

Fakulta elektrotechnická
Katedra materiálů a technologií

DIPLOMOVÁ PRÁCE

System pro stanovení parametrů testů pájitelnosti a jejich
vyhodnocování

Autor práce: **Bc. Matyáš Strejc**
Vedoucí práce: **doc. Ing. František Steiner, Ph.D.**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Matyáš STREJC**
Osobní číslo: **E19N0052P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Téma práce: **Systém pro stanovení parametrů testů pájitelnosti a jejich vyhodnocování**
Zadávající katedra: **Katedra materiálů a technologií**

Zásady pro vypracování

1. Seznamte se s problematikou testování pájitelnosti a standardy pro hodnocení pájitelnosti.
2. Zpracujte přehled vyhodnocovaných parametrů dle jednotlivých standardů a typů testovaných vzorků.
3. Navrhněte systém pro stanovení parametrů testů pájitelnosti a jejich vyhodnocení po testu.
4. Navržené řešení realizujte.

Rozsah diplomové práce: **40 – 60**
Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucího**
Forma zpracování diplomové práce: **elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. Solderability Test System for Surface Mount and Conventional Components – USER MANUAL
2. Klein Wassink, R. J. Soldering in Electronics
3. Technické normy
4. Internet

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. František Steiner, Ph.D.**
Katedra materiálů a technologií

Datum zadání diplomové práce: **8. října 2021**
Termín odevzdání diplomové práce: **26. května 2022**



L.S.

Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.
děkan

Doc. Ing. Aleš Hamáček, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 8. října 2021

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce popisuje systém pro stanovení parametrů testů pájitelnosti a jejich vyhodnocování. Pájitelnost je soubor vlastností, které zkoumají způsobilost materiálu být smáčen pájkou pro průmyslové pájení. Zkoumají se tři hlavní parametry a těmi jsou smáčivost, tepelná odolnost při pájení a teplotní požadavek. Tyto parametry je možné zkoumat několika metodami a ty nejběžněji používané jsou podrobně popsány v této práci. V další části je proveden rozbor technických norem, které určují podmínky a popisují metodické postupy testování pájitelnosti. Následně z těchto norem je zpracována databáze v SharePoint Listu obsahující všechny parametry pájitelnosti. Databáze je propojena s platformou Microsoft Power Apps, ve které je zpracovaná uživatelská aplikace pro stanovení parametrů testů pájitelnosti dle norem.

Klíčová slova

pájitelnost, smáčivost, kontaktní úhel, metoda smáčecích vah, zkoušky pájitelnosti, technické normy, Power Apps, SharePoint List, Microsoft 365

Abstract

This master's thesis describes a system for determining the parameters of solderability tests and their evaluation. Solderability is complex of properties that examines the properties of a material to be wetted by solder for industrial soldering. Three main parameters are wettability, heat resistance during soldering and temperature requirement which are investigated. The parameters can be examined by several test methods and the most commonly used are detailly described in this thesis. In the next chapter is realized the analysis of technical standards, which determines the conditions and methodical procedures for solderability tests. In the next part is created a database in the SharePoint List, where all parameters from standards are processed. The database is connected to the Microsoft Power Apps platform, in which a user application for determining the parameters of solderability tests according to standards developed.

Key Words

solderability, wettability, wetting, contact angle, wetting balance test, solderability test, technical standards, Power Apps, SharePoint List, Microsoft 365

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Františku Steinerovi, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Tato práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ZČU č. SGS-2021-003 „Materiály, technologie a diagnostika v elektrotechnice

Obsah

ÚVOD	1
1 PÁJITELNOST.....	2
1.1 SMÁČIVOST	2
1.1.1 Statické vyhodnocení – kontaktní úhel	3
1.1.2 Dynamické vyhodnocení	4
1.1.3 Vizuelní vyhodnocení	7
1.2 TEPelná ODOLNOST PŘI PÁJENÍ.....	7
1.3 TEPLoTNÍ POŽADAVEK	7
2 ZPŮSOBY TESTOVÁNÍ PÁJITELNOSTI.....	8
2.1 METODA SMÁČECÍCH VAH.....	8
<i>Ponoření do pájecí lázně.....</i>	<i>8</i>
<i>Ponoření do kuličky pájky</i>	<i>9</i>
2.2 KULIČKOVÝ TEST	10
2.3 TEST ROZTÉKAVOSTI	11
2.4 PONOŘOVACÍ TEST.....	12
2.5 OTOČNĚ PONOŘOVACÍ TEST.....	13
3 TECHNICKÉ NORMY.....	14
3.1 SOUBOR MEZINÁRODNÍCH NOREM IEC 60068	14
3.1.1 IEC 60068-2-20 ed. 2 – Zkušební metody T_a a T_b na smáčivost a na odolnost proti teple při pájení pro součástky s vývody.....	14
<i>Test T_a – smáčivost vývodů součástky.....</i>	<i>15</i>
<i>Test T_b – odolnosti vůči pájecímu teple</i>	<i>15</i>
3.1.2 IEC 60068-2-58 ed. 3 – Zkouška T_d pro povrchově montované součástky SMD, test smáčivost a odolnosti proti teple při pájení	16
<i>Možnosti použití tavidel.....</i>	<i>17</i>
<i>Popis testu smáčivosti pro pájení v pájecí lázni.....</i>	<i>17</i>
<i>Popis testu smáčivosti pro pájení přetavením</i>	<i>17</i>
3.1.3 IEC 60068-2-69 ed. 3 – Zkouška T_e a T_c : Zkoušení smáčivosti elektronických součástek a desek plošných spojů metodou smáčecích vah.....	19
<i>Tavidla</i>	<i>19</i>
<i>Procedura ponoření součástek do pájecí lázně</i>	<i>20</i>
<i>Procedura ponoření SMD součástek do kuličky pájky</i>	<i>20</i>
<i>Procedura ponoření DPS do pájecí lázně</i>	<i>21</i>
<i>Vyhodnocení výsledků</i>	<i>21</i>
3.1.4 IEC 60068-2-83 – Zkouška T_f : Zkoušení pájitelnosti elektronických součástek pro povrchovou montáž (SMD) metodou smáčecích vah při použití pájecí pasty.....	21
<i>Metoda „quick heating method“</i>	<i>22</i>

<i>Metoda „synchronous“</i>	22
<i>Vyhodnocení</i>	23
3.2 SOUBOR MEZINÁRODNÍCH NOREM IPC	23
3.2.1 <i>J-STD-002d – Test smáčivosti vývodů součástek, kontaktů, terminálů, vodičů</i>	23
<i>Procedura</i>	23
<i>Vyhodnocení</i>	24
<i>Výpočet teoretické síly Fmax:</i>	25
3.2.2 <i>J-STD-003c - Test pájitelnosti desek plošných spojů</i>	25
<i>Procedura testu smáčivosti</i>	26
<i>Vyhodnocení pokovených otvorů PTH</i>	26
<i>Vyhodnocení smáčecí síly</i>	27
3.2.3 <i>IPC-TM-650 Test 2.4.14.2 – Metoda smáčecích vah</i>	29
4 PRAKTICKÁ ČÁST – NÁVRH A VYTVOŘENÍ APLIKACE	30
4.1 VOLBA SOFTWARE	30
4.2 LICENČNÍ PRÁVA A MOŽNOSTI	31
4.3 PŘEDSTAVENÍ POWER APPS PLATFORMY	33
4.3.1 <i>Aplikace pomocí plátna</i>	33
4.3.2 <i>Aplikace řízená modelem</i>	34
4.3.3 <i>Aplikace portálu</i>	35
4.4 DATABÁZE	36
4.5 POROVNÁNÍ MICROSOFT EXCEL A SHAREPOINT LIST	37
4.5.1 <i>Přednosti Excelu</i>	37
4.5.2 <i>Přednosti SharePoint Listu</i>	37
4.5.3 <i>Hlavní rozdíly</i>	38
4.6 ZPRACOVÁNÍ DATABÁZE V SHAREPOINT LISTU	38
4.7 FUNKCE APLIKACE	41
4.8 POSTUP VYPRACOVÁNÍ APLIKACE	45
4.9 SDÍLENÍ A PŘENOSITELNOST APLIKACE A DATABÁZE	50
ZÁVĚR	52
SEZNAM LITERATURY	54
PŘÍLOHA	59

Seznam symbolů a zkratk

Značka	Popisek	Jednotka
<i>F</i>	Smáčecí síla	[N]
<i>t</i>	Čas	[s]
<i>v</i>	Rychlost	[m/s]
<i>t</i>	Teplota	[°C]
<i>m</i>	Hmotnost	[kg]
<i>S</i>	Poměrná smáčivost	[%]
<i>D</i>	Průměr	[m]
<i>V</i>	Objem	[m ²]
<i>P</i>	Obvod ponořené části vzorku	[m]
<i>h</i>	Výška	[m]
<i>γ</i>	Konstanta povrchového napětí pájky	[N/m]
<i>ρ</i>	Hustota pájky	[kg/m]
<i>g</i>	Gravitační zrychlení	[m/s ²]
<i>ČSN</i>	Česka technická norma	
<i>IEC</i>	International Electrotechnical Commission – Mezinárodní elektrotechnická komise	
<i>IPC</i>	Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits – Mezinárodní průmyslová asociace	
<i>ENIG</i>	Electroless Nickel Immersion Gold – Povrchová úprava pozlacením	
<i>THT</i>	Through Hole Technology – Technologie osazování součástek do otvorů	
<i>SMD</i>	Surface Mount Devices – Součástky pro povrchovou montáž	
<i>DPS</i>	Deska plošného spoje	
<i>CDS</i>	Common Data Services – Druh datového skladu	
<i>SQL</i>	Structured Query Language – Strukturově dotazovací jazyk	
<i>ER</i>	Entity Relationship – Entitově relační diagram	
<i>B2B</i>	Business to Business – Obchodní vztah mezi společnostmi	

Úvod

Technologie, které se svým příchodem, umožnily průmyslu automatizované metody pájení, přinesly kromě několik výhod i komplikace. Pájení je rychlejší, přesnější než ruční pájení, ale zároveň se snížila pracovní teplota, a to přineslo komplikace. Pájené spoje daleko častěji mohou mít defekty, nesmáčené oblasti a součástky mohou být více namáhány. Proto je potřeba tyto defekty analyzovat za použití vhodných metod testování a vyhodnocování.

V první kapitole této diplomové práce je vysvětlen pojem pájitelnost. Tento pojem je definován třemi důležitými parametry pro stanovení kvality pájitelnosti a těmi jsou smáčivost, tepelná odolnost při pájení a teplotní požadavek. Jejich popis a kritéria vyhodnocení jsou vysvětleny v podkapitolách.

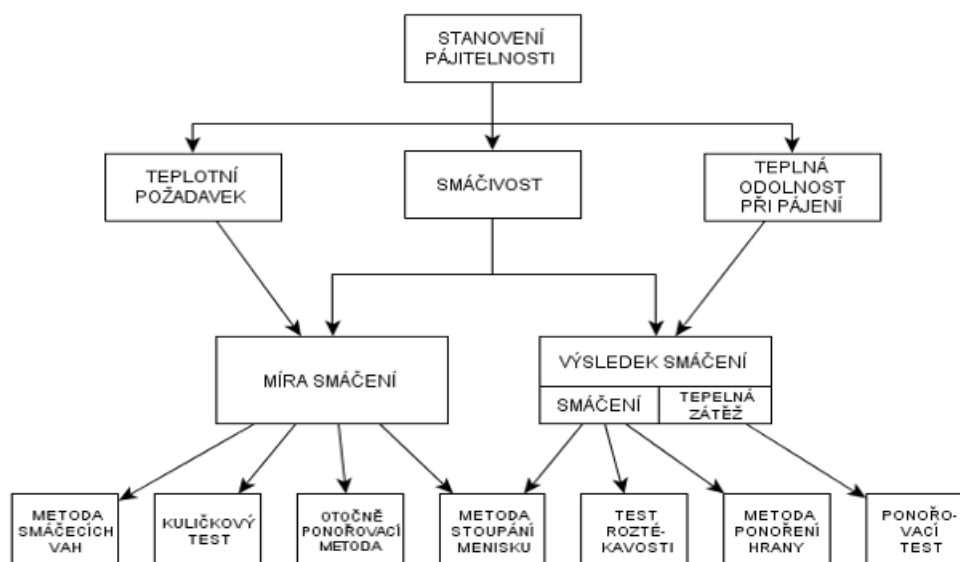
Pro stanovení pájitelnosti součástky či desky plošného spoje je potřeba změřit tyto parametry a následně je vyhodnotit. K získání parametrů pájitelnosti existuje několik metod, podle kterých tyto údaje získat. Ve druhé kapitole jsou tedy podrobně popsány nejběžněji používané metody v současné době pro testování pájitelnosti. Z těchto metod patří Metoda smáčecích vah k nejuniverzálnější a nejpřesnější z všech ostatních, díky měření smáčecí síly v čase.

V kapitole třetí jsou podrobně prostudovány specifikace technických norem zabývající se parametry pájitelnosti. Jsou popsány metodické postupy testování pájitelnosti a jejich vyhodnocování. Je vysvětleno v čem se normy od sebe odlišují a v čem se naopak shodují.

Praktická část diplomové práce začíná kapitolou čtvrtou, kde je popsán výběr softwaru pro zpracování databáze a vypracování aplikace. Vzhledem k dostupné školní licenci Microsoft 365 A3, byla zvolena pro databázi cloudová platforma SharePoint List a jako aplikace Microsoft Power Apps, ve které je zpracované uživatelské prostředí. Jsou přiblíženy licenční možnosti těchto platforem, jejich výhody a nevýhody. Následně jsou platformy podrobně popsány a vysvětleny. Ze všech získaných parametrů pájitelnosti v technických normách je vypracovaná databáze v SharePoint Listu, ke které lze přistupovat vzdáleně z několika zařízení najednou. Databáze je propojena s aplikací Power Apps, ve které je vytvořené uživatelské prostředí pro orientaci se v normách pro stanovení parametrů pájitelnosti a jejich vyhodnocení. V posledních kapitolách je do detailu přiblížen postup vypracování aplikace, jaké se během zpracování objevily překážky a jak byly vyřešeny

1 Pájitelnost

Pájitelnost v elektrotechnice definujeme jako schopnost spojení dvou kovů pomocí roztavené pájky. Dovoluje nám to propojit součástku s deskou plošných spojů a vytvořit tak elektricky vodivý spoj. Je to komplex vlastností, které zkoumají vhodnost použité metody pájení spolu s vlastnostmi materiálu jako je povrchová úprava, chemické složení pájecí slitiny a druh použitého tavidla [1]. Všechny tyto aspekty spolu korespondují v čase. Zároveň posouzení kvality pájitelnosti slouží výrobcům desek plošných spojů pro ověření kvality spojů, že jimi použité výrobní postupy jsou vhodné a skladovací praktiky materiálů nemají nežádoucí efekt na kvalitu [2]. Mezi nejdůležitější parametry testů pájitelnosti je smáčivost, tepelná odolnost při pájení a teplotní požadavek.



Obr. 1: Hierarchická struktura parametrů vyhodnocování a metod pájitelnosti. Převzato z [3].

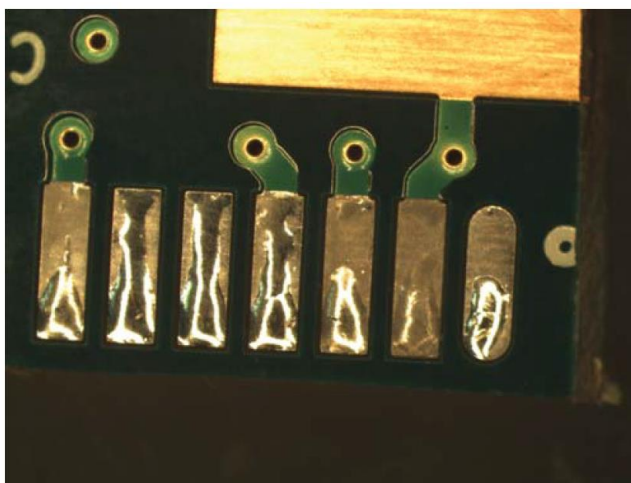
1.1 Smáčivost

Z fyzikální podstaty pohledu je smáčivost spojení materiálu v tuhém stavu tekutou pájkou, kdy atomy roztavené pájky působí na povrch smáčeného materiálu. Vzájemné působení atomů základního materiálu a tekuté pájky vytváří podmínky pro vznik adhezních a kohezních sil. Což jsou přitažlivé a odpuzivé síly mezi částicemi látek. Dochází tak k rozpouštění a difúzi atomů základního materiálu a pájecí slitiny. [4]

Smáčení povrchu ovlivňuje několik vlastností jako je povrchová úprava, viskozita, drsnost a významný vliv má také povrchové napětí. Na povrchu pájky působí vzájemné síly částic, které se snaží zaujmout tvar koule v nižších teplotách. S rostoucí teplotou toto povrchové napětí klesá a pájka tak má snahu přilnout k základnímu materiálu. Smáčivost tedy zkoumá schopnost tekuté pájky přilnout k povrchu základního materiálu při pracovní teplotě. [4], [5]

Smáčivost je definována třemi skupinami [1]:

- Nesmáčení – při této situaci pájka dostatečně nepokryje povrch základního materiálu. Příčinou mohou být nečistoty, velká vrstva oxidů anebo málo aktivní tavidlo.
- Smáčení – pájka v tomto případě pokrývá celý povrch. Čím více je povrch hladší a rovnoměrnější, tím je vytvořen kvalitnější základ pro spolehlivý spoj.
- Odsmásčení – je jev, kdy pájka ustoupí z již dříve smáčených oblastí. To nastává, když pracovní teplota klesá příliš dlouho (viz Obr. 2).



Obr. 2: Příklad ukázání odsmásčení v praxi. Převzato z [6]

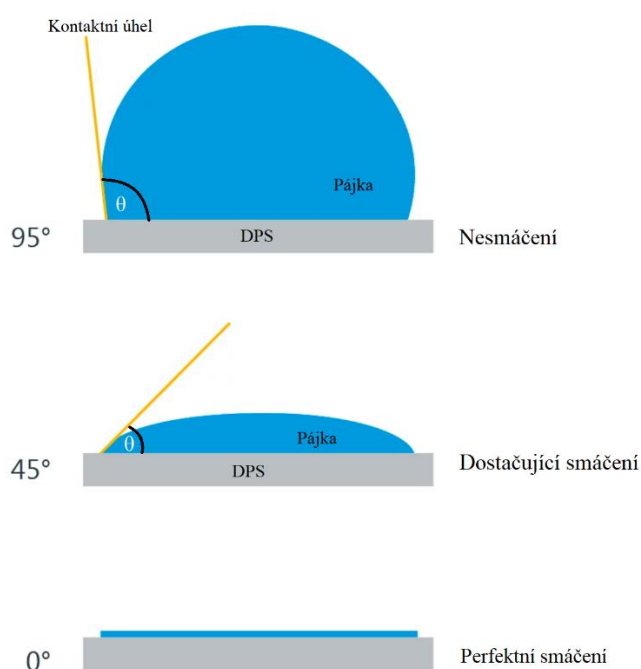
Smáčivost lze vyhodnocovat třemi způsoby, a to staticky podle kontaktního úhlu, dynamicky nebo vizuálně.

1.1.1 Statické vyhodnocení – kontaktní úhel

Statické vyhodnocování smáčivosti je kritérium, kdy se zkoumá míra smáčení velikostí stykového úhlu. Obecně úhel svírá dvě roviny – první rovinou je pevný povrch součástky nebo DPS, druhou rovinou je tečna k povrchu pájky viz Obr. 3. Mezi plochou vzorku a tečnou

přilnuté pájky se vytvoří malý kontaktní úhel. Podle velikosti tohoto kontaktního úhlu můžeme stanovit kvalitativní úhel smáčení povrchu roztavenou pájkou.

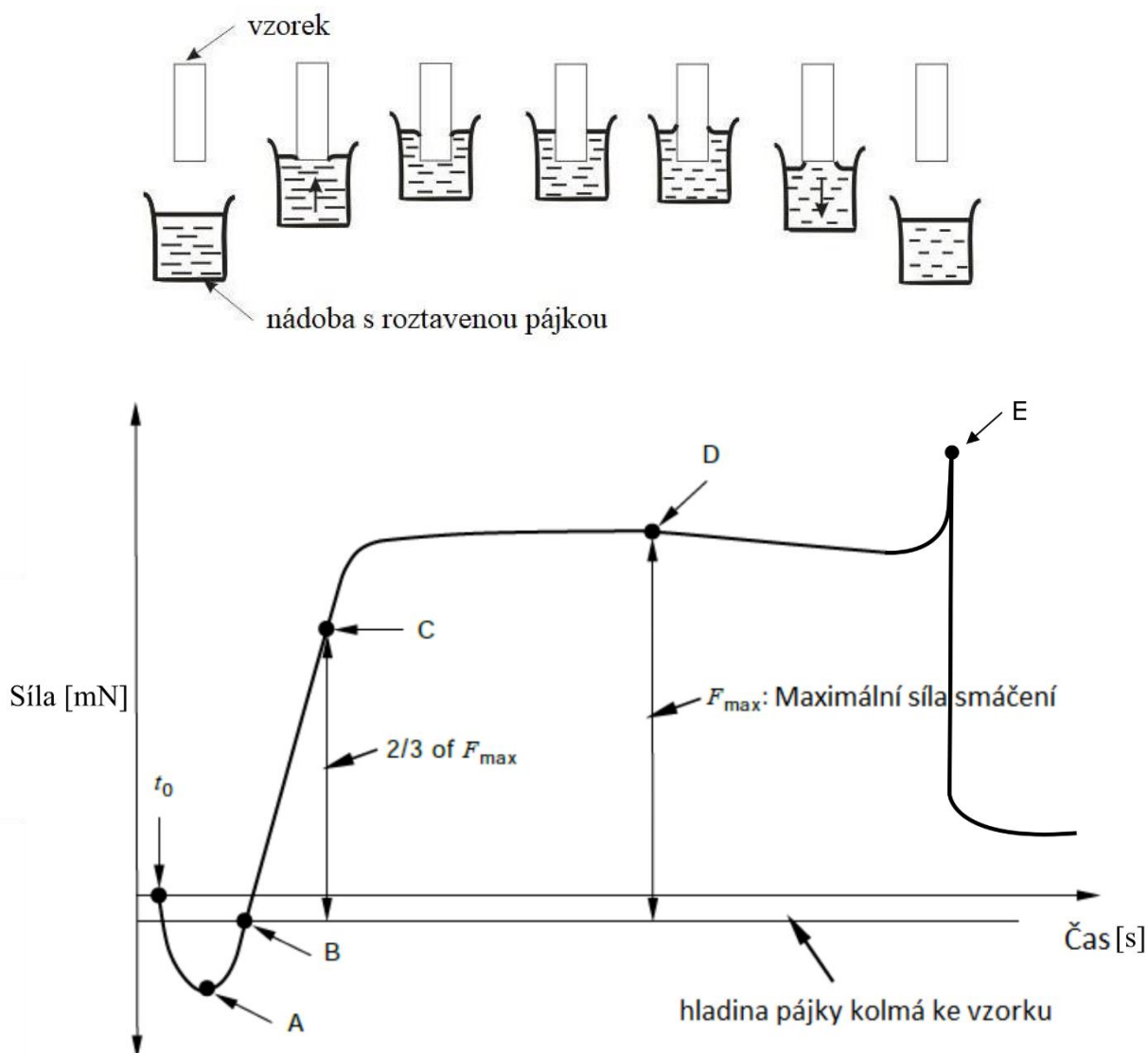
Je-li kontaktní úhel $0^\circ - 20^\circ$, bylo dosaženo perfektní úrovně smáčení. Při úhlu $20^\circ - 40^\circ$ bylo dosaženo velmi dobrého smáčení. A pokud bylo dosaženo úhlu $40^\circ - 55^\circ$, jedná se o dostatečné smáčení. Při dosažení kontaktního úhlu $55^\circ - 90^\circ$ nastalo velmi špatné úrovně smáčení. Nesmáčení nastává tehdy, kdy rozhraní kovu a pájky zůstane patrné, kontaktní úhel je v tomto případě $> 90^\circ$. Pájka v tomto případě má tvar kuličky. [7]



Obr. 3: Statické vyhodnocení smáčivosti pomocí kontaktního úhlu. Převzato z [8].

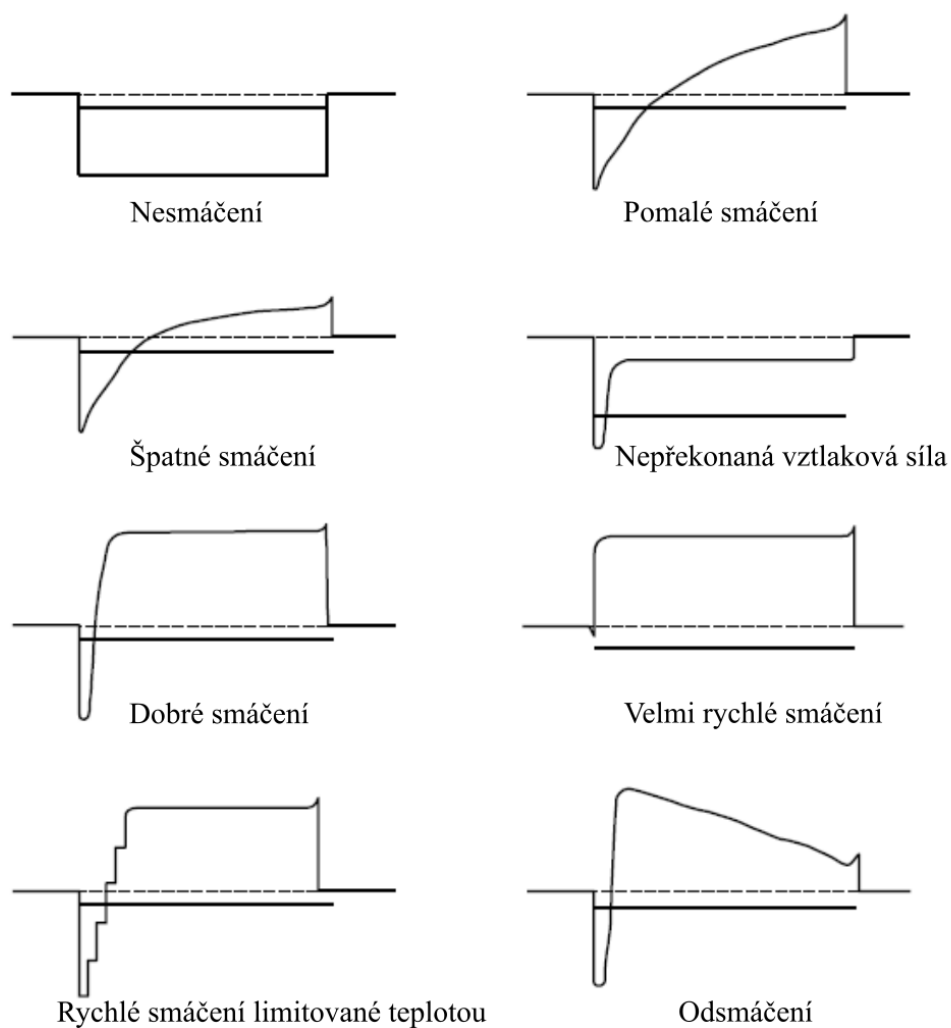
1.1.2 Dynamické vyhodnocení

Kromě statického vyhodnocení lze smáčivost také zkoumat dynamicky během samotného procesu smáčení. Dynamické vyhodnocení je závislost smáčecí síly v čase, jak zobrazuje Obr. 4. Během vzájemného působení povrchových sil kovu a roztavené pájky je zpočátku vývod součástky vytlačován, avšak se stoupající teplotou toto povrchové napětí klesá a vývod začne být vtahován [5].



Obr. 4: Průběh smáčecí síly v závislosti na čase. Převzato a překresleno z [9].

V čase t_0 je moment, kdy se vzorek poprvé dotkne pájecí lázně. V bodě **A** je vzorek ponořen do pájecí lázně a zároveň máme největší sílu, která vytlačuje vzorek ven z pájecí lázně. S postupujícím časem se mění síla a vzorek už není vytlačován, ale vtahován do nádoby povrchovým napětím. V tomto čase teprve začíná náznak smáčení vzorku. V momentě **B** dochází ke smáčení a hladina pájky je v tento okamžik kolmá ke vzorku. V bodě **C** smáčecí síla dosáhla $\frac{2}{3}$ F_{max} maximální smáčecí síly, kterou lze měřit za určitý čas. V bodě **D** bylo dosaženo maximální smáčecí síly. Místo **E** ukazuje, kdy je vzorek vytažen z pájecí lázně a test ukončen. Je vidět, že síla v tomto bodě vzrostla, protože se snaží zabránit vytažení vzorku. [9]

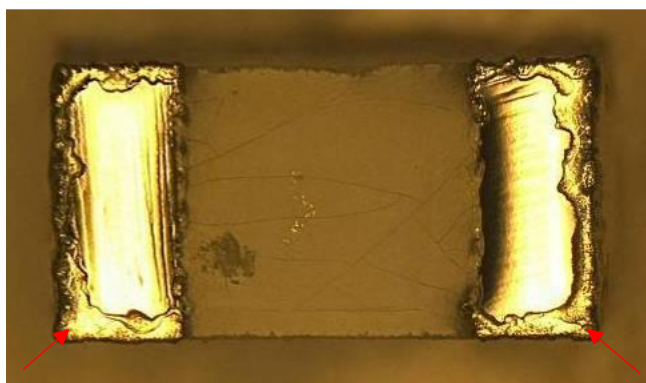


Obr. 5: Typické průběhy smáčecích sil. Převzato z [9].

Na Obr. 5 můžeme vidět některé názorné příklady typických průběhů smáčecích sil. Plná čára znázorňuje úroveň, kdy hladina pájky je kolmá ke vzorku. Můžeme zde vidět charakteristické průběhy od pomalého smáčení, přes špatné smáčení až po žádné smáčení.

1.1.3 Vizuální vyhodnocení

Vizuální vyhodnocení, často popisované v technických předpisech, spočívá ve zkoumání části vzorku, která byla podrobena testu smáčení mikroskopem s dostatečným zvětšením. Mikroskopem se zkoumá, zda došlo ke smáčení alespoň 95 % testované plochy. Na smáčeném vzorku se mohou objevit velmi malé otvory nebo odsmačená místa, ale nutně to nemusí znamenat zamítnutí. Pájecí slitina by jinak měla být rovnoměrně rozlita na vzorku. Pokud by plocha odsmačení či nesmačení byla větší než 5 % zkoumané plochy, znamená to, že vzorek neprošel. [3],[10]



Obr. 6: Názorná ukázka zamítnutí vzorku vizuálním vyhodnocením. Plocha odsmačení je větší než 5 % testované plochy. Převzato z [10].

1.2 Tepelná odolnost při pájení

Tepelná odolnost při pájení znamená tepelné namáhání, které musí být součástka schopna odolat po určitou dobu bez ovlivnění funkčnosti. Jelikož se při procesu pájení přenáší teplo z pájecí slitiny na součástku či desku plošného spoje, je potřeba, aby vzorek byl schopný po stanovenou dobu odolat teplotě pájecí slitiny bez známek mechanického či elektrického poškození. [3]

1.3 Teplotní požadavek

Další podstatný parametr zvláště pro hromadné pájení většího množství součástek na velkých deskách plošného spoje je teplotní požadavek určující množství tepla potřebného pro prohřátí spojovaných částí na potřebnou teplotu. Jak bylo řečeno, teplo se přenáší na DPS a součástky, při pájení určité části na desce se teplo rozvádí do dalších míst na DPS a součástek, a to zapříčiní pokles teploty v místě pájení. Pokud všechna místa nebudou prohřata stejně, nevznikne kvalitní spoj a pájitelnost bude nevyhovující. [3]

2 Způsoby testování pájitelnosti

V předešlé kapitole bylo popsáno, jak se vyhodnocuje smáčivost a jak vypadají typické průběhy smáčecích sil. Nyní budou přiblíženy metody testování pájitelnosti, jak je znázorněno v hierarchické struktuře Obr. 1. Nejběžnějšími zkouškami jsou test smáčecích vah, kuličkový test, test roztékavosti, ponořovací test, otočně ponořovací test, anebo například test simulace SMD procesu. V praxi bývá považovaná za jednu z neefektivnějších metoda smáčecích vah – ponor do pájecí lázně a metoda smáčecích vah – ponor do kuličky pájky [2]. Obě metody fungují na podobném principu, avšak každá je doporučena pro jiný typ vzorků. Metoda smáčecích vah – ponor do pájecí lázně se především používá pro vývody THT součástek nebo vzorky DPS, metoda smáčecích vah – ponor do kuličky pájky se používá zejména pro SMD, QPF a BGA součástky [2].

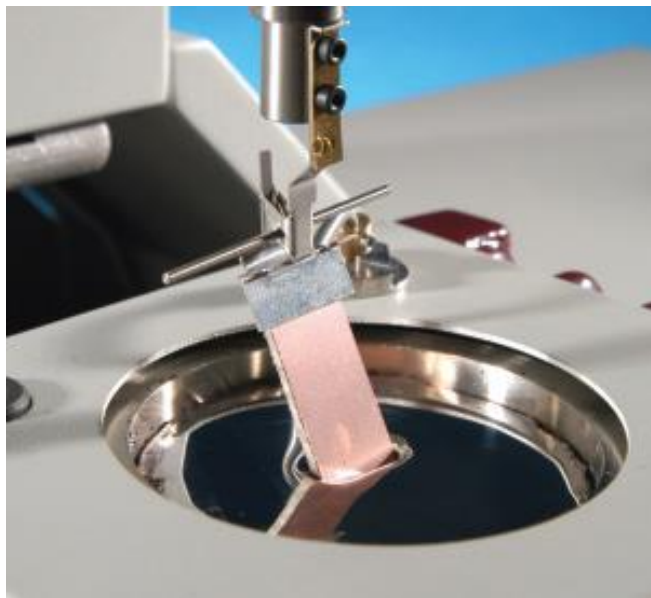
2.1 Metoda smáčecích vah

Metoda smáčecích vah patří mezi populární metody především kvůli její široké univerzálnosti a vysoké přesnosti. Lze ji využít pro testování pájitelnosti širokého spektra součástek, desek plošného spoje i tavidel. Metoda je vhodná pro specializované laboratoře a výrobce součástek či desek plošných spojů, kteří si chtějí ověřit pájitelnost svých výrobků. Jak bylo zmíněno, metodu smáčecích vah lze použít dvěma způsoby. První způsob je, že se vzorek namáčí do nádoby s roztavenou pájecí slitinou. Ve druhém případě se vzorek ponoří do malé kuličky pájky.

Ponoření do pájecí lázně

Princip metody je takový, že vzorek je uchycený pomocí citlivého siloměru nad nádobou s pájecí slitinou. Následně je zahájen ohřev pájecí slitiny a poté se začne definovanou konstantní rychlostí zvedat nádoba směrem ke vzorku. Jakmile je část vzorku ponořena do pájky, začnou na vzorek působit vertikální síly. V průběhu času se tyto síly mění a změny jsou zaznamenávány meniskografem. Vzorek je ponořený do předepsané hloubky po přesně

stanovenou dobu v závislosti na použité pájecí slitině. Výsledkem měření je graf smáčecí síly v závislosti na čase. Měření by mělo být velmi citlivé a přesné, jelikož se síly mění velmi rychle. [11],[12],[13]



Obr. 7: Ukázka metody smáčecích vah – ponoření do pájecí lázně. Převzato z [2].

Ponoření do kuličky pájky

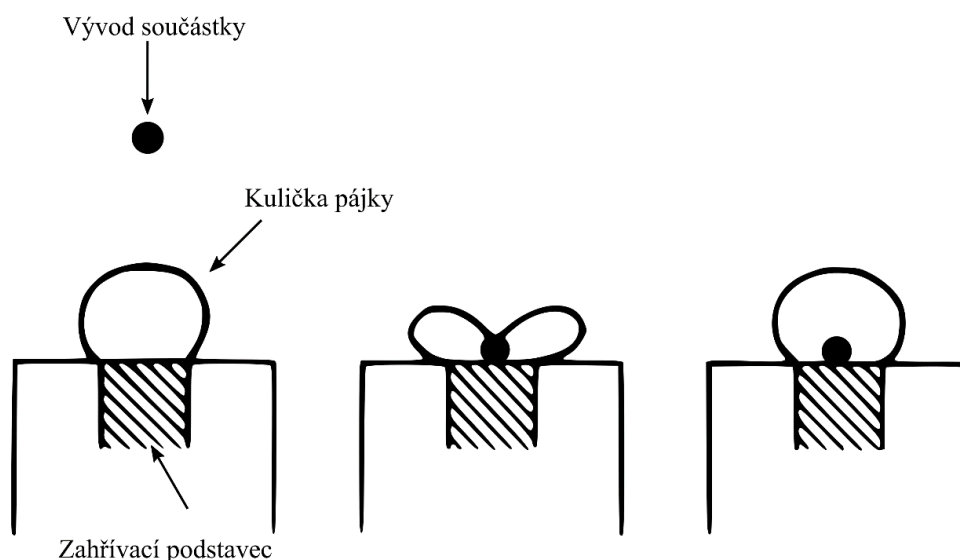
Pro test kuličkou je největší rozdíl oproti předchozí metodě v tom, že namísto pájecí lázně je použita kulička z pájecí slitiny o průměru cca 1 – 4 mm, která leží na zahřívacím bloku [2]. Testovaná součástka je následně ponořena do kuličky roztavené pájky. Smáčivost je vyhodnocována stejně jako v předchozí metodě, tedy dynamicky (závislost smáčivé síly na čase). Tato metoda má také své dílčí výhody. Pro každý test lze použít novou nekontaminovanou pájku a je možné tak každou zkoušku posoudit samostatně. Další výhodou je, že malý objem kuličky pájky lépe reaguje na tavidla oproti velké nádobě pájecí lázně. [12]



Obr. 8: Ukázka metody smáčecích vah – ponoření do kuličky pájky. Převzato z [2].

2.2 Kuličkový test

Kuličkový test je jednou z nejstarších metod pro testování vývodů THT součástek. Na rozdíl od předchozí metody tento test nedosahuje takové přesnosti jako metoda smáčecích vah. Princip spočívá nanesením kuličky pájky na malý podstavec o takové velikosti, aby po roztavení zůstala pájka v podobě kuličky. Následně se podstavec zahřeje na teplotu o něco vyšší, než je teplota tavení pájecí slitiny. Do roztavené pájky se přiloží vývod součástky (Obr. 9) a v prvním okamžiku dojde k rozdělení pájky na dvě části. Vlivem zvyšující se teploty vývodu součástky se po určité době začne projevovat smáčení a kulička pájky začne obtékat vývod součástky až po úplné spojení pájky nad vývodem. Míra smáčení je daná časem naměřeným mezi prvním dotykem vývodu s kuličkou pájky, přes rozdělení, až po úplné spojení kuličky. [13], [14]



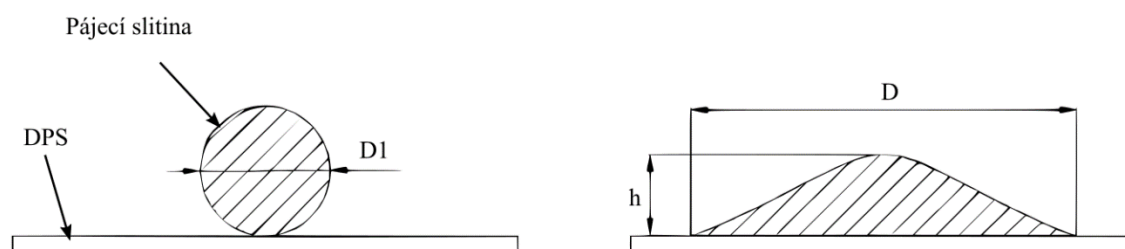
Obr. 9: Princip kuličkového testu. Převzato a překresleno z [14].

2.3 Test roztékavosti

Tato metoda je nejvhodnější pro testování vlivu tavidel na smáčivost pájky za použití DPS s různou povrchovou úpravou. Ideálním vzorkem pro tuto metodu je několik kuponů z mědi, na které jsou nanесeny odlišné druhy tavidla. Na každý kupon se nanese předem definovaná velikost pájecí slitiny ve formě kuličky o průměru D . Po zahřátí se pájka vlivem tavidla rozteče po ploše vzorku. Následně lze sledovat, jaká je velikost plochy roztavené pájky v závislosti na schopnosti tavidla reagovat s oxidy na kuponu. Po změření této plochy lze vyjádřit poměrnou smáčivost S dle vztahu:

$$S = \frac{D-h}{D} * 100 [\%] \quad (2.1)$$

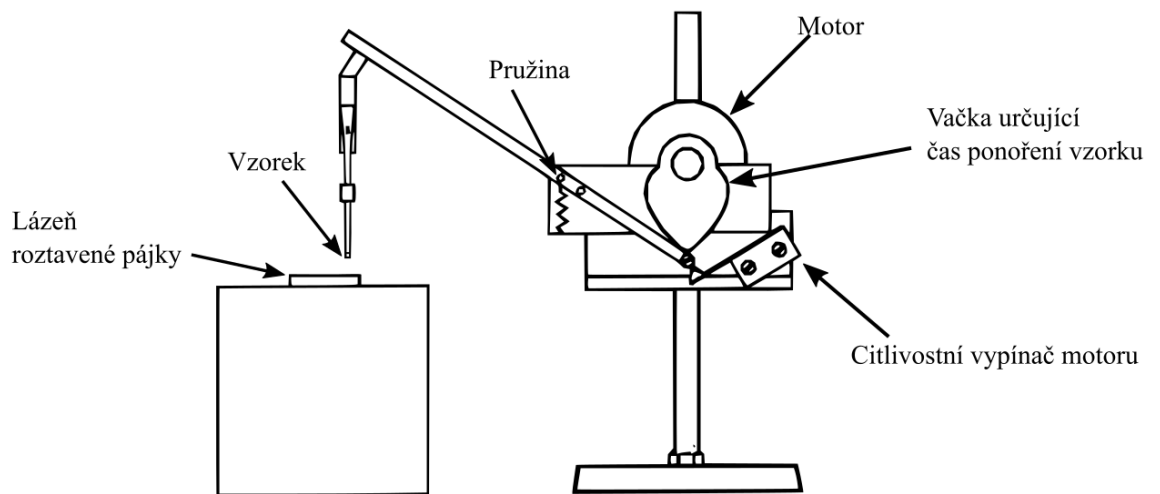
kde D je průměr kuličky pájky a h je výška nejvyššího bodu roztavené pájky. Čím hůře tavidlo odstraňuje oxidy, tím pájka smáčí méně povrchu. Lze pomocí této metody také testovat odlišné složení pájecích slitin za použití stejného tavidla. [4], [15].



Obr. 10: Princip testu roztékavosti. Převzato z [4].

2.4 Ponořovací test

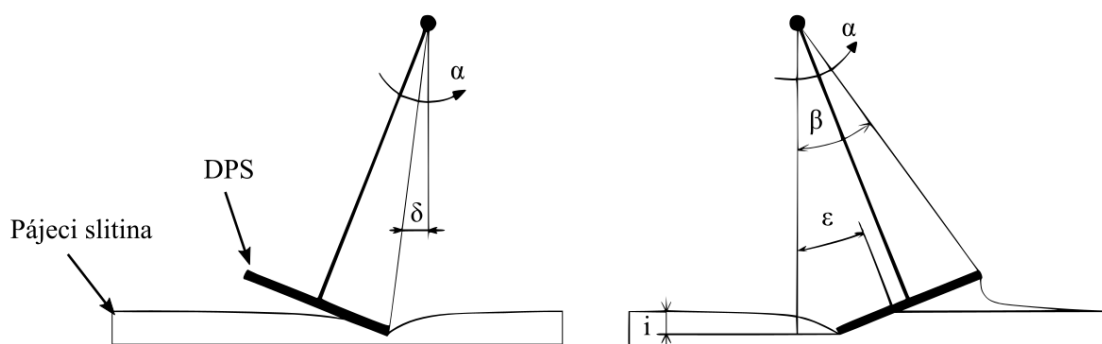
Tento test je velmi podobný zkoušce ponoření do pájecí lázně metodou smáčecích vah. Hlavní rozdíl je ale v tom, že vyhodnocení smáčení je pouze vizuální. Metoda je aplikovatelná na široké množství vzorků, např. vývodové součástky, povrchově montované součástky a desky plošného spoje. Vzorek je v tomto případě také uchycen do zařízení, které je schopno ponořit součástku vertikálně díky přednastavené rychlosti a předepsané hloubce. Výsledná míra smáčení se zkoumá pomocí mikroskopu. Ke zlepšení kvality či rychlosti smáčení je možné experimentovat s použitými druhy tavidla, dobami prodlevy ponoru, rychlostmi nebo teplotami. [16]



Obr. 11: Ponořovací testovací zařízení. Převzato a překresleno [17].

2.5 Otočně ponořovací test

Otočně ponořovací metoda je ideální pro testování smáčivosti DPS. Testovací vzorek je upevněn na otočném horizontálním závěsu. Proces testu spočívá v tom, že se deska plošného spoje z výchozí nesmáčené pozice spustí ve směru proti hodinovým ručičkám otáčivým pohybem do lázně pájecí slitiny na minimální potřebnou dobu. Tuto dobu lze měnit vzdáleností vzorku od ramene, rychlostí otáčení či přerušením otáčení v době kontaktu vzorku s pájecí slitinou. Hloubka ponoru je obvykle nastavena tak, aby při ponoru hladina pájky nepřetekla přes celou DPS. Následně se smáčivost vzorku zkoumá vizuálně. Metoda otočně ponořovací simuluje proces pájení vlnou. [13], [14], [16]



Obr. 12: Proces otočně ponořovacího testu, kde α představuje směr otáčení, celkový opsaný oblouk je součet $\delta + \beta$, úhel opsaný jehlou je 2ϵ a jmenovitá časová perioda je dána podílem $\delta + \beta$ a 2ϵ . Převzato a překresleno z [3].

3 Technické normy

V předchozích kapitolách byly popsány praktické postupy vyhodnocování pážitelnosti neboli smáčivosti, uvedeny byly také způsoby, kterými se parametry zkoušek vyhodnocují a jak se tyto testy provádí. Taktéž bylo nastíněno, jaké vzorky mohou být u konkrétní zkoušky použity. Pokud bychom se chtěli ponořit do konkrétních parametrů zkoušek jako je rychlost ponoru, doba ponoru, doba trvání celé zkoušky, je potřeba se podívat na úplné znění technických norem. Podmínky a upřesňující parametry pro testování popisuje několik norem, jako jsou například IEC, IPC nebo ČSN.

3.1 Soubor mezinárodních norem IEC 60068

IEC 60068 je mezinárodní standard pro zkoušky vlivů prostředí na elektronických součástkách a zařízeních. Český ekvivalent norem je zpracovaný technickou normalizační komisí (TNK) a přijímán do soustavy ČSN. Normy uvádí obecnou metodiku pro testování za účelem posouzení jejich fungování v extrémních podmínkách. Soubor je vydaný Mezinárodní elektrotechnickou komisí zvanou IEC. Je rozdělena do tří částí [18]:

- IEC 60068-1: Všeobecná charakteristika a pokyny
- IEC 60068-2: Testy
- IEC 60068-3: Dodatečná dokumentace a pokyny

Jelikož se tato práce zaměřuje na parametry testů pážitelnosti, jsou v následující kapitole popsány normy z druhé části IEC 60068-2

3.1.1 IEC 60068-2-20 ed. 2 – Zkušební metody Ta a Tb na smáčivost a na odolnost proti teplotě při pájení pro součástky s vývody

První popsanou zkušební metodou je IEC 60068-2-20 ed. 2. Metoda popisuje dva testy T pro hrubé stanovení smáčivosti a odolnosti vůči teplotě pájení pro součástky s vývody, při aplikaci olovnatých i bezolovnatých pájecích slitin. Test Ta popisuje proceduru pro aplikování pájky na vývod THT součástky metodou ponoření vzorku do pájecí lázně. Test Tb je zaměřen

na teplotní odolnost při pájení metodou ponořením vzorku do pájecí lázně. Obecně to znamená navýšení teplot pájecích slitin a prodloužení doby trvání ponoru vzorku. Vyhodnocení obou testů je v případě této normy popsáno pouze vizuální metodou. Následující podrobný popis zkušebních metod zaměřený na proceduru testu a následné inspekce je popsán dle [7].

Test Ta – smáčivost vývodů součástky

Při popisu procedury testu smáčivosti se nejprve norma zaměřuje na přípravu vzorku nanesením tavidla. Na vývody se aplikuje tavidlo buď bez aktivátoru skládající se z 25 % Kalafuny v 75 % izopropylalkoholu nebo ethylalkoholu, nebo tavidlo s aktivátorem na bázi kalafuny až do množství 0,2 – 0,5 % chloridu a nechá se cca po dobu 60 ± 5 s odvětrat. Následně jsou popsány úkony, které mají následovat po dokončení přípravy vzorku. Takto připravený vzorek se ponoří do ponořovací aparatury a dojde k ponoru do pájecí lázně rychlostí $25 \pm 2,5$ mm/s. Normou je předepsaná hodnota pro teplotu pájky s olovem, která by měla být 215 ± 3 °C a doba ponoru maximálně 10 ± 1 s, nebo pro teplotu 235 ± 3 °C maximálně $5 \pm 0,5$ s, záleží na specifikaci pájecí slitiny. Teplota pro slitinu pájky Sn96,5Ag3Cu0,5 je 245 ± 3 °C a doba ponoru $3 \pm 0,3$ s, naopak pro slitinu pájky Sn99,3Cu,7 je tato hodnota vyšší, a to 250 ± 3 °C, doba ponoru je stanovena $3 \pm 0,3$ s. Výsledné posouzení testu se provede vizuální metodou popsanou v kapitole 1.1.3, tedy okem nebo mikroskopem se zvětšením od 4 x do 25 x. Spoj by neměl vykazovat větší množství dírek nebo nesmáčeného spoje, tzn., odpájení by nemělo být větší než 5 %.

Test Tb – odolnosti vůči pájecímu teplu

Tento test je možné provést samostatně na jiných vzorcích nebo na vzorku, který úspěšně prošel testem Ta v rozmezí do 72 h. Ponoření vývodu do pájky by mělo být ze vzdálenosti 2 – 2,5 mm od hrany součástky a nemělo by trvat déle než 1 s. Pro pájecí slitinu s olovem by pracovní teplota měla být 235 ± 3 °C a doba ponoření by měla být 10 ± 1 s, nebo 260 ± 3 °C a doba ponoření $5 \pm 0,5$ s, pro součástky tepelně citlivější jinak může být i 10 ± 1 s. Pro pájecí slitiny bez olova by teplota měla být 260 ± 3 °C a doba ponoru pro součástky tepelně citlivější $5 \pm 0,5$ s, jinak 10 ± 1 s. Vyhodnocení metody se provede vizuálně ihned po zkoušce. Vzorek by neměl mít známky poškození vývodů a jeho rozměry by měly být v toleranční specifikaci součástky.

3.1.2 IEC 60068-2-58 ed. 3 – Zkouška Td pro povrchově montované součástky SMD, test smáčivost a odolnosti proti teple při pájení

V předešlé kapitole byla popsána norma pro zkoušky součástek s vývody a zde je popsána norma, která je zaměřena na zkoušení pro povrchově montované součástky (SMD) dle [10].

Norma konkrétně popisuje procedury pro:

- Stanovení smáčivosti součástek SMD metodou pájecí lázně a přetavením
- Stanovení odolnosti proti teple při pájení metodou pájecí lázně a přetavením

Procedury jsou popsány jak pro olovnaté, tak bezolovnaté pájecí slitiny a vyhodnocení ve všech případech norma předepisuje pouze vizuální metodou. Oproti předešlé normě jsou v této normě popsány teploty a časy zkoušek i pro bizmutovou pájecí slitinu, kde s obsahem tohoto prvku lze dosáhnout výrazně nižších teplot pro test zkoušek. Tab. 1 přehledně ukazuje teploty a časy trvání testu pro testovací metody a jednotlivé pájecí slitiny. Tyto hodnoty jsou použity pro zpracování praktické části této práce.

Tab. 1: Teplotní skupiny pájecích slitin a maximální doby ponoru pro metody pájení přetavením a v pájecí lázni. Převzato z [10].

Teplotní skupiny		Nízká	Střední	Středně-vysoká	Vysoká
Pájecí slitiny		Sn42Bi58**	Sn60Pb40A, Sn63Pb37A	Sn96,5Ag3Cu,5	Sn99,3Cu,7
Metoda pájení	Testovací metoda	Teplota / doba trvání			
Pájecí lázeň	Smáčivost	175 °C / 3 s	235 °C / 2 s	245 °C / 3 s	250 °C / 3 s
	Max. odolnost proti teple	230 °C / 10 s	260 °C / 10 s	260 °C / 10 s	260 °C / 10 s
Přetavení	Smáčivost *	170 °C / 10 s	215 °C / 10 s	235 °C / 10 s	-
	Max. odolnost proti teple	-	235 °C / 20 s	245 °C / 30 s	-

** Použité tavidlo 0,2 % halogenidu

* Teplota se měří v místě pájeného spoje

Možnosti použití tavidel

Norma doporučuje pro metodu ponoření v pájecí lázni taková tavidla, která odpovídají podmínkám reálného procesu pájení. Jedná se o tavidla na bázi kalafuny, aktivovaná nebo neaktivovaná. Upřesňující složení je následující:

- Neaktivované tavidlo skládající se z 25 % kalafuny v 75 % izopropylalkoholu nebo ethylalkoholu
- Aktivované tavidlo na bázi kalafuny až do množství 0,2 – 0,5 % halogenidu

Pro pájecí slitinu s bizmutem norma doporučuje použít variantu aktivovaného tavidla. Při použití pájecí pasty pro test přetavením je doporučeno tavidlo typu ROL0 odpovídající specifikaci IEC 61190-1-1 nebo typu 1.1.1 odpovídající specifikaci ISO 9454-1.

Popis testu smáčivosti pro pájení v pájecí lázni

Vzorek se uchytí kovovou klipsnou, následně dojde k aplikaci tavidla, přebývajícím tavidlo se nechá odkapat, odpařit, popřípadě otřít savým papírem. Následně dojde k ponoru do pájecí lázně rychlostí 20 – 25 mm/s a nejméně 2 mm hluboko. Doba ponoru závisí na použité pájce a pájecí metodě, jak je popsáno v Tab. 1. Pro test tepelné odolnosti se procedura shoduje s rozdílem jiných parametrů, jako je hloubka nebo rychlost – ty jsou podrobněji zpracované v praktické části.

Popis testu smáčivosti pro pájení přetavením

Na rozdíl od předchozího postupu je zde použita pájecí pasta o velikosti 3, která by měla vyhovovat normě IEC 61190-1-2 ed. 3 – Požadavky na pájecí pasty pro vysoce kvalitní propojování. Současně je použité tavidlo typu ROL0.

Testovací substrát se skládá jak z míst kovových, které chceme pájet, tak z míst nekovových, které by měly být nesmáčivé. To je např. keramika (oxid hlinitý 90 – 98 %) nebo sklo-epoxidový substrát.

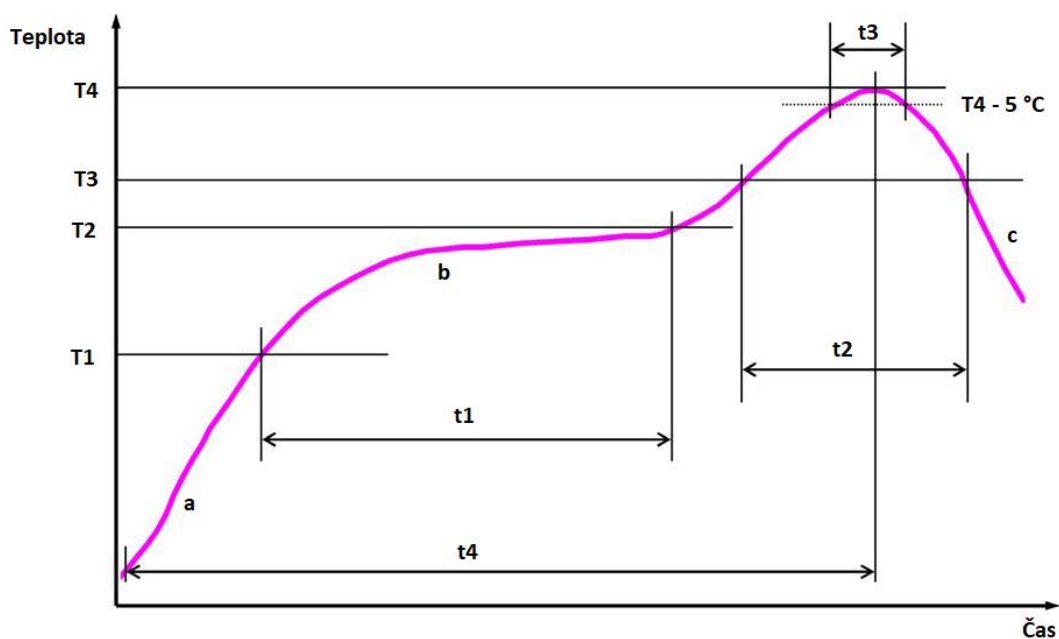
Proces začíná nanesením pájecí pasty sítotiskem nebo pomocí šablony na desku plošných spojů. Tloušťka pájecí slitiny by měla být v rozmezí od 60 μm do 250 μm . Následně dojde k umístění vývodů SMD součástek na místa s nanesenou pájecí slitinou. Proces přetavení je pro představu popsán následujícím grafem a tabulkou. Tab. 2 znázorňuje časy a teploty

jednotlivých fází při procesu přetavení, jednotlivé údaje se liší v závislosti na použité pájecí slitině.

Tab. 2: Teploty a doby trvání jednotlivých fází pro rozdílné pájecí slitiny při ověření smáčivosti přetavením. Převzato z [10].

Pájecí slitiny	T1 °C	T2 °C	t1 s	T3 °C	t2 s	T4 °C	t3 s
Sn42Bi58	100 ± 5	130 ± 5	60 – 120	138	40 ± 5	170	10
Sn60Pb40A, Sn63Pb37A	100	150	60 – 120	183	40 ± 5	215	10
Sn96,5Ag3Cu,5	150	180	60 – 120	217	40 ± 5	235	10
Sn99,3Cu,7	Nepoužitelné						

Obecný průběh procesu pájení přetavením je graficky znázorněn na Obr. 13, kde by přehřívací teplota v závislosti na zvolené metodě ověření měla dosáhnout hodnoty do určitého času. Poté nastává fáze, kdy pájecí slitina přechází z pevného stavu do kapalného a závěrečná fáze je tzv. vrcholná, kdy dosáhne slitina maximální teploty a po určitou dobu vzorek musí být schopný tuto teplotu vydržet.



Obr. 13: Průběh procedury pájení přetavením. Převzato z [10].

Kde:

T1 – minimální předeřivací teplota

T2 – maximální předeřivací teplota

T3 – teplota, kdy pájka přechází do kapalného stavu

T4 – maximální teplota pájky

t1 – předeřivací doba

t2 – doba, kdy je pájka v kapalném stavu

t3 – doba, kdy se teplota pájky pohybuje okolo T4 - °C

t4 – doba do dosažení maximální teploty pájky

a – rozmezí, kde by růst rychlosti teploty neměla překročit 3 K/s

b – předeřivací oblast

c – rozmezí, kde by klesající rychlost teploty neměla překročit 6 K/s

3.1.3 IEC 60068-2-69 ed. 3 – Zkouška Te a Tc: Zkoušení smáčivosti elektronických součástek a desek plošných spojů metodou smáčecích vah

V předešlých normách bylo popsáno vyhodnocení testů pouze vizuálně, tedy okem nebo mikroskopem. Tato norma se už především zaměřuje na testování smáčivosti metodou smáčecích vah jak ponořením do pájecí lázně, tak ponořením do kuličky pájky a konkrétněji popisuje, jakých výsledků bychom měli dosáhnout. Jsou popsány procedury jak pro olovnaté, tak bezolovnaté pájky a zmiňuje vývodové i SMD součástky a DPS. Výsledkem měření se získá síla, která je nutná k dosažení smáčivosti. Této smáčivosti lze dosáhnout pouze po určité době. Následující podrobnější popis je dle [9].

Tavidla

Rozdělení tavidel podle složení je popsáno technickou specifikací. Norma upřesňuje, že při testu ponoření SMD součástek do pájecí kuličky pájky by mělo být použito tavidlo s vysokým aktivátorem. U všech ostatních metod pouze doporučuje použití jednoho typu uvedeného v Tab. 3.

Tab. 3: Tabulka upřesňující složení tavidel. Převzato z [9].

	Složení podle podílu (%)		
	Bez aktivátoru	S nízkým aktivátorem	S vysokým aktivátorem
Kalafuna	25 ± 0,5	25 ± 0,5	25 ± 0,5
chlorid diethylamonný	-	0,15 ± 0,01	0,39 ± 0,01
izopropylalkohol	75 ± 0,5	74,85 ± 0,5	74,61 ± 0,5
chlorid sodný	0	0	0,5

Procedura ponoření součástek do pájecí lázně

Zkoumaný vzorek (v tomto případě THT součástka) se umístí do svorky, následně se aplikuje tavidlo po dobu 5 s na místo, které zkoumáme. Je důležité, aby tavidlo nebylo nanášeno na úchyt vzorku. Přebytné tavidlo se otře nasávkavým papírem. Následně se ze vzdálenosti přibližně 20 mm od hladiny pájky spustí vzorek rychlostí od 5 mm/s do 20 mm/s tak, aby byl ponořený od 2 mm do 4 mm. Ponoření by nemělo být kratší než 5 s a delší než 10 s.

Pro SMD součástku je důležité, aby počáteční vzdálenost od pájky nebyla větší než 10 mm ± 2 mm. Po aplikaci tavidla je nutné nechat součástku po dobu 30 s ± 15 s oschnout. Následně je součástka rychlostí mezi 1 mm/s a 5 mm/s přivedena do kuličky z pájky. Ponoření by mělo být v rozmezí od 0,04 mm do 0,10 mm po dobu 5 – 10 sekund.

Procedura ponoření SMD součástek do kuličky pájky

Pro tuto proceduru je důležité zvolit vhodnou velikost kuličky pájky. Ta se vybírá na základě velikosti vývodu testované součástky a velikosti podstavce, který zahřívá kuličku. V Tab. 4 jsou uvedeny velikosti podstavců pro jednotlivé velikosti kuliček.

Tab. 4: Tabulka určující velikost kuličky pájky v závislosti na průměru podstavce. Převzato z [9].

Průměr podstavce [mm]	Hmotnost kuličky [mg]	tolerance [mg]
1	5	± 0,5
2	25	± 2,5
3,2	100	± 10
4	200	± 10

Podle použité součástky musí být zvolena velikost kuličky a k tomu vhodný průměr podstavce. Těsně před začátkem testu dojde k zahřátí kuličky pájky na teplotu podle použitého materiálu pájky. Součástka je ve vzdálenosti $10 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ od kuličky přehřívána a následně ponořena do kuličky pájky do hloubky v závislosti na zvolené součástce rychlostí od $0,1 \text{ mm/s}$ do 5 mm/s . Konkrétně jsou tyto údaje zpracované v praktické části a v **Příloha**. Ponoření by nemělo být kratší než 5 s a delší než 10 s.

Procedura ponoření DPS do pájecí lázně

Pro testování DPS lze použít takzvané kupony o šířkách 2, 5 nebo 10 mm, které se ponoří do lázně pod úhlem 90° . Pokud je použita DPS větších rozměrů, je důležité dodržet úhel ponoření $20^\circ - 40^\circ$.

Měděná vrstva by měla být o nominální tloušťce $35 \mu\text{m}$. V první řadě se vzorek nejprve ponoří do tavidla po dobu 5 s – 10 s, nechá se odkapat po dobu 60 s a popřípadě se osuší. Následně se vzorek upevní do úchytu aparatury tak, aby byl nad pájkou ve vzdálenosti $10 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$. Vzorek je následně ponořen do hloubky $0,20 - 0,4 \text{ mm}$ pájecí lázně rychlostí mezi 1 mm/s a 5 mm/s . Celý test by měl trvat v rozmezí od 5 s do 10 s.

Vyhodnocení výsledků

Vyhodnocení naměřených výsledků se provede pomocí změřených sil v závislosti na čase. Norma popisuje, že stabilita smáčení je daná poměrem sil v bodě E (na konci měření) a v bodě D (F_{max}) znázorněno na Obr. 4. V době měření od 5 s do 10 s by tento poměr sil měl být větší než 0,8. Jinak to může indikovat nestabilitu součástky při pájení. Současně je požadováno, aby smáčecí síla dosáhla $\frac{2}{3} F_{\text{max}}$ do 2 s.

3.1.4 IEC 60068-2-83 – Zkouška Tf: Zkoušení pájitelnosti elektronických součástek pro povrchovou montáž (SMD) metodou smáčecích vah při použití pájecí pasty

Poslední norma ze série IEC 60068 se zaměřuje na testování pájitelnosti SMD součástek dvěma metodami. První metoda se nazývá „quick heating method“ a druhá „synchronous“. Hlavním rozdílem mezi metodami je doba, ve které se začne zahřívát kalíšek s pájecí pastou.

V obou případech se ověřuje smáčivost metodou smáčecích vah. Součástky jsou namáčené do olovnaté či bezolvnaté pájecí pasty nanesené v kalíšku. Norma doporučuje aplikaci tavidla, ale nikterak blíže nespecifikuje, jaký druh použít. Obě metody jsou popsány dle normy [19].

Metoda „quick heating method“

Metoda spočívá v tom, že součástka je ponořena do pájecí pasty předtím, než je pasta prudce zahřáta na takovou teplotu, kdy dojde ke smáčení vývodů součástky. V první řadě proces testování začne nanesením pájecí pasty do zkušební kalíšku a zároveň se jeho hladina. Následně se součástka upevní mezi svorky zkušební aparatury a spustí se rychlostí 1 – 5 mm/s do pájecí pasty, do hloubky dle pouzdra součástky podle Tab. 5. Po dosažení dostatečné hloubky se spustí ohřev pasty. U bezolvnaté pájecí pasty typu SAC by teplotu tání 217 °C mělo dosáhnout do 1,5 s a teploty 245 °C by se mělo dosáhnout do 3 s. Ty samé časy platí pro pájecí pastu olovnatého typu, u které by stav tání měl začínat při 183 °C až do 235 °C. Během ponoru se zaznamenává smáčecí síla v závislosti na čase. Měření je ukončeno dosažením stabilního výsledku smáčecí síly nebo uplynutím časové doby. Celý test by měl trvat od 5 s do 15 s.

Tab. 5: Doporučené hloubky ponoru pro různá pouzdra součástek: Převzato z [19].

	Velikost pouzdra (metrické jednotky)	Hloubka ponoru [mm]	Úhel a směr ponoru
Rezistor	0402 (1005)	0,15	90° Horizontální
	0603 (1608)	0,20	
	0805 (2012)		
	1206 (3216)		
Kapacitor	0402 (1005)	0,15	
	0603 (1608)	0,20	
	0805 (2012)		
	1206 (3216)		

Metoda „synchronous“

Největší rozdíl oproti předchozí metodě je v tom, že je proces ponoření součástky do pájecí pasty a zahřátí pasty souběžný s ohřevem. Jinak je metoda víceméně stejná s předchozí. Součástka se upevní do aparatury a nastaví se výška hrany vývodů nepatrně nad hladinu pájky. Rychlost ponoru je také 1 – 5 mm/s a rychlost ohřevu pájecí pasty dle teplotního profilu popsaného v předchozí metodě je stejná.

Vyhodnocení

Vyhodnocení naměřených výsledků se provádí pomocí křivky smáčecí síly v závislosti na čase. Norma nspecifikuje konkrétní hodnoty ani časy dosažené během měření smáčecí síly. Pouze popisuje, že stabilita smáčení je daná poměrem sil v bodě E a v bodě D podle Obr. 4. Informativně také uvádí typické příklady průběhů smáčecích sil, co z nich vyčíst, jaké údaje z průběhu dostaneme a popřípadě jaké korekce provést k dosažení lepšího průběhu.

3.2 Soubor mezinárodních norem IPC

IPC je mezinárodní průmyslová asociace, která se soustředí na vývoj technických norem zaměřující se od návrhu desek plošných spojů včetně součástek přes výrobu až po osazení a testování.

3.2.1 J-STD-002d – Test smáčivosti vývodů součástek, kontaktů, terminálů, vodičů

Technická norma J-STD-002d, která nemá český ekvivalent, mezinárodně zaštiťují celkem tři normalizační instituce EIA, IPC a JEDEC. Tato norma popisuje procedury pro určení smáčivosti za použití olovnaté a bezolovnaté pájecí slitiny. Zkoumá vývodové, povrchově montované součástky i vodiče, a to metodou smáčecích vah (ponořením do pájecí lázně i do kuličky pájky) nebo metodou vizuální. Rozdíl oproti předchozím normám u této specifikace spočívá ve vyhodnocení metody smáčecích vah, jež popisuje dvě kritéria – jedno je přísnější a druhé méně přísnější. Pokud vzorek uspěje méně přísnějším kritériem, nemusí to nutně znamenat neúspěch. Záleží na domluvě se zákazníkem, jaká kritéria dostačují pro jeho potřeby. Procedury a vyhodnocení popsány dle [20].

Procedura

Od předchozích norem se procedury nikterak neliší, postup je víceméně stejný, s rozdílem použití tavidel. Pro olovnaté pájecí slitiny se doporučuje tavidlo typu 1 složené z kalafuny 25 %, hydrochloridu diethalamonného 0,15 %, halogenidu 0,2 %, zbytek izopropylalkoholu. Tavidlo by se mělo aplikovat na vzorek po dobu 5 – 10 s, následné sušení alespoň 5 – 20 s a poté se může přejít na samotnou zkoušku. Pro bezolovnaté slitiny je doporučené tavidlo typu 2

obsahující kalafunu 25 %, hydrochlorid diethalamonný 0,39 %, halogenid 0,5 %, zbytek izopropylalkoholu. Aplikace a sušení probíhá za stejnou dobu.

Pro součástky SMD při vizuálním vyhodnocení je definovaná metoda pájení přetavením pomocí tří typů. Kondenzačně, infraohřevem a konvekčně. Pro všechny tyto pájecí systémy jsou upřesněny rozsahy teplot a časů dle použité pájecí pasty. Jelikož je použita metoda přetavením, je zde specifikován testovací substrát, který by měl být o tloušťce 0,635 mm z keramiky či sklo-epoxidový substrát s pájecími ploškami. Na pájecí plošky se nanese pasta pomocí sítotisku (šablonou), na které se umístí součástka. Pro olovnatou pájecí pastu je doporučené tavidlo typu ROL1, jeho aplikace na vzorek po dobu 5 – 10 s, sušení alespoň 5 – 20 s, následuje zkouška. Naopak pro bezolovnatou pastu postačí tavidlo typu 2.

Součástky THT, jež jsou vyhodnocovány vizuálně, by měly být testovány metodou ponoření do pájecí lázně nebo metodou pájení vlnou. Postup procedury je v závislosti na zvolené metodě.

Vyhodnocení

První možností, jak vyhodnotit zkoušku, je pomocí metody vizuální. Druhou možností je vyhodnocení smáčivosti měřením smáčecí síly prostřednictvím metody smáčecích vah. Jak bylo zmíněno, normou jsou upřesněny dvě kritéria – přísnější Tab. 6 a méně přísnější Tab. 7. Sloupec *Parametr* v tabulkách označuje konkrétní místo na průběhu smáčecí křivky v závislosti na čase (Obr. 4).

Tab. 6: Přísnější kritérium vyhodnocení smáčecí síly v čase. Převzato a upraveno z [20].

Parametr	Popis	Kritéria
B	hladina pájky kolmá ke vzorku	≤ 1 s
C	smáčecí síla v době 2 s od začátku testu	alespoň 50 % teoretické F_{max}
D	smáčecí síla v době 5 s od začátku testu	≥ 90 % z C

Tab. 7: Méně přísnější kritérium vyhodnocení smáčecí síly v čase. Převzato a upraveno z [20].

parametr	popis	kritéria
B	hladina pájky kolmá ke vzorku	≤ 2 s
C	smáčecí síla v době 2 s od začátku testu	pozitivní
D	smáčecí síla v době 5 s od začátku testu	≥ 90 % z C

Výpočet teoretické síly F_{max} :

Jelikož je v parametru C zmiňovaná takzvaná teoretická maximální smáčecí síla, je potřeba si přiblížit její výpočet, který se provádí dle Klenu Wassinka [20]:

$$F_{max} = \gamma P \cos 0^\circ - \rho g V [mN] \quad (3.1)$$

Kde:

γ je konstanta povrchového napětí pájky (olovnaté obvykle 0,4 mN/mm a bezolovnaté přibližně 0,5 mN/mm)

P je obvod ponořené části vzorku při maximálním ponoření

ρ je hustota pájky (například olovnaté slitiny Sn60Pb40 je tato hodnota obvykle 8,12 kg/mm³ a bezolovnaté typu SAC305 je obvykle 7,41 kg/mm³)

g je gravitační zrychlení ($9,8 * 10^3$ mm/s²)

V je objem ponořené části vzorku v mm²

Smáčecí úhel $\cos 0^\circ = 1$ při ideálních podmínkách

3.2.2 J-STD-003c - Test pájitelnosti desek plošných spojů

Tato norma se oproti předchozí specificky zaměřuje na testování smáčivosti DPS ponořením v pájecí lázni, přetavením, vlnou a krom toho detailněji popisuje test pokovených otvorů v desce plošného spoje. Dále popisuje použitelné pájecí slitiny, tavidla, možnost předehřevu v peci, limitní maxima kontaminace pájecí lázně, rozměry testovací DPS. Její konkrétní hodnoty a procedury jsou popsány dle [6]:

Tak jako v předchozí normě se pájitelnost vyhodnocuje dvěma způsoby. Vizualní inspekci a měření smáčecí síly. Co se týče pájecích slitin, je možno použít již známých složení olovnatých i bezolvnatých slitin. U testování metodou ponoření do pájecí slitiny norma doporučuje tavidlo typu 1 (kalafuna 25 %, hydrochlorid diethalamonný 0,15 %, halogenid 0,2 %, zbytek izopropylalkoholu) při použití olovnatých slitin a tavidlu typu 2 (kalafuna 25 %, hydrochlorid diethalamonný 0,15 %, halogenid 0,2 %, zbytek izopropylalkoholu) při použití bezolvnatých slitin. U metody přetavením norma doporučuje tavidlo typu ROL1 pro olovnaté pasty, pro bezolvnaté pasty není tavidlo upřesněno.

Rozeř DPS by měl být alespoň 50 x 50 mm. Může být použita celá plocha nebo DPS, rozdělena na menší části, tzv. kupony. Ohledně pokovených otvorů by plošky měly mít průměr 1,9 mm, průměr PTH 1,15 mm a rozestup otvorů 4 mm.

Procedura testu smáčivosti

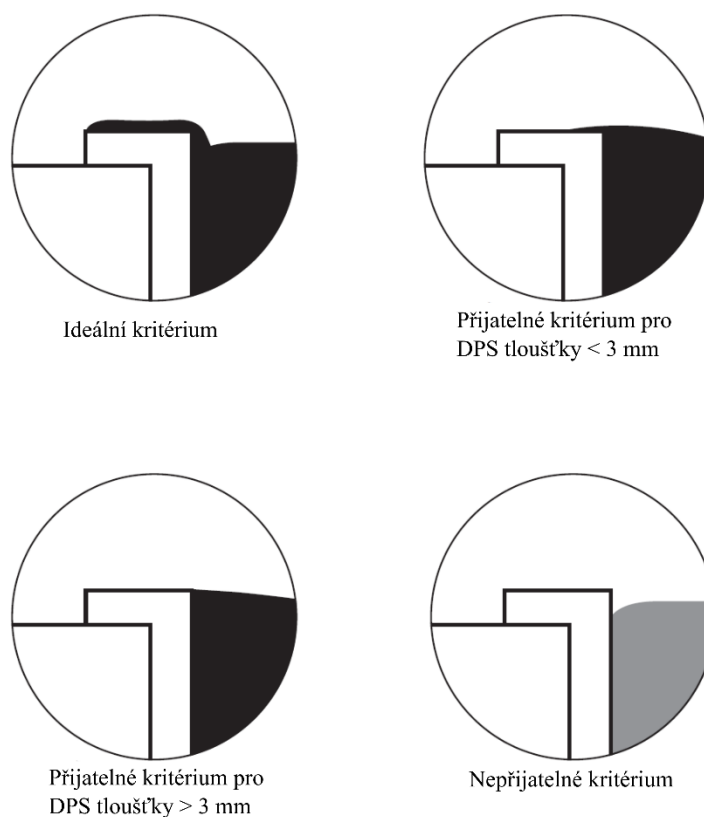
Pro metodu smáčecích vah se po aplikaci tavidla a usušení vzorek umístí do aparatury a počká se zhruba 2 – 10 s, než se ustálí hladina pájecí slitiny. Vzorek, který je oboustranně pokrytý mědí, se ponoří do pájecí lázně pod úhlem 90°, přičemž vzorek pokrytý mědí z jedné strany se ponoří pod úhlem 20° – 40°, hloubka v obou případech by neměla přesáhnout 1/3 délky vzorku. Vzorek se ponoří do pájecí slitiny rychlostí 1 – 5 mm/s po dobu maximálně 10 s. Při vizualním vyhodnocení je procedura testu podobná s rozdílem hloubky ponoru 25 mm a rychlostí 25 mm/s

Při použití metody přetavením norma popisuje tři způsoby – kondenzační, infraohřevem a konvekční. Po každou se používá pájecí pasta, která se nanáší na pájecí plošky pomocí sítotisku nebo šablonou tak, aby celá ploška byla pokryta pájecí pastou. Následně dojde k zahřátí podle předepsaného teplotního profilu po určitou dobu.

Vyhodnocení pokovených otvorů PTH

Norma jako jedna z mála popisuje vyhodnocení smáčení pokovených otvorů. Pájka by v těchto otvorech měla být schopna pokrýt celou délku otvoru. V oblasti kolene a plošky okolo otvoru by pájecí slitina měla překrýt koleno a zasahovat až k hraně plošky u tloušťky desek < 3 mm. Pokud je tloušťka desky > 3 mm, je možné, že pájecí slitina nebude mít sílu smáčení takovou, aby pokryla oblast kolene a plošku. Pro desky plošných spojů třídy I dle

specifikace IPC-A-610 – Kritéria přijatelnosti elektronických sestav, by otvor měl být vyplněn alespoň z 50 % a pro desky třídy II a III alespoň z 75 %. Kompletní vyplnění otvoru pájkou není nezbytné.



Obr. 14: Kritéria přijatelnosti smáčivosti pokovených otvorů pro desky třídy III. Převzato z [6].

Vyhodnocení smáčecí síly

Kritéria přijetí/zamítnutí smáčecí síly stanovují následující tabulky. Udávají časy, za kterých je potřebné dosáhnout hladiny pájky kolmé ke vzorku, jaká by měla být smáčecí síla v určité době od začátku testu. Norma specificky udává rozdílné hodnoty pro olovnaté a bezolovnaté pájecí slitiny a současně rozlišuje povrchové úpravy desky imerzním cínem (I Sn) a imerzním pozlacením obohaceného palladiem (ENEPIG) Tab. 8 a Tab. 9, což je levnější modifikace klasického pozlacení ENIG. Výsledky smáčivosti by měly být nicméně srovnatelné. Hodnoty pro vzorky bez specifické úpravy povrchu jsou zaznamenány v Tab. 10.

Tab. 8: Kritéria přijetí zkoušky smáčivosti olovnaté pájecí slitiny. Převzato z [6].

Parametr	Popis	Kritéria	
		ENEPIG	I Sn
B	hladina pájky kolmá ke vzorku	≤ 2 s	≤ 2 s
C	smáčecí síla v době 2 s od začátku testu	alespoň 25 % teoretické Fmax	alespoň 25 % teoretické Fmax
D	smáčecí síla v době 5 s od začátku testu	stejná nebo vyšší než v bodě C	stejná nebo vyšší než v bodě C
E	minimální síla v 10 s	$> 0,15$ mN/mm	$> 0,14$ mN/mm

Tab. 9: Kritéria přijetí zkoušky smáčivosti bezolovnaté pájecí slitiny. Převzato z [6].

Parametr	Popis	Kritéria	
		ENEPIG	I Sn
B	hladina pájky kolmá ke vzorku	$\leq 1,5$ s	≤ 2 s
C	smáčecí síla v době 2 s od začátku testu	alespoň 25 % teoretické Fmax	pozitivní hodnota
D	smáčecí síla v době 5 s od začátku testu	stejná nebo vyšší než v bodě C	stejná nebo vyšší než v bodě C
E	minimální síla v 10 s	$> 0,19$ mN/mm	$> 0,15$ mN/mm

Tab. 10: Obecná kritéria přísnější a méně přísnější třídy zkoušek smáčivosti pro vzorky bez specifické povrchové úpravy. Převzato z [6].

Parametr	Popis	Kritéria	
		Třída A	Třída B
B	hladina pájky kolmá ke vzorku	≤ 1 s	≤ 2 s
C	smáčecí síla v době 2 s od začátku testu	alespoň 25 % teoretické Fmax	pozitivní hodnota
D	smáčecí síla v době 5 s od začátku testu	stejná nebo vyšší než v bodě C	stejná nebo vyšší než v bodě C

3.2.3 IPC-TM-650 Test 2.4.14.2 – Metoda smáčecích vah

Norma institutu IPC popisuje testovací metodu smáčení TM 650 pro vzorek DPS za použití různých tavidel, která vyhovují dle IPC J-STD-004. Metoda zkoumá, které tavidlo pomáhá k nejlepšímu smáčení. Zaměřuje se pouze na testování pomocí olovnaté pájecí slitiny dle [21]. Výsledné vyhodnocení je popsáno metodu smáčecích vah pro vzorek DPS z mědi o rozměrech 6 š x 25 d x 5 t [mm]. Takto připravený vzorek by se měl ponořit do tavidla alespoň 10 mm hluboko. Následně se vzorek nechá odkapat na suchém místě zhruba 1 – 5 s. Po částečném usušení od tavidla se spustí ohřev olovnaté pájecí slitiny typu Sn60Pb40 nebo Sn63Pb37 a udržuje se teplota na hodnotě 245 °C. Vzorek se upevní do svorek testovací aparatury a následně se ponoří do olovnaté pájecí slitiny rychlostí 20 – 25 mm/s ze vzdálenosti 3 mm nad hladinou pájky, do hloubky 5 mm. Doba ponoření by měla být 5 s. Během této doby se zaznamená smáčecí síla v závislosti na čase.

Vyhodnocení se provede z grafu smáčecí síly odečtením maximální smáčecí síly F_{max} a času dosaženého $\frac{2}{3} F_{max}$. Z těchto hodnot se vypočítá poměr sil $F_{max} / \frac{2}{3} F_{max}$, který udává kvalitu smáčení. Tedy čím vyšší maximální smáčecí síla dosažená za kratší čas, tím lépe.

V souvislosti s normami je taktéž často zmiňovaná korekce nulové osy při testování metodou smáčecích vah. Jelikož se při této zkoušce obvykle testuje několik vzorků na jedné aparatuře, je potřeba provádět toto opatření, aby byly výsledky smáčivosti srovnatelné. To se provádí tak, že se vypočítá vztlaková síla vytvořená objemem vzorku ponořeného do pájky. Výpočet velikosti vztlakové síly je dle vzorce:

$$F_{vz} = \rho g V [N] \quad (3.2)$$

Kde:

ρ je hustota pájky při teplotě 245 °C v kg/mm^3

g je gravitační zrychlení ($9,8 * 10^3 \text{ mm}/\text{s}^2$)

V je objem ponořené části vzorku v mm^2

4 Praktická část – Návrh a vytvoření aplikace

Když se řekne vývoj aplikace, běžně si člověk představí psaní zdrojového kódu v programovacím jazyku např. Python, Java nebo C Sharp. Dle [22] se momentálně jedná o jedny z nejpobulárnějších programovacích jazyků roku 2022. Aktuálním trendem dnešní doby je vydat se směrem vývoje aplikací téměř bez znalostí programovacího jazyka. Platformy umožňující tuto službu nabízejí téměř komukoli vyvinutí softwaru bez tradičního psaní kódu prostřednictvím grafického uživatelského rozhraní. Otevírají se tak dveře lidem, kteří mohou implementovat své nápady do digitálních řešení s omezenými nebo žádnými specifickými dovednostmi ve vývoji softwaru. Taková programovací prostředí mají velký potenciál, jako je úspora času, peněz a snížení manuální práce. Programátoři se tak mohou věnovat projektům na vyšší úrovni náročnosti. V souvislosti s tím se ukazuje, že v dnešní době vyvstává snaha o přesunutí malých a středních podniků ze serverových uložišť do cloudu, odpadá tedy správa fyzické infrastruktury. [23]

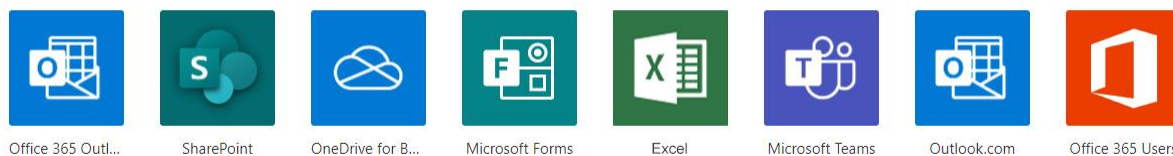
Praktická část diplomové práce je zaměřena na vytvoření databáze a vývoj aplikace interagující s databází. Hlavním cílem je tedy pokusit se vytvořit aplikaci v platformě s minimálním použitím psaného kódu a databázi pracující na cloudové platformě. V následujících kapitolách budou přiblíženy důvody výběru softwaru pro databázi a aplikaci, jejich obecný popis, licenční možnosti, funkčnost a porovnání alternativ.

4.1 Volba softwaru

Ve světě se nízkoprogramovací (low-code) platformy teprve dostávají do širšího povědomí, ale v současnosti mezi ty nejpobulárnější patří Zoho Creator, Visual Lansa, Mendix, Retool a Microsoft Power Apps. Všechny tyto platformy jsou cíleně používány ve firemních organizacích, které mají podobné cíle jako je digitalizace firemních procesů, snížení nákladů na IT programátory nebo zvýšení produktivity. S tím vším se pojí cíle této diplomové práce. Zpracovat přehledně parametry pážitelnosti v databázi na cloudovém úložišti (která bude přístupná několika lidem současně) a zároveň databázi propojit s aplikací, ve které bude vizuálně zpracované uživatelské prostředí. Vzhledem k tomu, že se na Západočeská univerzité v Plzni používají cloudové služby Microsoft 365, obsahující právě platformu Power Apps, byla zvolena tato platforma, jež společně s databází v SharePoint Listu splní požadavky této práce. V následující kapitole budou popsány licenční podmínky této platformy, jaké jsou dostupné možnosti a jaké datové zdroje lze připojit k Power Apps.

4.2 Licenční práva a možnosti

Standardní datové zdroje

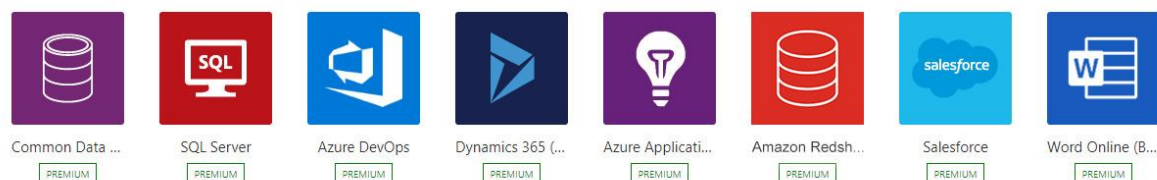


Obr. 15: Přehled několika standardních datových zdrojů dostupných s licencí Microsoft 365.

K používání platformy a databáze je potřeba si uvědomit, že uživatel je omezen používanou licencí. Nyní tedy budou přiblíženy možnosti použití Power Apps a datových zdrojů v poměrně komplikované struktuře licenčních plánů Microsoft 365. K používání Power Apps nestačí zakoupit pouze jedna licence, ale je důležité vybrat správně licenční plán Microsoft 365, tak licenčních plánech samotného Power Apps a v neposlední řadě na plánu externího úložiště. Západočeská univerzita v Plzni vlastní konkrétně licenci pro vzdělávání Microsoft 365 A3, která obsahuje kromě Word, Excel, Outlook, One Drive také Power Apps, ale pouze ve formě napojování platform, jež jsou součástí balíčku Microsoft 365. Z hlediska datových zdrojů se tedy jedná o Excel nebo SharePoint List (Obr. 15). Pokud by bylo potřeba využít prémiové datové zdroje, je potřeba se podívat na další licenční plány samotného Power Apps nebo vlastnit licenci pro Dynamics 365.

Power Apps nabízí dva plány a každý z nich už obsahuje prémiové datové zdroje, jako je např. Microsoft SQL Server nebo integrovaný datový zdroj Common Data Services (CDS) s cloudovým úložištěm na Azure. Přehled licenčních plánů včetně funkcionalit je zpracovaný v Tab. 11. V případě CDS mají oba plány omezenou kapacitu databází a souborů. Pokud by bylo potřeba kapacitu navýšit, musela by se navýšit licence u koncového cloudového úložiště.

Prémiové datové zdroje



Obr. 16: Přehled několika prémiových datových zdrojů, které lze propojit s Power Apps.

Licence Dynamics 365 je ve zkratce inteligentní produktová řada, která obsahuje až 12 podnikových informačních aplikací zaměřených na komplexní dodavatelský řetězec, plánování výroby nebo na řízení vztahů se zákazníky [24]. Kromě toho licence obsahuje platformu Power

Apps zahrnující plán 2, tedy včetně prémiových datových zdrojů (Obr. 16). Vlastnit licenci umožňující připojit k Power Apps prémiový interní či externí datový zdroj neznamena, že si lze vytvořit datovou sadu např. na Amazon Redshift. Při napojování externích SQL databází, které nejsou součástí rodiny Microsoft 365 např. Amazon Redshift, je potřeba mít ještě zaplacenou licenci externího úložiště. [25]

Tab. 11: Přehled licencí, ve kterých je dostupný Power Apps. Ceny jsou platné k 04.2022. Převzato a upraveno z [26].

Název licence	Cena za licenci	Funkcionality licence
Power Apps pro Microsoft 365	Součástí licence Microsoft 365 – cena není veřejně dostupná	Aplikace pouze pomocí plátna
		Připojení standardních zdrojů, které jsou součástí Microsoft 365 (Excel, SharePoint,...)
		Automatizované toky pomocí Power Automate
Power Apps plán 1	4,20 € uživatel/aplikace/měsíc	Aplikace pomocí plátna, modelu, portálu
		Připojení standardních i prémiových zdrojů (CDS, SQL, Amazon Redshift,...)
		Rozšířené Power Automate toky
		CDS kapacita databáze 50 MB, Kapacita souborů 400 MB
Power Apps plán 2	16,90 € uživatel/měsíc	Aplikace pomocí plátna, modelu, portálu
		Připojení standardních i prémiových zdrojů
		Rozšířené Power Automate toky
		CDS kapacita databáze 250 MB, Kapacita souborů 2 GB
Dynamics 365	Součástí licence Dynamics 365	Vše, co zahrnuje Power Apps plán 2

4.3 Představení Power Apps platformy

Power Apps je platforma, která umožňuje digitalizaci a automatizaci procesů, obchodních i pracovních postupů. Je schopná propojit až stovky datových zdrojů interních či externích a vytvořit vlastní aplikaci ve firemní nebo školní organizaci. Datovými zdroji nejčastěji bývají Microsoft Dataverse, Common Data Services, Excel, Office 365, Dynamics 365, SharePoint List nebo relační databáze v SQL Server Services. Typickými příklady použití Power Apps jsou činnosti, kde uživatel čte informace z datového zdroje, následně provádí úpravy a zápis nových údajů do datového skladu. Vše probíhá přes intuitivní uživatelské prostředí v Power Apps. Ve firemních organizacích je to například plánování dovolené, schvalování požadavků, hlášení reportů z terénu pomocí mobilního telefonu. Mezi přednosti platformy patří schopnost aplikace vytvořené v Power Apps spustit se souběžně na několika zařízeních jako je webový prohlížeč, tablet a mobilní telefon. [27]



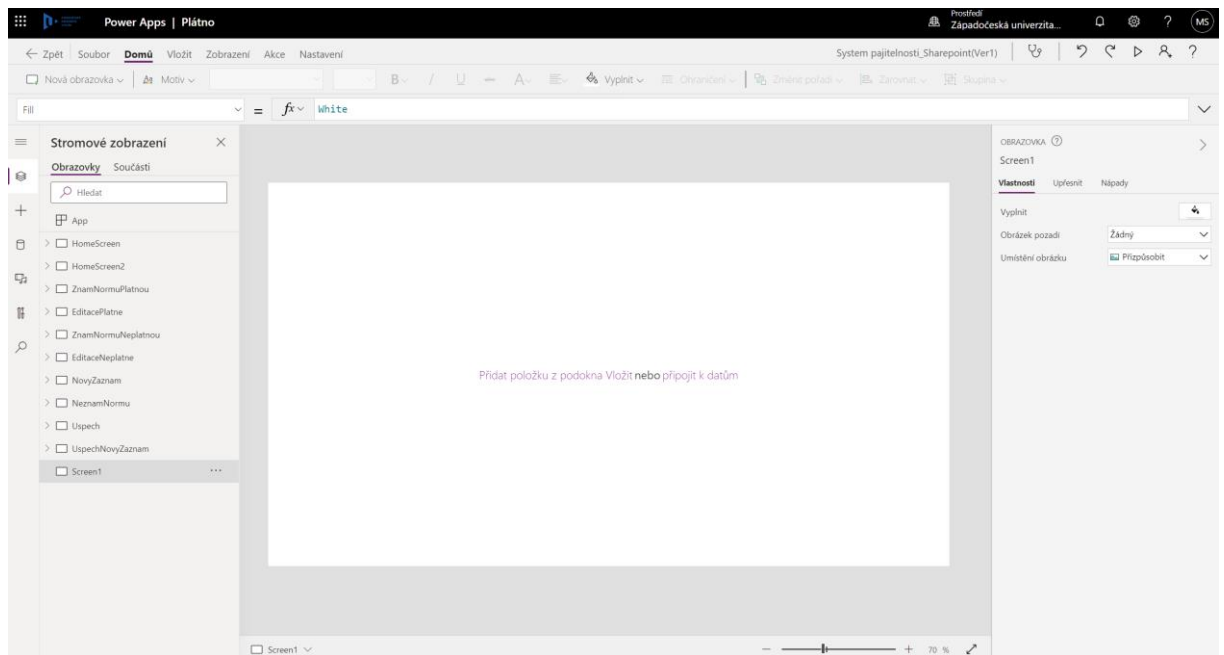
Obr. 17: Power Apps platformu lze používat souběžně na stolních či mobilních zařízeních. Převzato z [28].

V Power Apps lze vytvořit až tři druhy aplikací. Každá je něčím charakteristická, v každé lze použít určitý typ datových skladů a všechny jsou dostupné v různých licenčních plánech. Jejich popis je přiblížen v následujících kapitolách.

4.3.1 Aplikace pomocí plátna

Základní možnost, jak vytvořit aplikaci je pomocí čistého plátna. Uživatel si sice může vybrat z několika šablon, které jsou předpřipraveny, nicméně to jsou šablony na již předem určené firemní procesy a úkony. Pokud chce uživatel sestavit aplikaci na míru podle vlastních potřeb, je lepší začínat z čistého plátna a postavit aplikaci podle sebe. Po zvolení aplikace pomocí plátna si uživatel vybírá formát zobrazení – zda bude aplikace primárně pro telefon

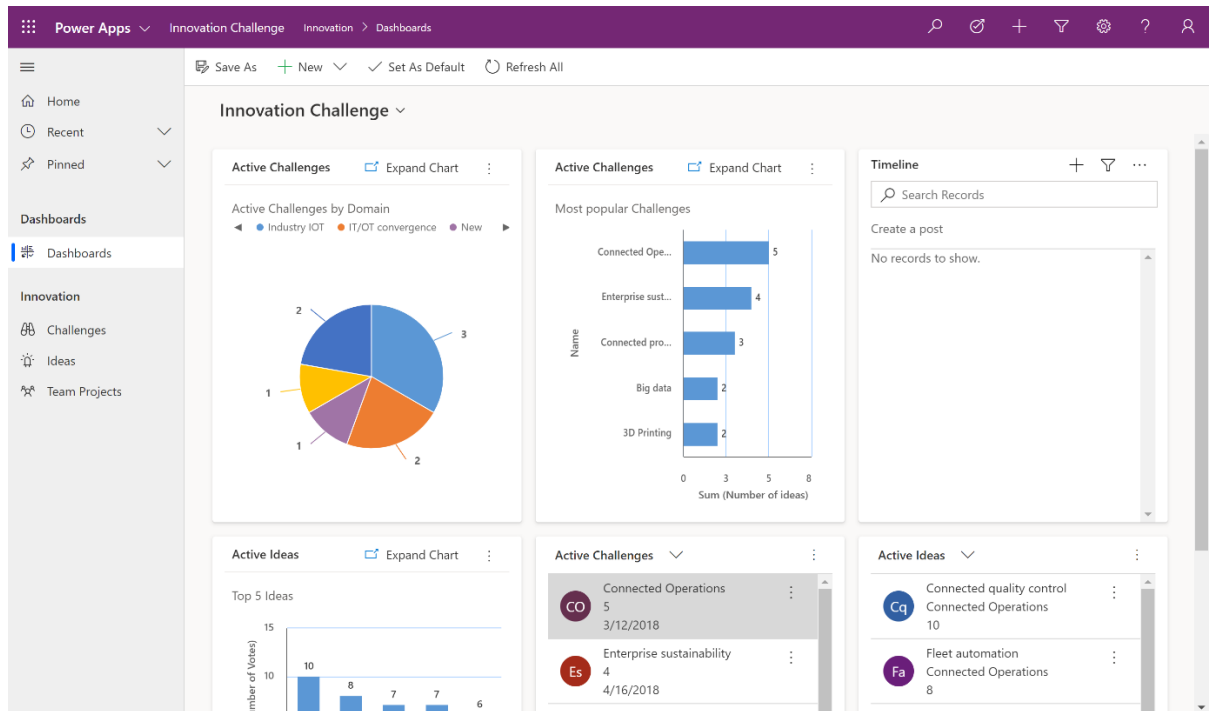
(orientace aplikace na výšku) nebo tablet (orientace na šířku). Následně uživatel nastaví zdroj dat, sestaví jednotlivé obrazovky, do kterých vkládá prvky, ty provazuje s datovými zdroji a přiřazuje jim funkce. Na závěr provádí obrazovky a sestaví ucelenou aplikaci. Pracuje se se všemi dostupnými typy datových skladů. U tohoto typu není potřebná znalost programovacího jazyka, je spíše důležité se seznámit s jednotlivými funkcemi, naučit se je formulovat a kombinovat mezi sebou. [29]



Obr. 18: Ukázka tvorby aplikace pomocí čistého plátna.

4.3.2 Aplikace řízená modelem

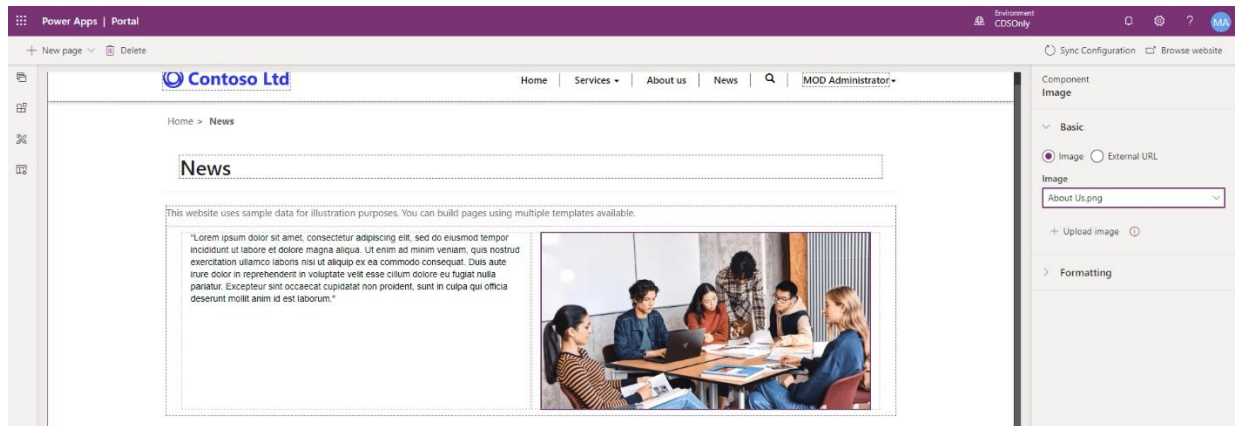
Další variantou je aplikace řízená modelem. Na rozdíl od předchozí varianty je tato aplikace sestavovaná z automaticky vygenerovaných součástí podle datového zdroje [30]. Součástmi mohou být různé dashboardy, grafy, přehledy, formuláře. Celé prostředí je tedy předpřipraveno a uživatel jen nastavuje vztahy mezi součástmi a volí si, jakým způsobem se bude mezi nimi navigovat. Uživatel není nucen seznamovat se se všemi funkcionalitami jako v předchozím případě. Je nutné podotknout, že modelem řízená aplikace není dostupná se základní licencí Microsoft 365, jelikož se zde pracuje s daty Common Data Services, které jsou dostupné až s licencí Dynamics 365, popřípadě s vyššími licenčními plány Power Apps. [31]



Obr. 19: Ukázka tvorby aplikace řízené modelem. Převzato z [31].

4.3.3 Aplikace portálu

Posledním typem aplikace je portál, jenž pomáhá vytvořit webové rozhraní přístupné externím uživatelům, kteří nepatří do firemní organizace. Tito zákazníci mohou úplně anonymně zobrazovat, upravovat data nebo vyplňovat dotazníky spokojenosti. Jedná se tedy o určitý způsob komunikace zákazníka z vnějšího prostředí s firemní organizací, potažmo malou skupinou zaměstnanců uvnitř organizační skupiny přes webové rozhraní. Aplikace jim tedy dovoluje interagovat se zákazníky, informuje je či sbírá důležitá data a propojuje je s celým systémem podnikových informačních systémů. Primárně je tento způsob tvorby aplikace, neboli webového rozhraní, určen organizacím vlastníci licence Dynamics 365. Tvorba portálu je opět založená na minimální znalosti programovacího jazyka, nicméně v některých případech lze uplatnit HTML, JavaScript a podobně. K dispozici je i několik šablon, ale ty jsou dostupné pouze s licencí Dynamics 365. Jako datový zdroj se nejčastěji používá Common Data Services, tudíž tento typ aplikace není přístupný se základní licencí Microsoft 365. [32]



Obr. 20: Ukázka tvorby aplikace portálu. Převzato z [33].

4.4 Databáze

Jak bylo zmíněno výše, v Power Apps lze využívat interní či externí datové zdroje. Mezi interní zdroje patří např. Common Data Services (CDS), což je zjednodušeně řečeno relační databáze integrovaná v Power Apps pracující na cloudovém úložišti Azure Data Lake. I když je tento typ databáze integrován přímo v platformě, má určité limitace a tím je jeho samostatný licenční plán. Znamená to tedy, že se základní licenci Microsoft 365 není dostupný. Zároveň je omezená jeho kapacita v závislosti na zvoleném licenčním plánu. Pokud by tato kapacita i tak nestačila, bylo by potřeba si připlatit u cloudového úložiště. Navzdory tomu, že CDS je integrovaná jak v platformě, tak i při tvorbě aplikace pomocí plátna, není nutné použít právě tento zdroj dat (na rozdíl od aplikace řízené modelem). Vhodná je také jakákoliv externí databáze od SQL Server Services přes Amazon Redshift až po SharePoint List. Hlavní rozdíl je však v zakoupené licenci, jelikož SQL Services a Redshift patří mezi prémiové datové zdroje za příplatek. Oproti tomu v SharePoint Listu, jenž je součástí základních licencí Microsoft Office 365, dostane uživatel komplexní správu dat bez příplatku. [34], [35]

4.5 Porovnání Microsoft Excel a SharePoint List

V návaznosti na kapitolu 4.2, kde bylo vysvětleno licenční pozadí cloudových aplikací Microsoft, a vzhledem k dostupné školní licenci, se nabízí dva datové zdroje – Excel a SharePoint List. Nyní budou popsány jejich hlavní výhody a rozdíly.

4.5.1 Přednosti Excelu

Ačkoli se na první pohled může zdát, že Excel je nahraditelný SharePoint Listem, není tomu tak. Excel vyhrává v pokročilých výpočetních funkcích. SharePoint List sice může provádět jednoduché základní výpočty v jednotlivých buňkách, ale rozhodně se to nevyrovná matematickým funkcím v Excelu. Další předností Excelu je barevné formátování na základě určitých podmínek. V SharePoint Listu tohoto lze dosáhnout také, nicméně je potřeba pokročilá znalost programovacího jazyka. Největší výhoda Excelu je jeho neomezenost, co se týče počtu řádků. V SharePoint Listu je sice taky možné mít téměř neomezené množství řádků, problém je však v zobrazení více než 5000 řádků. Bez správného indexování a filtrování SharePoint List toto jednoduše odmítne chybovou hláškou. [36], [37]

4.5.2 Přednosti SharePoint Listu

SharePoint List je inovativní chytrá platforma, která by měla efektivně shromažďovat informace současně od několika lidí najednou napříč všemi aplikacemi v Microsoft 365 a organizovat tak práci [38]. Například přes uživatelské rozhraní v Power Apps dojde k zápisu nových údajů, ty se následně uloží do Sharepoint Listu, současně se nadřízenému pošle notifikační e-mail přes Outlook a na závěr Power BI graficky zobrazí zapsané údaje. Mezi další přednosti SharePoint Listu patří pokročilejší filtrace, možnost přidělit práva na určité oblasti konkrétním uživatelům, to znamená, že jeden uživatel může např. editovat jen první polovinu údajů a druhý uživatel zbylé údaje. Za zmínku stojí unikátnost, kdy všichni uživatelé vědí, že existuje pouze jeden datový sklad online v SharePoint Listu, oproti Excelu, kde si kdokoli může vytvořit kopii na lokálním disku. [39]

4.5.3 Hlavní rozdíly

Tab. 12: Porovnání hlavních rozdílů mezi Excelem a SharePoint Listem. Převzato a upraveno z [40].

Prvek nastavení	Excel	SharePoint List
Formát sloupců	Text, číslo, datum	Text, více řádkový text, číslo, datum, uživatel, výběr z možností, HTML odkaz (celkem 15 formátů)
Kontrola vstupních dat	Omezené	Lze nastavit podmínky jak pro sloupce, tak pro řádky
Nastavení povinných buněk	Nelze provést	Lze nastavit povinné nebo volitelné sloupce
Sdílení	Všichni, kdo mají přístup mohou editovat celou tabulku	Určení uživatelé mohou zobrazovat/editovat jen část nebo celou tabulku
Automatizace procesů	Potřeba naprogramovat	Integrace s Power Apps, Power BI, Power Automate s dalšími aplikacemi v Microsoft 365
Notifikace při zapsání nových údajů	Potřeba naprogramovat	Lze

4.6 Zpracování databáze v SharePoint Listu

Na základě výhod popsaných v kapitole 4.5 byl právě SharePoint List vybrán jako datový zdroj pro aplikaci k testování pájitelnosti. Tím hlavním důvodem byla hlavně jeho integrita s Power Apps a dalšími aplikacemi od Microsoft.

Nadpis	Platnost	Druh vzorku	Ověření	Metoda vyhod...	Metoda pájení	Velikost pozadí...	Úhel ponoru	Hloubka ponoru	Rychlost ponoru	Pájecí slitina	Slabění slitiny	Tavnísto	Teplota testu	Doba ponoru L...	Vyhodnocení
EC 60068-2-30 (2008)	Platnost	Tříd	Směšnost	Vizuální	Prostředí v pájecí k...	/	Neaplikováno	Tak aby byla zložena nad...	25 x 2,5 mm/s	Okamžitá	Sníží - verze 1	Nastavení (období) 40 225 °C (kategorie) 10 % vzdušné vlhkosti nebo atmosférické. Není	215 ± 3 °C	10 s	Metoda: Dp and kvalifikovaný test. Mikroozem se přiloží - od 4 s do 1 s

Obr. 21: Databáze v SharePoint Listu obsahuje celkem 16 sloupců.

Po důkladné rešerši všech zmíněných technických specifikací popsaných v kapitolách 3 byla sestavena tabulka o 16 sloupcích tzv. atributy (Obr. 21). První sloupec představuje nadpis normy a rok, ve kterém byla norma vydaná. Všechny ostatní sloupce představují parametry, které daná norma upřesňuje. Jednotlivé sloupce obsahují záznamy, které jsou

specifické dle normy. V tabulce se v některých sloupcích záznamy opakují a některé jsou unikátní. To je proto, že SharePoint List není relační databáze. Přesto existují dvě možnosti, jak nahradit relační databázi v SharePoint Listu.

První možností je povolit zobrazení sloupce ‘Identifikátor’ v nastavení. Vytvoří se tímto nový sloupec ‘Identifikátor’ před sloupcem ‘Nadpis’, který každému řádku přidělí identifikační číslo. Následně by se muselo vytvořit celkem 16 tabulek (protože je 16 sloupců), kde by sice každý záznam byl napsaný pouze jednou, ale všechny tabulky by na sebe musely odkazovat pomocí identifikátorů. Vzniklo by tak nepřehledné provázání velkého množství tabulek, které by sice šlo funkčně naprogramovat v Power Apps, ale nepřineslo by to efekt zjednodušení a zpřehlednění seznamu parametrů testů pážitelnosti.

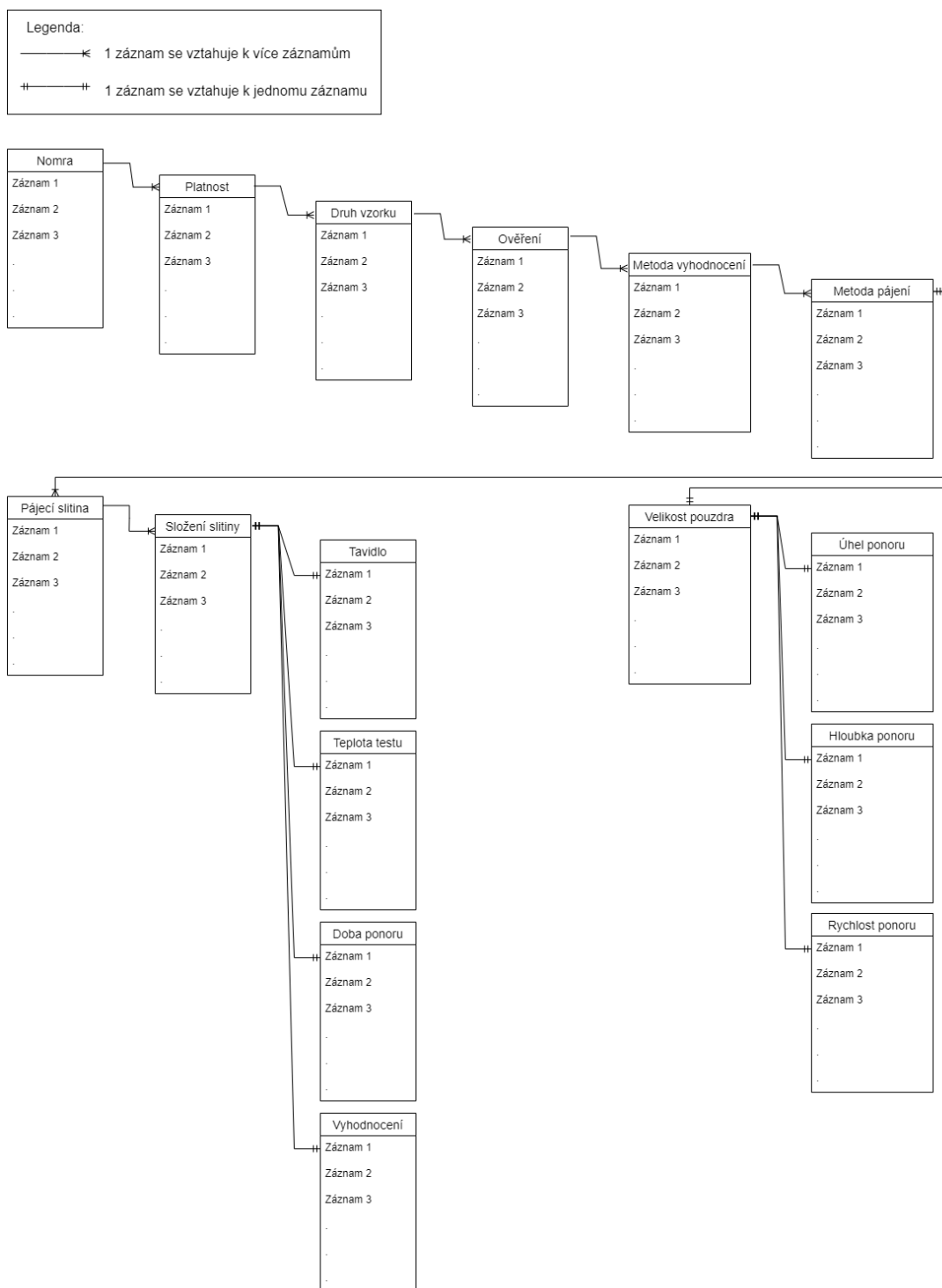
Druhou možností je pracovat pouze s jednou tabulkou a duplikovat záznamy, ke kterým patří více záznamů v jiném sloupci. Konkrétní příklad je, pokud se ve sloupci ‘Druh vzorku’ nacházejí dva unikátní záznamy: ‘THT’ v prvním řádku a ‘SMD’ ve druhém. Oba zmíněné se vážou na sloupec ‘Nadpis’ pouze k záznamu ‘IEC 60068-2-20’, následně se vezme tato buňka a duplikuje se do buňky v dalším řádku tabulky.



Nadpis ▾	Platnost ▾	Druh vzorku ▾
IEC 60068-2-20 (2008)	Platná	THT
IEC 60068-2-20 (2008)	Platná	SMD

Obr. 22: Příklad ukázkání řešení hierarchického rozvětvení v klasickém tabulkovém nástroji SharePoint List.

Tímto způsobem je řešená absence relační databáze a rozvětvení na sobě závislých sloupců v klasické tabulce SharePoint Listu. Pro lepší představení je graficky zpracovaná relační návaznost tzv. ER (Entity Relationship) diagram podle kterého je zpracovaná aplikace (Obr. 23).



Obr. 23: ER diagram relační návaznosti

Celkový náhled tabulky je k dispozici v *Příloha*. Pouze pro tyto účely je zpracovaný v Excelu, protože snímek obrazovky tabulky v SharePoint Listu by nebylo možné zobrazit při takovém množství dat. Současná tabulka v SharePoint Listu obsahuje 127 řádků.

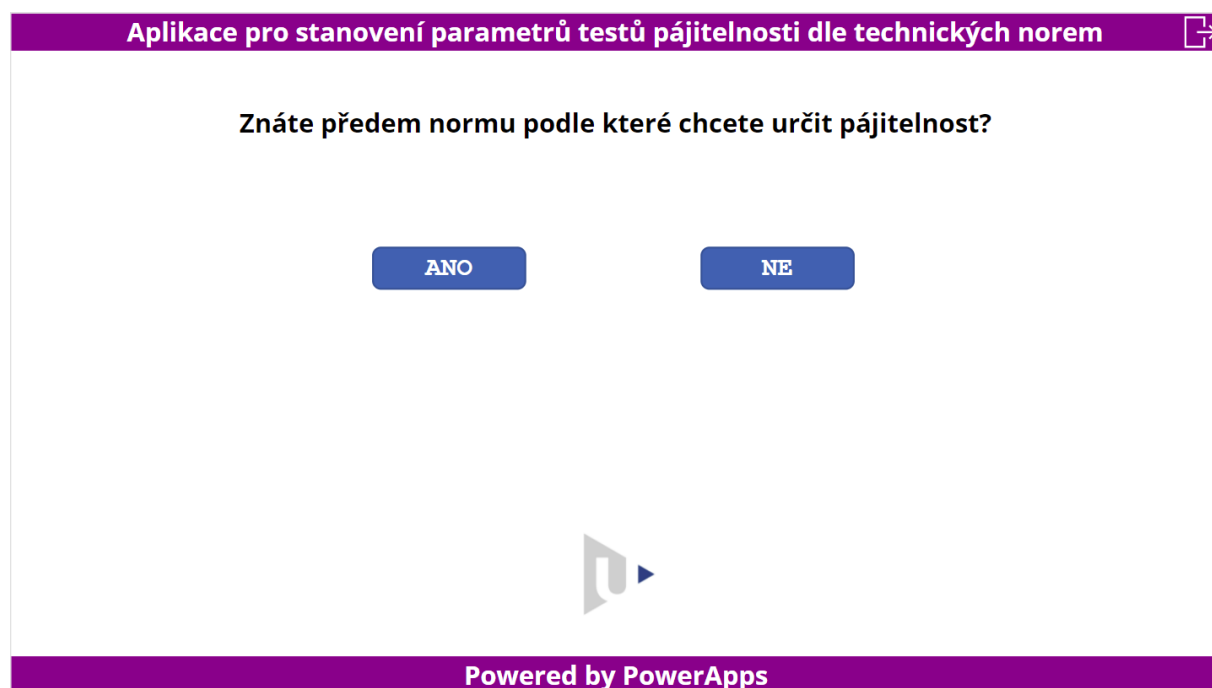
Tab. 13: Přehledný soupis sloupců v databázi s vysvětlivkami.

Název sloupce	Vysvětlení
Nadpis	Úplný název normy
Platnost	Zda se jedná o platnou nebo neplatnou normu
Druh vzorku	Jaké druhy vzorku norma popisuje
Ověření	Jaký typ ověření norma popisuje (smáčivost, tepelná odolnost, ...)
Metoda vyhodnocení	Jakou metodou lze vyhodnotit danou zkoušku (Vizuálně, Metodou smáčecích vah, ...)
Metoda pájení	O jakou metodu pájení se jedná při zkoušce dle normy
Velikost pouzdra	Pokud norma specifikuje velikost pouzdra
Úhel ponoru	Pod jakým úhlem dochází ke zkoušce
Hloubka ponoru	Do jaké hloubky se vzorek má ponořit
Rychlost ponoru	Jakou rychlostí se vzorek má ponořit
Pájecí slitina	Druh použité pájecí slitiny
Složení slitiny	Upřesňující složení pájecí slitiny
Tavidlo	Doporučený druh tavidla a jakým způsobem se aplikuje
Teplota testu	Doporučená teplota pájecí slitiny při zkoušce
Doba ponoru	Po jakou dobu má být vzorek ponořen
Vyhodnocení	Parametry a způsob vyhodnocení zkoušky

4.7 Funkce aplikace

V této kapitole bude popsána funkčnost celé aplikace od úvodní obrazovky až po závěrečnou, bude předloženo, jakým způsobem se může uživatel pohybovat v aplikaci a jak lze editovat stávající záznamy v databázi či přidávat nové přes uživatelské prostředí. V následující kapitole poté bude nastíněno pozadí aplikace (takzvaně to, co se skrývá za oponou), struktura vypracování této aplikace (v čem spočívá úloha tlačítek a rozbalovacích možností a jak se vlastně pracuje v editorském prostředí v Power Apps).

Po spuštění aplikace se zobrazí úvodní obrazovka (Obr. 24), která se ptá uživatele, jakým způsobem by chtěl dojít k finálním parametrům testů pážitelnosti dle normy. Předpokládá se, že tato aplikace bude sloužit především pro účely Katedry materiálů a technologií (KET) na Západočeské univerzitě v Plzni, kde s aplikací bude pracovat buď uživatel, který už předem zná technické normy zabývající se problematikou pážitelnosti materiálů v elektrotechnice a chce se podívat na konkrétní normu a získat tak parametry pro nastavení testovací aparatury, nebo s aplikací bude pracovat uživatel, který sice nezná konkrétní normy, ale zná parametry svého testovacího vzorku, pájecí slitiny a především zná metodu, kterou by chtěl vzorek zkoumat. Aplikace tedy položí uživateli na úvodní obrazovce rozřazující otázku s výběrem dvou odpovědí. Pokud vybere možnost ‘ANO’, aplikace dá na výběr volby z platných a neplatných norem. Jestliže se v databázi nevyskytují např. žádné neplatné normy, je toto tlačítko deaktivované. Neplatné normy zůstaly zachovány z toho důvodu, že uživatel může přistupovat k aplikaci v době, kdy v minulosti provedl test vzorku, od té doby vyšlo nové vydání s novými parametry, ale uživatel si potřebuje ověřit zkoušku dle staré (neplatné) normy.



Aplikace pro stanovení parametrů testů pážitelnosti dle technických norem

Znáte předem normu podle které chcete určit pážitelnost?

ANO NE

Powered by PowerApps

Obr. 24: Úvodní obrazovka aplikace.

Po volbě platné či neplatné normy se uživatel dostane na obrazovku s rozevíracími seznamy, tzv. dropdowny. Každý dropdown je popsán a po rozkliknutí se uživateli zobrazí možnosti volby. Před výběrem první volby je aktivovaný pouze první dropdown a všechny

ostatní jsou deaktivované. Po zvolení volby v prvním rozevíracím seznamu se uživatel aktivuje další dropdown a takto jsou kaskádovitě aktivovány další. Po výběru v posledním rozevíracím seznamu se na obrazovce zobrazí parametry dané zkoušky pájitelnosti v závislosti na zvolených volbách v rozevíracích seznamech.

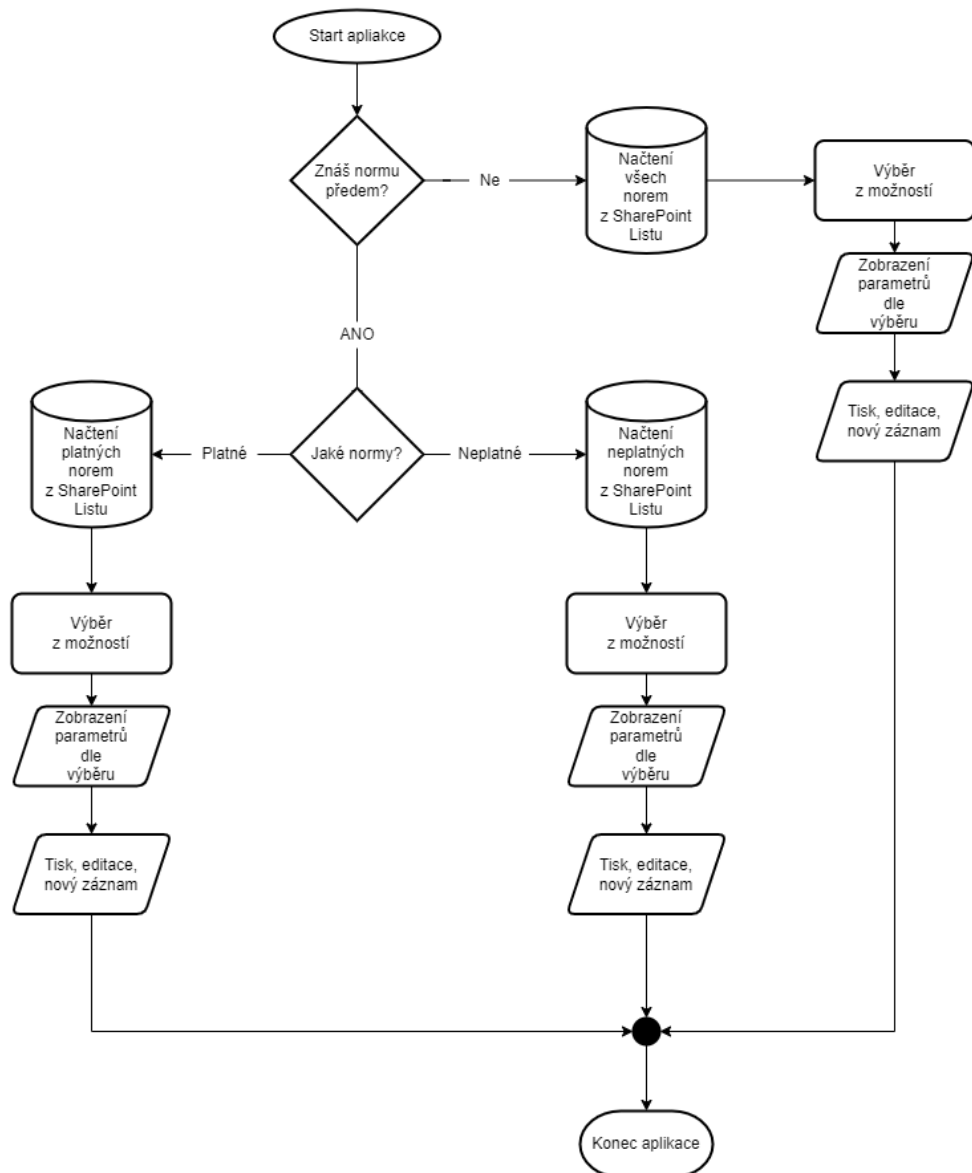
V horní liště obrazovky jsou ikony pro navigaci aplikace. V levém horním rohu jsou zleva tlačítka pro vrácení se o obrazovku zpět, pro obnovení všech rozevíracích seznamů a ikona domečku pro vrácení se na domovskou obrazovku. V pravém horním rohu se zprava nachází ikony pro tisk zobrazených parametrů, pro editaci současných parametrů a poslední ikona slouží k zápisu nových údajů do databáze.

V obrazovce pro editaci parametrů se uživateli zobrazí všechny parametry v editačním režimu, tedy okna s textovým zadáváním. Je možné upravit několik údajů najednou nebo jen jeden a uložit pomocí ikony 'disketa', data se automaticky přepíší do databáze v SharePoint Listu. Po stisknutí uložení se objeví potvrzení, zda došlo k uložení dat, a následně se uživatel vrátí na úvodní obrazovku.

Obr. 25: Ukázka obrazovky s volbou vstupních dat pro definici parametrů testů pájitelnosti bez znalosti norem.

Při výběru odpovědi 'NE' na úvodní obrazovce se uživatel dostane na podobnou obrazovku (Obr. 25), jako by normu znal předem, ale aplikace mu pokládá otázky v trochu jiném pořadí. Nejprve si zvolí, jaký druh vzorku uživatel plánuje testovat, následuje výběr druhu

ověření, metoda vyhodnocení a volba použité pájecí slitiny. Na základě těchto zvolených možností aplikace uživateli nabídne dostupné normy, které to specifikují. Na Obr. 26 lze vidět vývojový diagram uživatelského prostředí aplikace.

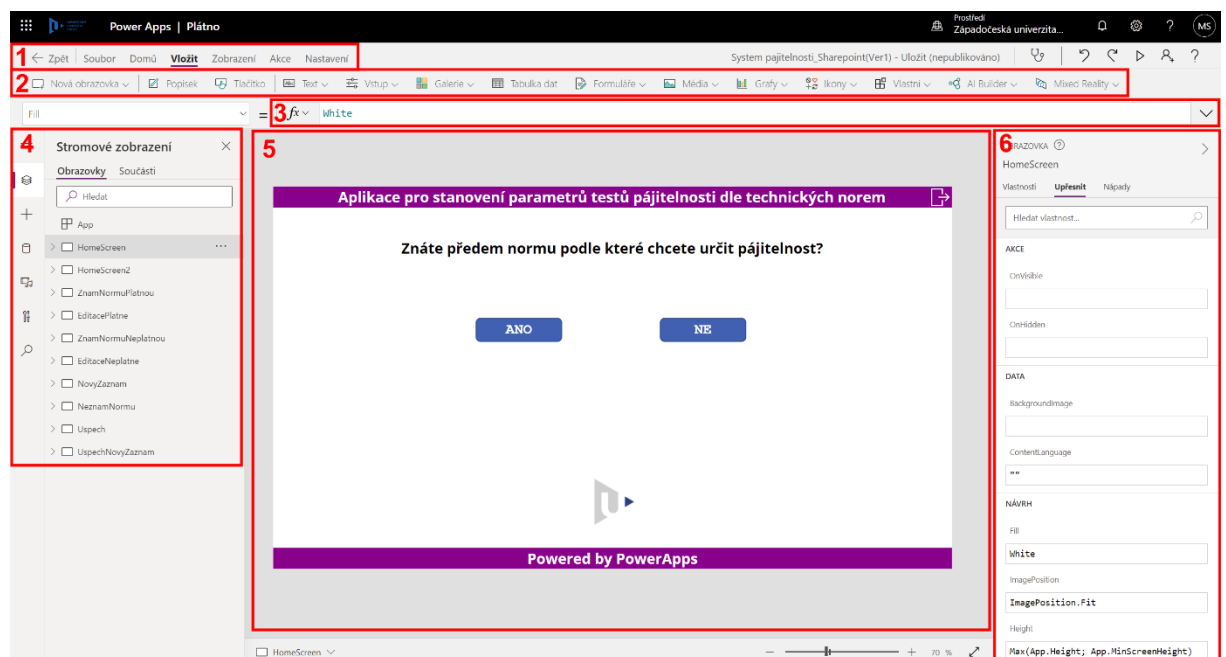


Obr. 26: Vývojový diagram uživatelského prostředí aplikace.

4.8 Postup vypracování aplikace

Na základě přiblížení licenčních možností v kapitole 4.2 lze tedy konstatovat, že je možné v univerzitní licenci využít pouze aplikaci pomocí plátna (pro účely této práce je tato aplikace ale plně dostačující, dokonce i plně vyhovující). Po vybrání tohoto typu aplikace Power Apps vyzve editora k vyplnění názvu aplikace a zvolení formátu. V tomto případě byl zvolen formát na šířku.

V prostředí pro editora se následně vytvoří čisté plátno s ovládacími prvky (Obr. 27). Číslo 1 reprezentuje hlavní nabídku, kde editor může aplikaci ukládat, zveřejňovat, sdílet, vkládat jednotlivé prvky a nastavovat aplikaci obecně. Číslo 2 znázorňuje panel nástrojů s jednotlivými prvky vstupních hodnot (tlačítko, textové zadávání, rozevírací seznam, zadávání data), dále se zde nachází galerie, grafy, ikony a mnoho dalšího. Číslo 3 je okno, kam editor píše funkce samostatných prvků, např. funkce typu podmínek, příkazů, akcí tlačítek a všech ostatních prvků. Číslo 4 zastupuje panel, v němž editor přidává obrazovky aplikace a připojuje datový sklad. Plátno zvolené obrazovky, kde se sestavuje aplikace, je vidět v čísle 5. Panel 6 potom představuje konfiguraci prvků od obecných vlastností až po pokročilejší funkce.

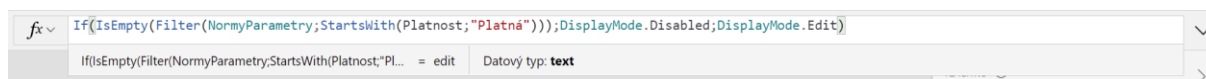


Obr. 27: Prostředí Power Apps pro editora.

Jako první se připojil k aplikaci datový sklad pojmenovaný jako 'NormyParametry'. Vybral se zdroj SharePoint List a vložila se URL adresa z SharePoint Listu. Power Apps následně provázal aplikaci s datovým skladem v SharePoint Listu. Poté do aplikace byly

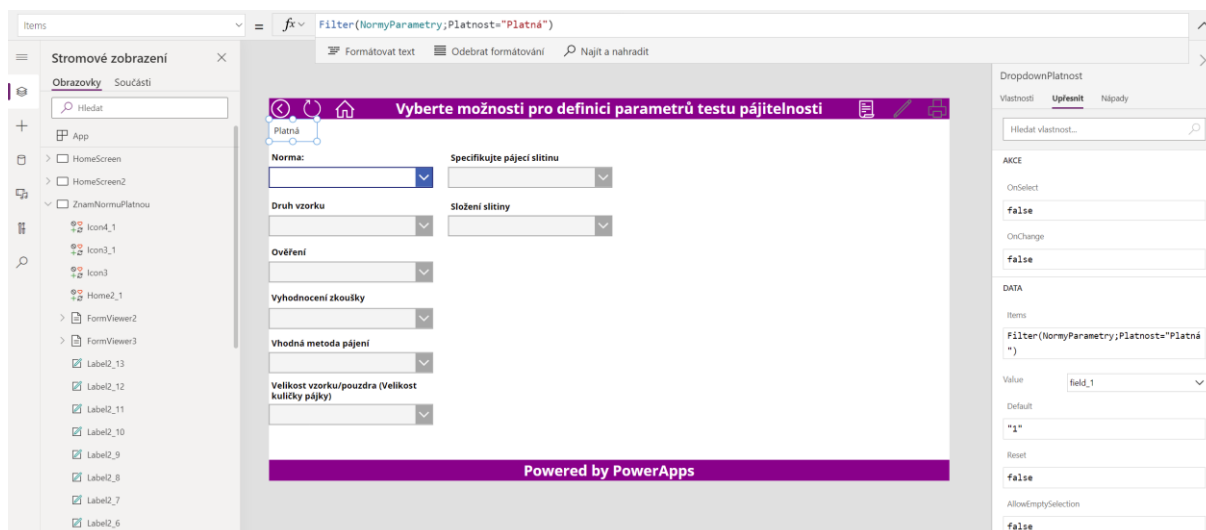
přidané a nadepsané nové obrazovky, které jsou vidět na Obr. 27 v panelu 4 ve stromovém zobrazení.

Vypracování aplikace začalo úvodní obrazovkou, kam se vložily texty, dvě tlačítka a ikona na opuštění aplikace. Tlačítka jsou definovaná na kliknutí jednou funkcí a tou je *Navigate(cílová obrazovka)*, tlačítko ‘ANO’ je tedy nastaveno *Navigate(HomeScreen2)*. Po kliknutí se uživatel přesune na obrazovku s názvem *HomeScreen2*. V této obrazovce jsou nadefinovaná další dvě tlačítka pro přesměrování uživatele na normy pouze platné či neplatné. Obě tlačítka jsou opět nadefinovaná na kliknutí tak, aby navigovala na příslušnou obrazovku. Kromě navigace je nastavena další vlastnost tlačítka, tzv. *DisplayMode* – zde se definuje funkce zobrazení tlačítka (Obr. 28). Zobrazení tlačítka je definováno hned několika funkcemi, a tím jsou *StartsWith()*, *Filter()*, *IsEmpty()* a *If()*. Nejlepší cesta, jak vysvětlit princip, je začít u podmínky *Filter()*. *Filter(zdroj; logický test)* je podmínka, která filtruje zdroj podle logického testu. Jako zdroj si lze představit datový sklad, se kterým aplikace pracuje. V tomto případě databáze v SharePoint Listu pojmenovaná ‘NormyParametry’. Logickou podmínkou je použita funkce *StartsWith()* zkoumající textový řetězec, v tomto případě ve sloupci ‘Platnost’, jež hledá slovo “Platná”. Funkce *Filter()* je vnořena do funkce *IsEmpty()*. Znamená to, že pokud se ve sloupci ‘Platnost’ nenachází žádné slovo, “Platná” funkce vrátí hodnotu true. Všechny tyto funkce jsou vnořeny do podmínky *If()*, která říká, že pokud nebylo nalezeno slovo “Platná”, bude *DisplayMode* deaktivován (tlačítko nelze stisknout). Pokud slovo bylo nalezeno, tlačítko bude aktivované.



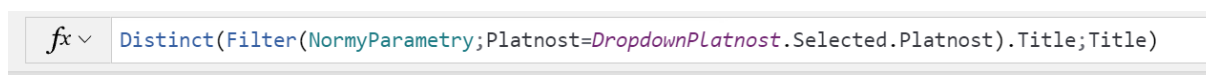
Obr. 28: Použití podmínek *StartsWith()*, *Filter()*, *IsEmpty()* a *If()* pro definování zobrazovacího režimu tlačítka.

Po kliknutí na tlačítko platných norem aplikace přesune uživatele na obrazovku *ZnamNormuPlatnou* (Obr. 29). Pro vysvětlení principu filtrace pouze platných norem byl zviditelněný prvek, který není pro běžného uživatele aplikace viditelný. V aplikaci slouží pouze k filtraci platných norem. Prvek pomocí již známé funkce *Filter()*, zobrazuje datový typ takový, který ve sloupci platnost vrací text “Platná”. Tímto způsobem je ošetřeno, že uživatel na této obrazovce bude vybírat v rozevíracích seznamech pouze z platných norem.



Obr. 29: Příklad zobrazení pouze platných norem na obrazovce ZnamNormuPlatnou.

V prvním rozevřacím seznamu bylo zapotřebí nastavit, aby uživatel dostal na výběr pouze z platných norem, tedy to, co již zobrazuje předešlý prvek. Předešlý prvek je ve formě rozevřacího seznamu, ale upravený tak, že jeho výchozí hodnota již je zvolena a není viditelná pro uživatele. Rozevřací seznam normy (Obr. 30) je ošetřen opět funkcí *Filter()*, který znamená „filtruj sloupec ‚Title‘ (sloupec ‚Nadpis‘ v SharePoint Listu) podle datového skladu ‚NormyParametry‘“. Logickou podmínkou je v tomto případě *Platnost=DropdownPlatnost.Selected.Platnost*, což znamená to, co bylo zvoleno v *DropdownPlatnost* (prvek, který již vrací pouze platné normy) ve sloupci *Platnost*. Tato funkce je ještě vložena do funkce *Distinct()*, která vyhodnocuje vzorec a odstraňuje všechny duplicitní výsledky. Kdyby rozevřací seznam byl nastaven pouze funkcí *Filter()*, uživatel by dostal všechny výrazy ve sloupci ‚Title‘ patřící k buňkám „Platná“ ve sloupci ‚Platnost‘. Proto bylo potřeba vizuálně odstranit duplicitní výrazy.



Obr. 30: Způsob nastavení filtrace rozevřacího seznamu

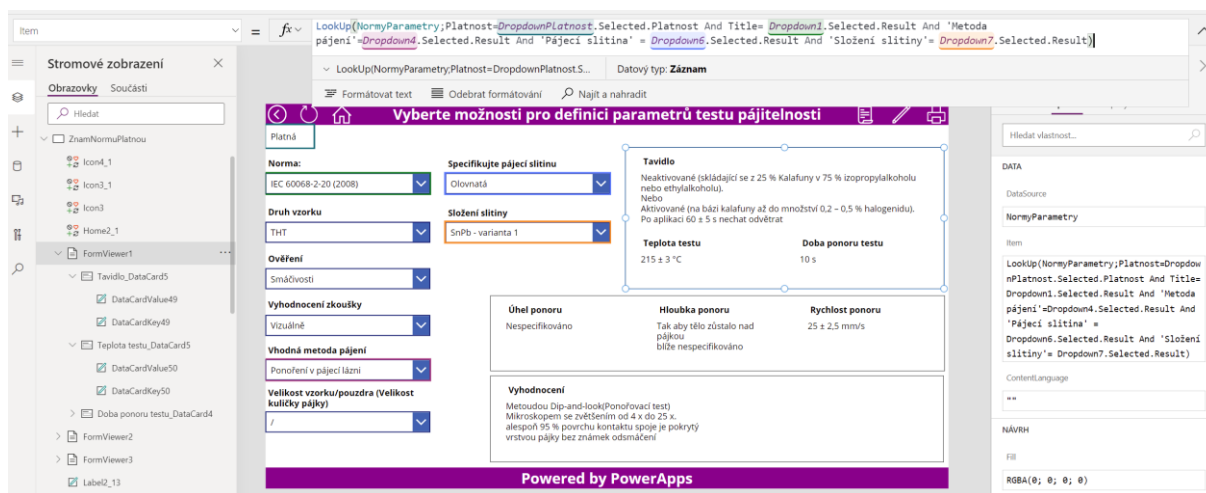
Nastavení následujícího rozevřacího seznamu pro výběr druhu vzorku je velice podobné, akorát zde dochází ke kaskádovitému řetězení funkcí dle sloupců v databázi (Obr. 31). Filtruje se tedy sloupec ‚Druh vzorku‘ podle volby v prvním prvku platnosti norem a podle toho, co bylo zvoleno v ‚Dropdown1‘ (rozevřací seznam pro název normy). Uživateli to vrátí takové vzorky, které definuje zvolené číslo normy. Pro další dropdowny se funkce opakují a rozvětvují.

Současně je v aplikaci ošetřeno to, že když uživatel nezvolí možnost v rozevřacím seznamu, nezaktivuje se mu následující dropdown. To je nastaveno v zobrazení tlačítka podmínkou $If(IsBlank(Dropdown1.Selected.Result); DisplayMode.Disabled; DisplayMode.Edit)$, tedy pokud předchozí rozevřací seznam zůstal prázdný, současný dropdown zůstane deaktivovaný, v opačném případě se aktivuje.

```
fx ▾ Distinct(Filter(NormyParametry;Platnost=Dropdown1.Selected.Platnost And Title=Dropdown1.Selected.Result). 'Druh vzorku'; 'Druh vzorku')
```

Obr. 31: Nastavení rozevřacího seznamu pro výběr druhu vzorku, který je filtrován dle předchozích voleb.

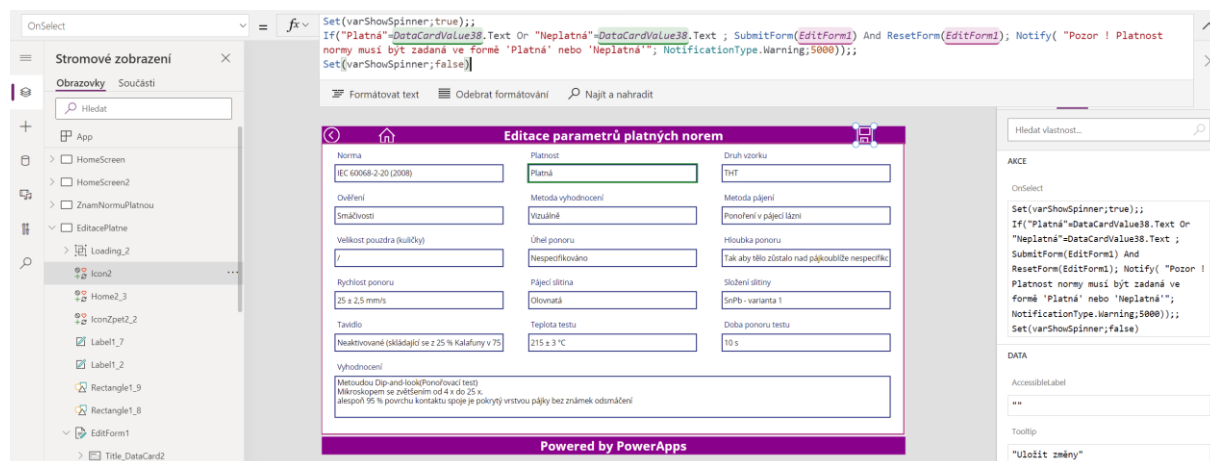
Zobrazení parametrů dané zkoušky pájitelnosti v závislosti na zvolených volbách v rozevřacích seznamech je nastaveno pomocí prvku 'Formulář pro zobrazení', který zobrazuje buňky v datovém zdroji pomocí upřesňujících podmínek. Uvnitř každého formuláře se definují samostatné karty a každá karta představuje sloupec v databázi, tedy hledaný parametr testu pájitelnosti. Na obrazovce *ZnamNormuPlatnou* se konkrétně nacházejí tři formuláře (Obr. 32). Formulář 1 zobrazuje použitý druh tavidla, teplotu a dobu ponoru. Formulář 2 zobrazuje úhel, hloubku a rychlost ponoru a formulář 3 zobrazuje vyhodnocení. Upřesňující podmínkou je ve všech případech funkce *LookUp()*, která vyhledá záznam v tabulce, podle splňujících kritérií. Jelikož parametry ve formuláři 1 jsou závislé na zvolených možnostech v rozevřacích seznamech 'norma', 'vhodná metoda pájení' a 'použitá pájecí slitina', odpovídá těmto volbám pouze jeden řádek v databázi. Naopak formulář 2 je závislý na volbách 'norma', 'metoda pájení' a 'velikosti vzorku'. Formulář 3 je nastaven stejně jako první formulář, ale vyskytuje se samostatně pouze z estetických důvodů. Zobrazení formulářů je nastavené až po výběru volby v posledním dropdownu.



Obr. 32: Nastavení upřesňujících podmínek formuláře 1 pomocí funkce *LookUp()*.

Na stejném principu je vytvořena obrazovka pro editaci parametrů norem. V obrazovce je vytvořen ‘Formulář pro editaci’, ve kterém je vloženo 16 karet textového zadávání, každá karta představuje sloupec v databázi. Editace parametrů je možná pouze po vyplnění všech rozevíracích seznamů na obrazovce *ZnamNormuPlatnou* tak, aby editační formulář věděl, z jakého řádku datového skladu uživatel zobrazuje data. Toho je docíleno opět pomocí funkce *LookUp()* nadefinované ve vlastnostech editačního formuláře.

Obrazovky ukazující parametry dle zvolených norem jsou pevně nastaveny tak, aby zobrazovaly buď platné, nebo neplatné normy. Je tedy ošetřeno upravování tohoto údaje při ukládání editačních parametrů. Tlačítko diskety pro uložení na kliknutí zkoumá, zda je pomocí podmínky *If()* v zeleně označené kartě textového zadávání (Obr. 33) obsažen text “Platná” či “Neplatná”. Pokud ano, uloží data do databáze, pokud ne, vyvolá funkci *Notify()* po dobu 5 s, která upozorní uživatele, že text nezadal správně. Současně s tímto je nastavena vlastnost editačního formuláře, který při úspěšném uložení dat ukáže notifikaci úspěchu a vrátí uživatele na domovskou obrazovku. Při neúspěchu se uživateli objeví notifikace, aby uložení opakovat. Funkce *Set(varShowSpinner;true)* spouští variabilní proměnnou, ve které je uložena animace načítacího kolečka. Kolečko se spustí při ukládání dat a než program ověří, zda uložení dat do databáze proběhlo úspěšně, je po tuto dobu uživateli zobrazeno. Důvodem je zabránění případné kolizi při ukládání a náhodnému překliknutí uživatelem.



Obr. 33: Nastavení podmínek ukládání editačního formuláře platných norem.

Obdobným způsobem je vytvořena obrazovka *NovyZaznam*, kde editační formulář již nehledá pomocí funkce *LookUp()*, ale je pouze spárován s datovým zdrojem, ve kterém vytvoří nový řádek s parametry.

4.9 Sdílení a přenositelnost aplikace a databáze

Sdílení aplikace interně s ostatními členy v organizační skupině není nikterak složité. Je potřeba dodržet jedno pravidlo (na které Power Apps sám upozorní), totiž, že při sdílení aplikace s někým dalším musí mít uživatel současně přístup k datovému zdroji. Editor musí přidělit přístupová práva zvlášť v SharePoint Listu.

Při sdílení aplikace lze nastavit práva ‘uživatelé‘ k užívání funkcionalit nebo práva ‘spoluvlastník‘, která zpřístupní editační úpravy funkcí, nastavení aplikace a možnost sdílení. Vlastník aplikace se ale nezmění. Je možné tedy hovořit o takzvané přenositelnosti, kdy aplikaci „drží při životě spoluvlastník“, jestliže účet vlastníka zanikne. Sdílení aplikace interně s členy organizace lze hromadně se všemi – jednotlivě nebo týmově.

Při sdílení práv SharePoint Listu lze nastavit práva pouze pro zobrazení dat, pro základní úpravy, jako je přidávání a odebrání položek v tabulce bez úprav sloupců, a formátování. Poslední možností jsou práva pro pokročilejší úpravy, kde lze upravit vše zmíněné. Také lze nastavit sdílení na omezenou dobu s datem konce platnosti a zabezpečení heslem. Sdílet lze se všemi, již mají odkaz do databáze v SharePoint Listu – jak s interními, tak externími uživateli, skupinově nebo jednotlivě.

Může nastat situace, ve které je potřeba sdílet aplikaci externě s uživatelem bez účtu Microsoft 365 v místní organizaci nebo s člověkem v jiné organizační skupině. I s tímto si dokáže aplikace poradit, je však zapotřebí dodržet několik kroků. Prvním krokem je povolení Business to Business (B2B) konfigurace správcem v admin centru Microsoft 365. Nastavení této konfigurace umožňuje určit, jací členové v místní organizaci mohou zvat externí uživatele ke spolupráci B2B. Jinak řečeno, jedná se o nastavení povolení možnosti přidání externích uživatelů do místní organizace s jakýmkoli účtem. Kromě samotného přidávání lze také nastavit možnosti omezení v tom, co mohou externí uživatelé typu host vidět v místní organizaci. Bohužel pouhé přidání externího uživatele do místní organizace nestačí. Ke sdílení aplikace je potřeba tomuto hostovi následně přidělit licenční práva k používání Power Apps v místní organizaci, například přidělením alespoň licence Microsoft 365 A3 nebo Microsoft 365 E3, popřípadě na omezenou dobu lze aktivovat také Power Apps 30 dní zkušební verze. Po splnění těchto kroků je umožněno vlastníkovvi a spoluvlastníkovi sdílet aplikaci a databázi s externím uživatelem typu host.

Nutno podotknout, že tento postup je aplikovatelný v obou případech, kdy vlastník potřebuje sdílet aplikaci v jiném organizačním prostředí. Musí být tedy přidán do organizace

jako host pod současným e-mailem a zároveň mu musí být přidělena licence obsahující Power Apps.

Závěr

V teoretické části byl čtenáři přiblížen pojem pájitelnost, bylo uvedeno, co všechno tento pojem představuje a jaké parametry ho definují. V následující podkapitole byly tyto parametry, jež dohromady určují kvalitu pájeného spoje, podrobně popsány. Parametry smáčivosti lze vyhodnocovat třemi způsoby. Statický způsob spočívá v měření kontaktního úhlu mezi plochou vzorku a tečnou přilnuté pájky. Kvantitativní způsob vyhodnocování zkoušky je dynamické vyhodnocení, tj. měření síly působící na vzorek v závislosti na čase. Pojmem kvalitativní způsob je označováno vizuální vyhodnocení, při kterém se zkoumá procentuální pokrytí plochy pájkou pájeného místa.

Pro všechny tyto parametry pájitelnosti existují metody testování. V druhé kapitole byl věnován prostor pěti nejběžněji používaným metodám. Je možno na tyto metody nahlížet v pořadí od nejpoužívanější až po tu nejméně používanou. Nutno podotknout, že metoda *Ponoření do kuličky pájky* a *Kuličkový test* nejsou totožné, ač mají podobný název. Liší se postupem vyhodnocení smáčivosti. První zmíněná metoda zkoumá závislost smáčivé síly na čase a druhá zkoumá čas naměřený mezi prvním dotykem vývodu s kuličkou pájky až po úplné spojení kuličky nad vývodem.

Ve třetí kapitole byly blíže představeny technické specifikace upřesňující parametry pro již zmíněné metody testování. Jedná se o mezinárodní specifikace IEC a IPC popisující návody a metodiku pro vyhodnocení pájitelnosti.

V dnešní době je současným trendem přesouvání firemní infrastruktury ze serverových úložišť do cloudu. Souběžně s tím se dostávají do popředí nízkoprogramovací platformy umožňující sestavení aplikace. Praktická část se tedy skládá ze sestavení databáze a vypracování aplikace. Cílem této části bylo tedy vytvořit aplikaci v platformě s minimálním použitím psaného kódu a databázi pracující na cloudové platformě. Výstupem měl být systém pro snadnou orientaci v normách zabývající se problematikou pájitelnosti. Zároveň měl být systém navržený jak pro odborníka v oboru, tak pro laika. Pro splnění účelů této práce byla vybrána platforma Power Apps od Microsoft Corporation a databáze v SharePoint Listu. V kapitole byly udány důvody zvolení těchto platforem a licenční možnosti. Přes značné omezení kvůli dostupné licenci se i tak povedlo vypracovat databázi, kterou lze napojit do platformy Power Apps. Výhodami zpracování databáze v SharePoint Listu je jeho úzké napojení na Power Apps. Databáze je uložena v cloudu a lze ji přidělit odlišná přístupová práva různým lidem. Nevýhodou je, že se uživateli na první pohled může zdát nepřehledná, jelikož se jedná o relační databázi zpracovanou v klasickém tabulkovém prostředí bez relačního

provázání. V návaznosti na to se tedy jednotlivé záznamy v tabulce opakují. Tuto nevýhodu kompenzuje vytvořené intuitivní uživatelské prostředí aplikace, v němž si uživatel výběrem možností nadefinuje parametry testů pájitelnosti odpovídající jeho potřebám. Samostatné parametry lze jednoduše editovat, mazat a vytvářet do databáze skrz aplikaci.

Všechny body zadání diplomové práce byly splněny. Především se vydařila aplikace pro stanovení parametrů testů pájitelnosti, která odborníkovi ušetří čas při orientování se v normách. Laikovi přehledně zprostředkuje parametry testů pájitelnosti dle norem.

Seznam literatury

- [1] STARÝ JIŘÍ and KAHLE PETR. Plošné spoje a povrchová montáž. *Vysoké učení technické v Brně* [online]. 2011 [Cit.: 2022-01-07]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/2635621-Ing-jiri-stary-ph-d-ing-petr-kahle-plosne-spoje-a-povrchova-montaz.html>
- [2] CONCOAT GROUP COMPANY. *Solderability Testing System* [online]. [Cit.: 2022-01-07]. Dostupné z: http://www.ab-electronic.com/resources/archivosbd/productos_documentos/20070308113205must_ii.pdf
- [3] WASSINK, Klein R.J. *Soldering in Electronics: A Comprehensive Treatise on Soldering Technology for Surface Mounting and Through-hole Techniques*. Port Erin: Electrochemical Publications, 1994. ISBN 0-901150-24-X.
- [4] ABEL M. and CIMBUREK V. *Bezolovnaté pájení v legislativě i praxi*. Vyd. 1. Pardubice: ABE.TEC, 2005. ISBN 80-903597-0-1.
- [5] JIŘÍ BARTÁK A KOLEKTIV. Fyzikální podstata pájení. *Techportal.cz* [online]. 2012 [Cit.: 2022-01-09]. Dostupné z: <https://www.techportal.cz/33/fyzikalni-podstata-pajeni-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4Eoqedn9IqOoGMIveITsb5wU/?query=p%E1jen%ED&serp=1>
- [6] ASSOCIATION CONNECTING ELECTRONICS INDUSTRIES (IPC). *J-STD-003c - Solderability Tests for Printed Boards* [online]. 2013 [Cit.: 2022-03-20]. Dostupné z: <https://shop.ipc.org/general-electronics/standards/j003-w12-cw12-english>
- [7] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. *IEC 60068-2-20 - Environmental testing, Tests-test T: test methods for solderability and resistance to soldering heat of devices with leads*. [online]. 2008 [Cit.: 2021-11-15]. Dostupné z: <https://webstore.iec.ch/publication/62437>
- [8] KRÜSS. *Contact angle* [online]. [Cit.: 2022-01-14]. Dostupné z: <https://www.kruss-scientific.com/en/know-how/glossary/contact-angle>
- [9] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. *IEC 60068-2-69 - Environmental testing, Tests-test Te/Tc: solderability testing of electronic components and printed boards by the wetting balance (force measurement) method* [online]. 2017

- [Cit.: 2022-01-14]. Dostupné z: <https://webstore.iec.ch/publication/62437>
- [10] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. *IEC 60068-2-58 - Environmental testing, Tests-test Td: test methods for solderability, resistance to dissolution of metallization and to soldering heat of surface mounting device (SMD)* [online]. 2017 [Cit.: 2022-01-14]. Dostupné z: <https://webstore.iec.ch/publication/62437>
- [11] SMT CENTRUM - ŠKOLENÍ A SLUŽBY V OBLASTI PÁJENÍ. Pájený spoj, pájitelnost. *ABE.TEC* [online]. 2017 [Cit.: 2022-01-12]. Dostupné z: <https://www.smtcentrum.cz/pajeny-spoj-pajitelnost/?pg=1>
- [12] Solderability Testing. *University of Bolton* [online]. [Cit.: 2022-01-11]. Dostupné z: http://www.idc-online.com/technical_references/pdfs/mechanical_engineering/Solderability_Testing.pdf
- [13] LINCH, H. S. *Aging effects on the microstructure, surface characteristics and wettability of Cu pretinned with Sn-Pb solders* [online]. 1993 [Cit.: 2022-01-11]. Dostupné z: <https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc1276533/>
- [14] DAVID G. LOVERING. *Molten Salt Technology* [online]. Boston, MA: Springer US, 1982. ISBN 978-1-4757-1726-6. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-4757-1724-2
- [15] PIETRIKOVÁ A., ĎURIŠIN D. and MACH P. *Diagnostika a optimalizácia použitia ekologických materiálov pre vodivé spájanie v elektronike*. 1. vydanie. Košice: Fakulta elektrotechniky a informatiky Technickej univerzity v Košiciach, 2010. ISBN 978-80-553-0447-2.
- [16] CIRCUIT ENGINEERING MARKETING CO LTD. Solderability Test Machine. *Cemco.com* [online]. [Cit.: 2022-03-15]. Dostupné z: <https://media.pcbequipment.com/machine-doc/27687/solderability-tester-current.pdf-4.pdf>
- [17] TE CONNECTIVITY. *Solderability Dip Test TEC-109-11* [online]. 2014 [Cit.: 2022-02-17]. Dostupné z: https://www.te.com/commerce/DocumentDelivery/DDEController?Action=showdoc&DocId=Specification+Or+Standard%7FTEC-109-11%7FY%7Fpdf%7FEnglish%7FENG_SS_TEC-109-11_Y_TEC-109-

- 11.pdf%7F794783-1
- [18] WIKIPEDIA CONTRIBUTORS. IEC 60068 - Environmental testing. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [online]. [Cit.: 2022-01-12]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=IEC_60068_-_Environmental_testing&oldid=1037117676
- [19] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. *IEC 60068-2-83 - Environmental testing, Test Tf: Solderability testing of electronic components for surface mounting devices (SMD) by the wetting balance method using solder paste* [online]. 2011 [Cit.: 2022-02-28]. Dostupné z: <https://webstore.iec.ch/publication/62437>
- [20] EIA/IPC/JEDEC. *J-STD-002d - Solderability Tests for Component Leads, Terminations, Lugs, Terminals and Wires* [online]. 2011 [Cit.: 2022-03-15]. Dostupné z: <https://shop.ipc.org/general-electronics/standards/j002-0-d-english>
- [21] ASSOCIATION CONNECTING ELECTRONICS INDUSTRIES (IPC). *IPC-TM-650 Test Methods Manuals number 2.4.14.2: Liquid Flux Activity, Wetting Balance Method* [online]. 2004 [Cit.: 2022-03-25]. Dostupné z: https://www.ipc.org/sites/default/files/test_methods_docs/2.4.14.2a.pdf
- [22] GEEKSFORGEEKS. *Top 10 Programming Languages to Learn in 2022* [online]. January 2022 [Cit.: 2022-04-25]. Dostupné z: <https://www.geeksforgeeks.org/top-10-programming-languages-to-learn-in-2022/>
- [23] SAM SOLUTIONS. *Top 22 Software Development Trends 2022* [online]. 2022 [Cit.: 2022-04-25]. Dostupné z: <https://www.sam-solutions.com/blog/software-development-trends/#13>
- [24] WIKIPEDIA CONTRIBUTORS. Microsoft Dynamics 365. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [online]. [Cit.: 2022-04-17]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Dynamics_365
- [25] MICROSOFT CORPORATION. *Microsoft Modern Work Plan Comparison Education* [online]. November 2021 [Cit.: 2022-04-18]. Dostupné z: https://edudownloads.azureedge.net/msdownloads/Microsoft-Modern-Work-Plan-Comparison-Education_11-2021.pdf
- [26] MICROSOFT CORPORATION. *Microsoft Power Apps, Microsoft Power Automate*

- and Microsoft Power Virtual Agents Licensing Guide* [online]. 2022 [Cit.: 2022-04-18]. Dostupné z: <https://go.microsoft.com/fwlink/p/?linkid=2085130>
- [27] MICROSOFT CORPORATION. *What is Power Apps?* [online]. [Cit.: 2022-04-10]. Dostupné z: <https://docs.microsoft.com/en-us/power-apps/powerapps-overview>
- [28] MICROSOFT CORPORATION. *Introduction to Power Apps* [online]. [Cit.: 2022-04-11]. Dostupné z: <https://docs.microsoft.com/cs-cz/learn/modules/get-started-with-powerapps/1-powerapps-introduction>
- [29] MICROSOFT CORPORATION. *What are canvas apps?* [online]. [Cit.: 2022-04-12]. Dostupné z: <https://docs.microsoft.com/en-us/power-apps/maker/canvas-apps/getting-started>
- [30] MICROSOFT CORPORATION. *Overview of creating apps in Power Apps* [online]. [Cit.: 2022-04-13]. Dostupné z: <https://docs.microsoft.com/en-us/power-apps/maker/>
- [31] MICROSOFT CORPORATION. *What are model-driven apps in Power Apps?* [online]. [Cit.: 2022-04-14]. Dostupné z: <https://docs.microsoft.com/en-us/power-apps/maker/model-driven-apps/model-driven-app-overview>
- [32] MICROSOFT CORPORATION. *What are Power Apps portals?* [online]. [Cit.: 2022-04-14]. Dostupné z: <https://docs.microsoft.com/en-us/power-apps/maker/portals/overview>
- [33] MICROSOFT CORPORATION. *Core components of portals* [online]. [Cit.: 2022-04-14]. Dostupné z: <https://docs.microsoft.com/en-us/learn/modules/intro-portals/3-portals-core-components>
- [34] RADACAD.COM. *What is Common Data Service (CDS) and why it is important for you if you use Power Apps or Power BI?* [online]. [Cit.: 2022-04-16]. Dostupné z: <https://radacad.com/what-is-common-data-service-cds-and-why-it-is-important-for-you-if-you-use-power-apps-or-power-bi>
- [35] PATRICK BOREN. *Solution Design: SharePoint vs Common Data Service*. *TexasPGB* [online]. 2020 [Cit.: 2022-04-16]. Dostupné z: <https://www.texaspgb.com/sharepoint-vs-common-data-service>
- [36] ZELFOND, GREGORY. *SharePoint Custom list vs. Excel*. *SHAREPOINT MAVEN, INC.* [online]. 2018 [Cit.: 2022-04-19]. Dostupné z: <https://sharepointmaven.com/sharepoint-custom-list-vs-excel/>

- [37] MICROSOFT CORPORATION. *Manage large lists and libraries* [online]. [Cit.: 2022-04-19]. Dostupné z: <https://support.microsoft.com/en-us/office/manage-large-lists-and-libraries-b8588dae-9387-48c2-9248-c24122f07c59>
- [38] MASON, Quinn. SharePoint lists are evolving: A guide to Microsoft 365's new service, Microsoft Lists. *ShareGate* [online]. September 2020 [Cit.: 2022-04-20]. Dostupné z: <https://sharegate.com/blog/sharepoint-lists-evolving-guide-to-microsoft-lists>
- [39] SCHLOEMMER, Elisabeth. *The power of SharePoint lists: 5 reasons why they are better than spreadsheets* [online]. September 2020 [Cit.: 2022-04-20]. Dostupné z: <https://www.contentformula.com/blog/sharepoint-lists-5-reasons-why-they-are-better-than-spreadsheets/>
- [40] Why Microsoft Lists is better than Excel. *efficiency365.com* [online]. May 2021 [Cit.: 2022-04-21]. Dostupné z: <https://efficiency365.com/2021/05/25/why-microsoft-lists-is-better-than-excel/>

