottaa standardiviestin, joka on verrannollinen mittapiirin jännitteeseen. Useimmissa tapauksissa pH-arvo näytetään lähettimen näytöllä. Uudemmissa kaapelimallisilla lähettimissä ei ole

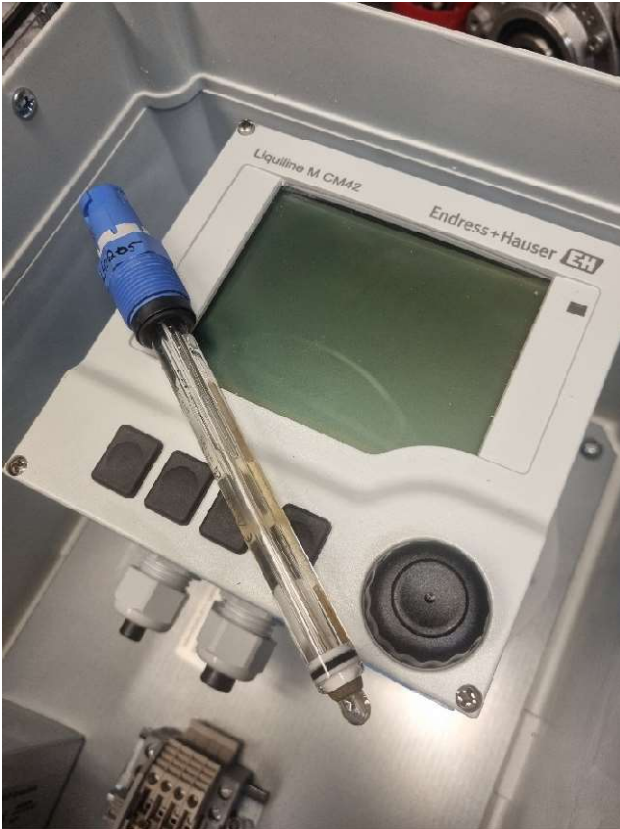
näyttöä ollenkaan, vaan kaikki mittaukseen liittyvä data ja diagnostiikka voidaan lukea joko PC- tai matkapuhelinsovelluksella.

Nykyään on siis myös olemassa lähettimiä, jotka on integroitu elektrodille menevään mittauskaapeliin ja joiden diagnostiikan, parametroidin ja näyttölaitteen olemisen hoitaa ainoastaan puhelin- tai PC-pohjainen sovellus. Tässä opinnäytetyössä käytettiin yhtä ns. kaapelimallin lähetintä, joka on nimenomaan puhelimen sovelluksella konfiguroitu/parametroitu. Opinnäytetyössä käytetty kaapelimallisen lähettimen tyyppi on E+H Compact CM82 (KUVA 2). Se sopii useimpiin sovelluksiin samalla lailla kuin perinteinen lähetin, ja suojatun Bluetooth-yhteyden kautta voidaan operoida mittausta tabletilla tai älypuhelimella etänä kantaman sallituissa rajoissa. (Endress & Hauser 2023.)



KUVA 2. E+H Compact CM82 -lähetin (Endress & Hauser 2023.)

Nykyaikaisen pH:n mittauspiirin ominaiset piirteet asettavat tiettyjä erikoisvaatimuksia lähettimelle, kuten suuri tuloimpedanssi, lämpötilakompensointi ja ikääntymisen vaikutusten minimointi. Useimmat lähetimet sisältävät lämpötilakompensoinnin, koska lämpötilan vaikutus pH:n on merkittävä. Kehittyneemmät mallit sisältävät runsaasti mittauspiirin diagnostiikkaa ja kunnonvalvontaa. Diagnostiikan avulla voidaan seurata esimerkiksi lasimembraanin- ja vertailuelektrodin impedanssia ja isopotentialijännitteen muutosta, joka antaa tietoa anturin kunnosta. (Kontram 2023.) Kunnonseuranta auttaa arvioimaan anturin vaihtotarpeen ja sen perusteella voidaan aikatauluttaa ennakkohuollon tarve.



KUVA 3. pH-lähetin ja anturi

3.2 Historiaa

Ensimmäisen lasisen pH-elektrodin kehittivät vuonna 1908 Fritz Haber ja Zygmunt Klemensiewicz. Alkuperäisessä elektrodissa oli lasikupla, joka oli täytetty vahvalla elektrolyytillä ja sen sisällä oli Ag/AgCl-puolikenno ja koskettimena Ag-lanka, jonka mittaus perustui H^+ -ionien aktiivisuuteen. Tekniset vaikeudet kuitenkin estivät Haber:n ja Klemensiewicz:n pH-anturin laajamittaisen käytön. (pH-meter info 2022b.)

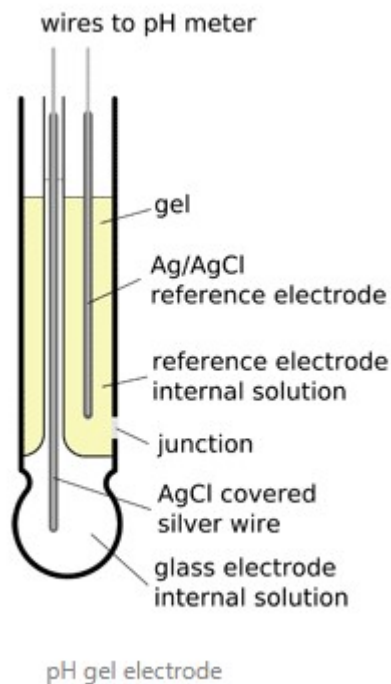
Ensimmäisen todellisen pH-mittarin rakensi vuonna 1934 Arnold Beckman. Anturissa oli kuitenkin ongelmana lasielektrodin suuri sisäinen vastus, mikä teki mittauksesta haastavaa. Luotettavien tulosten saamiseksi oli pakko käyttää erittäin herkkää galvanoskooppia, mikä oli kallista ja vaikeaa ylläpitää. Ongelman ratkaisemiseksi Arnold Beckman ehdotti yksinkertaisen korkean vahvistuksen vahvistimen käyttöä, joka on valmistettu kahdella tyhjiöputkella. Vahvistettua virtaa oli paljon helpompi mitata halvemmilla amperometreilla. (pH-meter info 2022b.)



KUVA 4. Vanha pH-mittari (pH-meter info 2022b.)

Vuonna 1936 Beckman päätti yrittää myydä pH-mittarin kaupallisesti mallin G happomittarina, joka myöhemmin nimettiin uudelleen mallin G pH-mittariksi. Hän kehitti laitteen, jossa oli yhdistetty vahvistin, sähkökemiallinen kenno, elektrodi, kalibroitivalitsimet, paristot ja ns. mittari yhdeksi kokonaisuudeksi. Vaikka Model G pH -mittari oli sen ajan kaupallinen menestys, havaittiin kuitenkin, että lasielektrodin luotettavuus oli erittäin alhainen. Laitteen rakenne pakotti elektrodin olemaan aina lähes samassa asennossa liuoksessa, ja Stanfordin yliopistossa tehty riippumaton tutkimus osoitti myös, että pH-mittausten tulokset olivat hyvin riippuvaisia elektrodin upottamisen syvyydestä. Tämä johti elektrodin täydelliseen uudelleensuunnitteluun vuonna 1937. Samaan aikaan myös muut valmistajat alkoivat valmistaa pH-mittareita Euroopassa. Dannish Radiometer esitteli lokakuussa 1937 ensimmäisen kaupallisesti saatavilla olevan pH-mittarinsa, jota kutsuttiin nimellä PHM1. Nykypäivänä, vielä noin 80-vuoden kuluttua melkein kaikki pH-mittarit noudattavat samaa yleistä ajatusta, joka luotiin jo vuosikymmeniä sitten. Mittareissa on ulkoiset pH- ja vertailuelektrodit (usein samassa kotelossa), korkean vahvistuksen vahvistin ja amperometri kaikki samassa kokonaisuudessa. (pH-meter info 2022b.)

Mittausperiaate nykyaikaisessa elektrodissa on siis hyvin pitkälti samanlainen kuin Fritz Haberin ja Zygmunt Klemensiewiczin luomassa ensimmäisessä elektrodissa. Potentiaaliero kerääntyy kuplan ohuen lasin sivuille H^+ -aktiivisuuden välisen eron ansiosta molemmilla puolilla. Tämä potentiaaliero mitataan vertailuelektrodien avulla, ja kun sen tiedetään olevan verrannollinen kuplan ulkopuolella olevaan pH:n, saadaan luotettava mittausta. (pH-meter info 2022c.)



KUVA 5. pH-elektrodi (pH-meter info 2022c.)

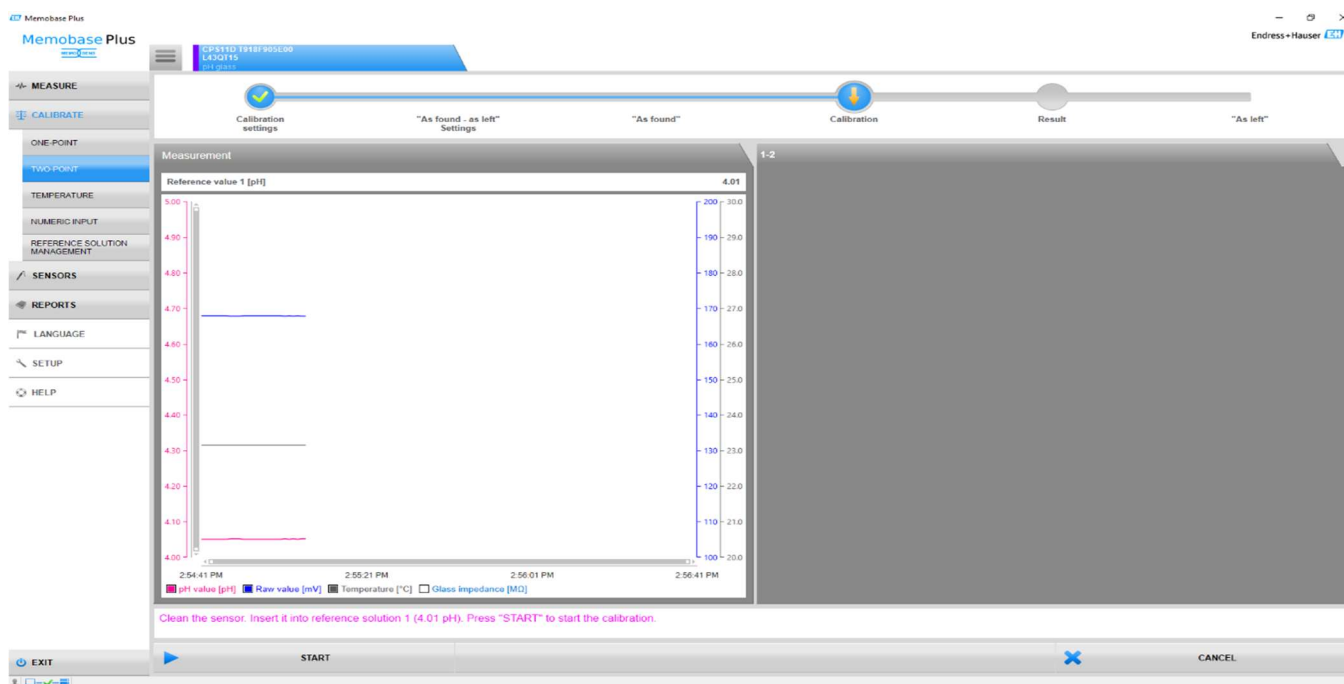
3.3 Mittauksien käytettävyys

pH-arvoa mitataan monessa eri prosessiteollisuuden sovelluksessa, joista yleisimpiä ovat veden- tai liuoksen puhdistus, elintarviketeollisuus, jäteveden käsittely ja korroosionesto. Mikrobin kasvun kannalta pH-arvo on myös tärkeässä asemassa. pH-arvon käyttö elintarvikkeiden laadun määrittämisessä on yksi vanhimpia käytettyjä analyysimenetelmiä maailmassa. Myös saostus- ja liuotusprosessit toimivat pH-säädön avulla monissa eri sovelluksissa, joissa usein faasien välinen aineensiirto toteutetaan ohjaamalla pH-arvoa. Paperikoneiden toimintaa säädetään pH:n mukaan ja metallurgisissa prosesseissa se on olennaisena tekijänä prosessin kannalta. Voimalaitoksissa täytyy tietää pH:n arvo syöttö- ja kattilavesissä, kylläisessä höyryssä sekä puhdistamattomassa lauhteessa. (Kontram 2023.)

3.4 Kalibrointi

pH-mittaus kalibroidaan kentällä kahden eri kalibrointiliuoksen avulla. Mittaava anturi eli elektrodi irrotetaan mittausta paikasta ja puhdistetaan paperilla. Tämän jälkeen elektrodi laitetaan 1. puskuriliuokseen ja anturin näyttämä pH-arvo pyrkii lähelle kalibrointiliuoksen pH:ta. Näyttämän ja puskuriliuoksen ero korjataan vahvistimella ja sama toimenpide suoritetaan puskuriliuoksella 2. Edellä mainittu 2-piste kalibroinnin jälkeen lähetin luo automaattisesti uuden kalibrointikäyrän lähettimelle, ja kulmakerroimen täytettyä määritellyt kriteerit kalibrointi joko hyväksytään tai hylätään. Anturi joudutaan vaihtamaan, jos kalibrointi hylätään tai jos huomataan, että anturi reagoi hitaasti kalibrointiliuokseen. Hyvän elektrodin tunnistaa sen nopeasta reagoinnista (alle 45 sekunnin tasaantumisaika) kohti haluttua pH-arvoa. Jos anturin lasi-impedanssi on alle 80 M Ω , tiedetään, että elektrodi on vaihdettava (uudella elektrodilla lukema on yli 200M Ω). Todettakoon, että ihanteellinen mittauksen näyttämä jännite pH8:lla on -58,8mV (KUVIO 9).

Uuden Memobase-ohjelman avulla suoritettu kalibrointi tapahtuu käytännössä samalla tavalla kuin aiemminkin, mutta kalibroinnin operointi tapahtuu tietokonepohjaisella ohjelmalla ja työ suoritetaan huoltotiloissa (LIITE1). Memobase-ohjelmassa kalibroinnin visualisointi on parempaa kuin lähettimellä tehtäessä ja kalibrointitiedot tallennetaan jokaisen kalibroinnin jälkeen tietokantaan.



KUVIO 2. Kalibrointinäkyvä Memobase-ohjelmassa

Bolidenilla on käytössä sekä analogisia että digitaalisia antureita, joten kalibrointitietojen tallennus poikkeaa niissäkin keskenään. Analoginen anturi toimii ainoastaan mittaavana elimenä ja kalibrointitiedot ovat erillisellä lähettimellä. Tämän takia analogisten antureiden kalibrointi on suoritettava mittauskohteessa. Digitaalisen anturin etuna on sen sisäinen äly eli kalibrointitiedot ja anturin diagnostiikka on sisällytetty itse anturiin. Näin ollen kalibrointi ja mittauskohtaiset tiedot ovat anturissa eikä lähettimellä, joten anturia voidaan operoida huoltotiloissa ja sen mittaukseen saattamiseen tarvitaan vain asentaminen kohteeseen.

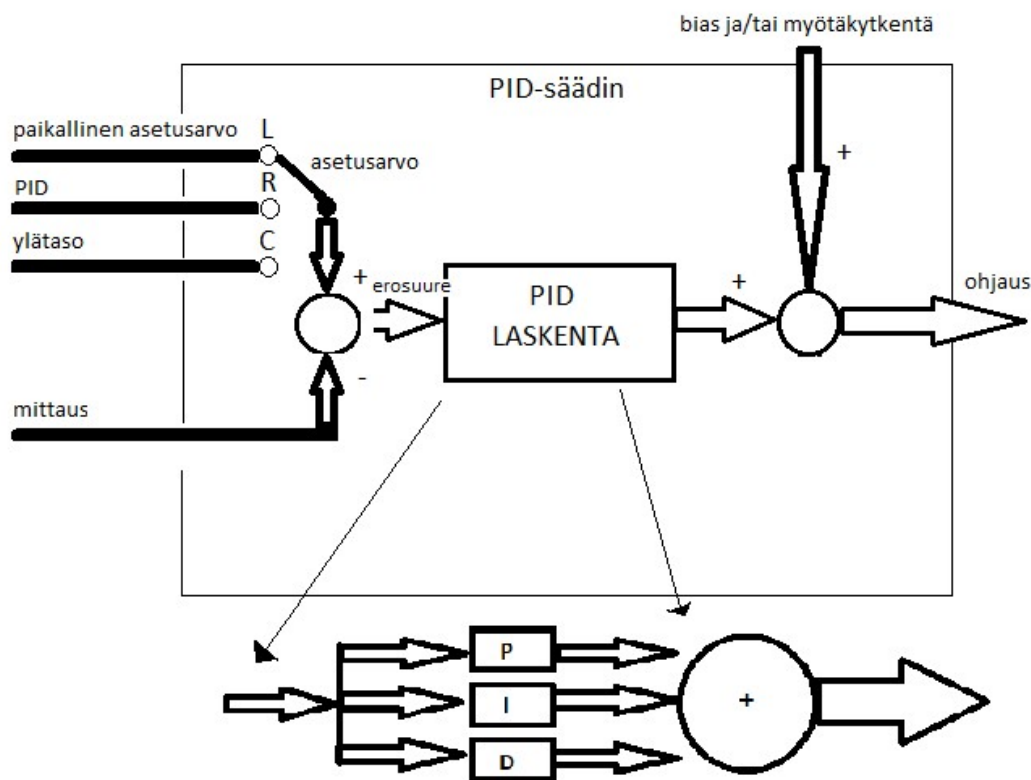
3.5 Säättöpiiri

Prosessi on monimutkainen järjestelmä, jossa esiintyy mekaanisia ja sähköisiä ilmiöitä, esimerkiksi nesteiden, kiinteän aineen ja kaasujen virtausta, lämmön siirtymistä ja erilaisia kemiallisia reaktioita. Paperikone, tislaukskoloni, vedenpuhdistamo tai voimalaitos ovat yleisimmin tunnettuja prosesseja ja ne saattavat koostua pienemmistä osaprosesseista, jotka ovat itsekin prosesseja. Prosesseissa olevat mittalaitteet käsittävät instrumentoinnin, joka puolestaan sisältää mittalaitteista koostuvia mittauksia, säätimiä toimilaitteita ja moottoreita, joiden avulla prosessia säädetään ja valvotaan. Prosessin tulon muutos ajan funktiona tarkoittaa prosessidynamiikkaa, joka sisältää prosessissa tapahtuvat värähtelyt ja viiveet, joita pyritään hallitsemaan säätöpiireillä. (Harju, Marttinen 2000, 9.)

Prosessien säädöt tapahtuvat joko operaattorien tekeminä ohjaustoimenpiteinä tai automaattisesti säätöpiirin ohjaamina. Operaattorien tekemät säädöt ovat ns. manuaalisia ohjauksia ja ne ovat riippumattomia tulosuureesta, kun taas automaattiseen ohjaukseen vaikuttavat säätöpiirin kaikki komponentit ja säätöpiiri tekee itse tarvittavat ohjaukset. Ohjaus tarkoittaa, että järjestelmälle annetaan ennalta määrätty ohjaussignaali ilman että tiedetään prosessin mitattu arvo. Tätä käytetään manuaalisessa ohjauksessa. Automaattisen säädön tekemä ohjaus perustuu prosessista mitattuun arvoon. Säättöpiireissä käytetään takaisinkytkentää, joka on aina hieman viivästynyt prosessin viiveiden ja hitauksien seurauksesta ja jota pyritään korjaamaan oikein määritetyillä säätöpiirin viritysparametreilla. (Harju 2000, 9.) Ulkopuoliset häiriötekijät aiheuttavat ongelmia säätöjärjestelmissä ja säätöpiirillä pyritään minimoimaan nämä edellä mainitut häiriöt. Ulkopuolisilla häiriöillä tarkoitetaan ulkoisten olosuhteiden muu-

toksia tai toisten säätöpiirien vaikutusta tarkasteltavaan säätösuureeseen. Säätöjärjestelmä on automaattisesti toimiva kokonaisuus, mutta sen sujuva toimivuus vaatii säätimen huolellisen virityksen ja suunnittelun. (Harju 2000, 19.)

Yleisin teollisuudessa käytetty säädin on PID-säädin (Proportional-Integral-Derivative). Säätimen rakenne on yksinkertainen, ja se toimii hyvin myös piireissä, joissa vaikuttaa useita häiriö- ja epävarmuustekijöitä. Virittämiseen tarvittavat peruseriaatteet ovat melko tunnettuja ja PID-säätimestä voidaan käyttää useita eri yhdistelmiä kuten P-, PI- ja PD-säätimiä. PID-säätimestä yleisimmin käytetty säädinrakenne onkin PI-säädin, jolla pystytään hallitsemaan tyypillisimmät teollisuusprosessit. (Harju 2000, 67.)



KUVIO 3. PID-säädin

PID-säädin laskee ohjauksen kolmen eri osan summasta, kun säätimen tulona on erosuure (= asetusarvo mittaus). Toimilaitteelle menevään signaaliin (= ohjaus) summataan tarvittaessa myötäkytkentä tai bias-termi (= nolasta eroava vakiotaso). Säätimen ohjauksen osat:

- z P-osa, suhdetermi
- z I-osa, integroiva termi
- z D-osa, derivoiva termi.

PID-säätimen asetusarvo valitaan seuraavista termeistä:

- z L = Local, paikallisen asetusarvon valinta
- z R = Remote, kaskadisäätimen valinta
- z C = Computer, ylemmän tason säätimen valinta.

Local-asetusarvo eli paikallinen ohjaus on käyttäjän antama paikallinen vakioasetusarvo. Remote -ja Computer-valinnat ovat muuttuvia asetusarvoja, joita säätää jokin ylemmän tason säädin. Tätä kutsutaan kaskadikytkennäksi. Edellä mainituista Remote on järjestelmän sisäinen muuttuva asetusarvo ja Computer on järjestelmän ulkopuolisen tietokoneen tms. laskema asetusarvo. (Harju 2000, 67-68.)

pH-säätöpiirit ovat usein kaskadisäätöjä niiden hitauden takia. Kaskadisäädin toimii kuin kaksi peräkkäistä PID-säädintä, jossa ylemmän tason säädin antaa säätöpiirille asetusarvon. Toki helpommissa sovelluksissa pH-mittauksilla ohjataan jonkin tietyn kemikaalin tai aineen annostelua esimerkiksi suoraan säätämällä syöttönopeutta tai venttiilin asentoa. Tämä tarkoittaa, että mittauksien ollessa epäkunnossa, saattaa se vaikuttaa hyvinkin nopeasti prosessin tilaan.

4 MEMOBASE-OHJELMISTO

Opinnäytetyössä käytetty Memobase-ohjelmisto on Endress+Hauser:n valmistama tuote. Ohjelmiston avulla voidaan tarkkailla mittauselektrodin kuntoa, kalibroida anturit ja kerätä kalibrointitietoja. Ohjelmisto koostuu tietokonepohjaisesta Memobase Plus -ohjelmistosta, Memolink-kytkentärasistiasta ja USB-kaapelista sekä Memosens-anturikaapelista. Ohjelmiston käyttö mittauksissa vaatii digitaalisen mittausanturin, mikä tarkoittaa, että ohjelmistoa käytettäessä on käytettävä myös E+H:n valmistamia elektrodeja. Digitaaliset elektrodit eroavat perinteisistä antureista suurimalta osalta siten, että anturin ja ohjelmiston välinen tiedonsiirto tapahtuu kosketuksettomasti induktion avulla. Vastaava langaton tekniikka on käytössä myös kentällä itse mittauksissa. Lisäksi yleisesti käytetty tapa, jossa kalibrointitiedot tallennetaan lähettimelle, poikkeaa digitaalisessa tekniikassa siten, että kalibrointitiedot tallennetaan sisäisesti mittausanturiin ja kaapeli toimii ainoastaan mittauksen tiedonsiirtoon.



KUVA 6. Memobase Plus CYZ71D (Endress & Hauser 2023)

4.1 Käytettävyys

Ohjelmistolla tehtävät kalibroinnit suoritetaan työpisteellä, mikä mahdollistaa, että jokaiselle anturille tehtävän kalibroinnin olosuhteet ovat vakaat: lämpötila, anturin upotussyvyys kalibroitiliuokseen ja tasaantumisaika (KUVA 8). Kun toimintamalli otettiin käyttöön, todettiin tehdaskalibrointiasetusten olevan hyvät, joten niitä ei muutettu. Tärkeimpinä asetuksina ovat kalibroinnin vakiintumisaika/muutos, joka asetellaan yksikössä mV/s ja tässä tapauksessa se on 20 mV/s ja kalibroinneissa käytetty lämpötilakompensointi, joka on käytössä (KUVIO 9). Tässä vaiheessa Memobase-ohjelman käyttöönottoa ei määritelty henkilökohtaisia käyttäjätunnuksia vaan kalibroinnit tehdään yhteisellä käyttäjätunnuksella, mutta jatkossa voidaan miettiä, antaako yksilöity käyttäjätunnus jotain lisäarvoa ohjelman käytölle.

The screenshot shows the Memobase Plus software interface. The left sidebar contains navigation options: MEASURE, CALIBRATE, SENSORS, SETTINGS (highlighted), INFORMATION, ADMINISTRATION, REPORTS, LANGUAGE, SETUP, and HELP. The main area is titled 'Sensor identification' and displays the following data:

Name	CPS11D	Serial number	T918F905E00
Order code	CPS11D-7BT21	Sensor parameter	pH glass
Tag	L43QT15	Tag group	1

Below this is the 'Choice of templates' section with the following settings:

Type of template	★	Sensortype	<input checked="" type="checkbox"/> Activate template
Name of template	★	pH glass - Default settings	

The 'Calibration settings' tab is active, showing the following parameters:

Favorite calibration method (pH)	NONE	Stability criterion (band width) [mV]	1
		Stability criterion (duration) [s]	20

KUVIO 4. Kalibrointiasetukset

4.2 Tiedonkeruu

Kun kalibrointi on suoritettu, Memobase-ohjelma tekee kalibroinnista kalibrointikäyrän ja tallentaa sen tietokantaan. Kalibrointikäyrä kertoo anturin sen hetkisen kunnan, ja ohjelma joko hylkää tai hyväksyy kalibroinnin. Memobase-ohjelma näyttää myös lasi-impedanssin arvon ja tulkitsee anturin kuntoa

näyttämän mukaan. Tietokantaa pääsee tarkastelemaan jälkeinpäin, jos huomataan jonkin mittauksen käyttäytymisessä epäloogisuutta tai halutaan tarkistaa jokin edellisistä kalibrointipöytäkirjoista. Tietokanta on koko automaatiokunnossapidon käytettävissä, joten se mahdollistaa tietojen käytettävyyden mittaushäiriöiden selvittämisessä (KUVIO 5). Alun perin ohjelma piti asentaa serveripohjaisesti, mutta aikataulun kannalta se tehtiin projektin tässä vaiheessa vain paikallisesti yhdelle koko automaatiokunnossapidon käytettävissä olevalle tietokoneelle.

pH														ORP		Cond.		Oxygen	
Drag column header here to group																			
Id. No.	User ID	Sensor type	Serial number	Order code	Hardware version	Software version	Manufacture date	Commissioning date	Deactivation date	Deactivation reason	Comment	Membase Plus version	Tag	Tag group	Text Memoclip	Operation time			
1040		pH glass	T8314E05E00	CPS11D-78T21	00.05.02	01.00.06		1/25/2023 9:18 AM		None		02.00.02.03		0		0			
40		pH glass	T918C909E00	CPS11D-78T21	00.05.02	01.00.06		1/24/2023 10:11 AM		None		02.00.02.03		0		0			
11		pH glass	T53D0605E00	CPS11D-78T21	00.00.01	01.01.01		11/23/2022 2:03 PM		None		02.00.02.03	A01QT02	1		528			
22		pH glass	T8315A05E00	CPS11D-78T21	00.05.02	01.00.06		11/29/2022 9:19 AM		None		02.00.02.03	A01QT02	1		478			
6		pH glass	T8314905E00	CPS11D-78T21	00.05.02	01.00.06		11/23/2022 12:46 PM		None		02.00.02.03	A12Q08	1		716			
17		pH glass	T8315705E00	CPS11D-78T21	00.05.02	01.00.06		11/29/2022 8:51 AM		None		02.00.02.03	A12Q08	1		646			
7		pH glass	T53D0205E00	CPS11D-78T21	00.00.01	01.01.01		11/23/2022 1:32 PM		None		02.00.02.03	A13QT03	1		718			
18		pH glass	T830CD09E00	CPS11D-78T21	00.05.02	01.00.06		11/29/2022 8:59 AM		None		02.00.02.03	A13QT03	1		646			
1041		pH glass	T8315805E00	CPS11D-78T21	00.05.02	01.00.06		1/25/2023 9:33 AM		None		02.00.02.03	A15Q02	0		0			
39		pH glass	S622C005E00	CPS11D-78T21	00.00.01	01.01.01		3/22/2022 2:18 PM		None		02.00.02.03	A15QT01	1		5491			
8		pH glass	T5349505E00	CPS11D-78T21	00.00.01	01.01.01		11/23/2022 1:41 PM		None		02.00.02.03	A15QT01	1		290			
19		pH glass	T830D405E00	CPS11D-78T21	00.05.02	01.00.06		11/29/2022 9:03 AM		None		02.00.02.03	A15QT01	1		646			
36		pH glass	T9190605E00	CPS11D-78T21	00.05.02	01.00.06		1/5/2023 9:57 AM		None		02.00.02.03	A15QT01	1		190			
9		pH glass	T5349605E00	CPS11D-78T21	00.00.01	01.01.01		11/23/2022 1:53 PM		None		02.00.02.03	A17QT04	1		717			
20		pH glass	T8315405E00	CPS11D-78T21	00.05.02	01.00.06		11/29/2022 9:07 AM		None		02.00.02.03	A17QT04	1		646			
10		pH glass	T53D0805E00	CPS11D-78T21	00.00.01	01.01.01		11/23/2022 1:59 PM		None		02.00.02.03	A17QT05	1		717			
21		pH glass	T8315305E00	CPS11D-78T21	00.05.02	01.00.06		11/29/2022 9:13 AM		None		02.00.02.03	A17QT05	1		646			
2		pH/ORP	R8111505E00	CPS16D-78T21	00.06.01	01.01.43		6/19/2022 1:13 PM		None		02.00.02.03	EH CML18 Aukupi	0		0			
1		pH glass	S509D005E00	CPS11D-78T21	00.00.01	01.01.01		12/29/2021 1:01 PM		None		02.00.02.03	EH CML18 Aukupi	0		2816			
28		pH glass	T830CC09E00	CPS11D-78T21	00.05.02	01.00.06		12/19/2022 10:43 AM	1/30/2023 5:53 AM	Bad calibration values		02.00.02.03	L21QT02.2 NR2.2	0		520			
15		pH glass	T830CC09E00	CPS11D-78T21	00.05.02	01.00.06		11/28/2022 4:58 PM		None		02.00.02.03	L21QT02.2 NR2.2	0		259			
16		pH glass	T8314A05E00	CPS11D-78T21	00.05.02	01.00.06		11/28/2022 5:09 PM		None		02.00.02.03	L21QT02.2 NR2.2	0		568			
25		pH glass	T830CF05E00	CPS11D-78T21	00.05.02	01.00.06		11/14/2022 6:22 PM		None		02.00.02.03	L42Q05	1		38			
26		pH glass	T9190505E00	CPS11D-78T21	00.05.02	01.00.06		12/3/2022 3:36 PM		None		02.00.02.03	L42Q05	1		300			
29		pH glass	T9191705E00	CPS11D-78T21	00.05.02	01.00.06		12/21/2022 1:31 PM		None		02.00.02.03	L42Q05 MgRO pH	1		92			
12		pH glass	T534B005E00	CPS11D-78T21	00.00.01	01.01.01		11/24/2022 8:39 AM	1/5/2023 5:06 AM	Bad calibration values		02.00.02.03	L43QT15	1		570			
14		pH glass	T8315505E00	CPS11D-78T21	00.05.02	01.00.06		11/26/2022 5:18 AM	1/25/2023 6:13 AM	Bad calibration values		02.00.02.03	L43QT15	1		462			
38		pH glass	T918C505E00	CPS11D-78T21	00.05.02	01.00.06		1/9/2023 4:38 AM		None		02.00.02.03	L43QT15	1		102			
35		pH glass	T918F905E00	CPS11D-78T21	00.05.02	01.00.06		1/5/2023 3:01 AM		None		02.00.02.03	L43QT15	1		122			
13		pH glass	T534AE05E00	CPS11D-78T21	00.00.01	01.01.01		11/16/2022 12:13 PM		None		02.00.02.03	L43QT15 vanha	1		140			
5		pH glass	T534BE05E00	CPS11D-78T21	00.00.01	01.01.01		11/16/2022 1:35 PM	1/2/2023 6:29 PM	Mechanical defect		02.00.02.03	L43QT15 VKPHR	1		212			

KUVIO 5. Näkymä tietokannasta

Anturit on luotu tietokantaan yksilöidyn position mukaan riippuen mittauspaikasta. Tässä opinnäytetyössä käytössä olevia antureita on 9 kpl (18, jos huomioidaan vaihtoanturi), joten position avulla antureiden löytäminen tietokannasta on huomattavasti helpompaa kuin käyttämällä ohjelman oletuksena olevaa sarjanumeroon perustuvaa identifiointia.

5 ENNAKOIVA KUNNOSSAPITO TEOLLISUUDESSA

Ennakoiva kunnossapito on kunnossapidon tärkeimpiä osa-alueita. Hyvin suunnitellut huollot oikealla jaksotuksella takaavat tehtaan tuotannon vakaan toiminnan ja ennalta arvaamattomat laiterikot vähenevät. Kun töiden aikatauluttaminen sovitaan etukäteen, on esimerkiksi huoltoseisokkien yhteyteen helppompia sopia useiden työlajien töitä, ja näin ollen tietyn prosessialueen tai laitekokonaisuuden kokonaisvaltainen huolto onnistuu sujuvimmin. Käynnissä olevat laitteet voidaan tietyiltä osin huoltaa ennakoivana kunnossapitotyönä, jos valmistelut ja työohjeet ovat kunnossa ja prosessin kannalta työn suorittaminen on mahdollista.

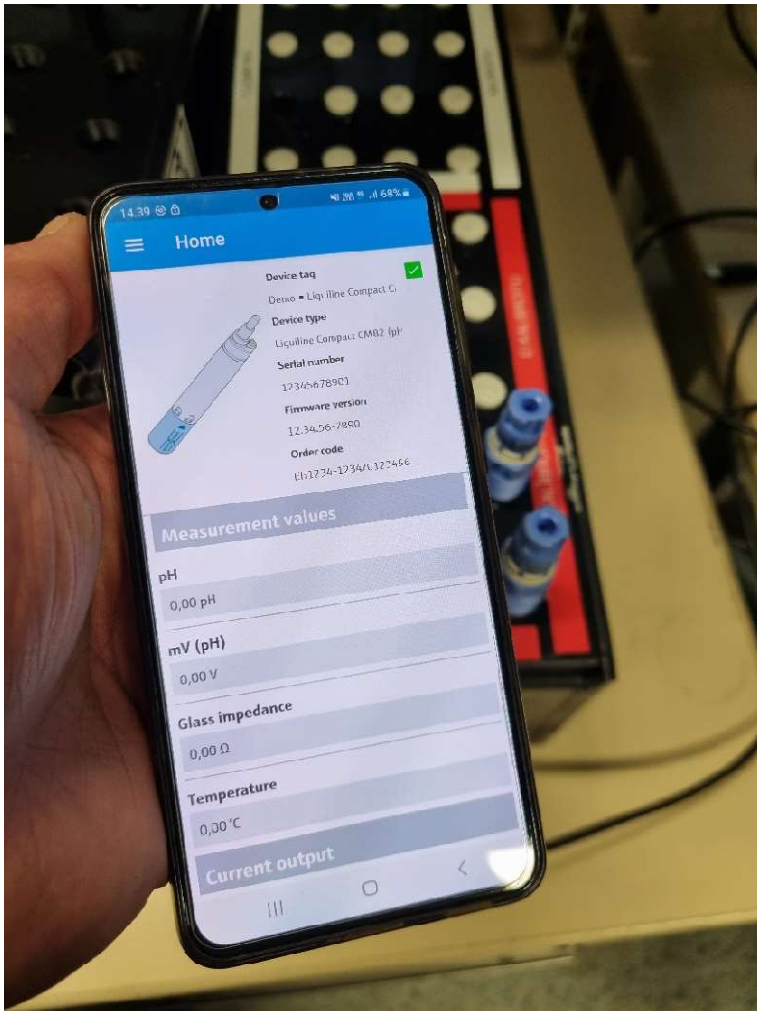
Osana ennakoivan kunnossapidon kehittämistä ovat kaikki lakiperusteiset ja viranomaisilta tulevat vaatimukset, jotka edellyttävät erilaisia tarkistuksia sekä raportointia. Esimerkiksi työturvallisuus ja ympäristöasiat ovat osa tätä kokonaisuutta. Ikävimmillään kunnossapidon laiminlyöminen voi aiheuttaa koneen tai laitteen rikkoutumisen, joka voi johtaa työtapaturmiin tai aiheuttaa haittaa ympäristölle. (Pinja 2022, 6.)

5.1 Automaatiokunnossapito

Toimiva automaatio kokonaisuutena nykyaikaisessa tehdasympäristössä on perusedellytys tuotannon vakaalle toiminnalle. Kehittynyt automaatio vaatii hyvin organisoidun kunnossapidon, niin resurssien kuin myös toimintamallien osalta. Kokonaisuutena tuotantolaitteiden ennakoiva huolto, vikojen korjaus riittävän nopealla vasteajalla ja kunnossapitojärjestelmän monipuolinen käyttö antavat hyvät edellytykset toimivalle kunnossapidolle. Tässä opinnäytetyössä pyrittiin luomaan toimintamalli yhden mittaustekniikan ennakkohuollolle, jotta voidaan taata mittauksien toimintavarmuus, riittävä mittaustarkkuus ja turvalliset työskentelytavat. Kokonaisuudessa automaatiokunnossapito käsittää laajalti erilaisia mittauksien huoltoja, kuten pinta-, virtaus-, paine-, lämpötila- ja analyysimittaukset.

Laitetuntemus on yksi tärkeä osa automaatiokunnossapitoa ja riittävä koulutus käytettävien laitteiden osalta hyvin nopeasti kehittyvällä alalla on merkittävässä roolissa. Opinnäytetyössä käytetty Memo-base-ohjelma on hyvä esimerkki uusien laitteiden käyttöönotosta, jossa tarvitaan riittävä koulutus sekä

selkeät työohjeet toimintamallin saattamisessa käyttöön. Mainittakoon, että nykyisin monet laitetoimittajat pyrkivät luomaan tuotteita, joita käytetään älypuhelinsovelluksen avulla (KUVA7). Älypuhelin onkin yksi automaatioasentajan tärkeimmistä työkaluista nykypäivän kunnossapidossa.



KUVA 7. E+H Smartblue -älypuhelinsovellus

5.2 Ennakkohuolto

Ennakkohuoltotyöt yleensä pohjautuvat viranomais määräyksiin ja kriittisiin laitteisiin ja laitekokonaisuuksiin. Joidenkin laitteiden tarkastukset on tehtävä viranomaisten määräämän aikavälin kuluessa, esimerkiksi nostoihin liittyvät laitteet, turvalaitteet, hissit, päästömittaukset ja vaa'at. Kriittisten laitteiden ennakkohuolloilla pyritään varmistamaan laitteiden häiriötön toiminta ja välttämään laiterikoista

aiheutuvat prosessihäiriöt, ympäristölle haitalliset seuraukset ja turvallisuutta vaarantavat tapahtumat. (Opetushallitus 2022.)

Ennakkohuolto-ohjelman ajoitukset perustuvat laitteiden kriittisyyteen, lain ja määräysten mukaisiin aikaväleihin, kokemuksen mukaisiin vikaantumisväleihin ja laitevalmistajien antamiin suosituksiin. Tietojärjestelmään ohjelmoidaan priorisointi (tärkeysjärjestykseen asettaminen) ja ajoitukset. Varmistetaan, että järjestelmä valvoo ja tulostaa työmääräykset, ohjeet ja tietolähteet. Järjestelmän ylläpitäjä, usein asiantuntija, määrittelee aikataulut ja päättää toteuttamisesta. Erikoistoiminnat analysoidaan tarkemmin kuin tavallisimmat ja työn suoritettua dokumentoidaan järjestelmään historiatietoja varten. (Opetushallitus 2022.)

6 UUSI TOIMINTAMALLI

Boliden Kokkolassa pH-mittaukset ovat tärkeä osa koko sinkin valmistusprosessia. Mittauksien avulla seurataan prosessin toimintaa ja useissa mittauskohteissa pH-mittaus toimii säätöpiirin ohjaavana tekijänä. Säätöpiirien ja koko prosessin toiminnan kannalta oikein tehdyt ennakkohuollot takaavat mittauksien häiriöttömän toiminnan ja luotettavan mittaustuloksen. pH-mittauksen ennakkohuollossa yhtenä tärkeänä osana on kalibrointi, jonka toimintamallia tässä opinnäytetyössä kehitettiin.

Kuten todettiin, kalibrointi on osa pH-mittauksien ennakkohuoltoa. Opinnäytetyössä laadin uuden toimintamallin, jossa pH-mittauksien kalibrointitapaa muutettiin ja jonka pohjalta suoritettiin testijakso. Uudessa toimintamallissa pH-mittaukset kalibroidaan huoltotiloissa ja anturien kalibrointitiedot tallennetaan Memobase-ohjelman tietokantaan. Jokaiselle mittauspisteelle luotiin kaksi anturia, jotta kalibroitu anturi voitiin jättää odottamaan vaihtoa mittauskohteeseen. Kentältä irrotettu anturi tuodaan huoltotiloihin odottamaan seuraavaa kalibrointia. Toimintamallissa käytetään siis ns. vaihtoanturia jokaisessa mittauskohteessa ja kaikki kalibroinnit suoritetaan yhteneväisissä olosuhteissa kalibrointiliuosten ja lämpötilan osalta.

6.1 Toimintamallin laatiminen

Toimintamallin käyttöönotto vaati Memobase-ohjelman hankkimisen sekä digitaalisten antureiden käyttämisen testattavissa kohteissa. Bolidenilla oli valmiiksi kahdeksan mittauskohdetta, jotka voitiin ottaa opinnäytetyössä käyttöön ja joissa käytettiin digitaalista anturia. Lisäksi yhteen mittauskohteeseen lisättiin kokeilun kannalta kaapelimallinen lähetin (digitaalinen), jossa lähetin on sisäänrakennettu anturin mittauskaapeliin. Testijakso suoritettiin yhdeksään eri mittauspaikkaan, ja jokaiselle mittauspaikalle luotiin kaksi anturia, jotta voitiin käyttää ns. vaihtoanturia.

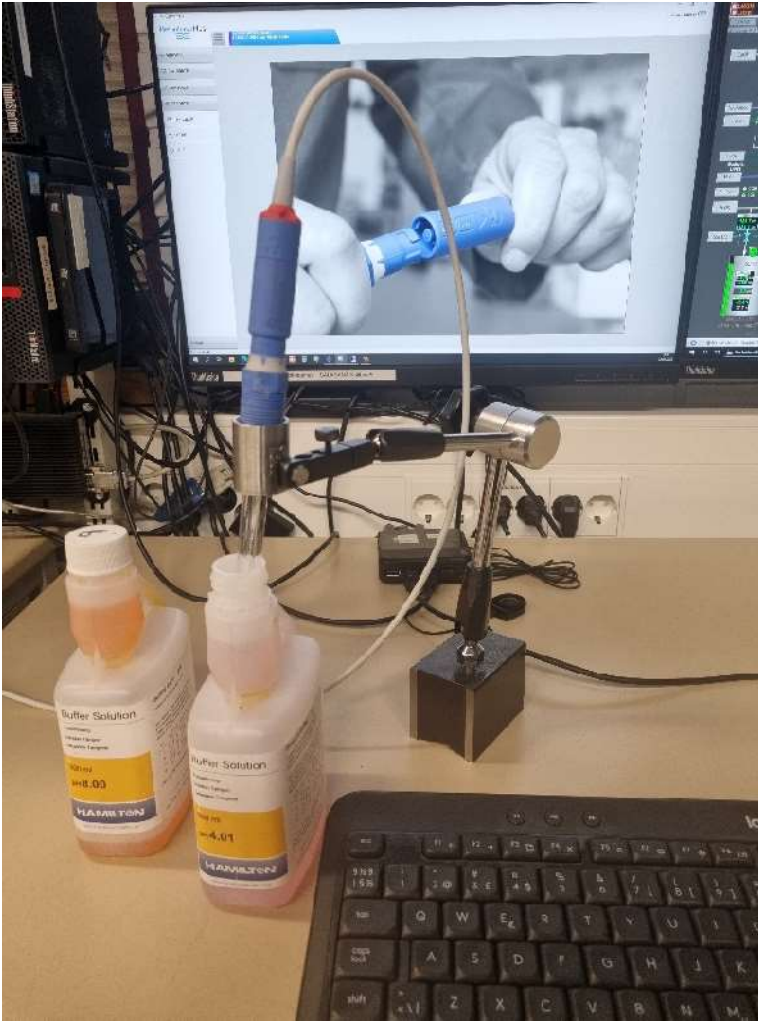
Memobase-ohjelman asentaminen tietokoneelle oli melko helppoa ohjeiden mukaan ja asennuksen jälkeen ohjelma oli heti käyttövalmis. Muutaman olemassa olevan vanhan anturin avulla kokeilin ohjelman ominaisuuksia ja perehdyin siihen mitä eri valikkojen alta löytyi. Laitetoimittajan tukipalveluun jouduin olemaan yhteydessä muutamaan otteeseen, esimerkiksi anturin position ylikirjoittumisen takia.

Kun anturin kalibroinnin osalta ohjelman käyttö oli selkeää, loin toimintaohjeen automaatiokunnossapidon asentajille. Yhtenäisen toimintaohjeen avulla jokainen asentaja suorittaa kalibroinnin samalla tavalla, jolloin mittausvirhettä ei pääse syntymään kalibroinnista johtuen. Toimintaohjeessa on mainittu kalibroinneissa käytettävät puskuriliuokset (LIITE 1). Laadittu työohje lähetettiin jokaiselle asentajalle sähköpostilla ja ohje kiinnitettiin kalibroitipaikalle seinälle paperisena versiona (LIITE 1).

6.2 Työturvallisuus

Jokaisella työssäkäyvällä ihmisellä on oikeus turvalliseen työskentelyyn ja työnantajalla on velvollisuus tarjota turvallinen työympäristö sekä tunnistaa työssä olevat haitta- ja vaaratekijät. Fyysinen ja henkinen kuormitus sekä ergonomia ovat osaltaan tärkeitä osa-alueita turvallisen työskentelyn kannalta. Haitallisten työasentojen ohella myös ulkoiset olosuhteen vaikuttavat henkilön kuormittumiseen. Kaikkia haitallisia työasentoja ja työliikkeitä ei voida poistaa, mutta menetelmien kehittäminen mahdollistaa usein töiden tekemisen turvallisemmin. Työergonomia toistuvissa työtavoissa on tärkeä osa päivittäistä työntekoa, ja pienilläkin muutoksilla työmenetelmissä voidaan parantaa olosuhteita. Myös yhtenä osana turvallista työskentelyä työnantajan on tarjottava työntekijälle työterveyshuolto. (Työturvallisuuskeskus 2022.)

Tässä opinnäytetyössä pyrittiin parantamaan anturien mittaustarkkuutta ja optimoimaan käyttöikä, mutta myös kehittämään työturvallisuutta. Kun pH-mittauksia kalibroidaan jatkossa huoltotiloissa eikä hallissa, voidaan työskentelytapaa pitää aiempaa turvallisempaan. Kalibrointiliuoksien kuljettaminen kentällä poistuu kokonaan, kun työ suoritetaan kiinteällä työpisteellä. Valaistus on parempaa ja työ voidaan suorittaa istualtaan tietokoneen ääressä. Kalibrointi- ja pesuliuoksien käsittely työtiloissa ovat helpompaa ja turvallisempaa ja työn suorittaminen on asentajien kokemusten perusteella mielekkäämpää kuin aiemmin.



KUVA 8. Kalibroituspiste huoltotiloissa

pH-antureiden kalibroinnin voi suorittaa kokematonkin asentaja uuden toimintamallin myötä. Opastaminen, selkeä työohje ja hyvät olosuhteet työn suorittamiselle takaavat, että opastettu, esimerkiksi automaatioharjoittelija voi suorittaa toimenpiteen onnistuneesti ja turvallisesti. Kun resursseja voidaan käyttää laajemmin eri töiden tekemiseen, saadaan kokonaisuudessa tehokkaampi koko kunnossapidon toiminnasta.

6.3 Tulokset ja raportointi

Jokaisesta kalibroinnista saadaan kalibroitiraportti, josta voidaan tulkita anturin kunto. Tärkeimmät arvot raportissa ovat ns. slope eli kalibroitikäyrä, anturin näyttämän muutosnopeus eli tasaantuminen

kalibroitiliuoksen arvoon ja anturin lasi-impedanssi (KUVIO 8). Jokainen anturille tehty kalibrointi tallentuu tietokantaan päivämäärän mukaan ja ohjelman hyvän visuaalisen toteutuksen ansiosta anturin kuntoa on helppo tulkita kuvaajasta (KUVIO 8).

Page 2 of 4

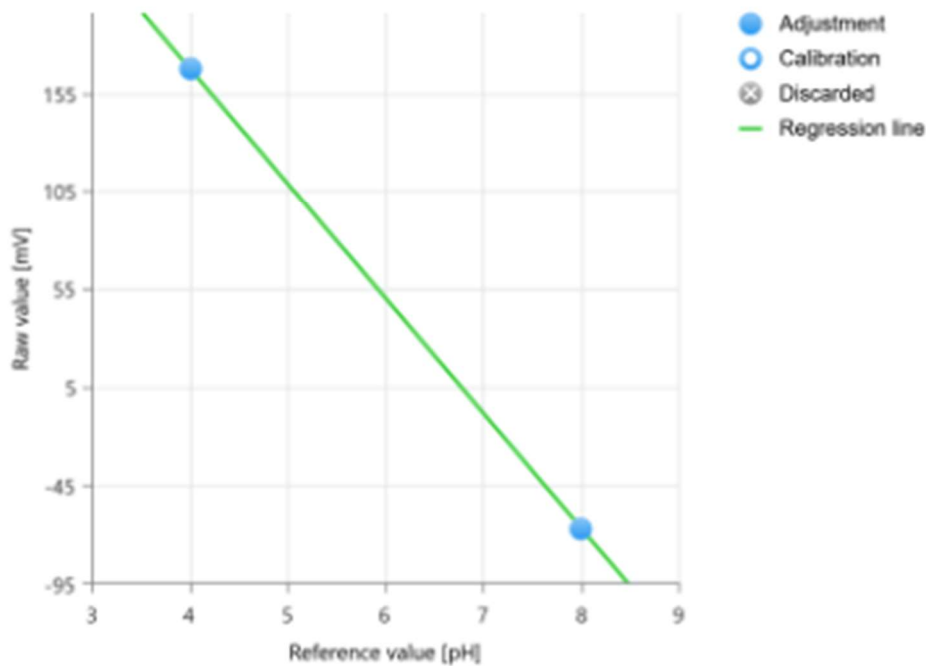
20230112145607A000

Endress+Hauser 

Calibration point measurements

Reference solution number	1	2
Reference medium valid	yes	yes
Reference value [pH]	4.01	8.00
Response time [s]	56.89	20.38
Raw value [mV]	167.60	-66.80
pH [pH]	3.99	7.95
Temperature [°C]	22.9	23.0
Glass impedance [MΩ]	1058.00	1090.00
Usage	Adjustment	Adjustment

Regression graph



Adjustment results

	New values	Previous values	Delta
Date	1/12/2023 3:41:00 PM	1/7/2023 5:16:00 AM	5 days
Calibration method	Two-point calibration	Two-point calibration	
Slope @25°C [mV/pH]	59.16	59.44	-0.28
Zero-point @25°C [pH]	6.86	6.82	0.04
Glass impedance [MΩ]	1142.00	1609.00	-467.00

Calibration and adjustment report

Report information

Report number	20230113145650TA000D
Report date	1/13/2023 2:56:50 PM
Created on device Ser. No.	TA000D05MB1
Client aliasname	TA000D05MB1
Memobase Plus version	02.00.02.03

General sensor information

Sensor identification number	14
Sensor type	pH glass
Order code	CPS11D-7BT21
Serial number	T8315505E00
Commissioning date	11/26/2022 5:18 AM
Tag	L43QT15
Tag group	1
Text Memoclip	

Sensor specification

Temperature meas. range	0.0 °C .. 135.0 °C
pH meas. range	0.00 pH .. 14.00 pH

Factory adjustment

Date	8/22/2022 3:10:00 PM
Slope @25°C	58.70 mV/pH
Zero-point @25°C	6.82 pH

Calibration and adjustment

Calibration identification number	180
Date	1/12/2023 3:41:00 PM
MemoLink	T7003205MB1
Number of calibrations	6
Measurand	pH
Parameter	Main meas. value
Calibration method	Two-point calibration
Manufacturer ID	1
Adjustment device Ser. No.	TA000D05MB1
Adjustment device aliasname	TA000D05MB1
Evaluation	Successful

Temperature adjustment

Temperature offset	0.0 K
Date	8/22/2022 3:10:00 PM
Adjustment device Ser. No.	factory

Calibration settings

Buffer recognition	Manual
Temperature compensation	Auto
Reference temperature	25.0 °C

Stability criteria

Stability criterion (duration)	20 s
Stability criterion (band width)	1 mV
Temp. criterion (band width)	0.5 K

Adjustment limits

Slope (upper warning)	61.00 mV/pH	Zero-point (upper warning)	8.00 pH
Slope (lower warning)	55.00 mV/pH	Zero-point (lower warning)	6.00 pH

"As found - as left" measurements

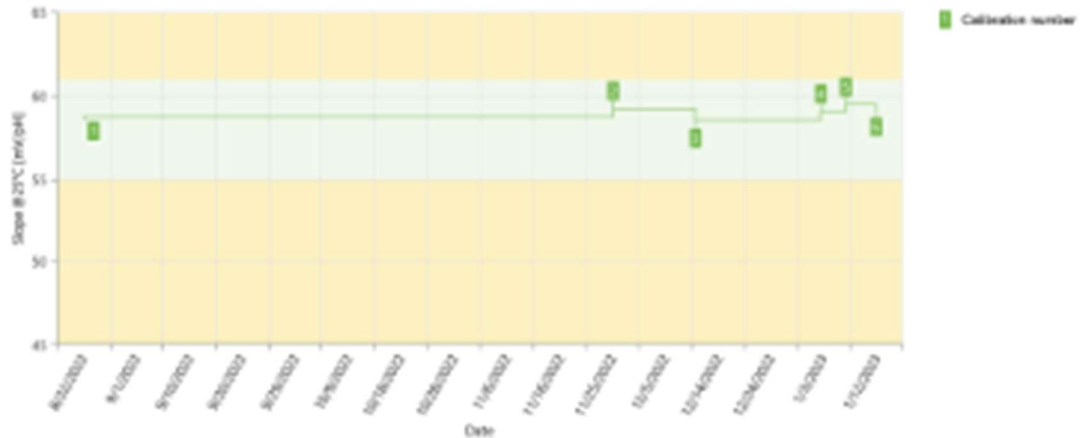
No measurement performed

Sensor operation

Operating time total	271 h	Operation at > 80°C	0 h
Sterilization cycles (SIP)	0	Operation at > 100°C	0 h
Measured max. temp.	32.0 °C	Operation at < -300 mV	0 h
		Operation at > 300 mV	0 h

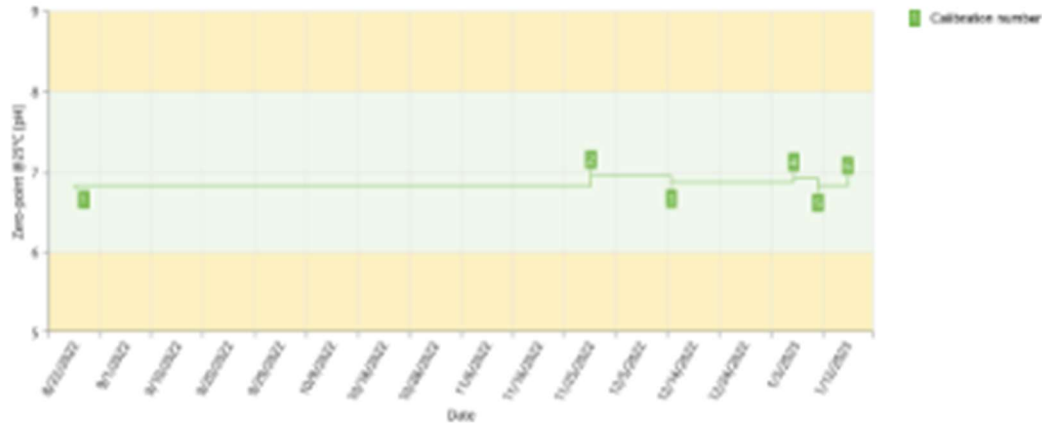
Calibration history

Slope



KUVIO 8. Kalibrintiraportti lehti 3/4

Zero-point



Audit trail

Id. No.	Timestamp	Event	Text
1798	1/12/2023 3:41:20 PM +02:00	Calibration finished	CPS11D_L43QT15_T8315505E00 Two-point calibration Main meas. value
1797	1/12/2023 3:37:31 PM +02:00	Diagnostic code deactivated	Diagnostic message F124 from sensor pH T8315505E00 CPS11D L43QT15 : Sensor glass limit upper value exceeded Glass membrane impedance too high 1. Check the pH sensor, replace as needed 2. Check the glass limit value, correct as needed 3. Replace sensor
1796	1/12/2023 3:37:23 PM +02:00	Calibration started	CPS11D_L43QT15_T8315505E00 Two-point calibration Main meas. value

KUVIO 9. Kalibrintiraportti lehti 4/4

Uuden toimintamallin myötä anturien kulutus on vähentynyt. Esimerkiksi rikkihappotehtaalla käytettävien 12 uuden anturin osalta ainoastaan kaksi anturia on jouduttu vaihtamaan kahden kuukauden testijakson aikana. Toinen hajonneista antureista vioittui mekaanisesti (putosi maahan) ja toinen mitausolosuhteiden takia. Hajonneen anturin tilalle hankittiin uusi anturi ja hajonnut anturi asetettiin Memobase-ohjelmassa vioittuneeksi. Hajonneiden anturien kalibrintihistoria säilytetään tietokannassa, josta voidaan tehdä tulkintoja verraten mittaustrendiin. Vikakorjauksia uuden toimintamallin kohteissa on ollut vähempi kuin aiemmin, mikä tarkoittaa ennakkohuollon kehittämisen osalta onnistunutta muutosta.

Kalibroitiraporttien mukaan anturi hidastuu jonkin verran ajan myötä, mutta kalibrointi täyttää kuitenkin sille vaaditut kriteerit ja anturit voidaan vielä kahden kuukauden testijakson jälkeenkin pitää mittauksessa. Automaatiokunnossapidossa oleville asentajille tekemiäni haastattelujen pohjalta voidaan todeta, että Memobase-ohjelman käyttö on koettu positiiviseksi muutokseksi. Kokemusten mukaan kalibrointi koetaan helpommaksi ja turvallisemmaksi kuin aiemmin ja ergonomian osalta asentajat kokevat kalibrointiolosuhteet mielekkäämmäksi. Pelkkä anturin vaihtaminen kenttäolosuhteissa kalibroinnin sijaan nopeuttaa myös työn suorittamista. Toimintaohjeiden noudattaminen koko kunnossapidon osalta on tärkeää ja haasteena on ollut jokaisen asentajan osalta ohjeiden noudattaminen. Todetakaan, että muuttunut toimintatapa vaatii tietyn pituisen ajanjakson, jotta uusi menetelmä koetaan kunnossapidossa osaksi päivittäistä toimintaa.

Vanhojen analogisten mittauksien osalta kalibroinnit tehdään kentällä halliolosuhteissa, mikä tarkoittaa kalibrointiliuosten säilömistä osittain halliolosuhteissa. Liuosten hallinta ja seuranta kulutuksen kannalta on vaikeaa, joten jatkossa yhdessä määritellyssä paikassa tehdyt kalibroinnit helpottavat myös kalibrointiliuosten käsitlemistä ja hallintaa. Uuden toimintamallin pohjalta vanhojen mittauksien päivittäminen digitaaliseen menetelmään käyttäen Memobase-ohjelmaa on hyvin vartenotettava kehityskohde. Opinnäytetyöstä saadut kokemukset ovat pääosin positiivisia ja tämän pohjalta voidaan jatkaa ennakkohuollon kehittämistä pH-ennakkohuollon osalta. Uudet anturit kalibroidaan tällä hetkellä huoltotiloissa, jossa voi tehdä muitakin kalibrointeja. Jatkossa tarkoituksena on järjestää tila, jossa on vesipiste ja johon hankitaan uusi PC kalibrointeja varten. Näin ollen liuosten käsittely on entistä turvallisempaa ja vesipiste mahdollistaa anturien pesun kalibrointipisteellä.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Ajatus opinnäytetyön aiheesta tuli ajatuksesta kehittää Bolidenin nykyistä toimintamallia. Osa ennakkohuoltotoimenpiteistä on tehty tietyllä tavalla jo vuosikymmenien ajan ja tapojen muuttaminen vaatii aina syventymistä aiheeseen ja halua saada käyttöön uutta nykypäivän teknologiaa. Aiemmin kunnossapitoasentajana ja nykyisin esihenkilönä toimiessani olen päässyt näkemään läheltä, miten huollot tällä hetkellä suoritetaan ja itsekin huoltoja tehneenä tunnen toimintatavan varsin hyvin. Päivittäin tapahtuvien huoltotoimenpiteiden kehittäminen, mittauksen tiedonkeruu ja turvallisuuden parantaminen olivat päätavoitteita opinnäytetyössä.

Boliden Kokkolan puolesta työn suorittaminen otettiin hyvänä ajatuksena vastaan ja pääsin melko vapaasti suunnittelemaan uutta toimintamallia, joka syntyi yhteistyössä kollegoideni ja asentajien kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta. Opinnäytetyön aloittaminen vaati uuden Memobase-ohjelmiston, digitaalisia pH-antureita ja säilytyspaikan antureille. Tilattujen tavaroiden saavuttua tehtaalle pystyttiin aloittamaan testijakso. Jo testijaksoa suorittaessa malli hieman muokkaantui asentajien kokemusten pohjalta, koska havaittiin asioita, jotka helpottivat toimintaa. Esimerkkinä vaihtoanturien merkitseminen anturien säilytyspaikkaan, jotta voidaan erotella kalibroidut ja kalibroimattomat anturit. Perehdyttäminen ohjelmiston käyttöön ja ohjeistus olivat myös aloitusvaiheessa tärkeää.



KUVA 9. Anturien säilytyspaikka

Opinnäytetyön aikana huomattiin muutamia ongelmia liittyen Memobase-ohjelman ominaisuuksiin. Jos anturia käytettiin käsimittarissa kiinni, se muutti anturin positioksi käsimittarin position, joten antureita ei voi jatkossa käyttää paikallismittarin kanssa, koska position kadottua anturin identifiointi katoaa. Toinen ongelma oli kalibrointiliuosten määrittäminen anturikohtaiseksi. Jokaisen anturin osalta tulee Memobase-ohjelmassa muuttaa siihen mittauspaiikkaan määritellyt kalibrointiliuoksien arvot. Toimintamallin osalta luotu ohje tai anturin kalibrointihistoria kuitenkin auttaa valitsemaan oikeat liuokset kalibrointia varten. Tästä olen ollut yhteydessä laitevalmistajaan ja tulevaisuudessa olisi hyvä, että ohjelmaversion päivityksessä myös tämä ominaisuus muutettaisiin.

Kaiken kaikkiaan ennakkohuollon kehittäminen pH-mittauksien osalta uuden toimintamallin myötä onnistui mielestäni hyvin. Melko lyhyen testijakson aikana saatu tieto anturien kunnosta, kulutuksesta ja toimintamallin toimivuudesta oli riittävä, jotta mallia voidaan jatkossa kehittää lisää. Jatkokehityksen osalta on järkevää miettiä parempi paikka antureiden kalibrointia varten, jos digitaalisten antureiden määrä lisääntyy. Analogisista antureista siirtyminen digitaalisiin vaatii myös lähettimen vaihdon, joten jatkossa on hyvä miettiä, onko testissä ollut kaapelimallin lähetin oikea valinta vai käytetäänkö lähetintä, jossa on näyttö ja jota voidaan operoida painikeneppien avulla. Kaapelimallinen lähetin on pienikokoinen, mutta se ei sisällä näyttöä ja kaikki operointi tapahtuu joko PC- tai puhelinsovelluksella. Kokemusten pohjalta kalibrointien suorittaminen huoltotiloissa on ollut mielekkäämpää ja turvallisempaa kuin kenttäolosuhteissa ja uuden toimintamallin pohjalta siirtyminen digitaalisiin antureihin on koettu positiivisena muutoksena kunnossapitohenkilöstön osalta. Myös mittauksien tarkkuus pysyy parempana, kun kalibrointiolosuhteet ovat vakaat ja toimintatapa yhtenäinen.

LÄHTEET

Boliden. 2022. Boliden Kokkola yleisesitys. Saatavissa: <https://www.boliden.com/fi/operations/smelters/boliden-kokkola>. Luettu 21.12.2022.

Opetushallitus. 2022. Kone- ja prosessiautomaation kunnossapito. Saatavissa: <http://www03.edu.fi/opimateriaalit/koneautomaatio/ennakkohuolto.html>. Luettu 7.12.2022.

Endress & Hauser Oy. Field transmitter for Memosens sensors. Saatavissa: <https://www.endress.com/en/field-instruments-overview/liquid-analysis-product-overview/compact-transmitter-pH-conductivity-oxygen-orp-cm82?t.tabId=product-overview>. Luettu 12.12.2022.

Harju, T. & Martikainen, A. 2000. Sääätötekniikan koulutusmateriaali. Saatavissa: https://www.automatioseura.fi/site/assets/files/1426/pid_kirja_1-1.pdf. Luettu 28.12.2022.

Kontram Oy. 2023. Analysaattorit ja näytteenkäsittely. Saatavissa: <https://www.kontram.fi/laitteet/analysaattorit-ja-naytteenkasittely/ph-ja-redox-mittaus.html>. Luettu 12.12.2022.

Korhonen, L. 2023. Mihin pH-anturin toiminta teoreettisesti perustuu?. Saatavissa: <https://peda.net/p/pluoma/heureka/pm2/py:file/download/f74fdebc3415d1b96ccbced05945f1d2ce758e59/pH-anturin%20yleisohje%20-%20Heureka.pdf>. Luettu 28.12.2022.

NCH Europe. 2023. pH-asteikko. Saatavissa: <https://www.ncheurope.com/fi/resolution/kunnossapito/ph-scale>. Luettu 1.12.2022.

Onkamo, M. 2010. pH:n mittaukset teollisuudessa. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/21425/Onkamo_Mari.pdf;jsessionid=170F6C38C0DC7B59A2B954B7D348EDB0?sequence=1. Luettu 24.1.2023.

pH-meter info. 2022a. General remarks. Saatavissa: <http://www.ph-meter.info/>. Luettu 2.12.2022.

pH-meter info. 2022b. pH meter history. Saatavissa: www.ph-meter.info/pH-meter-history. Luettu 2.12.2022.

pH-meter info. 2022c. pH electrode. Saatavissa: www.ph-meter.info/pH-electrode. Luettu 2.12.2022.

Pinja. 2022. 4 Vinkkiä ennakoivan kunnossapidon kehittämiseen. Saatavissa: Pinja.com, Opas - 4 vinkkiä ennakoivan kunnossapidon kehittämiseen. Luettu 10.1.2023.

Työturvallisuuskeskus. 2022. Turvallinen ja terveellinen työ. Saatavissa: <https://ttk.fi/tyoturvallisuus/>. Luettu 28.12.2022.

LIITTEET

Työohje:

Hankitaan jokaiseen mittaukseen uusi elektrodi, joka yksilöidään mittausposition mukaan. Kalibroidaan ja asennetaan uusi elektrodi mittauspaikkaan ja positioidaan valmiiksi vaihtoelektrodi. Kalibroidaan myös vaihtoelektrodi ja laitetaan se odottamaan KCl -liuokseen.

Puhdistamon mittauksissa huolto/vaihtosykli olisi n. 3 päivää. Mittauksesta pois otettu elektrodi putsaataan ja tarvittaessa elvytetään vetyfluoridihapolla ja laitetaan KCl-liuokseen elpymään. Seuraavana päivänä putsattu elektrodi kalibroidaan Memobase-ohjelman avulla, tallennetaan kalibrointitiedot ja laitetaan takaisin KCl-liuokseen. Jos kalibrointi menee hyväksytysti läpi, on anturi valmiina vaihdettavaksi. Antureille on tehty säilytysastia, jossa on merkitty paikka kalibroiduille- ja ei kalibroiduille antureille. Anturien kuljetusta varten on tehty erillinen astia, jolla anturit voidaan kuljettaa mittauspaikalle (kts. kuva).

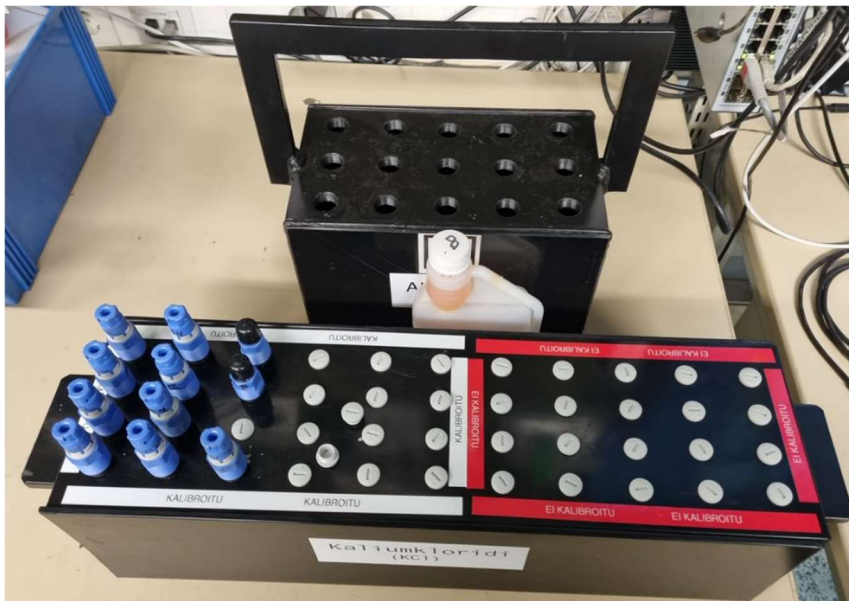
Edellä mainittu sykli toistuu koko testijakson ajan (n. 2kk). Rikkihappotehtaan osalta toimitaan samoin, mutta huoltosykli on kerran viikossa. Kalibrointi puskuriliuoksen pH on mainittu suluissa position jälkeen alla olevassa listassa.

Puhdistamo

- VKPHR L43Q15 (puskuriliuos pH4 ja pH8)
- NR 2.2 L21Q02_2 (puskuriliuos pH2 ja pH8)
- CoPR4 redox L32Q23 (puskuriliuos 271 mV)

Rikkihappotehdas

- PHS 2 A12Q08 (puskuriliuos pH1,09 ja pH4,01)
- THS jäähdytysveden pH A15Q01 (puskuriliuos pH2 ja pH8)
- KT jäähdytysveden pH A13Q03 (puskuriliuos pH2 ja pH8)
- VITLV1 välikiertoveden pH A17Q04 (puskuriliuos pH2 ja pH8)
- VITLV2 välikiertoveden pH A17Q05 (puskuriliuos pH2 ja pH8)
- Väkevänpään viemärin pH A01Q02 (puskuriliuos pH2 ja pH8)



Multichannel, multiparameter software Memobase Plus CYZ7 1D

Measure, calibrate, and document with one
single tool for Memosens sensors



More information and current pricing:
www.fi.endress.com/CYZ71D

Benefits:

- **Higher efficiency with easy sensor maintenance:**
Plug and play with Memosens sensors means: Just swapping the sensors in the process with lab pre-calibrated sensors.
- **Advanced diagnostics with 'Ready for next batch' indication:**
Memobase Plus evaluates the sensor performance and clearly visualizes the sensor status. You avoid bringing out-of-spec sensors back into the process and ensure your process reliability.
- **Better process safety with sensor traceability:**
Complete lifetime history of all Memosens sensors is beneficial for GLP, GMP, user management, and audit trail in compliance with FDA 21 CFR Part 11.
- **Full flexibility with multichannel, multiparameter:**
Memobase Plus turns your computer, laptop or tablet into a space-saving, high-performance device for up to 4 parallel Memosens sensors.
- **100% measuring consistency between lab and process measurements:**
Memobase Plus as a measuring work station minimizes the risk of discrepancies between laboratory results of grab samples and process values.
- **Highest accuracy for your measurement values:**
Memobase Plus is the very first tool that enables you to do real multipoint sensor adjustments and calibrations. Benefit from enhanced calculations and statistics for the most accurate measurements.
- **Easy buffer management:**
With a scanner you import the LOT number, the expiry date, etc. of our buffers into Memobase Plus - it's convenient, fast and error-free. This

allows you to easily trace which sensor has been calibrated with which buffer.

Field of application: Memobase Plus is the perfect software to improve your process safety and reliability. It documents the complete lifetime of Memosens sensors offering full traceability with a minimum of paperwork. Memobase Plus turns your computer into a high-performance, space-saving measuring device for up to 4 parallel sensors. You can save and export measurement data and use identical sensors in the laboratory as in the process to achieve truly comparable measurements.

Features and specifications

pH

Measuring principle

Potentiometric

Application

Measurement, calibration and documentation of Memosens sensors in laboratories, up to four channels

Installation

Laboratory or work bench applications in safe area, no connection to PCS!

Characteristic

Product consists of PC software, USB cable, sensor connection box MemoLink and Memosens lab cable CYK20 optionally, CYK10 with M12 plug can be used alternatively

Measurement range

Dependent on connected sensors, please see sensor specifications

Measuring principle

Memosens and measuring principles of the connected sensors

Material

MemoLink sensor connection box: PBT

pH**Dimension**

MemoLink sensor connection box:

97.0 x 31.5 x 77.5 mm

3.82 x 1.24 x 3.05 inch

Ex certification

ATEX II (2)G (Ex ia Gb) IIc which enables to connect Ex- and non-ex sensors alternating to the MemoLink box without losing the sensor's approval

PC, USB cable and MemoLink in safe area only!

Ingress protection

MemoLink: IP 65 when cables are connected

Input

Memosens

Output / communication

USB

Additional certifications

FDA CFR 21 Part 11 Certificate of compliance when Pharma conformity is ordered

Conductivity**Measuring principle**

Conductive

Application

Measurement, calibration and documentation of Memosens sensors in laboratories, up to four channels

Installation

Laboratory or work bench applications in safe area

No connection to PCS!

Conductivity**Characteristic**

Product consists of PC software, USB cable, sensor connection box MemoLink and Memosens lab cable CYK20 optionally, CYK10 with M12 plug can be used alternatively

Measurement range

Dependent on connected sensors, please see sensor specifications

Measuring principle

Memosens + measuring principles of the connected sensors

Material

MemoLink sensor connection box: PBT

Dimension

MemoLink sensor connection box:

97.0 x 31.5 x 77.5 mm

3.82 x 1.24 x 3.05 inch

Ex certification

ATEX II (2)G (Ex ia Gb) IIc which enables to connect Ex- and non-ex sensors alternating to the MemoLink box without losing the sensor's approval

PC, USB cable and MemoLink in safe area only!

Ingress protection

MemoLink: IP 65 when cables are connected

Input

Memosens

Output / communication

USB

Additional certifications

FDA CFR 21 Part 11 Certificate of compliance when Pharma conformity is ordered

Oxygen**Measuring principle**

Amperometric oxygen measurement

Application

Measurement, calibration and documentation of Memosens sensors in laboratories, up to four channels

Installation

Laboratory or work bench applications in safe area
No connection to PCS!

Characteristic

Product consists of PC software, USB cable, sensor connection box MemoLink and Memosens lab cable CYK20 optionally, CYK10 with M12 plug can be used alternatively

Measurement range

Dependent on connected sensors, please see sensor specifications

Measuring principle

Memosens and measuring principles of the connected sensors

Material

MemoLink sensor connection box: PBT

Dimension

MemoLink sensor connection box:
97.0 x 31.5 x 77.5 mm
3.82 x 1.24 x 3.05 inch

Ex certification

ATEX II (2)G (Ex ia Gb) IIc which enables to connect Ex- and non-ex sensors alternating to the MemoLink box without loosing the sensor's approval.
PC, USB cable and MemoLink in safe area only!

Ingress protection

MemoLink: IP 65 when cables are connected.

Memobase Plus CYZ71D

Oxygen

Input
Memosens

Output / communication
USB

Additional certifications
FDA CFR 21 Part 11 Certificate of compliance when Pharma conformity is ordered

More information www.fi.endress.com/CYZ71D