

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV INTELIGENTNÍCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF INTELLIGENT SYSTEMS

VYPRACOVÁNÍ METODIKY KALIBRACE VLHKOMĚRŮ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

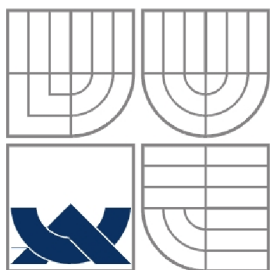
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

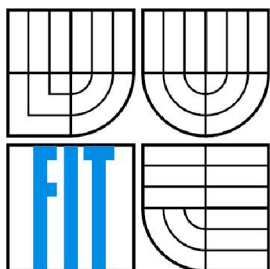
AUTHOR

Pavel Malina

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV INTELIGENTNÍCH SYSTÉMŮ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF INTELLIGENT SYSTEMS

VYPRACOVÁNÍ METODIKY KALIBRACE VLHKOMĚŘŮ

ELABORATION OF METHODOLOGY FOR HYDROMETER CALIBRATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Pavel Malina

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Filip Orság, Ph.D.

BRNO 2008

Zadání: Vypracování metodiky kalibrace vlhkoměrů

Elaboration of Methodology for Hydrometer Calibration

Vedoucí:

Orság Filip, Ing., Ph.D., UITS FIT VUT

Oponent:

Drahanský Martin, Ing., Dipl.-Ing., Ph.D., UITS FIT VUT

Přihlášen:

Malina Pavel

Zadání:

1. Seznamte se s metodikami kalibrace a normami pro kalibraci měřících přístrojů. Zaměřte se na kalibraci vlhkoměrů.
2. Proveďte podrobnou rešerši o vlhkoměrech a jejich kalibraci z dostupných zdrojů.
3. Navrhněte obecnou metodiku pro kalibraci vlhkoměrů dle požadavků stávajících norem tak, aby ji bylo možno upravit pro potřeby různých firem.
4. Navrhněte a implementujte systém online zpracování a správy výsledků kalibrace.
5. Vytvořenou aplikaci otestujte, navrhněte možná vylepšení, zhodnoťte klady a zápory Vámi navržené metodiky a přínos Vašeho řešení pro praxi.

Kategorie:

Web

Literatura:

Dle specifikace školitele

Licenční smlouva

Licenční smlouva je uložena v archivu Fakulty informačních technologií Vysokého učení technického v Brně.

Abstrakt

Tato práce se zabývá vypracováním metodiky kalibrace vlhkoměrů. Cílem je zjistit z dostupných zdrojů co nejvíce informací o vlhkosti, vlhkoměrech, kalibraci a na základě tohoto vypracovat metodiku kalibrace vlhkoměrů.

Součástí práce je také internetový systém online zpracování a správy výsledků kalibrace.

Klíčová slova

Kalibrace, vlhkost, vlhkoměr, měřicí přístroje, online systém

Abstract

This work deals with Elaboration of Methodology for Hydrometer Calibration. The main goal of this work is to gather together information about humidity, hygrometer, calibration and make methodology for hydrometer calibration.

Part of the work is an online system for manipulation and administration of calibration results.

Keywords

Calibration, humidity, hygrometer, measuring instruments, online system

Citace

Malina, P.: Vypracování metodiky kalibrace vlhkoměrů, bakalářská práce, Brno, FIT VUT v Brně, 2008

Vypracování metodiky kalibrace vlhkoměrů

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing., Ph.D. Filipa Orsága.

Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

.....
Pavel Malina
22. 1. 2008

Poděkování

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu práce panu Ing. Filip Orságovi, Ph.D. za jeho odbornou pomoc při řešení mé bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat firmě LAB-MET za spolupráci, poskytnuté materiály a konzultace.

© Pavel Malina, 2008.

Tato práce vznikla jako školní dílo na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna autorským zákonem a její užití bez udělení oprávnění autorem je nezákonné, s výjimkou zákonem definovaných případů..

Obsah

Obsah	1
Úvod	2
1 Základní pojmy	3
1.1 Metrologie.....	3
1.2 Kalibrace.....	6
1.3 Teplota	9
1.4 Vlhkost vzduchu	10
1.5 Vlhkoměry	13
2 Praktické kalibrování vlhkoměrů	19
2.1 Rozhodující role kalibrování	19
2.2 Okolní měření	19
2.3 Nasycené soli	20
2.4 Stav kalibrování vlhkoměrů dnes	20
2.5 Problémy s kalibrací vlhkoměrů	21
2.6 Kontrola	22
3 Metodika pro kalibraci vlhkoměrů.....	23
3.1 Oblast použitelnosti metodiky	24
3.2 Referenční podmínky.....	25
3.3 Vybavení laboratoře.....	25
3.4 Kontrola kompletnosti a stavu měřidla.....	25
3.5 Vnější prohlídka měřidla	25
3.6 Vyhodnocení měření.....	26
3.7 Stanovení nejistot měření	27
3.8 Označování měřidel	28
3.9 Záznamy a kalibrační list.....	29
3.10 Metodika kalibrace	30
3.11 Návod na měření vlhkosti při kalibraci.....	32
4 Systém online zpracování a správy výsledků kalibrace.....	33
4.1 Popis systému	34
4.2 Vylepšení systému	40
5 Závěr	41
Literatura	42
Seznam příloh	43

Úvod

Cílem této bakalářské práce je poskytnout informace o kalibraci měřících přístrojů a to pak zejména pak kalibraci vlhkoměrů.

Hlavním výstupem této práce je obecná metodika pro kalibraci vlhkoměrů a systém online zpracování a správy výsledků kalibrace.

Kalibrace byla důležitá již 3000 let před naším letopočtem. Tehdy ve starém Egyptě hrozil trest smrti architektovi, který zapomněl kalibrovat své měřidlo délky při každém úplňku. Takové bylo riziko královských architektů, kteří budovali chrámy a pyramidy pro faraony.

Definice prvního královského lokte byla délka předloktí od lokte ke špičce nataženého prostředníčku vládnoucího faraona, plus šířka jeho ruky. První měření bylo přeneseno na černou žulu a do ní vytesáno. Toto bychom dnes označili za státní etalon. Pracovníkům na staveništích byly předány žulové nebo dřevěné kopie a architekti byli odpovědní za jejich udržování. Přeneseno do dnešní doby se jednalo o hlavní etalon, který byl odvozen a poté udržován podle etalonu státního.

Lidé od té doby vždy kladli velký důraz na správné měření. Relativně nedávno, v roce 1799 byla v Paříži vytvořena desetinná metrická soustava uložením dvou platinových etalonů metru a kilogramu. To byl počátek metrické soustavy a dnešní Mezinárodní soustavy jednotek (soustava SI).

Náklady na měření a vážení v dnešní Evropě představují plných 6 % celkového hrubého národního produktu (podle ČMI v roce 2003).

Vlhkoměry se dnes používají pro měření vlhkosti v bytě (domě), ve skladu, chladárně, mrazárně.

Také pro měření vlhkosti při výrobě a zpracování masa a mražených výrobků, pro měření vlhkosti při přepravě potravin, léčiv a jiných surovin. Lze s nimi provádět měření vlhkosti dřeva, betonu, zdi...

Tato práce je primárně zaměřena na elektronické vlhkoměry, které měří vzdušnou vlhkost.

Stejně jako jiné měřicí přístroje i vlhkoměry je třeba pravidelně kalibrovat, aby podávaly relevantní informace.

1 Základní pojmy

Tato kapitola obsahuje základní informace nutné k pochopení celé práce. Zaměřuje se na měření technických a fyzikálních veličin a kalibraci obecně. Také popisuje pojmy, které souvisejí s vlhkoměry.

1.1 Metrologie

Slovo metrologie pochází z řeckých slov metron (měřidlo, míra) a logos (řeč, slovo).

Je to vědní a technická disciplína, zabývající se všemi poznatky a činnostmi, týkajícími se měření, je základem jednotného a přesného měření ve všech oblastech vědy, hospodářství, státní správy, obrany, ochrany zdraví a životního prostředí. Zabývá se definováním jednotek měření, realizací jednotek, etalony a návazností měření.

Historie metrologie

Metrologie v českých zemích [5],[12] má historii již od roku 1268, kdy Přemysl Otakar II. vydává nařízení o obnovení měr a vah, čímž vznikají královské míry. Za Karla IV. Došlo k úpravám měr a praktickému rozšíření měr pražských. Důležitý byl rok 1549, kdy za Ferdinanda I. Habsburského dochází k sjednocení délkových a objemových měr a vah – cejchování. V roce 1765 císařský patent Marie Terezie zavádí dolnorakouské míry a váhy. Cejchovní řád (Souhrn pravidel upravujících poměry cejchovní. Stanoven být může buďto zákonodárcem nebo mocí výkonnou) vzniká v roce 1872 a pak je novelizován v letech 1919 a 1940. V roce 1875 Rakousko přistoupilo k metrické konvenci a Československo k ní pak přistoupilo v roce 1922. Metrologický ústav v Praze byl zřízen v roce 1966.

Od 1. Ledna 1980 pak v Československu platí soustava jednotek SI.

Kategorie metrologie

V Evropské unii se metrologie člení do tří kategorií s různým stupněm složitosti, oblasti užití a přesnosti [5],[12]:

1. Vědecká metrologie se zabývá organizací a vývojem etalonů a jejich uchováváním (nejvyšší úroveň).
2. Průmyslová metrologie zajišťuje náležité fungování měřidel používaných v průmyslu a ve výrobních a zkušebních procesech.
3. Legální metrologie se zabývá přesností měření tam, kde tato měření mají vliv na průhlednost ekonomických transakcí, zdraví a bezpečnost.

Fundamentální metrologie se člení do 11 oborů: hmotnost, elektřina, délka, čas a frekvence, termometrie, ionizující záření a radioaktivita, fotometrie a radiometrie, průtok, akustika, látkové množství a interdisciplinární metrologie. Těchto jedenáct oborů si stanovil EUROMET. Interdisciplinární metrologie není chápána jako technický obor, zabývá se obecnými otázkami. Vlhkost patří do oboru termometrie a důležité etalony pro ni jsou zrcátková měřidla rosného bodu nebo elektronické hygrometry, kombinované tlakové/teplotní generátory vlhkosti.

Etalon

Přesné měření je založeno na etalonu [5],[9],[12]. Etalon je obecně používané slovo z francouzštiny a mohli bychom ho nahradit slovem standard nebo normála. Etalon je ztělesněná míra, měřicí přístroj, měřidlo, referenční materiál či měřicí systém určený k definování, realizaci, uchování či reprodukci jednotky nebo jedné či více hodnot určité veličiny mající sloužit jako reference. Etalony se uchovávají v laboratořích za předepsaných podmínek.

Etalony, které mají pro příslušný obor měření nejvyšší metrologickou kvalitu ve státě, nazýváme státní etalony. Za tvorbu, rozvoj a uchovávání a používání státních etalonů odpovídá v ČR Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ). Český metrologický institut (ČMI) koordinuje budování a rozvoj státních etalonů a jejich uchovávání. Státní etalony navazují na mezinárodní etalony uchovávané podle mezinárodních smluv (např. soustava SI).

Číselné označení etalonu obsahuje kód, který charakterizuje postavení etalonu:

ECM - schválený a vyhlášený etalon ČR

ECR - etalon ČMI, referenční pro ČR

EPR - referenční etalon uchovávaný pověřenou laboratoří

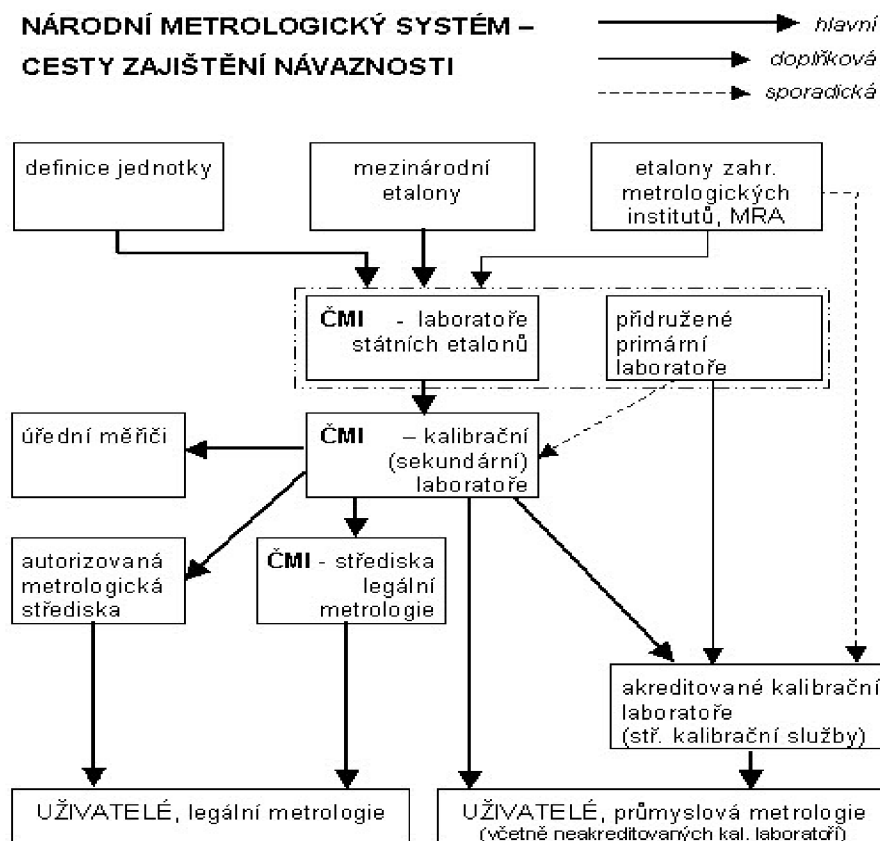
ETR - etalon ČMI.

Například ECM 320-1/03-028 je státní etalon teploty v rozsahu od $-38,8344\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $419,527\text{ }^{\circ}\text{C}$.

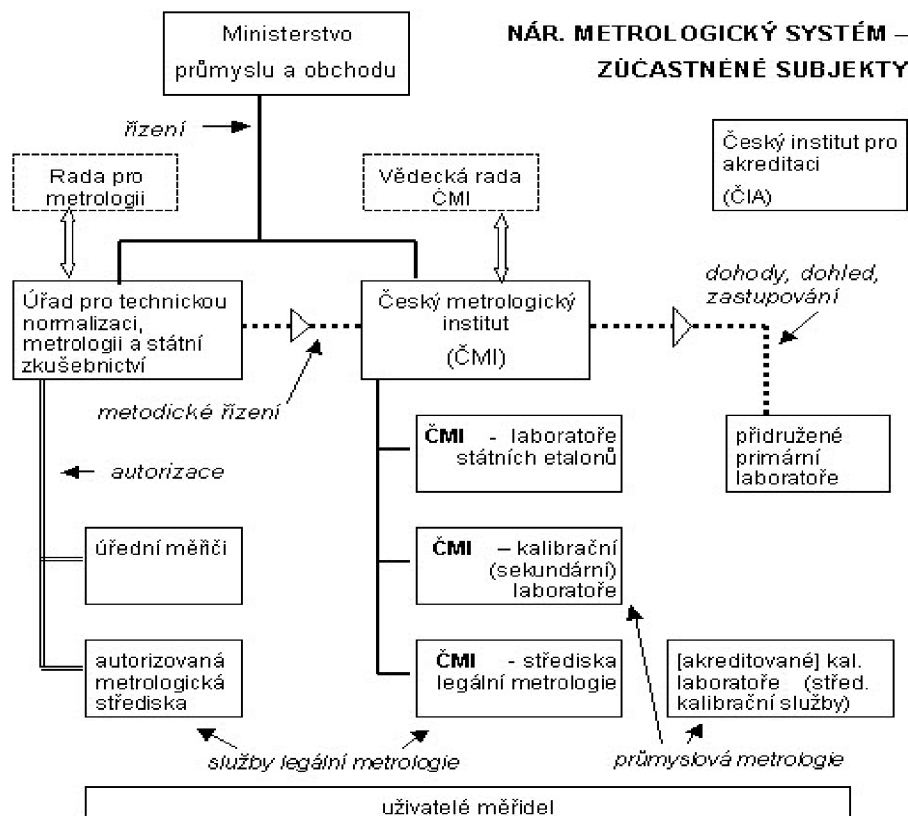
Etalony, které přímo na státní etalony navazují, nazýváme hlavní etalony. Ty pak tvoří základ návaznosti měřidel u subjektů a podléhají povinné kalibraci. Kalibraci hlavních etalonů provádí Český metrologický institut nebo střediska kalibrační služby. Četnost kalibrace stanoví uživatel hlavního etalonu podle technických a metrologických vlastností a podle četnosti používání.

Příklad etalonu: Metr je definován jako délka dráhy, kterou urazí světlo v časovém intervalu $1/299\,792\,458$ sekundy. Metr je realizován na primární úrovni pomocí vlnové délky helium – neonového jódem stabilizovaného laseru. Na nižších úrovních se používají materiální míry, jako jsou základní měřky, a návaznost je zajištěna použitím optické interferometrie ke stanovení délky základních měrek s návazností na výše uvedenou vlnovou délku laserového světla.

NÁRODNÍ METROLOGICKÝ SYSTÉM – CESTY ZAJIŠTĚNÍ NÁVAZNOSTI



Obrázek 1 - Subjekty, působící v národním metrologickém systému ČR [12]



Obrázek 2 - Cesty zabezpečení metrologické návaznosti v NMS [12]

1.2 Kalibrace

Návaznost

Návaznost [5],[12] je vlastnost výsledku měření nebo hodnoty etalonu, kterou může být určen vztah k uvedeným referencím zpravidla státním nebo mezinárodním etalonům, přes nepřerušovaný řetězec porovnání (řetězec návaznosti), jejichž nejistoty jsou uvedeny.

Kalibrace

Základním prostředkem při zajišťování návaznosti měření je kalibrace měřidel. Kalibrace zahrnuje určení metrologických charakteristik přístroje. To se dělá přímým srovnáním s etalony. Vystavuje se kalibrační list a většinou se připevní štítek na kalibrované měřidlo. Uživatel pak může určit, zda je přístroj vhodný pro danou aplikaci.

Důvody kalibrace [5],[12]:

1. Zajistit, aby údaje uváděné přístrojem byly konzistentní s jiným měřením.
2. Stanovit správnost údajů uváděných přístrojem.
3. Zjistit spolehlivost přístroje, tj. zda je možno se na něj spolehnout.

Kalibrační přístroje lze dosáhnout následujících skutečností [5],[12]:

- Výsledek kalibrace umožní buď přiřazení hodnot měřených veličin k indikovaným hodnotám, nebo stanovení korekcí vůči indikovaným hodnotám.
- Kalibrace může rovněž určit další metrologické vlastnosti, jako je účinek ovlivňujících veličin.
- Výsledek kalibrace lze zaznamenat v dokumentu, který se někdy nazývá kalibrační certifikát nebo kalibrační list.

BIPM

(Mezinárodní úřad pro váhy a míry)

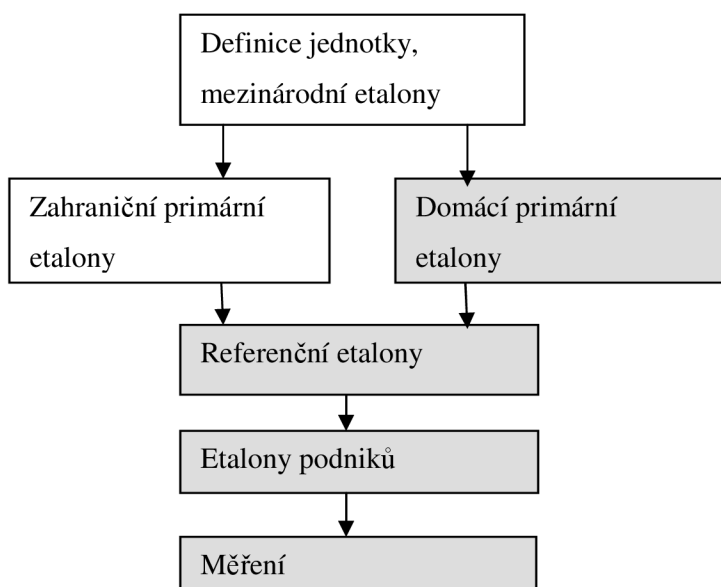
Primární laboratoře

(ve většině zemí národní metrologické ústavy)

Akreditované laboratoře

Podniky

Koneční uživatelé



Obrázek 3 - Řetězec návaznosti (úrovně etalonu) [12]

Schéma na obrázku 3 je samozřejmě velmi zjednodušeným obrazem skutečnosti a zachycuje jen typické situace.

Měřicí jednotky

Metrická soustava [5],[12] vznikla za Francouzské revoluce, kdy v roce 1799 byly vytvořeny dva platinové referenční etalony metru a kilogramu a uloženy ve Francouzském národním archivu v Paříži.

Národní shromáždění pověřilo Francouzskou akademii věd vypracováním nové soustavy jednotek, určené pro celý svět, a v roce 1946 pak členské země Metrické konvence přijaly soustavu MKSA (metr, kilogram, sekunda, ampér). Soustava MKSA byla v roce 1954 rozšířena o kelvin, kandelu a mol. Celá soustava pak dostala název Mezinárodní soustava jednotek, SI .

Soustavu SI tvoří sedm základních jednotek, které spolu s jednotkami odvozenými vytvářejí ucelený systém jednotek. Kromě toho byly pro používání spolu s jednotkami SI schváleny i některé další jednotky stojící mimo soustavu SI.

Nejistota měření

Nejistota měření [8] je k výsledku měření přidružený parametr charakterizující rozptýlení hodnot, které lze odůvodněně pokládat za hodnotu veličiny, která je objektem měření.

Tímto parametrem může být směrodatná (standardní) odchylka nebo její daný násobek. Nejistota měření obecně obsahuje řadu složek. Některé z těchto složek mohou být vyhodnoceny ze statistického rozložení výsledků měření a mohou být charakterizovány experimentální standardní odchylkou (čili experimentálně určeným odhadem této standardní odchylky). Jiné složky (které mohou být ale také charakterizovány standardní odchylkou) se vyhodnocují z předpokládaného pravděpodobnostního rozložení. Typ tohoto rozložení se určuje na základě zkušeností nebo jiných informací. K rozptýlení výsledků měření přispívají také složky nejistoty spojené s korekcemi a referenčními etalony.

Analogické definice mají nejistoty údajů měřicích přístrojů, nejistoty konstant a nejistoty korekcí.

Základní kvantitativní charakteristikou nejistoty měření je standardní nejistota. Je to standardní (směrodatná) odchylka veličiny, pro niž je nejistota udávána. Označuje se symbolem u (z anglického výrazu uncertainty, česky nejistota).

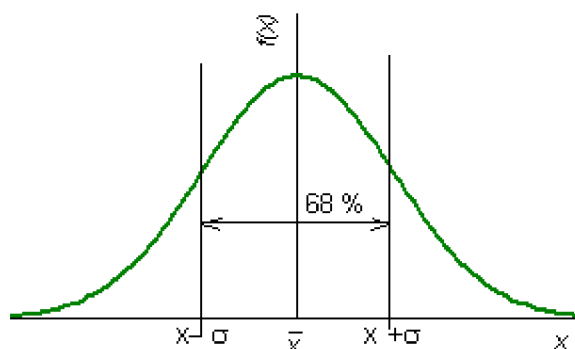
Standardní nejistoty se podle způsobu svého vyhodnocení dělí:

- Standardní nejistoty typu A (označení u_A), které jsou stanoveny z výsledků opakovaných měření statistickou analýzou série naměřených hodnot. Jejich příčiny se považují za neznámé a jejich hodnota klesá s počtem měření.

- Standardní nejistoty typu B (označení u_B), které jsou získané jinak než statistickým zpracováním výsledků opakovaných měření. Jsou vyhodnoceny pro jednotlivé zdroje nejistoty identifikované pro konkrétní měření a jejich hodnoty nezávisí na počtu opakování měření. Pocházejí od různých zdrojů a jejich společné působení vyjadřuje výsledná standardní nejistota typu B.

Kombinovaná standardní nejistota u_C je pak rovna [8]:

$$u_c(x) = \sqrt{u_A^2(x) + u_B^2(x)} \quad (1)$$



Obrázek 4 - Hustota pravděpodobnosti normálního (Gaussova) rozložení pravděpodobnosti. [8]

Směrodatná odchylka (a tedy i standardní nejistota) veličiny x představuje u veličiny rozdělené podle normálního rozdělení pravděpodobností polovinu šířky intervalu, v jehož středu leží střední hodnota veličiny x a ve kterém s pravděpodobností přibližně 68 % leží každá hodnota veličiny x . Tuto situaci znázorňuje obr. 4.

Rozšířená nejistota (označená U) [8]:

je definována jako součin kombinované standardní nejistoty (1) u_C a koeficientu rozšíření k , tedy vztahem:

$$U = k \cdot u_c(y) \quad (2)$$

kde U je rozšířená nejistota, k je koeficient rozšíření, u_C je kombinovaná standardní nejistota a y je měřená veličina.

S rozšířenou nejistotou je nutno vždy uvést číselnou hodnotu použitého činitele rozšíření k . Hodnota koeficientu rozšíření bývá nejčastěji 2, v praxi leží v intervalu $\langle 2, 3 \rangle$.

Vyjadřování nejistoty měření v kalibračních listech [5],[12]

Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření $k = 2$, což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí přibližně 95 %.

Nejlepší měřicí schopnost - BMC (best measurement capability)

BMC [5],[12] je nejmenší nejistota měření, které může v rámci akreditace laboratoř dosahovat při provádění více či méně rutinních kalibrací téměř ideálních měřicích etalonů s cílem definovat, realizovat, uchovat či reprodukovat jednu či více jednotek dané veličiny, nebo které může dosahovat při více či méně rutinně prováděných kalibracích téměř ideálních měřicích zařízení určených pro měření dané veličiny.

Kalibrační a měřicí schopnost - CMC (calibration and measurement capability)

CMC [5],[12] je nejvyšší úroveň kalibrace nebo měření běžně nabízených zákazníkům odpovídající pravděpodobnosti pokrytí přibližně 95 %. Někdy se pro tento pojem používá termín nejlepší měřicí schopnost.

1.3 Teplota

Teplota [9] je označení pro tepelný stav hmoty.

Teplota souvisí s průměrnou kinetickou energií částic látky. Například v plynu je teplota úměrná střední kinetické energii molekul a frekvenci jejich srážek.

Hmotu, která má teplotu podstatně vyšší než je teplota lidského těla označujeme subjektivně jako horkou, hmotu s teplotou nižší jako studenou. Při srovnání dvou těles s různými teplotami říkáme, že těleso, které má nižší teplotu je chladnější, popř. že těleso, které má vyšší teplotu je teplejší.

Pokud se teplota snižuje, říkáme, že těleso chladne. Pokud se naopak teplota zvyšuje, říkáme, že se ohřívá. Při chladnutí odevzdává hmota do svého okolí teplo a při ohřevu z okolí teplo přijímá.

Nejnižší možnou teplotou je teplota absolutní nuly, ke které se lze libovolně přiblížit, avšak nelze jí dosáhnout. V současné době nejsou známy žádné fyzikální zákony, které by omezovaly horní hranici teploty.

Měření teploty

Teplota se měří tak [9], že se uvede do vzájemného styku těleso, jehož teplotu chceme měřit, a srovnávací těleso. Po vytvoření tepelné rovnováhy je teplota tělesa rovna teplotě srovnávacího tělesa, které se obvykle nazývá teploměrem.

Pro měření teploty je nutné zvolit (popř. vytvořit) teplotní stupnici a stanovit jednotku teploty. Ve fyzice se při měření teploty používá termodynamická teplota. V běžném životě je v Evropě zvykem používat Celsiovu stupnici. Fahrenheitova stupnice se dnes používá ve Spojeném království a USA.

K určování teploty se využívá závislosti některých fyzikálních veličin na teplotě. To umožňuje převést měření teploty na měření jiné fyzikální veličiny.

Mezi teplotně závislé veličiny patří např. délkové rozměry a objem pevných a kapalných těles, tlak plynů (teplotní roztažnost a rozpínavost), elektrický odpor vodičů, vyzařování elektromagnetických vln apod.

Teploměr je zařízení sloužící k měření teploty. Většinou je princip teploměru založen na tepelné roztažnosti jednotlivých látek, kdy je objem měrné látky závislý na její teplotě. Tyto teploměry se pak nazývají dilatační. V současnosti však existují i další metody zjišťování teploty.

Měřením teploty se zabývá termometrie.

1.4 Vlhkost vzduchu

Vlhkost [9] je základní vlastností vzduchu. Vlhkost vzduchu udává, jaké množství vody v plynném stavu (vodní páry) obsahuje dané množství suchého vzduchu. Množství vodní páry je časově velice proměnlivé a liší se také od místa k místu. Z pohledu meteorologie a klimatologie má množství vodních par zásadní význam, protože je od něho odvislé počasí a podnebí.

Abychom si správně vyložili pojem vzdušná vlhkost, musíme vědět, že hodnota vzdušné vlhkosti klesá se zvyšováním teploty vzduchu. Kubický metr vzduchu při teplotě 0°C pojme max. 5g. vodních par a je nasycený. Ale stejné množství vzduchu při teplotě 19°C pojme již 18g vodních par.

Charakteristiky vlhkosti

Pro vyjádření množství vodních par ve vzduchu slouží hned několik charakteristik [1],[9]: tlak vodní páry (sytoční doplněk), absolutní vlhkost vzduchu, relativní vlhkost vzduchu, rosný bod (deficit rosného bodu), poměr směsi a měrná vlhkost vzduchu.

Tlak vodní páry

Tlak vodní páry [1],[9] je dílčí tlak vodní páry obsažené ve vzduchu. Udává se v hektopascalech (hPa), dříve se udával v milibarech (mb) či torrech (torr).

Sytoční doplněk je dán rozdílem maximálního tlaku vodní páry při dané teplotě a skutečným tlakem vodní páry při téže teplotě. Sytoční doplněk se dá také vyjádřit rozdílem maximálního směšovacího poměru či maximální měrné vlhkosti při dané teplotě a skutečného směšovacího poměru či měrné vlhkosti při téže teplotě.

Absolutní vlhkost vzduchu

Absolutní vlhkost vzduchu (též hustota vodní páry nebo měrná hmotnost vodní páry) vyjadřuje hmotnost vodní páry obsažené v jednotce objemu vzduchu [1],[9]. V meteorologii se vyjadřuje nejčastěji v gramech vodní páry na metr krychlový vzduchu.

Je-li m hmotnost vodní páry v daném objemu V , pak absolutní vlhkost vzduchu lze vyjádřit jako:

$$\Phi = \frac{m}{V} [g \cdot m^{-3}] \quad (3)$$

Relativní (poměrná) vlhkost vzduchu

Relativní vlhkost vzduchu [1],[9] udává poměr mezi okamžitým množstvím vodních par ve vzduchu a množstvím par, které by měl vzduch o stejném tlaku a teplotě při plném nasycení. Udává se v procentech (%). Relativní vlhkost se též někdy označuje jako poměrná vlhkost.

Je-li m hmotnost vodní páry, která je ve vzduchu obsažena, a M hmotnost vodní páry, kterou by obsahoval stejný objem vzduchu, kdyby byl při stejné teplotě vodními parami nasycen, pak lze relativní vlhkost vzduchu vyjádřit jako:

$$\Phi = 100 \frac{m}{M} [\%] \quad (4)$$

Tento vztah lze s pomocí výrazu pro absolutní vlhkost vzduchu přepsat ve tvaru:

$$\Phi = 100 \frac{\Phi}{\Phi_n} [\%] \quad (5)$$

kde Φ_n označuje absolutní vlhkost vzduchu nasyceného vodními parami.

Vzhledem k tomu, že množství sytých par závisí především na teplotě vzduchu, mění se relativní vlhkost vzduchu s jeho teplotou i přesto, že absolutní množství vodních par zůstává stejné. Tato vlastnost má velký význam při vzniku oblaků a tím i tvorbě počasí.

Rosný bod

Rosný bod [1],[9] je teplota, při které je vzduch maximálně nasycen vodními parami (relativní vlhkost vzduchu dosáhne 100 %). Pokud teplota klesne pod tento bod, nastává kondenzace.

Vzduch za určité teploty může obsahovat jen určité množství vodních par. Čím je teplota vzduchu vyšší, tím více vlhkosti pojme. Pokud se vzduch začne ochlazovat, vodní páry začnou kondenzovat. Podmínkou je přítomnost kondenzačních jader.

Rosný bod lze považovat za jiné vyjádření absolutní vlhkosti vzduchu.

Příklad: Při sprchování v koupelně stoupá teplota a vzdušná vlhkost. Jakmile vlhkost vzduchu dosáhne rosného bodu odpovídajícímu dané absolutní vzdušné vlhkosti (množství vodních par v metru krychlovém vzduchu), začne voda kondenzovat. Lze to sledovat například na zrcadle, jehož teplota je nižší než hodnota rosného bodu. Zrcadlo se zarosí. Jakmile se po chvíli zrcadlo zahřeje na okolní teplotu, sražená vodní pára se ztratí.

Omezující faktory

Hlavním omezujícím faktorem [1],[9] je teplota vzduchu, neboť pro danou teplotu je vzduch schopen pojmout jen omezené množství vodních par. Platí zde úměra, čím vyšší je teplota, tím více je vzduch schopen pojmout vodních par. Tuto závislost můžeme také vidět v Magnusově vzorci:

$$E_s = E_{s,273,16} * 10^{\frac{8,5t}{273,16+t}} \quad (6)$$

Obdobné je to s tlakem vodních par nad rovinným povrchem ledu:

$$E_s = E_{s,273,16} * 10^{\frac{9,7t}{273,16+t}} \quad (7)$$

E_s je tlak nasycené vodní páry vzhledem k vodě (ledu), $E_{s,273,16}$ je tlak nasycené vodní páry vzhledem k vodě (ledu) při teplotě 273,16 K, t je teplota ve stupních Celsia.

Vlhkost vzduchu na Zemi

Běžně na Zemi najdeme místa, kde vodní pára tvoří 0 až 4 objemová procenta vzduchu [1],[9].

Velký tlak vodních par a vysoké hodnoty absolutní vlhkosti vzduchu lze očekávat v teplých tropických oblastech, kdežto malý tlak vodních par lze očekávat v chladných polárních oblastech a vyšších nadmořských výškách.

Charakteristický chod tlaku vodní páry při aktivním povrchu (oceánu a jiných extrémně vlhkých ploch), který má jedno jediné maximum odpovídající růstu teploty a výparu, se nazývá zimní (mořský) typ. Chod tlaku vodní páry s dvěma maximy a dvěma minimy, přičemž druhé minimum je způsobeno odpoledním růstem konvekce a turbulence, pak letní (pevninský) typ.

Izolinie

Izolinie [9] (z řeckého isos - stejně) jsou čáry na mapě nebo v grafu, které spojují místa se stejnými hodnotami dané fyzikální veličiny. Izolinie se nemohou křížit a jejich vzdálenosti jsou nepřímo úměrné gradientu daného prvku.

Čára spojující místa se stejnými hodnotami tlaku vodních par se nazývá izovapora.

Čára spojující místa se stejnými hodnotami relativní vlhkosti vzduchu se nazývá izohumida.

Čára spojující místa se stejnými hodnotami měrné vlhkosti vzduchu se nazývá izograma.

1.5 Vlhkoměry

[1],[2],[5],[7]

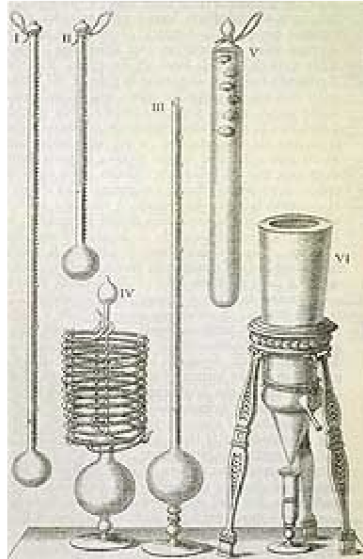
Vlhkoměr neboli hygrometr je měřicí přístroj ukazující relativní vlhkost vzduchu nebo jiné látky.

Jako první se o měření vlhkosti pokusil geniální Leonardo da Vinci (1452-1590). Bylo to někdy mezi léty 1480 a 1486. Podstata jeho vlhkoměru byla velice jednoduchá. Vycházel z poznatku, že existují tzv. hygroskopické látky, tj. látky, které pohlcují ze vzduchu vlhkost (např. sůl, houba, bavlna atd.). Čím vlhčí jsou pak tyto látky, tím větší hmotnost přirozeně mají. A to už se dá zvážit. Leonardo tedy umístil do jedné misky rovnoramenných vah vosk (který není hygroskopický) a do druhé hygroskopickou látku a za suchého počasí váhy seřídil na nulu. Tak, jak se počasí měnilo a s ním i vlhkost vzduchu, miska s těžší hygroskopickou látkou klesala dolů a vychylovala ručičku na stupnici, která ukazovala rozdíl nejen v hmotnosti obou látek, ale vlastně také vlhkost vzduchu.



Obrázek 5 – Model Leonardova vlhkoměru [13]

Druhým Italem, který se podílel na vynálezu vlhkoměru, byl další velikán, profesor Padovské univerzity, Galileo Galilei (1564-1642). Jeho vlhkoměr však pracoval na zcela jiném principu. Byl to tzv. kondenzační vlhkoměr. Ten měřil relativní vlhkost pomocí tzv. rosného bodu. Na malou, tenkou a vysoce leštěnou kovovou misku nalil trochu éteru. Vypařováním tohoto éteru, urychlovaného proudícím vzduchem, se miska ochlazovala. Když její teplota dosáhla teploty rosného bodu, její povrch se orosil (jako sklenice piva). V tom okamžiku odečetl teplotu na teploměru, která byla závislá na vlhkosti vzduchu (tyto vlhkoměry se používají dodnes).



Obrázek 6 - Galileovi teploměry a kondenzační vlhkoměr [13]

Dalším typem jsou odporové a kapacitní vlhkoměry. Např. Lithiumchloridový vlhkoměr s kapalným elektrolytem pracuje, tak že na nevodivé trubičce je nasazena tkanina obsahující dvojici drátkových elektrod bifilárně ("rovnoběžně") navinutých. Tkanina je napuštěna vodným roztokem LiCl, elektrody jsou připojeny ke zdroji (střídavého) proudu, který svým průchodem elektrolyt zahřívá. Zvýšením teploty se odpařuje voda z elektrolytu, čímž se zmenší jeho vodivost, klesá proud a tím i teplota. Při poklesu teploty elektrolytu dochází naopak k absorpci vodní páry, zvyšuje se vodivost a se zvětšováním proudu roste opět teplota. Rovnovážný stav obsahu vody v elektrolytu závisí na teplotě elektrolytu, která je pak funkcí parciálního tlaku vodních par v okolním vzduchu. Teplota se měří čidlem zasunutým v trubičce, přístroj z ní vyhodnotí vlhkost.

Vlhkoměr s tuhým elektrolytem Al_2O_3 je tvořen jednou hliníkovou elektrodou s vrstvičkou Al_2O_3 a druhou elektrodou z napařené tenké vrstvičky zlata propustné pro vodní páry. Absorpcí vody do elektrolytu se mění elektrický odpor, z něhož je pak vyhodnocena vlhkost.

Kapacitní hygrometr je postaven na principu kondenzátoru s dielektrikem z polymeru, který má hygroskopické vlastnosti. Jedna z elektrod je provedená tak, že umožňuje vodním parám z okolního vzduchu difundovat do polymeru. Polymer absorpcí vody mění své dielektrické vlastnosti, tím se mění i kapacita kondenzátoru, ze které se vyhodnotí vlhkost.

Čidla na principu vlhkoměru s tuhým elektrolytem nebo kapacitního vlhkoměru používá většina běžných elektronických přístrojů pro měření vlhkosti vzduchu, přístroje zároveň měří i teplotu vzduchu, někdy bývají kombinované i s měřením dalších veličin.



Obrázek 7 - Elektronický vlhkoměr a teploměr s indikací rosného bodu



Obrázek 8 - Teploměr a vlhkoměr s datalogerem

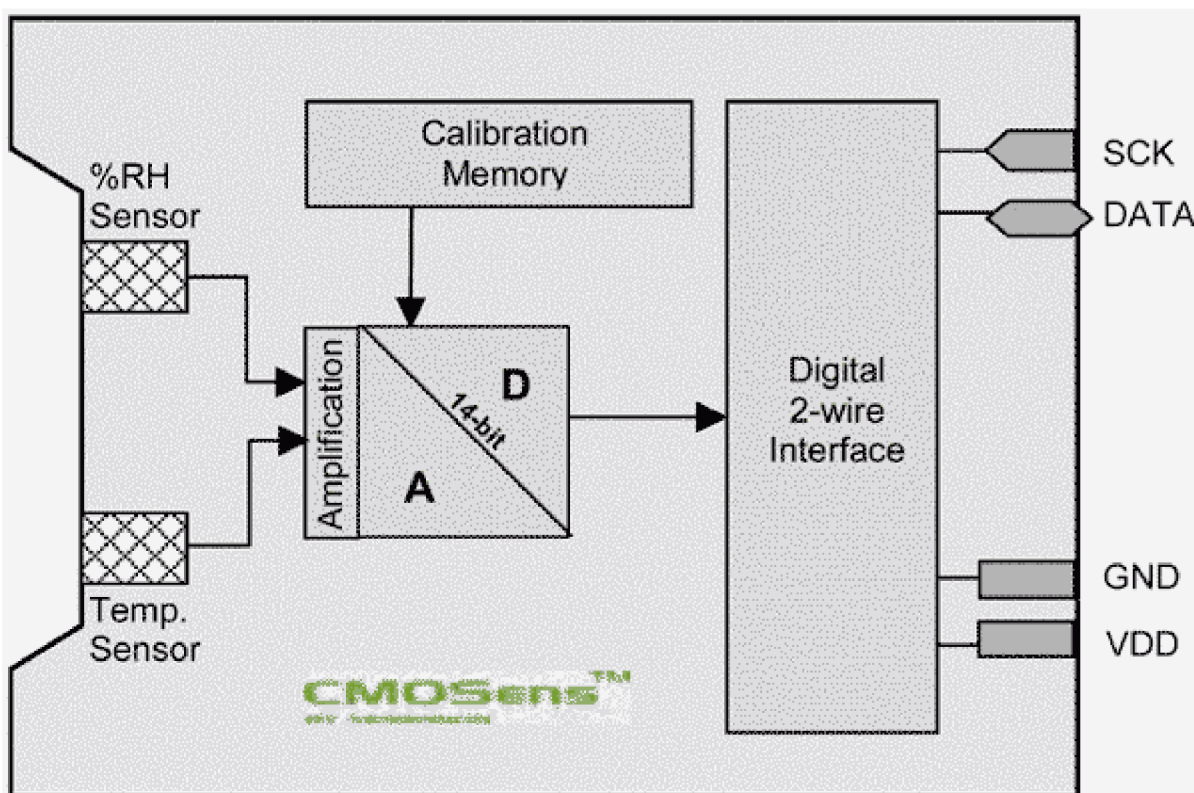


Obrázek 9 – Inteligentní čidlo SHT11 [14]

[14] Na obrázku 9 je inteligentní programovatelné čidlo. Na jednom čipu jsou umístěny, jak vlastní senzory (relativní vlhkost a teplota), tak i digitální část. Její součástí je 14bitový digitální převodník a kalibrační paměť. Připojí se přes dvoudrátový interface.

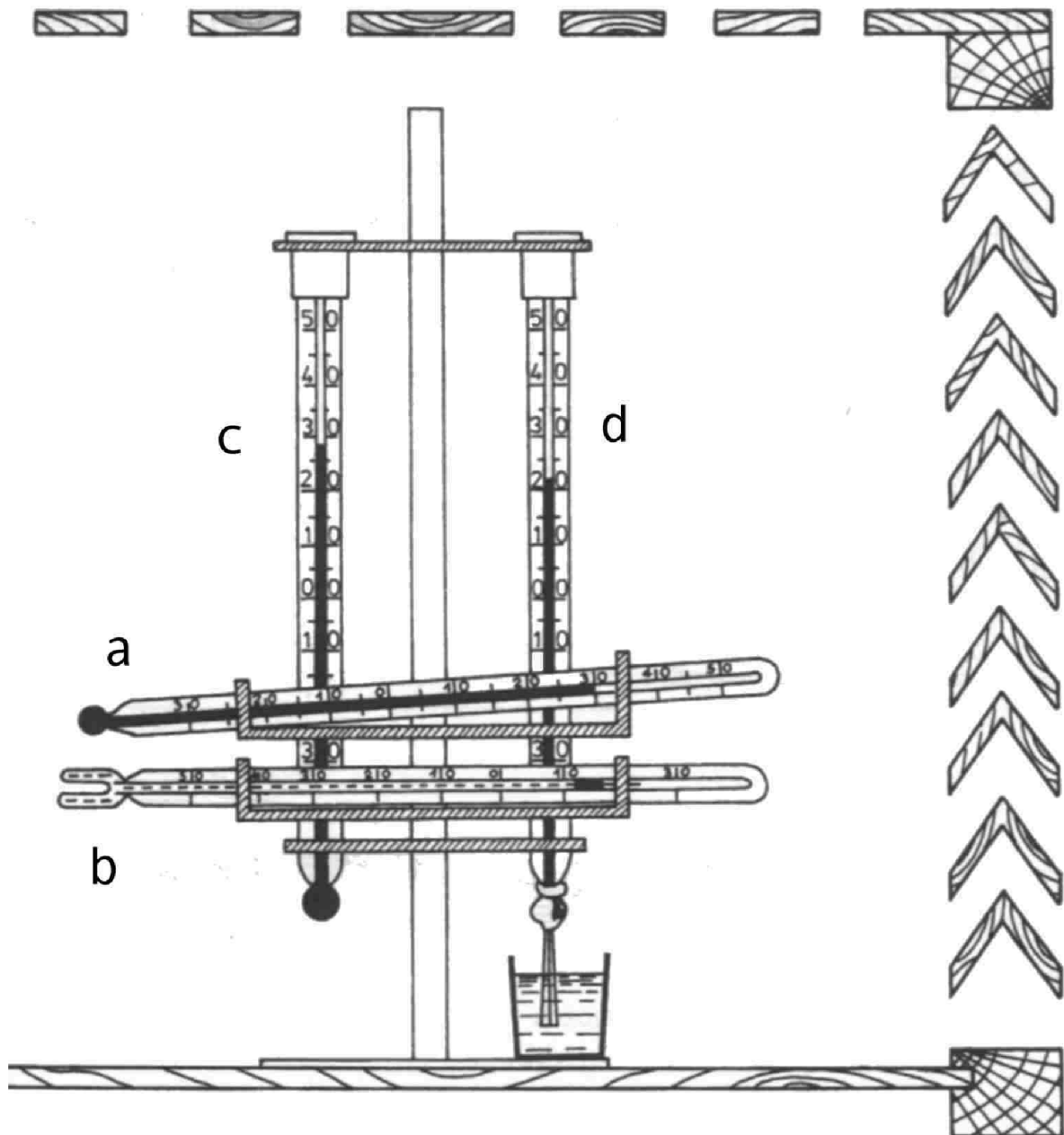
Každý senzor je kalibrován v kvalitní vlhkostní komoře a kalibrační koeficienty jsou uloženy v paměti. Tyto koeficienty se používají interně během měření pro přepočítání údajů ze senzorů. Malé rozměry a jednoduchá komunikace přes 2 vodičovou sběrnici pak umožňují jednoduchou aplikaci senzoru v průmyslovém měření, automobilovém průmyslu, lékařských přístrojích, klimatizacích a vytápění. Je možné propojení s PC.

Certifikát kalibrace se u tohoto konkrétního čidla firmy Sensirion vystavuje na 2 roky.



Obrázek 10 – Schéma inteligentního čidla SHT11 [14]

[2] Dalším typem vlhkoměru je tzv. psychrometr. Jeho princip je také velmi jednoduchý: je tvořen dvojicí teploměrů, přičemž na jeden z nich je navlečena namočená textilní “punčocha”. Protože z tohoto tzv. vlhkého teploměru se odpařuje voda, ochlazuje tak teploměr, který ukazuje nižší teplotu (podobně jako u předchozího vlhkoměru). Porovnáním teplot tohoto vlhkého teploměru s teplotou “normálního”, tzv. suchého teploměru dostaneme opět relativní vlhkost vzduchu.



Obrázek 11 – Psychrometr

Potom jsou vlhkoměry na principu rosného bodu. Jejich princip spočívá ve snímání změny odrazivosti kovového ochlazovaného zrcátka při jeho orosení. Zrcátko odráží paprsek z LED diody do snímače, při orosení zrcátka dojde ke snížení světelného toku, které je vyhodnoceno elektronickým obvodem. Obvod řídí ochlazování zrcátka Peltierovým článkem tak, aby se teplota ustálila na hranici

orosování. U jiného provedení přístrojů je paprsek LED diody odrážen proti tmavé ploše, při orosení dojde naopak ke zvýšení množství světla dopadajícího do snímače, princip řídicího obvodu je obdobný. Méně výhodný způsob je zjišťování okamžiku orosení elektrodami. Protože parciální tlak vodních par nad hladinou (kapalné) vody je jiný než nad ledem, musí přístroj vyloučit ojmění. Z teploty okolního vzduchu a teploty rosného bodu (zrcátka) pak přístroj vypočte vlhkost. Vlhkost lze na základě těchto dvou teplot stanovit i ručně. - odečtením z Mollierova diagramu.

V domácnostech používají vlasové vlhkoměry. Ty jsou založeny na principu, že některá vlákna se s rostoucí vlhkostí prodlužují. Prodloužení vláken se pak různým způsobem převádí přímo na stupnici, která ukazuje relativní vlhkost přímo v procentech. Jako vlákna se používá skutečných vlasů nebo vláken umělých. Tyto vlhkoměry nejsou tak přesné ($\pm 3\%$), ale jsou velmi jednoduché. Rozsah jejich použití je omezen jen teplotou: od -35°C do 65°C .



Obrázek 12 - Klasický vlasový vlhkoměr [9]

Vlhkoměry pro měření vlhkosti půdy [9]

Půdní vlhkoměry pracují na různých principech:

- kapacitní vlhkoměr
- odporový vlhkoměr
- TDR (time domain reflectometry) vlhkoměr
- neutronový vlhkoměr
- vlhkoměr s gama zářičem

2 Praktické kalibrování vlhkoměrů

Kalibrování vlhkoměrů je rostoucí disciplína, která vyžaduje specializovanou znalost a systémy.

Kalibrování vlhkoměrů přesně a efektivně je skličující výzva. Mnoho společností zkoumá kalibrovací metody snažíc se zajistit požadované standardy. Mnohé nalézají, že jejich metody jsou neúčinné, neúplné nebo nezpůsobily k poskytování spolehlivých výsledků.

Vývojové trendy, v kombinaci s nedávnými technologickými vzestupy, vedl průmysl k tomu, aby požadoval vyšší úroveň RV (relativní vlhkost) přesností, než kdy předtím. [3],[4],[6]

2.1 Rozhodující role kalibrování

Veškeré sekundární RV senzory jsou absolutně závislé na přesné kalibraci k tomu, aby dodaly jejich specifikovaný výkon. Zatímco nejlepší RV senzor se může honosit skutečnou přesností $\pm 1\%$, chybné kalibrování jej může učinit nepoužitelný. Veškeré sekundární RV senzory požadují kalibrování vysokého standardu, nejen během produkce, ale také během údržby, aby opravila odchylky.

Dobré kalibrování nemůže chránit špatný senzor, ale nevhodné kalibrování způsobí, že jinak skvělý systém produkuje chybné a potenciálně škodlivé výsledky.

Přenosné měřicí ústředny, jedinečně ukazují prvek času v měření RV, jako extrémně důležitý faktor v přesných kalibracích. Jednotky zaznamenávají časovou základnu teploty a RV, která může být graficky zobrazená na počítači. Výhoda takového záznamu je, že detailně ukáže úroveň tepelné a RV stability během kalibrování a pokud jsou testované různé jednotky, také signalizuje stejnorodost testovací komory. Takto, měřicí ústředny dělají snadnějším určit kdy, nebo jestli vůbec, byl ustálený stav dosažený. Naopak také ukážou jasně, kdy kalibrování bylo vykonané spěšně, nebo v nepříjemných podmínkách.

2.2 Okolní měření

První nápad je koupit "vysoce přesný" RV měřič a použít ho k srovnání ukazovaných údajů s kalibrovanými přístroji.

Nápad jednoduchý dost. Měřit s umístěným RV měřičem ihned vedle kalibrovaného přístroje. Pak srovnávat ukazované údaje. Testování však ukázalo neschopnost dodat opakovatelné výsledky.

Typické laboratorní prostředí je dynamické se všemi druhy teplotních, vzdušných a vlhkostních změn. Stát a dýchat blízko RV senzoru může způsobit několika procentní nárůst RV a dokonce i blízký počítač může způsobit velké chyby v měření.

Nevyhnutelný závěr byl, že toto nebyl způsob jak kalibrovat vlhkoměry. Potřebujeme konzistentní a stabilní prostředí. To nám může poskytnout hermeticky uzavřená komora.

2.3 Nasycené soli

Dva hlavní cíle byly homogennost a tepelná stabilita. Pro ten účel nasycené soli mají několik přitažlivých vlastností. Mohou generovat neproměnné RV prostředí ve speciálně izolované a teplotně regulované komoře.

Napuštěné solné lázně jsou možná nejstarší metodou na tvoření vlhkosti v různých úrovních.

Aktuální RV hodnota je výsledek chemických vlastností soli smíchané s vodou, s jinými solemi.

Je možné několik komor udržovat pro různá RV prostředí, dovolujíc více produktů kalibrovat rychleji.

Metoda kalibrování pomocí solné lázně je více spolehlivá než předešlá metoda.

Ale doba potřebná ke stabilizaci komory je přes 20 hodin.

Použití vysoce korozních solných roztoků je také problematické a je těžké udržovat konzistentní RV úrovně bez stálé údržby.

2.4 Stav kalibrování vlhkoměrů dnes

RV kalibrování je často zanedbaný nebo nepochopený aspekt v RV monitorování. Příkladem toho nepochopení je populární (ale špatný) názor, že jestli nástroj má certifikát kalibrování, jednotka je nejen přesná, ale také "validovaná" pro aplikaci. Často se předpokládá, že vybavení operuje v souladu s požadavky, které jsou uvedeny v brožurách prodejců. Procedury jsou často vypůjčené a netestované.

Časté chyby při kalibraci vlhkoměrů jsou:

- používání referenčních etalonů, které nejsou přesné dost, aby podporovaly zamýšlenou přesnost kalibrování
- příliš spěšná stabilizace základních podmínek, které jsou nezbytné k řádné kalibraci
- bez použití adekvátních teplotně ovládatelné komory, nebo v prostorech, kde je tepelná stabilita bídná
- s nepřijatelnou homogenností podmínek, nebo bez obstarání míchání vzduchu

- používání metod, které znamenají příliš mnoho manipulace, jsou zastaralé, nebo jinak neúplné
- nejsou napsané nebo definované procedury, které mohou ovlivnit opakovatelnost výsledků

2.5 Problémy s kalibrací vlhkoměrů

Proč jsou takové funkční problémy s kalibrací vlhkoměrů? Základy se zdají prosté dost. Vlhkost se váže na vzduch nebo vodní páru, což je voda ve stavu plynném. Relativní vlhkost vzduchu je míra množství vodní páry ve vzduchu ve srovnání s tím, kolik je možné udržet při dané teplotě.

Z teoretické perspektivy, tyto koncepty jsou snadno pochopitelné, ale na praktické úrovni, proces je nejen komplikovaný, ale dokonce neintuitivní.

Široký dynamický rozsah

RV je víc obtížná k měření než atmosférické vlastnosti, jako teplota, tlak atd. Složitost začíná s širokým rozsahem vlhkosti, v němž RV senzory musí pracovat. Například, senzor stanovený k tomu, aby měřil 10-90% RV při teplotě -40° - 70° C, musí účinkovat v podmínkách vlhkosti v rozsahu od 0.001% do 20%.

Dynamický rozsah toho představuje je 20000:1, což je hodně.

Teplota

S RV jsou trable, protože je to teplotně závislá proměnná. Její hodnota se může významně měnit s nepatrnými změnami teploty a bez jakéhokoliv zvýšení vlhkosti. Například změna 1° C v teplotě při 20° C a 50 % RV může způsobit chybu ± 3 % RV, obrovská chyba v procesu kalibrování.

V 90 % RV dokonce 0.2° C změna bude mít za následek ± 1 % RV chybu. Tyto vlivy teploty zdůrazní význam tepelné stability, podmínka, kterou je často obtížné dosáhnout v prostředí kalibrace.

Měření ve vzduchu

Možná nejvýznamnější výzva v kalibrování je to, že měření RV musí být uskutečněné ve vzduchu (nebo plynu). RV senzory měří jen vodní páru v bezprostřední vrstvě plynu kontaktováním povrchu senzoru, což zdůrazňuje potřebu pro stabilní a homogenní podmínky prostředí. Vzduch je špatný tepelný vodič a teplota v každém daném bodu může být ovlivněna tepelnými proudy a teplotními gradienty, což velmi sťažuje dosažení stabilního prostředí a navíc je to časově náročné. Stabilizace RV prostředí ke kalibrování může trvat hodiny, přestože je vytvořené drahým systémem.

Problém se senzory

Veškeré sekundární RV senzory jsou nelineární zařízení s teplotními závislostmi. Většina hydrometrických senzorů pracuje se změnou jejich elektrických vlastností se změnami vlhkosti a teploty. Kvůli této nelinearitě a teplotní závislosti, je nezbytné validovat senzor ve vícenásobných RV a teplotních bodech, v ideálním případě pokrývající rozsah zamýšlené aplikace. Tyto požadavky je nejen těžké dosáhnout bez drahého vybavení, ale je to také velmi časově náročné.

2.6 Kontrola

Je nutné provádět pravidelné revize existujícího vybavení a procedury, dále se dívat na účinky a výsledky jejich procesů kalibrování. Následující otázky dokážou být užitečné v provedení těchto revizí:

- **Referenční etalony:** Byly validované? Byly všechny neurčitosti zváženy?
- **Procedury:** Byly procedury validované? Specifikují adekvátní časy na tepelnou a vlhkostní stabilitu? Jsou opatření k tomu, aby zajistily homogennost prostředí komory? Jsou rozmanité RV a teplotní kalibrační podmínky testovány? Jsou procedury napsané, sledované a pravidelně zhodnocené?
- **Prostředky a senzory:** Jsou kalibrované prostředky důvěryhodné, dle těch, kdo je užívají a spoléhají se na ně? Potřebují kalibrování častěji, než očekávali? Jsou kalibrovací podmínky často mimo specifikace? Požadují přístroje významné úpravy pro každé kalibrování? Jsou přístroje nebo snímače rozumně vyměnitelné, nebo mají "nevysvětlené" rozdíly?
- **Produkty a procesy:** Jsou opětuující se potíže s jakostí výrobku, nebo efektivity a váže se to k teplotní nebo vlhkostní citlivosti?

3 Metodika pro kalibraci vlhkoměrů

Problémy a možná řešení spojené s kalibrací vlhkoměrů jsou popsány v předešlé kapitole.

Tuto kapitolu lze pokládat za obecný postup, jak vytvořit vlastní metodiku kalibrace vlhkoměrů, tak aby se přizpůsobila podmínkám a požadavkům konkrétní organizace a poté obstála při posouzení ze strany Českého metrologického institutu.

Nejdůležitější pochopitelně je kvalitní vybavení laboratoře. Těžko můžeme očekávat dobré výsledky s nekvalitním vybavením. Při kalibraci vlhkoměrů budeme potřebovat komoru a etalon vlhkoměru.

Komora musí být teplotně a hermeticky izolovaná a musí být schopna udržet homogenní prostředí po dlouhou dobu. Takovou komoru lze zakoupit, ale jedná se o poměrně nákladnou záležitost. Odměnou za vynaložené finance nám bude komora, která bude schopna vytvořit prostředí s teplotou a vlhkostí podle našeho přání. Pokud máme vhodné vybavení, můžeme se pokusit komoru vyrobit. Není nutné, aby komora vytvořila prostředí přesně podle našich požadavků, bude stačit, pokud bude komora schopna vytvořit homogenní prostředí a toto prostředí udržet desítky minut. Proto komora musí být hermeticky izolovaná a vybavená teplotním a vlhkostním generátorem a zařízením na míchání vzduchu.

Vlhkoměr, který budeme používat jako etalon, musí být pochopitelně o řád přesnější než kalibrované vlhkoměry a musí mít platnou kalibraci od Českého metrologického institutu.

Nejdříve ale musíme komoru proměřit, abychom se přesvědčili, že je použitelná pro naši aplikaci.

Musíme zjistit, jestli je komora schopna vytvořit ve všech místech stále homogenní prostředí. Pro vytvoření metodiky musíme také vědět, za jakou dobu se homogenní prostředí vytvoří a jak dlouho se udrží.

Pokud měření skončí úspěšně (tj. komora je schopna vytvořit homogenní prostředí a to pak udržet) uvedeme záznamy o měření v metodice jako přílohu.

Pokud máme takové kvalitní vybavení, budeme schopni opakovaně dosahovat relevantních výstupů.

Samotný postup kalibrace poté bude poměrně jednoduchý. Nejdříve umístíme kalibrované měřidlo spolu s etalonem do komory. Poté počkáme, až se v komoře vytvoří stabilizované homogenní prostředí. Toto bude největší problém, protože to může trvat i několik hodin. Záleží na předešlých naměřených hodnotách při proměřování komory. Po stabilizaci odečteme hodnoty z kalibrovaného přístroje a z etalonu. Pokud jsme například naměřili, že stabilní prostředí je schopna komora udržet hodinu, musíme hodnoty odečíst do hodiny od stabilizace, jinak by kalibrování nebylo relevantní.

Podle naměřených hodnot poté provedeme vyhodnocení. Mohou nastat tyto 3 případy:

1. Naměřená odchylka zkoušeného měřidla + nejistota je menší než třída přesnosti měřidla uváděná výrobcem.
Měřidlo pak vyhovuje specifikované toleranci (uvede se do kalibračního listu).
2. Naměřená odchylka zkoušeného měřidla je menší než třída přesnosti a zároveň odchylka + nejistota měřidla je větší než třída přesnosti.
Měřidlo pak nelze objektivně posoudit (do kalibračního listu se neuvádí).
3. Naměřená odchylka zkoušeného měřidla + nejistota je větší než třída přesnosti měřidla uvedená výrobcem.
Měřidlo pak nevyhovuje specifikované toleranci (uvede se do kalibračního listu).

Metodikou lze chápat jako pracovní postup. Metodika musí obsahovat oblast použitelnosti metodiky, referenční podmínky kalibrace, vybavení laboratoře, popis kontroly stavu kalibrovaného měřidla, vyhodnocení kalibrace, stanovení nejistot měření, popis označování měřidel, kalibrační list a samotný postup kalibrace.

Jako příklad uvádím části metodiky kalibrace elektronických vlhkoměrů pro LAB-MET s.r.o. Tato metodika vznikla, když jsem přepracoval metodiku na kalibraci vlhkoměrů stejné firmy. Proměření komory a její konstrukci dělala firma LAB-MET s.r.o.

3.1 Oblast použitelnosti metodiky

Metodika zkoušení při kalibraci elektronických vlhkoměrů se vztahuje na elektronické vlhkoměry, které jsou zkoušeny při jejich kalibraci v LAB-MET s. r. o. AKL.

Metodika stanovuje podmínky pro celý průběh zkoušení při kalibraci měřidel od kontroly při převzetí měřidla od zákazníka přes vlastní kalibraci až po vydání měřidla zákazníkovi. Zohledňuje zejména aktuální vybavení a prostředí této laboratoře.

Metodika zkoušení při kalibraci elektronických vlhkoměrů je závazně používána pracovníky této laboratoře při metrologických výkonech.

3.2 Referenční podmínky

Kalibrovaný vlhkoměr musí být umístěn spolu s etalonem v uzavřené komoře, která dokáže vytvořit různé klima s rovnoměrným rozložením vlhkosti, teploty.

Teplota v komoře 20 - 30 °C

Hodnota relativní vlhkosti vzduchu v komoře cca 30 – 90 %.

3.3 Vybavení laboratoře

- a) Komora - Termostatická komora tepelně izolovaná, temperovaná výměníkem z DK22, nebo vlastním topným systémem regulovaným teplotním regulátorem Ht40A.
- b) Etalon - Testo-Instrument typ 400 v. č. 01299188/611 s vysoce přesným čidlem vlhkosti/teploty typ 0636.9741 v. č. 20114182/611

Podmínkou používání je platná kalibrace etalonu.

3.4 Kontrola kompletnosti a stavu měřidla

Kontrola se provede při převzetí měřidla od zákazníka, případně i za jeho přítomnosti.

Kontrola stavu je zaměřena na vizuální posouzení snímače (snímačů) vlhkosti, stavu kabelů a připojovacích konektorů a na vizuální posouzení stavu vyhodnocovacího měřidla.

Elektronický vlhkoměr nevyhovující po stránce kompatibility jednotlivých členů, nebo v případě mechanického nebo jiného poškození nelze ke kalibraci přijmout. Měřidlo nezpůsobilé pro měření je vráceno zákazníkovi a měření se neprovádí.

Současně se vrací zákazníkovi měřidla, která jsou tak znečištěna, že by došlo v průběhu zkoušek ke znehodnocení pracovních prostorů.

3.5 Vnější prohlídka měřidla

Vnější prohlídka zkoušeného měřidla probíhá před zkouškou přesnosti měřidla tj. před jeho instalací do kalibračního zařízení.

Kontroluje se stav napájecího zdroje, pokud je dodán s měřidlem.

Kontroluje se funkčnost ovládacích prvků vyhodnocovacího měřidla a čitelnost displeje.

Jednotlivé snímače se kontrolně propojí s vyhodnocovacím měřidlem.

Pokud elektronický vlhkoměr nemá vady, znemožňující měření, kontroluje se:

- způsob umístění v kalibračním zařízení
- typové číslo
- výrobce
- další údaje pro provedení záznamu o měření

Tyto skutečnosti jsou zaznamenávány do záznamu o měření, ale pokud nejsou spolehlivě zjištěny, nebrání v kalibraci.

V případě nezpůsobilosti pro měření je elektronický vlhkoměr vyřazen z dalších zkoušek.

3.6 Vyhodnocení měření

Základní chyba zkoušeného měřidla se určuje jako rozdíl hodnot údajů zkoušeného měřidla a hodnot určených etalonem.

Vyhodnocování měření se provádí porovnáním záznamu etalonu s kalibrovaným vlhkoměrem.

Naměřené hodnoty při zkoušce odpovídají třídě přesnosti zkoušeného elektronického vlhkoměru, jestliže odchylky zjištěny při zkoušce plus nejistota jsou menší než třída přesnosti měřidla udávaná výrobcem.

Toto zjištění umožňuje objektivní posouzení výsledku zkoušky.

V kalibračním listu se uvede: naměřené hodnoty při zkoušce odpovídají třídě přesnosti měřidla stanovené výrobcem.

Naměřené hodnoty při zkoušce neodpovídají třídě přesnosti zkoušeného elektronického vlhkoměru, jestliže odchylky zjištěny při zkoušce plus nejistota jsou větší než třída přesnosti stanovená výrobcem.

Toto zjištění umožňuje objektivní posouzení výsledku zkoušky.

V kalibračním listu se uvede: naměřené hodnoty při zkoušce neodpovídají třídě přesnosti měřidla stanovené výrobcem.

Výrok o shodě by měl být uveden pouze tehdy, pokud je poměr nejistoty měření ke specifikované toleranci přiměřeně malý.

Pokud naměřená hodnota, rozšířená o nejistotu měření, přesahuje specifikovanou toleranci, zatímco naměřená hodnota sama leží v rámci tolerance, pak nelze prokázat ani shodu ani neshodu. V kalibračním listě pak mohou být uvedeny pouze výsledky měření a s nimi spjatá nejistota bez jakéhokoli prohlášení o shodě.

V kalibračním listu nelze v tomto případě uvést prohlášení o shodě.

Jestliže měřidlo nevyhovělo při vnější prohlídce a je vadné, potom na případné vyžádání zákazníka může laboratoř vystavit doklad o nezpůsobilosti měřidla pro další jeho použití s uvedením neodstranitelné závady (text: "měřidlo xy není způsobilé pro měření - uvedení závady").

Doklad je bez loga ČIA a odkazu na akreditaci.

Tyto případy se vyskytují z důvodu dokladovatelnosti stavu měřidla při nárokování nového rovnocenného měřidla nákupem dále v případě reklamačního řízení u nově pořízených měřidel.

3.7 Stanovení nejistot měření

Nejistota kalibrace je dána zejména jemným kolísáním naprogramovaného stavu v komoře, nepřesností odečtu měřidel.

Standardní kombinovaná nejistota u [8]:

$$u^2 = u_A^2 + u_B^2 \quad (8)$$

Standardní nejistota typu A u_A [8]:

$$u_A^2 = \frac{\sum_{j=1}^n (t_j - t_s)^2}{n \cdot (n-1)} \quad (9)$$

t_s - střední hodnota relativní vlhkosti [%]

t_j - odečtené hodnoty relativní vlhkosti [%]

n - počet měření

Standardní nejistota typu B u_B zahrnuje vlivy vyskytující se v průběhu měření [8]:

$$u_B^2 = u_{BE}^2 + u_{BMT}^2 + u_{BPM}^2 + (r/\sqrt{3})^2 \quad (10)$$

vliv etalonu [8]:

$$u_{BE} = \frac{u_{BOL}}{2} \quad (11)$$

(u_{BOL} - výsledná standardní rozšířená nejistota pro koeficient rozšíření $k = 2$

uvedená v ověřovacím listu etalonu)

vliv měřicí techniky: odečitelnost nejmenšího dílku etalonového vlhkoměru [8]:

$$u_{BMT} = \frac{1}{2} \cdot \frac{V_{MT}}{\sqrt{3}} \quad (12)$$

vliv parametrů zkoušeného měřidla: odečitelnost nejmenšího dílku [8]:

$$u_{BPM} = \frac{1}{2} \cdot \frac{V_{PM}}{\sqrt{3}} \quad (13)$$

ostatní vlivy zahrnuté v reprodukovatelnosti (r) [8]:

$$r^2 = r_1^2 + r_2^2 + r_3^2 + r_4^2 + r_5^2 \quad (14)$$

r1- vyjadřuje vliv změny teploty a vlhkosti vnitřního prostředí během kalibrace kalibrovaného měřidla.

r2- vyjadřuje vliv odlišné teploty a vlhkosti prostředí při kalibraci kalibrovaného měřidla a při kalibraci pracovního etalonu.

r3- vyjadřuje vliv nehomogenity vnitřního prostředí v horizontálním směru.

r4- vyjadřuje vliv nehomogenity vnitřního prostředí ve vertikálním směru.

r5- vyjadřuje vliv odlišného vlhkostního bodu při kalibraci kalibrovaného měřidla a při kalibraci pracovního etalonu.

Výsledná standardní rozšířená nejistota pro koeficient rozšíření $k = 2$, se uvede do záznamu o měření a kalibračního listu.

Do záznamu o měření se uvede stručný výpočet nejistoty.

3.8 Označování měřidel

Měřidlo, které vyhovuje kritériím stanoveným touto metodikou, se opatří kalibračním štítkem.

Měřidlo, které nesplňuje kritéria stanovená touto metodikou, se kalibračním štítkem neopatří.

PODMÍNKY PRO VYHODNOCENÍ ZKOUŠENÍ PRACOVNÍCH MĚŘIDEL				
číslo	podmínka	označení měřidla	vystavená dokumentace	prohlášení o shodě
1	Naměřená odchylka zkoušeného měřidla + nejistota je menší než třída přesnosti měřidla uváděná výrobcem	kalibrační štítek	kalibrační list	Měřidlo vyhovuje specifikované toleranci (uvede se do kalibračního listu)
2	Naměřená odchylka zkoušeného měřidla je menší než třída přesnosti a zároveň odchylka + nejistota měřidla je větší než třída přesnosti	měřidlo se neoznačí	kalibrační list	měřidlo nelze objektivně posoudit (do kalibračního listu se neuvádí)
3	Naměřená odchylka zkoušeného měřidla + nejistota je větší než třída přesnosti měřidla uvedená výrobcem	měřidlo se neoznačí	kalibrační list	Měřidlo nevyhovuje specifikované toleranci (uvede se do kalibračního listu)
4	nevyhovující technický stav – měřidlo nevyhovělo při vnější prohlídce	měřidlo se neoznačí	doklad o nezpůsobilosti použití měřidla pouze na vyžádání zákazníka	uvede se zjištěná neodstranitelná závada do dokladu
5	nevyhovující technický stav – měřidlo bylo vráceno zákazníkovi při převjímce	0	0	0

Tabulka 1 – Podmínky pro vyhodnocení zkoušení pracovních měřidel

3.9 Záznamy a kalibrační list

Během zkoušky měřidla pracovník LAB - MET s. r. o. AKL vede průběžně záznam o měření podle vzoru uvedeného v příloze. Záznam o měření a kalibrační list se vypracuje pro každé zkoušené měřidlo.

Vzor kalibračního listu je uveden v Příloze. Kalibrační list může obsahovat prohlášení o shodě.

3.10 Metodika kalibrace

Kalibrační zařízení:	Kapalinový termostat s chladícím agregátem
Typ:	DK22
I. Č.:	020/02
Výrobce:	MLW – LAB-MET s.r.o.
Součást:	Termostatická komora tepelně izolovaná, temperovaná výměníkem z DK22 nebo vlastním topným systémem regulovaným teplotním regulátorem Ht40A.
Rozměry:	V=600 mm, H=450 mm, Š=450 mm.

Použité měřicí zařízení:

Etalon:	Testo-Instrument typ 400 v. č. 01299188/611 s vysoce přesným čidlem vlhkosti/teploty typ 0636.9741 v. č. 20114182/611
----------------	---

Popis metodiky:

Měření vlhkosti bylo prováděno v pracovním prostoru termostatické komory. V pracovním prostoru byla navozena požadovaná vlhkost, prostor byl teplotně stabilizován na 20°C a po cca 120 minutách bylo prováděno měření vlhkosti dle schématu. Nejprve bylo provedeno měření v bodu A, následně se čidlo přesouvalo: A-B-A-C-A-D-A-E-A, A1-B1-A1-C1-A1-D1-A1-E1-A1, A2-B2-A2-C2-A2-D2-A2-E2-A2. V jednotlivých bodech se s údaji odečítaly během pětiminutových intervalů.

Naměřené hodnoty mezi body ABCDE, A1B1C1D1E1 a A2B2C2D2E2 udávají hodnotu pro horizontální rovinu.

Naměřené hodnoty mezi body A-A1-A2 udávají hodnotu pro vertikální rovinu.

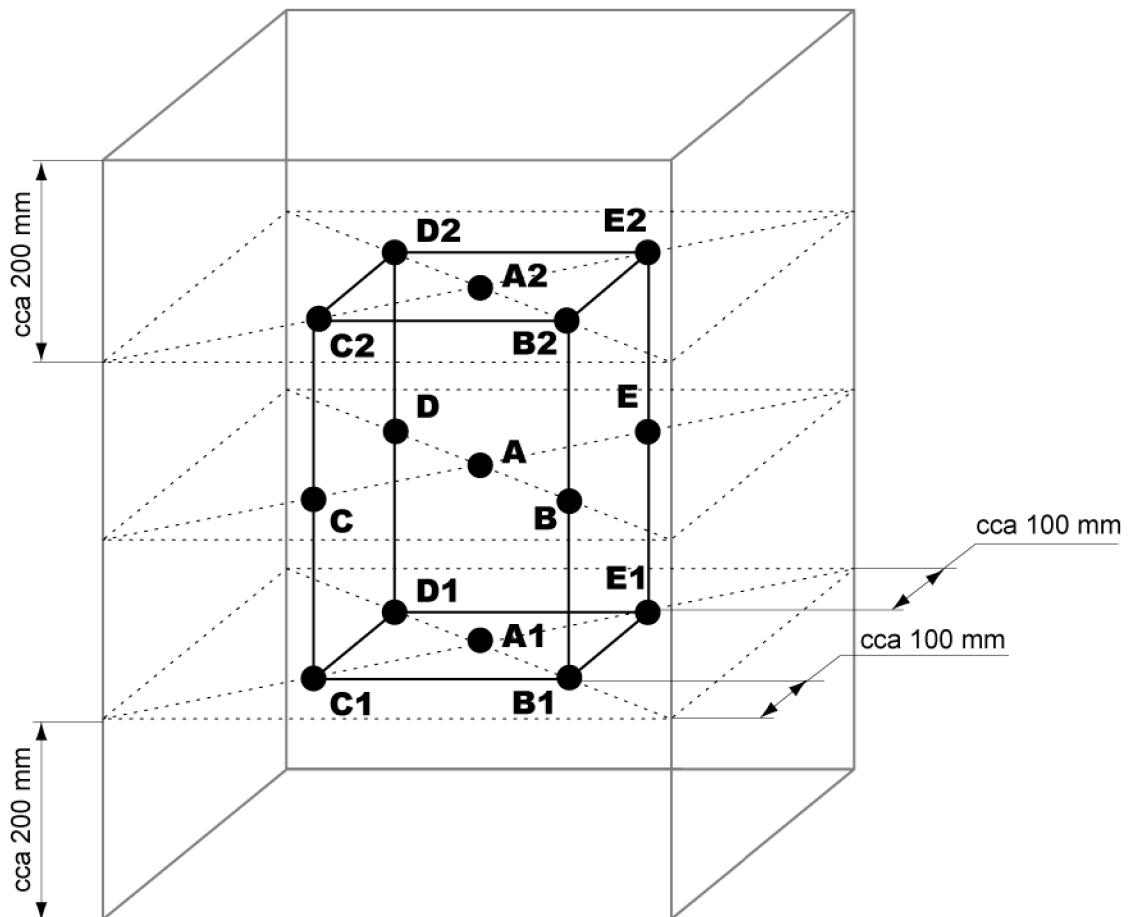
Naměřené hodnoty – výsledky měření pro vlhkost do 30% RV

Nastavení regulátoru Ht40A (na termostatické komoře) na teplotu max. 25°C s čidlem Ht40A umístěným na dně komory a s vypnutým ventilátorem. Stabilizace vlhkosti a teploty za cca 2 hodiny. Po těchto 2 hodinách je možno provádět měření během 30-50 minut (vlhkost a teplota stabilní).

Naměřené hodnoty – výsledky měření pro vlhkost nad 30% RV

Regulátor DK22 byl nastaven na hodnotu 12°C, aby stabilizovaná teplota pracovního prostoru termostatické komory byla 20°C. V pracovním prostoru byla vytvořena vlhkost pomocí rozprašovače na přibližně požadovanou hodnotu. Po 60 minutách byl vypnut ventilátor a pracovní prostor se stabilizoval dalších 60 minut. Po této době se provádělo měření během 30-50 minut (vlhkost a teplota stabilní).

Horizontální rozdíl vlhkosti měřeného pole (viz. schéma) je ve všech hodnotách $\leq 0,1\%$ RV
Vertikální rozdíl vlhkosti měřeného pole (viz. schéma) je ve všech hodnotách $\leq 0,1\%$ RV
Kolísání vlhkosti po dobu stabilizace $\leq 0,1\%$ RV



Obrázek 13 - Schéma měření

Naměřené hodnoty ukazují ve všech místech dostatečnou homogenitu prostředí pro kalibraci vlhkoměrů.

Na základě naměřených hodnot jsou odvozeny dva návody pro kalibraci vlhkoměrů pro relativní vlhkost do 30% a pro relativní vlhkost nad 30%.

3.11 Návod na měření vlhkosti při kalibraci

Měření vlhkosti do 30% RV

1. Umístění etalonu a měřidel (zachovat proměřený stabilní prostor) v komoře
2. Nastavení regulátoru Ht40A termostatu komory na max. 25°C
3. Čidlo regulátoru Ht40A v komoře umístit na dně komory
4. Stabilizování hodnot cca 2 hodiny
5. Možnost odečítání po stabilizaci komory cca 30-50 minut

Měření vlhkosti nad 30% RV

1. Umístění etalonu a měřidel (zachovat proměřený stabilní prostor) v komoře
2. Nastavení regulátoru DK22 na 12°C, zapnout oběh chladicí kapaliny přes komoru, čidlo Ht40A pro sledování vnitřní teploty komory umístit k etalonu a na regulátoru Ht40A nastavit 0°C (aby nespouštělo topný systém komory)
3. Zapnout ventilátor na cca 60 minut, rozprašovačem odborným odhadem vytvořit v komoře požadovanou vlhkost
4. Po 60 minutách vypnout ventilátor a nechat stabilizovat dalších 60 minut
5. Možnost odečítání po stabilizaci komory cca 30-50 minut

Po ukončení měření nejdříve zavřít průtokový ventil chladicí kapaliny do komory, vypnout celé zařízení z elektrického přívodu.

Během práce používat bezpodmínečně odsávání instalované v laboratoři, dodržovat pracovní bezpečnostní předpisy.

4 Systém online zpracování a správy výsledků kalibrace

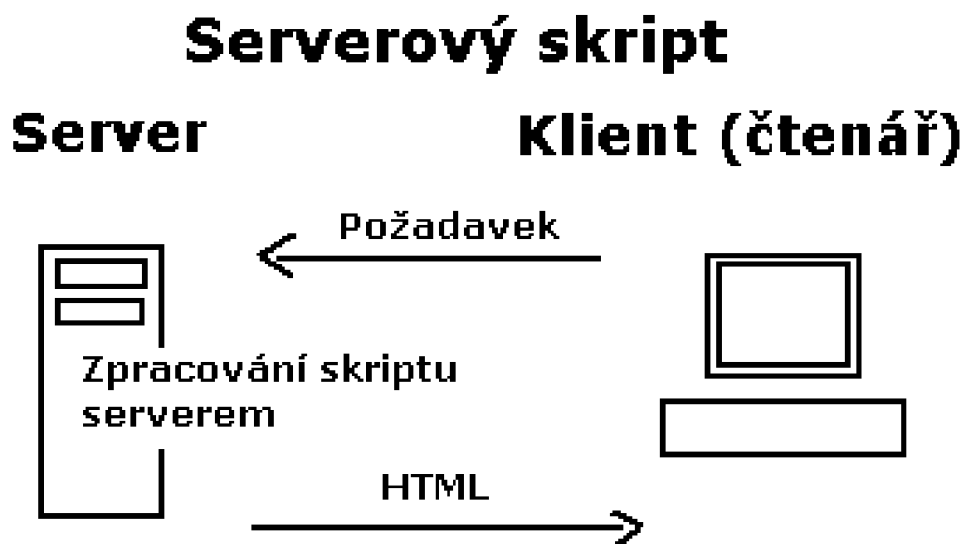
Vytvořil jsem online systém zpracování a správy výsledků kalibrace pro fiktivní firmu s názvem H2O. Tento systém umožňuje vkládat, prohlížet, upravovat a mazat informace o jednotlivých zakázkách, zákaznících, dodavatelích a zaměstnancích.

Systém pracuje za použití technologií PHP a MySQL.[11]

PHP původně znamenala Personal Home Page. Nyní tato zkratka znamená Hypertext Preprocessor.

PHP je programovací jazyk vsuvek, které se dají vkládat do obyčejných HTML souborů. Vzniknul v roce 1996. Jazyk PHP pracuje na straně serveru. Umožňuje ukládat a měnit data webových stránek.

PHP skript se nejprve provede na serveru a potom odešle prohlížeči pouze výsledek.



Obrázek 14 – Princip PHP [11]

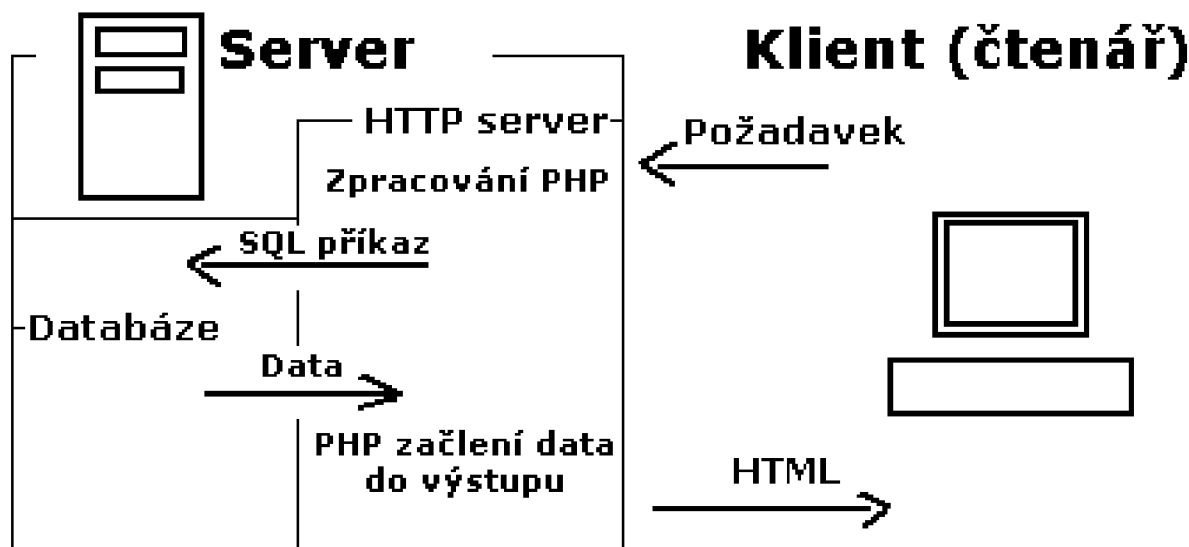
Velkou výhodou PHP je, že umožňuje propojení s databází. Databáze musí běžet na serveru. Je to program, který umí ukládat informace do tabulek, rychle je třídit, filtrovat a poskytovat jiným programům.

K databázi se přistupujeme pomocí jazyka SQL. Je to jazyk relativně jednoduchý a standardní. Příkazy SQL se píšou jako parametry určitých PHP funkcí.

Databází existuje hodně druhů, například MS Acces, PostgreSQL. Pro můj systém jsem použil databázi MySQL, protože je relativně rychlá, multiplatformní a je k dispozici i zdarma.

Databázový systém MySQL je vytvořen švédskou firmou MySQL AB. Hlavními autory jsou Michael Widenius a David Axmark. Verze zdarma je šířena pod všeobecná veřejnou licencí GNU a kromě ní existuje i novější placená komerční verze.

MySQL je optimalizován pro rychlost, a to i za cenu některých zjednodušení, pro náš účel však plně dostačuje.



Obrázek 15 – Propojení PHP s databází [11]

Systém je nahráný zde <http://h2o.vyborne.info/>. Webhosting poskytuje ProFiTux.cz.

Systém byl úspěšně testován v prohlížečích Opera 9.25, Internet Explorer 7 a Firefox 2.0.0.11.

Na serveru nyní běží Apache HTTP Server 2.2.4, což je softwarový webový server s otevřeným kódem. V současnosti běží na velké většině serverů.

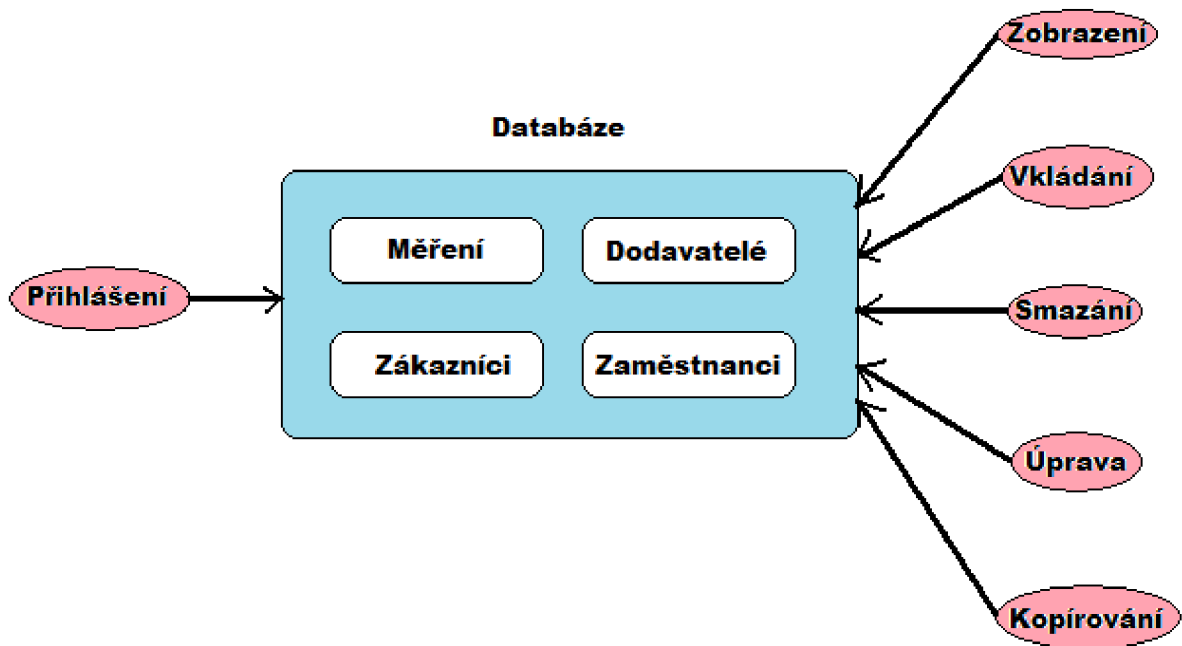
Na serveru je dále nyní PHP ve verzi 5.2.3 a MySQL 5.0.45. Základní správu MySQL databáze jsem prováděl pomocí phpMyAdmin 2.10.3deb1, což je nástroj napsaný v jazyce PHP a správu umožňuje prostřednictvím webového rozhraní.

4.1 Popis systému

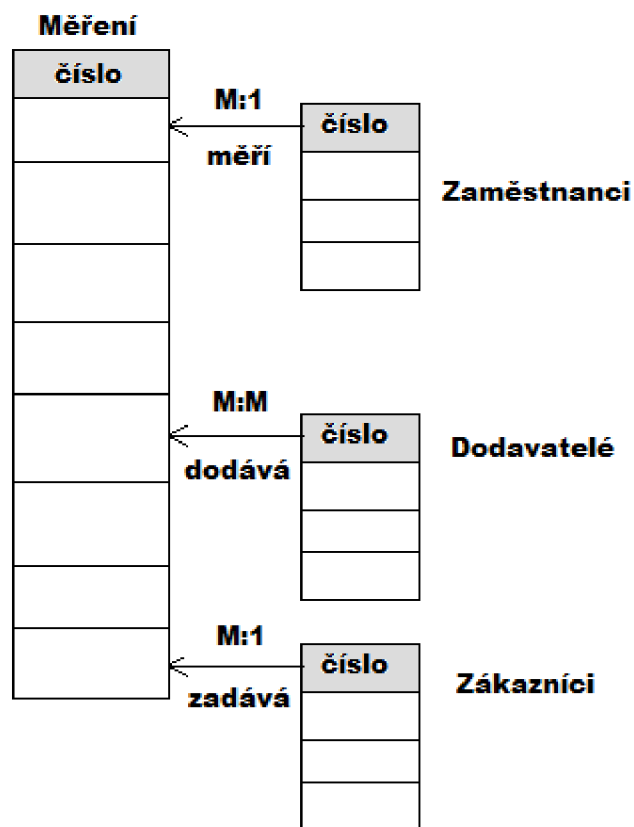
Databáze má poměrně jednoduchou strukturu.

Obsahuje 4 tabulky a to dodavatelé, měření, zákazníci a zaměstnanci. Tyto tabulky obsahují základní informace, jako čísla zakázek, jména, adresy, důležité data, kontaktní údaje, poznámky a podobně (8-13 položek). Do tabulky zaměstnanci je možné vložit i obrázek v souboru (fotku zaměstnance), který se nahraje na server. Pro generování náhledů fotek je použit PHP Thumbnailer Class:

<http://www.gen-x-design.com/projects/php-thumbnailer-class>



Obrázek 16 – Schéma systému



Obrázek 17 – Schéma tabulek

V každé tabulce je primární klíč položka číslo, která určuje pořadí přidání záznamu do tabulky měření, zaměstnanců, dodavatelů nebo zákazníků. Tato položka se pro každý nový záznam automaticky inkrementuje.

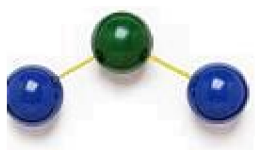
Pro příklad uvádím popis tabulky zaměstnanci:

Sloupec	Typ
Číslo	int(11)
Příjmení	varchar(20)
Jméno	varchar(10)
Titul	varchar(30)
datum narození	datetime
datum nástupu	datetime
Adresa	varchar(60)
Město	varchar(15)
PSČ	varchar(10)
Telefon	varchar(24)
Email	varchar(30)
Fotka	longblob
Poznámka	longtext

Tabulka 2 – Obsah tabulky zaměstnanci

System vyžaduje jméno a heslo pro ochranu před zásahem neoprávněných osob.

Jméno i heslo je nastaveno na: h2o



H2O

Jméno

Heslo

Obrázek 18 - Přihlášení do systému

Po přihlášení do systému se nám zobrazí naposledy otevřená tabulka, levé menu a horní menu. Pomocí levého menu můžeme přepínat mezi tabulkami s informacemi o měření, dodavatelích, zákaznících a zaměstnancích. Pomocí tohoto menu se můžeme odhlásit ze systému. Systém dále umožňuje pomocí horního menu optimalizovat informace pro tisk (zobrazí se jen tabulka). Dále je možný export do Wordu a Excelu (do souboru *.doc a *.xls).

Tabulka měření [Uprav pro tisk](#) [Exportovat do Excelu](#) [Exportovat do Wordu](#)

[Měření](#) [Ukaž vše](#) [Vyhledávání](#)

[Dodavatelé](#)

[Zákazníci](#) [Přidej](#) [Smaž vybrané záznamy](#)

[Zaměstnanci](#)

[Odhlásit](#)

číslo zakázky	jméno zákazníka	telefon	výrobní číslo vřhkoměru	datum převzeti zakázky	datum odevzdání zakázky	poznámka	výsledek měření				
1	Pavel Malina	608466182	12134597	04/27/2007	05/01/2007	velmi spěchá, důležitý zákazník	Měřidlo vyhovuje	Ukaž	Uprav	Kopiruj	<input type="checkbox"/>
2	Filip Nohavica	777464182	623213597	03/27/2007	05/06/2007		Měřidlo vyhovuje	Ukaž	Uprav	Kopiruj	<input type="checkbox"/>
3	Martina Majkusová	605842221	32134597	05/15/2006	01/18/2008	ZD Vitová		Ukaž	Uprav	Kopiruj	<input type="checkbox"/>

Obrázek 19 – Náhled na systém

Již existující záznam můžeme zobrazit, upravit, kopírovat a smazat. Kopírování v podstatě představuje vkládání nového záznamu, přičemž do formuláře se nám nahrají údaje z kopírovaného záznamu.

Mazat můžeme více záznamů na jednou (i všechny). Po vybrání záznamů k mazání se nám vybrané záznamy zobrazí a systém vyzve k potvrzení akce.

[Zpět](#)

číslo	příjmení	jméno	titul	název firmy	adresa	město	PSČ	telefon	fax	email	poznámka
1	Libor	Richter	Bc.		Lesní	Lukov	76001	608456789			
2	Milan	Richter	Ing.	Automoto	Lesní	Lukov	76001	608445894		milan@seznam.cz	
3	Válková	Radka	ing.	Hervis				777938998			

Obrázek 20 – Mazání tří záznamů

Pokud při náhledu tabulky zvolíme “přidej” můžeme vkládat nové údaje, přičemž povinné údaje jsou zvýrazněny hvězdičkou.



Při vkládání fotky zvolíme obrázkový soubor z počítače a ten se poté nahraje na server.

Při vkládání datumů můžeme použít popup kalendář, jak můžeme vidět na obrázku 21.

Použil jsem JSCalendar: <http://www.dynarch.com/projects/calendar/>

Přidat do Tabulka zaměstnanci

[Zpět](#)

příjmení *	<input type="text"/>
jméno *	<input type="text"/>
titul	<input type="text"/>
datum narození	<input type="text"/> 
datum nástupu	<input type="text"/> 
adresa	<input type="text"/>
město	<input type="text"/>
PSČ	<input type="text"/>
telefon *	<input type="text"/>
email	<input type="text"/>
fotka	<input type="text"/> <input type="button" value="Vybrat..."/>
poznámka	<input type="text"/>

January, 2008							×
Today							»
wk	Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
52			1	2	3	4	5
1	6	7	8	9	10	11	12
2	13	14	15	16	17	18	19
3	20	21	22	23	24	25	26
4	27	28	29	30	31		
Wed, Jan 9							

Obrázek 21 – Vkládání nového záznamu

Pokud zvolíme ukázat kteréhokoliv záznam, zobrazí se všechny dostupné informace z databáze. Tedy včetně těch, které se nezobrazují v celkovém náhledu tabulky.

Tabulka zaměstnanci

[Zpět na seznam](#) [Přidej](#) [Uprav](#) [Kopíruj](#) [Smaž](#)

číslo	2
příjmení	Pavel
jméno	Malina
titul	
datum narození	06/17/1983
datum nástupu	01/01/2008
adresa	Vitová 3
město	Fryšták
PSC	76316
telefon	608466182
email	p.malina@seznam.cz
fotka	
poznámka	vedoucí

Obrázek 22 – Zobrazení záznamu



Jako poslední funkci systém umožňuje prohledávání existujících záznamů.

Můžeme tedy vyhledávat například podle jména zákazníka, nebo podle výsledku měření.

Poté se nám zobrazí všechny záznamy, které odpovídají zadání vyhledávání. Můžeme tak rychle zobrazit například pouze úspěšná měření.

Hledej v Tabulka zaměstnanci

[Zpět na seznam](#)

číslo	=	<input type="text"/>
příjmení	obsahuje	<input type="text"/>
jméno	obsahuje	<input type="text"/>
titul	obsahuje	<input type="text"/>
datum narození	=	<input type="text"/> 
datum nástupu	=	<input type="text"/> 
adresa	obsahuje	<input type="text"/>
město	obsahuje	<input type="text"/>
PSC	obsahuje	<input type="text"/>
telefon	obsahuje	<input type="text"/>
email	obsahuje	<input type="text"/>
poznámka	obsahuje	<input type="text"/>

Obrázek 23 – Vyhledávání zaměstnance

4.2 Vylepšení systému

Vylepšení systému by záleželo na požadavcích konkrétní firmy.

Bylo by například možné každému zaměstnanci přidělit jméno, heslo a přidělit různá práva na zobrazování, vkládání, editaci a mazání záznamů.

Také by šlo celý systém včlenit do celého portálu firmy, který by obsahoval firemní webové stránky, e-shop, fórum podpory zákazníků a firemní email.

5 Závěr

Na první pohled se kalibrování vlhkoměrů může jevit jako snadný úkol.

Ve skutečnosti je to komplikovaný a časově náročný proces naplněný potenciálními problémy. Kalibrování vlhkoměrů je víc než prostá koupě systémů a postup dle obecně uznávaných procedur. Existuje mnoho nečekaných spletností, potenciálních systémů, vlastností produktů a techniky. To všechno je nutné brát v úvahu.

Kalibrování vlhkoměrů určitě není banální, ani intuitivně pochopitelný úkol. Pokud se snažíme vypracovat metodiku od nuly, je metoda pokus-omyl jediná možná.

Jestli je přesné měření relativní vlhkosti důležité, správné vybavení a validované procesy jsou podstatné pro dosažení relevantních, konzistentních a i za delší čas opakovatelných výsledků.

Navzdory významu přesného měření relativní vlhkosti, nejsou si všichni vědomi klíčové úlohy kalibrace a ještě méně si jsou vědomi klíčových faktorů v úspěšném kalibrování.

Je důležité plně rozumět metodě kalibrace, aby se mohlo zabránit nepříjemným překvapením.

V této práci, jsem se snažil, co nejlépe popsat celou problematiku kalibrování vlhkoměrů a na základě teoretických znalostí a praktických zkušeností jsem vytvořil obecný postup, jak vytvořit plně funkční metodiku podle požadavků a možností konkrétní firmy.

Dále jsem vytvořil online systém zpracování a správy výsledků kalibrace. Tento systém umožňuje vkládat, prohlížet, upravovat a mazat informace o jednotlivých zakázkách, zákaznících, dodavatelích a zaměstnancích. Je také možné prohledávat a filtrovat již existující záznamy podle jednotlivých položek tabulky.

Tento systém je možné přizpůsobit praktickým požadavkům konkrétní firmy a případně jej celý včlenit do již existujících webových stránek dané firmy.

Literatura

- [1] Běťák, J.: Měření vlhkosti vzduchu, ČMS Praha
- [2] Provazník, M.: Kalibrace Vlhkoměrů v ČHMÚ, Český hydrometeorologický ústav Praha
- [3] Schellenberg, R.: The Trouble With Humidity: The Hidden Challenge of RH Calibration
- [4] Schellenberg, R.: How Hard Could That Be? Practical Humidity Calibration Experiences
- [5] Semerák: Metrologie vlhkosti plynů a pevných látek, Český Metrologický Institut
- [6] Institute of Measurement and Control: Guide to the Measurement of Humidity, London
- [7] Fexa, J. a Široký, K.: Měření vlhkosti
- [8] Sedláček, M.: Teorie nejistoty měření
- [9] Wikipedie: <http://cs.wikipedia.org/>, otevřená encyklopedie
- [10] Zendulka, J.: Databázové systémy
- [11] Kofler M.: PHP 5 a MySQL 5 Průvodce webového programátora
- [12] Český Metrologický Institut: Metrologie v kostce
- [13] The Istituto e Museo di Storia della Scienza: <http://www.imss.fi.it/index.html>
- [14] Sensirion: Data Sheet for SHT1x / SHT7x Humidity & Temperature Sensor

Seznam příloh

Příloha č. 1 - Záznam o měření firmy LAB-MET

Příloha č. 2 - Kalibrační list firmy LAB-MET

Příloha č. 3 - CD/DVD (obsahuje tento dokument ve formátu pdf a zdrojové texty aplikace)

ZÁZNAM O MĚŘENÍ - VLHKOST

číslo: _____

LAB - MET s.r.o.

LAB - MET s.r.o AKL

Stěpánkova 8,644 00 Brno

tel./fax.: 541238137

Akreditovaná kalibrační laboratoř číslo: 2281

<http://www.labmet.cz>

e-mail: labmet@labmet.cz

Zákazník:

Měřidlo:

Typ:

Výrobce:

Výrobní číslo:

Identifikační číslo:

Rozsah:

Dělení:

Odečitelnost:

Specifikovaná tolerance:

Výsledek kontroly stavu a kompletnosti měřidla:

Výsledek vnější prohlídky měřidla:

Požadavek zákazníka:

Etalon:

Typ:

Výrobní číslo:

Platnost návaznosti etalonu do:

Použitá metodika:

Teplota okolí:

Relativní vlhkost:

Kalibrační zařízení:

Naměřené hodnoty:

Hodnoty etalonu (nast. hodnota + ev.č. etalonu):

Měření č.: 1

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	Výsledná nejistota:	_____
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	---------------------	-------

Naměřené hodnoty elektronického vlhkoměru:

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

Nejistota etalonu:

Hodnota korekce:

Průměrná vlhkost etalonu(%RH):

Průměrná vlhkost měřidla (%RH):

Průměrná chyba celkem (%RH):

r1:

r2:

r3:

r4:

r5:

Hodnoty etalonu (nast. hodnota + ev.č. etalonu):

Měření č.: 2

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	Výsledná nejistota:	_____
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	---------------------	-------

Naměřené hodnoty elektronického vlhkoměru:

_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

Nejistota etalonu:

Hodnota korekce:

Průměrná vlhkost etalonu(%RH):

Průměrná vlhkost měřidla (%RH):

Průměrná chyba celkem (%RH):

r1:

r2:

r3:

r4:

r5:

Naměřené hodnoty:

Hodnoty etalonu (nast. hodnota + ev.č. etalonu):

Měření č.: 3

								Výsledná nejistota:	
--	--	--	--	--	--	--	--	---------------------	--

Naměřené hodnoty elektronického vlhkoměru:

Nejistota etalonu:

Hodnota korekce:

Průměrná vlhkost etalonu(%RH): _____

r1: _____

Průměrná vlhkost měřidla (%RH): _____

r2: _____

Průměrná chyba celkem (%RH): _____

r3: _____

r4: _____

r5: _____

Hodnoty etalonu (nast. hodnota + ev.č. etalonu):

Měření č.: 4

								Výsledná nejistota:	
--	--	--	--	--	--	--	--	---------------------	--

Naměřené hodnoty skleněného/elektronického teploměru:

Nejistota etalonu:

Hodnota korekce:

Průměrná vlhkost měřidla (%RH): _____

r1: _____

Průměrná vlhkost měřidla (%RH): _____

r2: _____

Průměrná chyba celkem (%RH): _____

r3: _____

r4: _____

r5: _____

Hodnoty etalonu (nast. hodnota + ev.č. etalonu):

Měření č.: 5

								Výsledná nejistota:	
--	--	--	--	--	--	--	--	---------------------	--

Naměřené hodnoty skleněného/elektronického teploměru:

Nejistota etalonu:

Hodnota korekce:

Průměrná vlhkost měřidla (%RH): _____

r1: _____

Průměrná vlhkost měřidla (%RH): _____

r2: _____

Průměrná chyba celkem (%RH): _____

r3: _____

r4: _____

r5: _____

Měřidlo vyhovuje - nevyhovuje zkoušce stálosti.

Vyhodnocení a označení měřidla:

- naměřené hodnoty odpovídají specifikované toleranci (označení štítkem)
- měřidlo nelze objektivně posoudit
- naměřené hodnoty neodpovídají specifikované toleranci

Měření provedeno dne: _____

Měření provedl: _____

Kontrola přenosu do kalibračního listu č.: _____

Datum: _____

Podpis: _____

KALIBRAČNÍ LIST

LAB - MET s.r.o.

LAB - MET s.r.o.AKL

Štěpánkova 8, 644 00 Brno

tel./fax.: 541238137

Akreditovaná kalibrační laboratoř číslo: 2281

Akreditovaná ČIA

Zákazník:

Měřidlo:

Typ: _____

Výrobce: _____

Výrobní číslo: _____

Identifikační číslo: _____

Rozsah vřkoměru: _____

Rozsah měření: _____

Dělení: _____

Specifikovaná tolerance: _____

Podmínky zkoušky:

Měřidlo bylo kalibrováno dle metodiky č.: _____

V prostředí: _____

Teplota okolí při zkoušce: _____

Relativní vlhkost: _____

Použité etalony:

Evidenční číslo: _____

Platnost návaznosti etalonu do: _____

Použité etalony jsou navázány na etalony Českého metrologického institutu.

Výsledek zkoušky:

Naměřené hodnoty v průběhu zkoušky byly zpracovány do tabulky:

Etalon (%)	Naměřené hodnoty (%)	U _{k=2} (°C)

Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření $k = 2$, což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí asi 95%. Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EAL R2 respektive EA 4/02.

KALIBRAČNÍ LIST

číslo: _____

Výsledky se týkají pouze uvedeného zkoušeného měřidla, měřicího zařízení a vztahují se k místu provedeného měření.

Naměřené hodnoty.....specifikované toleranci.

Měřidlo bylo opatřeno kalibračním štítkem s datem provedené kalibrace.

Měřidlo vyhovuje zkoušce stálosti.

Datum provedení kalibrace:

Jméno pracovníka:

Datum vystavení kalibračního listu:

razítko LAB-MET s.r.o. AKL

osoba odpovědná za obsah KL

Kalibrační list nesmí být bez písemného schválení laboratoře rozmnožován jinak než celý.
Výsledky se vztahují pouze ke kalibrovaným položkám.