

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**  
**FAKULTA PEDAGOGICKÁ**  
**KATEDRA MATEMATIKA, FYZIKY A TECHNICKÉ VÝCHOVY**

**STUDIUM DEGRADACE SESTAVY MEMBRÁN A ELEKTROD**  
**VODÍKOVÝCH PALIVOVÝCH ČLÁNKŮ**  
DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Bc. Barbora Zýková**

*Učitelství pro 2. stupeň ZŠ, obor MA - FY*

Vedoucí práce: PhDr. Martin Tomáš, Ph.D.

**Plzeň 2019**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně  
s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni, 28. června 2019

.....  
vlastnoruční podpis

## **Poděkování**

Mé poděkování patří vedoucímu diplomové práce, PhDr. Martinu Tomáši, Ph.D., za odborné vedení, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích.

STUDIUM DEGRADACE SESTAVY MEMBRÁN A ELEKTROD  
VODÍKOVÝCH PALIVOVÝCH ČLÁNKŮ

## OBSAH

ÚVOD .....	2
1 TYPY PALIVOVÝCH ČLÁNKŮ .....	3
1.1 PALIVOVÉ ČLÁNKY S POLYMERNÍ ELEKTROLYTICKOU MEMBRÁNOU (PEMFC) .....	3
1.2 ALKALICKÉ PALIVOVÉ ČLÁNKY (AFC) .....	4
1.3 METANOLOVÉ PALIVOVÉ ČLÁNKY (DMFC) .....	5
1.4 PALIVOVÉ ČLÁNKY S KYSELINOU FOSFOREČNOU (PAFC) .....	5
1.5 PALIVOVÉ ČLÁNKY S TAVENÝMI UHLIČITANY (MCFC) .....	6
1.6 PALIVOVÉ ČLÁNKY S PEVNÝMI OXIDY (SOFC) .....	7
2 POPIS VODÍKOVÉHO PALIVOVÉHO ČLÁNKU TYPU PEM .....	8
2.1 POLARIZAČNÍ KŘIVKA PALIVOVÉHO ČLÁNKU TYPU PEM .....	9
2.1.1 Teoretický popis aktivačních ztrát .....	10
2.1.2 Teoretický popis ohmických ztrát .....	12
2.1.3 Teoretický popis koncentračních ztrát .....	13
3 REŠERŠE .....	15
3.1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY VYSOKOTEPLŮNÍCH VODÍKOVÝCH PALIVOVÝCH ČLÁNKŮ TYPU PEM .....	15
3.1.1 Kompozitní a modifikované perfluorsulfonové membrány (PFSA) .....	18
3.1.2 Membrány na bázi polybenzimidazolu (PBI) .....	24
4 VÝZKUM VLASTNOSTÍ DEGRADOVANÝCH MEA .....	34
4.1 PŘÍPRAVA VZORKŮ .....	34
4.1.1 Vzorky post-mortem .....	36
4.2 ELEKTROCHEMICKÁ IMPEDANČNÍ SPEKTROSKOPIE .....	38
4.3 VÝSLEDKY MĚŘENÍ .....	40
4.3.1 Výsledky měření první difúzní vrstvy MEA Dapozol .....	40
4.3.2 Výsledky měření druhé difúzní vrstvy MEA Dapozol .....	42
4.3.3 Výsledky měření membrány MEA Dapozol .....	44
4.3.4 Výsledky měření celé MEA Dapozol .....	46
4.3.5 Výsledky měření první difúzní vrstvy MEA Fumapem .....	48
4.3.6 Výsledky měření druhé difúzní vrstvy MEA Fumapem .....	50
4.3.7 Výsledky měření membrány MEA Fumapem .....	52
4.3.8 Výsledky měření celé MEA Fumapem .....	54
4.4 DISKUZE .....	56
ZÁVĚR .....	58
RESUMÉ .....	59
SEZNAM LITERATURY .....	60
PŘÍLOHY .....	I

## Úvod

V rámci předložené práce je diskutována efektivnost využití akcelerovaných stress testů (dle DoE, USA) pro možnou kvalitativní i kvantitativní analýzu degradačních mechanismů komerčně vyráběných sestav membrán a elektrod pro vodíkové palivové články s polymerní membránou. V úvodních kapitolách je uveden stručný teoretický popis vodíkových palivových článků a dalších variant palivových článků dle užitého elektrolytu. V této teoretické části práce jsou popsány možnosti experimentálního testování palivových článků z hlediska jejich stability, životnosti a spolehlivosti.

Experimentální část práce je věnována vyšetření vzorků sestav membrány a elektrod komerčních výrobců (Dapozol, Fumapem). U sestav (MEA) jsou sledovány především jejich elektrické vlastnosti - impedanční spektra. Ze sestav byly odděleny difúzní vrstvy a membrána pokrytá katalytickou vrstvou. Je sledována změna tvaru impedančního spektra a z této změny jsou určeny hlavní degradační mechanismy podílející se na poklesu výkonu vlivem zatížení během akcelerovaného testu. V této části práce je podrobně uveden i průběh testu, který sestával z vysokého počtu cyklů (100 nebo 500) a který v určité části předpokládal 100 % využití dodávaného paliva za dané stechiometrie. Pro výzkum byl využit vysokoteplotní palivový článek a pracovní teplota dosáhla 160°C. Tato varianta palivového článku s polymerní membránou je obecně považována za citlivou k výkonovému cyklování. Fakt, že všechny vzorky dokončily i nejdelší akcelerovaný test, tuto myšlenku mírně zpochybňuje. Námi vyšetřené vzorky navíc vykazaly jen limitovanou degradaci, která se na poklesu výkonu projevila sice signifikantně, ale rozhodně nevedla k fatálnímu selhání palivového článku.

V závěru práce jsou diskutovány jednotlivé mechanismy degradace a jejich vliv na výkonové charakteristiky palivového článku. Je konstatována vysoká efektivita akcelerovaných testů a jejich vliv na experimentální čas, nutné prostředky a přístrojové vybavení. Dosažené výsledky mohou tvořit základní data pro rozsáhlejší výzkum, který by se neomezil na pouhé dva výrobce a který by využil i vyššího počtu cyklů akcelerovaného testu.

## 1 TYPY PALIVOVÝCH ČLÁNKŮ

Palivové články se dají rozdělit do šesti základních skupin v závislosti na užitém elektrolytu:

1. Palivové články s polymerní elektrolytickou membránou (PEMFC)
2. Alkalické palivové články (AFC)
3. Metanolové palivové články (DMFC)
4. Palivové články s kyselinou fosforečnou (PAFC)
5. Palivové články s tavenými uhličitany (MCFC)
6. Palivové články s pevnými oxidy (SOFC)

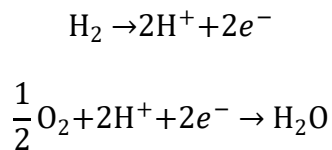
	PEMFC	AFC	DMFC	PAFC	MCFC	SOFC
<b>Elektrolyt</b>	Polymerní membrána	Kapalný KOH	Polymerní membrána	Kapalná $H_3PO_4$	Tavený uhličitán	Keramická membrána
<b>Nosič náboje</b>	$H^+$	$OH^-$	$H^+$	$H^+$	$CO_3^{2-}$	$O^{2-}$
<b>Provozní teplota</b>	80°C	60 – 220°C	50 – 120°C	220°C	580 – 700°C	500 – 1000°C
<b>Katalyzátor</b>	Platina	Platina	Platina	Platina	Nikl	Perovskit
<b>Komponenty článku</b>	Na bázi uhlíku	Na bázi uhlíku	Na bázi uhlíku	Na bázi uhlíku	Na bázi nerezů	Na bázi keramiky
<b>Palivo</b>	$H_2$	$H_2$	Metanol	$H_2$	$H_2, CH_4$	$H_2, CH_4, CO$

Tab. 1 - Typy palivových článků (upraveno z [1])

### 1.1 PALIVOVÉ ČLÁNKY S POLYMERNÍ ELEKTROLYTICKOU MEMBRÁNOU (PEMFC)

Palivové články s polymerní elektrolytickou membránou nebo také palivové články s protonově vodivou membránou používají jako palivo čistý vodík. Elektrolytem je slabá, o tloušťce méně než 50  $\mu m$ , protonově vodivá polymerní membrána. Nejčastěji se využívají membrány typu Nafion®. Palivo,  $H_2$ , je přiváděno na anodu, kde oxiduje

za vzniku kationtů  $H^+$  a elektronů  $e^-$ . Nosičem náboje je proton  $H^+$  (kation vodíku), který prochází skrz protonově vodivou membránu směrem na katodu. Elektrony jsou na katodu přiváděny vnějším obvodem, tímto dochází ke generování elektrického proudu. Na katodě se setkávají elektrony  $e^-$ , ionty  $H^+$  a kyslík  $O_2$ , který je sem přiváděn. Dochází k redukci těchto reaktantů a vzniká voda  $H_2O$ . Voda je z palivového článku odváděna nebo je redistribuována k dalšímu využití v článku. Tento zjednodušený popis principu fungování palivového článku typu PEM můžeme vyjádřit takto:



Katalytickou vrstvu palivového článku typu PEM tvoří většinou uhlíkový prach, na povrchu uhlíkových zrn je nanášeno malé množství platiny. Toto uspořádání se užívá za účelem snížit množství platiny a tím snížit i celkové náklady, dále také proto, aby se zvětšila reakční plocha. Potřebné množství platiny se dostane na hodnotu okolo  $0,3 \text{ mg cm}^{-2}$  [2] i méně.

Praktické se zdají být vlastnosti jako nízká provozní teplota, vysoká odolnost a relativně vysoký výkon. Díky těmto charakteristikám nacházejí uplatnění hlavně v automobilovém průmyslu, v přenosných zařízeních nebo v CHP systémech (CHP; Combined Heat and Power).

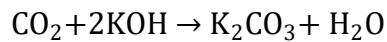
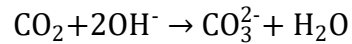
## 1.2 ALKALICKÉ PALIVOVÉ ČLÁNKY (AFC)

Palivové články s alkalickým elektrolytem jsou jedněmi z nejstarších používaných palivových článků vůbec. Tyto články byly původně vyvinuty pro využití v kosmonautice, pro pohánění elektrických systémů v kosmických modulech, např. v programech Gemini, Apollo a Space Shuttle [2]. Výhodou byla jejich relativně vysoká účinnost konverze energie, absence pohyblivých součástí a vysoká spolehlivost [3].

Pro provoz za vysokých teplot se jako elektrolyt používá vysoce koncentrovaný hydroxid draselný KOH (koncentrace okolo 85%), při teplotách pod  $120^\circ\text{C}$  se používá hydroxid draselný v nižších koncentracích (35-50%). Katalyzátorem v těchto člancích



bývají nikl, stříbro, oxidy kovů nebo ušlechtilé kovy. Reaktanty tohoto článku, vodík a kyslík, musejí být ve velmi čisté formě, přítomnost oxidu uhličitého CO<sub>2</sub> totiž degraduje elektrolyt a snižuje tak jeho iontovou vodivost [4]. Toto omezení výrazně zvyšuje celkové náklady. Reakce probíhající za přítomnosti oxidu uhličitého:



Od používání alkalických palivových článků se začalo ustupovat s rapidně probíhajícím výzkumem palivových článků typu PEM.

### 1.3 METANOLOVÉ PALIVOVÉ ČLÁNKY (DMFC)

Palivové články DMFC jsou odnoží palivových článků typu PEM, mají totiž protonově vodivou membránu, namísto vodíku však jako palivo využívají metanol. Je to jedna z možností, jak se vyhnout složitému získávání čistého vodíku. Tyto články mají velmi nízký výkon, uplatnění proto najdou v dlouho operujících (přenosných) systémech. Na rozdíl od článků typu PEM je jedním z vedlejších produktů reakcí oxid uhličitý, z emisního hlediska jsou tedy nevhodné. Provozní teplota se ovšem blíží pokojové, a proto v některých aplikacích představují metanolové články vítanou variantu. Další výhodou je pak jejich nízká teplotní stopa, proto jsou tato zařízení atraktivní například pro armádu.

### 1.4 PALIVOVÉ ČLÁNKY S KYSELINOU FOSFOREČNOU (PAFC)

Palivové články s elektrolytem H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> jsou články s širokým uplatněním používané v mnoha zemích. První elektrárny s PAFC byly vybudovány v 70. letech 20. století, v roce 2004 jich bylo celosvětově vybudováno více než 500 [5]. Fungují jako CHP systémy (Combined Heat and Power, kogenerační jednotky), to znamená, že využívají vyprodukované teplo. Jedním z dostupných systémů je 200 kW systém od společnosti UTC Fuel Cells Inc. [2]

Elektrolyt těchto článků je tvořen čistě z kyseliny fosforečné (100% koncentrace), která je netečnou, olejovitou kapalinou při pokojové teplotě, při provozní teplotě ovšem silně reaguje s mnoha kovy. PAFC články operují v teplotách okolo 200°C, elektrolyt je umístěn v porézní keramické matici, která zabraňuje úniku. [6] Kyselina fosforečná má některé velmi výhodné vlastnosti, jako jsou nízká reaktivita, dobrá vodivost iontů, stabilita při relativně vysokých teplotách a tolerance vůči oxidu uhelnatému a uhlíčitému. Nevýhody, které se u těchto článků vyskytují, jsou spojené s tím, že je elektrolyt při činnosti článku kapalný. [7] Jako katalyzátor je používána platina, elektrody jsou z porézního uhlíku.

Článek má účinnost okolo 40% [6]. Komerčně dostupné systémy s těmito články obsahují zařízení, které převádí zemní plyn na vodík. K pohánění k tomu potřebné reakce využívá teplo vyprodukované palivovým článkem. Tyto systémy mohou také fungovat na bioplyn. Jsou velmi spolehlivé, nenáročné na údržbu a vykazují vysokou životnost (více než 40 000 h) [8].

## 1.5 PALIVOVÉ ČLÁNKY S TAVENÝMI UHLIČITANY (MCFC)

Palivové články s tavenými uhlíčitany jsou vysokoteplotní palivové články operující při provozní teplotě okolo 580-700°C [9]. Při nižších teplotách by elektrolyt neměl dostatečnou vodivost, při vyšších by zase docházelo ke korozi a vypařování elektrolytu. Výhodou vysoké provozní teploty je možnost použití levného katalyzátoru, v tomto případě niklu. Anoda je ze slitiny niklu a chromu nebo hliníku, které zajišťují mikrostrukturální pevnost. Katoda je z oxidu niklu a lithia. Elektrolyt tvoří agresivní směs lithiových, sodíkových a draslíkových uhlíčanů.

MCFC systémy mohou pracovat při atmosférickém tlaku (při relativně nízké proudové hustotě), ale i zvýšeném tlaku (za vyšší proudové hustoty, což je ekonomičtější, problémem však je rozpouštění katody). Reálné hodnoty elektrické účinnosti se pohybují okolo 50% [10]. Výhodným je využití odpadního tepla buď formou CHP nebo pro kogeneraci, například pomocí parní nebo plynové turbíny, kdy se elektrická účinnost může dostat až k hodnotám 60-70%.

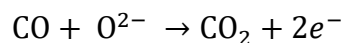
K provozu potřebují vzdušný oxid uhličitý. Na katodě a anodě probíhají reakce [9]:



## 1.6 PALIVOVÉ ČLÁNKY S PEVNÝMI OXIDY (SOFC)

Palivové články s pevnými oxidy se vyznačují tím, že mají pevný keramický elektrolyt, někdy se proto označují za keramické palivové články.

Na katodě se redukuje kyslík, ionty kyslíku procházejí pevným elektrolytem na anodu, kde reagují s palivem. Palivem u těchto článků je vodík, oxid uhelnatý nebo zemní plyn. Při reakci na anodě vznikají produkty  $CO_2$  a voda, dále také volné elektrony a teplo. [11]



Provozní teplota SOFC článků se pohybuje vysoko, mezi 800 - 1000°C, a umožňuje vysoké reakční rychlosti bez nutnosti použití platiny nebo jiných ušlechtilých kovů jako katalyzátoru. Podstatným kladem vysoké provozní teploty je možnost používat jako palivo dostupné uhlovodíky bez externího a drahého systému reformace paliva, jako je tomu u palivových článků typu PEM. Nevýhodou je však vysoká výrobní cena; materiály ze kterých je článek vyroben se obtížně obrábějí a je také potřebný složitější chladič systém.

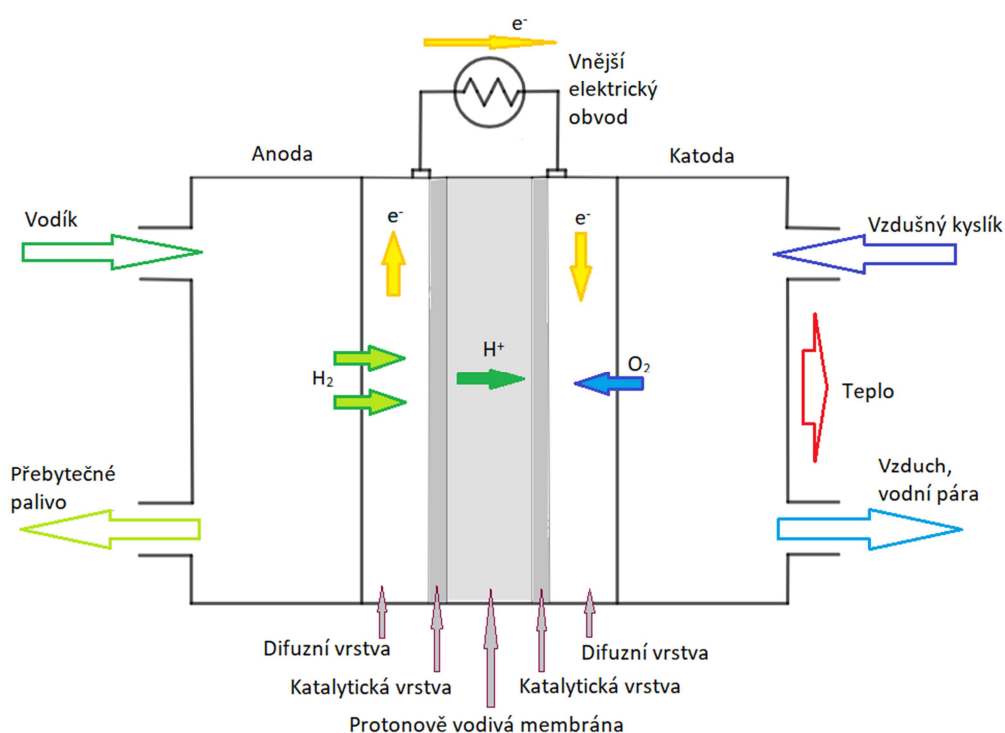
Teoretická hodnota účinnosti těchto článků se uvádí 80% [11]. SOFC jsou vhodné pro CHP systémy všech velikostí, od 2 kW až do několika MW.

## 2 POPIS VODÍKOVÉHO PALIVOVÉHO ČLÁNKU TYPU PEM

Experimentální část této práce se bude zabývat problematikou degradace sestavy membrány a elektrod vysokoteplotních palivových článků typu PEM, nejdříve tedy uvedeme základní informace o fungování PEMFC respektive o jejich konstrukci. Dále se budeme zabývat popisem jejich výkonové křivky.

Palivový článek se sestává z bipolárních desek (BP; Bipolar Plate) mezi nimiž je sestava membrány a elektrod (MEA; Membrane Electrode Assembly). MEA je tvořena difúzními vrstvami (GDL; Gas Diffusion Layer), katalytickými vrstvami (CL; Catalyst Layer) a protonově vodivou membránou. Proudovými kanálky na bipolární desce je na jednu stranu přiváděno palivo, na druhou okysličovadlo (vzduch). Plyny přicházejí na elektrody, respektive do difúzní vrstvy, která zajišťuje jejich rovnoměrné rozprostření před katalytickou vrstvou. Další funkcí difúzních vrstev je odvod produktů reakcí od katalytické vrstvy. Elektrodami je napájen vnější elektrický obvod připojený k zátěži.

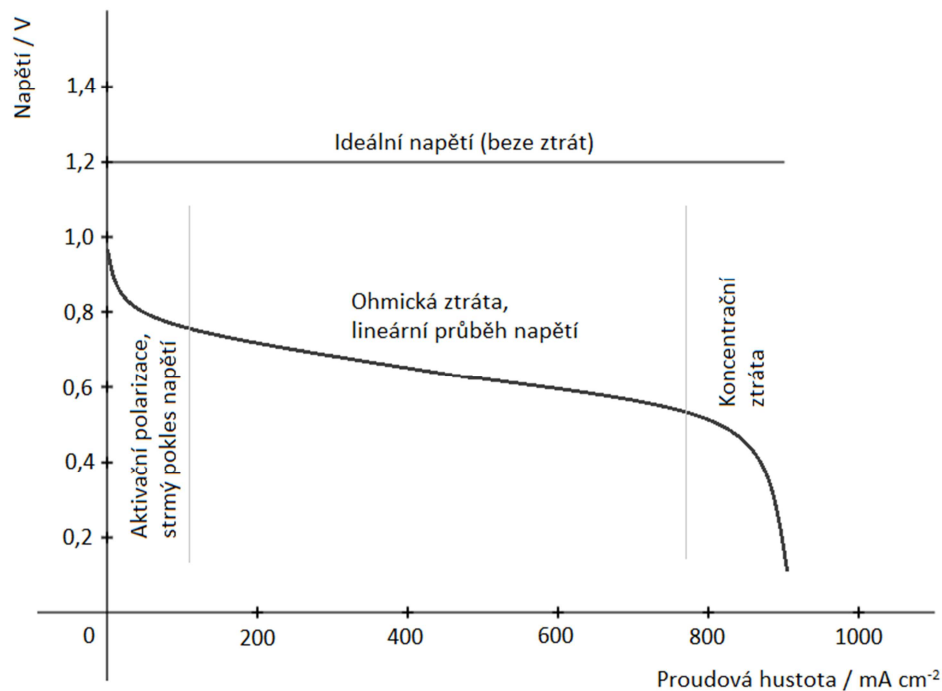
Mezi elektrodami, anodou a katodou je elektrolyt, v případě PEM článků polymerní elektrolytická membrána, která je propustná pouze pro ionty ( $H^+$ ) nikoli pro elektrony  $e^-$ .



Obr. 1 - Schéma základního principu palivového článku typu PEM

## 2.1 POLARIZAČNÍ KŘIVKA PALIVOVÉHO ČLÁNKU TYPU PEM

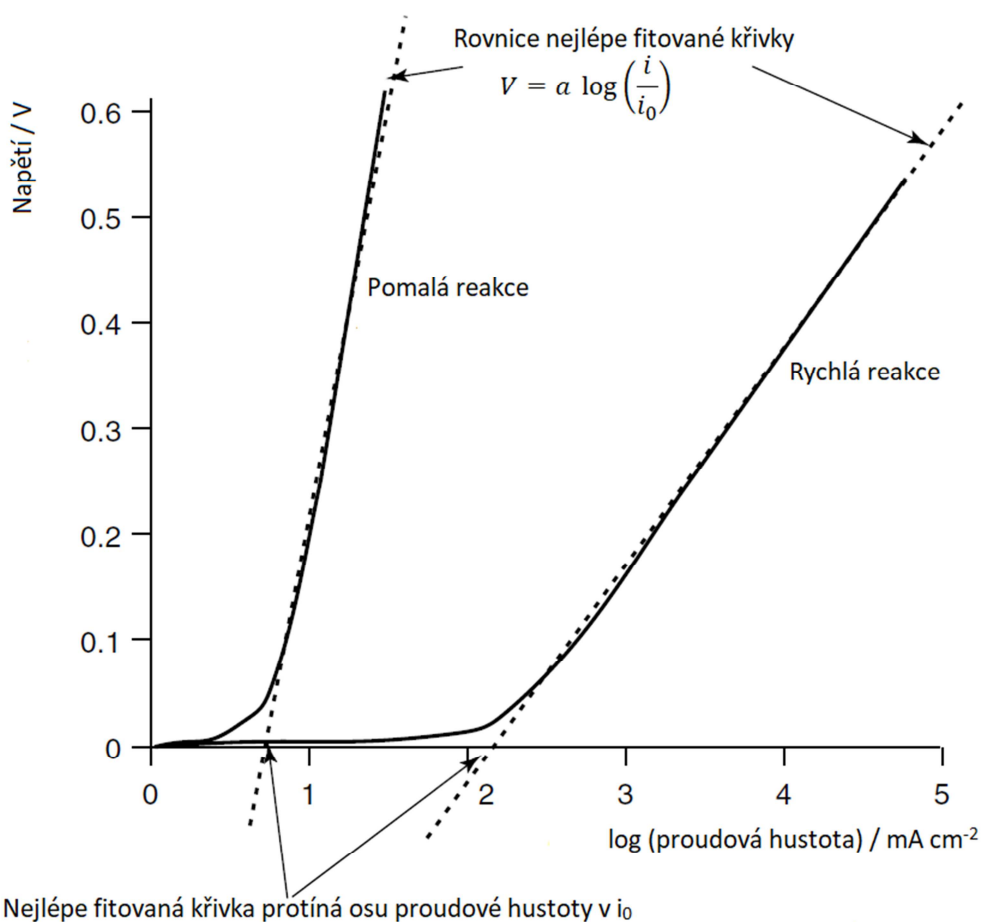
Základní informaci o efektivitě reakcí probíhajících v palivovém článku nám poskytuje výkonová, neboli polarizační, křivka. Když se potenciál elektrodového povrchu vychýlí z rovnovážné polohy, dojde k elektrochemické reakci a tím k polarizaci. Polarizační křivka je záznam změny napětí v závislosti na proudové hustotě. Křivka typická pro palivový článek typu PEM (viz Obr. 2) má tři rozlišitelné části – kinetickou, ohmickou a transportní. V kinetické části strmě klesá napětí v důsledku redukce  $O_2$  a oxidace  $H_2$ , dochází k aktivační polarizaci. V ohmické části jsou ztráty napětí způsobeny převážně vlastním odporem článku (odpor elektrolytu, katalytické a kontaktní vrstvy). [2]



Obr. 2 - Voltampérová charakteristika palivového článku

### 2.1.1 TEORETICKÝ POPIS AKTIVAČNÍCH ZTRÁT

Aktivační ztráty patrné na počátku polarizační křivky během malého odebíraného proudu jsou popsány Tafelovou rovnicí. Experimentálně bylo zjištěno, že elektrické přepětí na povrchu elektrod během chemických reakcí vykazuje shodný průběh pro mnoho druhů chemických reakcí. Tyto výsledky vedly k hledání obecnějšího zákona. Takzvaný Tafelův graf (viz Obr. 3) znázorňuje typický průběh přepětí, kde přepětí je definováno jako elektrické napětí větší než napětí teoretické, které je zapotřebí pro spuštění reakcí. [2]



Obr. 3 - Tafelův graf pro pomalu a rychle probíhající elektrochemické reakce (upraveno z [2])

Tafelova rovnice pro aktivační ztráty má tvar

$$\Delta V_{akt} = a \cdot \log\left(\frac{i}{i_0}\right), \quad (2.1)$$

kde  $a$  a  $i_0$  jsou konstanty. Převědeme-li logaritmus v rovnici (2.1) na přirozený logaritmus, dostaneme tvar rovnice podobný Nernstově rovnici pro popis elektromotorického napětí článku. Nernstova rovnice má tvar

$$U_e = \frac{-\Delta\bar{g}_f^0}{2F} - \frac{RT}{2F} \ln \prod_i a_i^{v_i}, \quad (2.2)$$

kde  $-\Delta\bar{g}_f^0$  je změna molární Gibbsovy energie za normálního tlaku a teploty,  $a_i$  je aktivita  $i$ -té látky,  $v_i$  je stechiometrický koeficient  $i$ -té látky,  $R$  je univerzální plynová konstanta,  $T$  je termodynamická teplota a  $F$  je Faradayova konstanta. [2] Vzhledem k rovnici (2.2) přepíšeme rovnici (2.1) do tvaru

$$\Delta U_{akt} = A \cdot \ln \left( \frac{i}{i_0} \right). \quad (2.3)$$

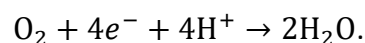
Konstanta  $A$  rozlišuje rychlost elektrochemické reakce, přičemž při nižších rychlostech reakcí je její hodnota vyšší. Konstanta  $i_0$  je naopak přímo úměrná rychlosti reakce. Je to hodnota proudové hustoty, kdy se elektrické přepětí odpoutá od nuly a začne růst. [2]

Konkrétní hodnota konstanty  $A$  pro vodíkový palivový článek:

$$A = \frac{RT}{2\alpha F}, \quad (2.4)$$

kde  $\alpha$  je koeficient přenosu náboje (část elektrické energie v systému, která umožňuje ovlivňovat rychlost chemických reakcí), nabývá hodnot od 0 do 1. Pro vodíkový palivový článek má rozdílnou hodnotu na anodě (přibližně 0,5) a na katodě (obvykle 0,1 až 0,5). [2]

Konstanta  $i_0$  je označována jako výměnná proudová hustota. Určuje aktivitu povrchu elektrody. Například na katodě dochází během činnosti palivového článku k reakci



Dalo by se předpokládat, že při nulovém odebíraném výkonu reakce neprobíhá. Skutečnost je ovšem jiná. Za nulového produkovaného výkonu k reakci dochází a je přesně kompenzována reverzním procesem. Pro obě reakce je nutný pohyb elektronů, ten však není zužitkován ve vnějším obvodu, jak se děje při standardním provozu článku. Uvnitř článku tedy vzniká elektrický proud, který popisuje právě výměnná proudová hustota  $i_0$ . Čím je  $i_0$  vyšší, tím je povrch elektrody aktivnější a tím ochotněji budou probíhat požadované reakce vedoucí ke generování výkonu. [2]

Při numerickém modelování vodíkových palivových článků se používá Tafelova rovnice ve tvaru, který popisuje produkovaný elektrický proud, tzv. Butlerova - Volmerova rovnice

$$i = i_0 \exp \frac{2\alpha F \Delta U_{akt}}{RT}. \quad (2.5)$$

Z těchto závěrů lze stanovit několik možností snížení aktivačních ztrát. Lze například zvětšit povrch elektrod a tím i jejich aktivitu. To pozitivně ovlivní výměnnou proudovou hustotu, čímž se zvedne efektivita chemických reakcí. Dále je možné zvýšit teplotu či tlak, veličiny, které mají vliv na průběh chemických reakcí. U vodíkového palivového článku jsme však omezeni teplotní stabilitou membrány. Jako další se nabízí možnost zvyšování koncentrace reaktantů za většího produkovaného výkonu, což se v případě vodíku jeví jako vhodné, v případě kyslíku už tolik ne. Na katodu se totiž často přivádí vzdušný kyslík vzhledem k jeho dostupnosti. Pokud bychom chtěli na katodu přivádět čistý kyslík, byla by potřeba další nádrž, která by zvyšovala hmotnost celého systému. To by bylo vzhledem k využití například v mobilních aplikacích nežádoucí. [2]

### 2.1.2 TEORETICKÝ POPIS OHMICKÝCH ZTRÁT

K ohmickým ztrátám dochází v prostřední části polarizační křivky, kde se křivka chová jako lineární klesající funkce. Pro popis této oblasti vyjdeme z Ohmova zákona a zavedeme veličinu specifický plošný elektrický odpor  $r$ , která je vztažena na aktivní plochu palivového článku. Ohmické ztráty vyjádříme vztahem

$$\Delta U_{ohm} = ir, \quad (2.6)$$

z něhož vidíme, že pokles elektrického napětí je přímo úměrný procházejícímu elektrickému proudu. V závislosti na tomto poznatku lze formulovat několik způsobů, jak předějit ohmickým ztrátám. Podstatná je vysoká elektrická vodivost všech komponent, především u bipolárních desek hraje velkou roli. Na celkovém elektrickém odporu se podílí i přechodové odpory mezi jednotlivými komponentami. Ty lze do určité míry eliminovat vhodným designem komponent. Vysoký elektrický odpor membrány má výrazný vliv na celkový elektrický odpor. Snížení odporu membrány by se dalo zajistit zmenšením její tloušťky, problémem tohoto řešení je však současné zhoršení



mechanických vlastností. Membrána je navíc provozem článku zeslabována, mohlo by proto dojít ke zkrácení životnosti celého systému. [2]

### 2.1.3 TEORETICKÝ POPIS KONCENTRAČNÍCH ZTRÁT

Při vysokých výkonech můžeme na polarizační křivce sledovat strmý pokles. V tomto úseku polarizační křivky hovoříme o koncentračních ztrátách způsobených poklesem tlaku reaktantů v důsledku konzumace paliva systémem. Na katodě dochází k ochuzování přiváděného vzduchu o kyslík, na anodě klesá tlak vodíku.

Z důvodu nemožnosti analytického vyjádření uvedeme následující empirický popis tohoto jevu. Vyjdeme z Nernstovy rovnice pro rovnovážné napětí palivového článku, kterou modifikujeme tak, aby se v ní vyskytovaly parciální tlaky reaktantů  $P_2$  a  $P_1$

$$\Delta V = \frac{RT}{2F} \ln \left( \frac{P_2}{P_1} \right). \quad (2.7)$$

Zavedeme veličinu maximální proudová hustota  $i_1$ , neboli proudovou hustotu produkovanou při maximálním využití paliva. Tlak reaktantu v blízkosti elektrody je při maximální proudové hustotě nulový. Předpokládáme-li lineární pokles tlaku  $P_1$  (tlak při nulovém odebíraném proudu) k nule při proudové hustotě  $i_1$ , pak tlak  $P_2$  při libovolné proudové hustotě  $i$  bude dán vztahem

$$P_2 = P_1 \left( 1 - \frac{i}{i_1} \right). \quad (2.8)$$

Dosazením rovnice (2.8) do rovnice (2.7) získáváme vztah

$$\Delta V = \frac{RT}{2F} \ln \left( 1 - \frac{i}{i_1} \right). \quad (2.9)$$

Tento vztah vyjadřuje přírůstek elektrického napětí při změně tlaku. K popisu koncentračních ztrát je ještě třeba změnit znaménko, dochází totiž k poklesu napětí vlivem snížení tlaku reaktantů. Dostáváme

$$\Delta V_{konc} = -\frac{RT}{2F} \ln \left( 1 - \frac{i}{i_1} \right). \quad (2.10)$$

Člen  $RT/2F$  se pro jednotlivé reaktanty liší, nahradíme ho proto konstantou B. Výsledná rovnice pak má tvar

$$\Delta V_{konc} = -B \ln \left( 1 - \frac{i}{i_1} \right). \quad (2.11)$$

Výše uvedený teoretický pohled není přesný pro valnou většinu vodíkových palivových článků, kde se na katodovou část přivádí vzduch, nikoliv čistý kyslík. Teorie také zcela neodpovídá pro nízké teploty a příměsi v palivu. Zcela zanedbává vznik a odvod vody nebo dusík používaný k proplachování palivového článku. Tyto nedostatky představují zásadní nedostatek teorie, v praxi se proto používají plně empirické vztahy. [2]

### 3 REŠERŠE

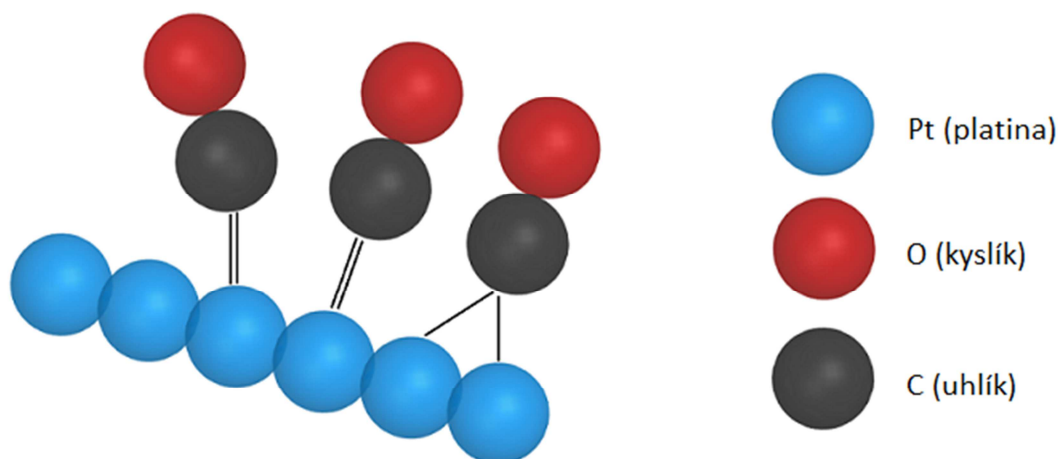
#### 3.1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY VYSOKOTEPLTNÍCH VODÍKOVÝCH PALIVOVÝCH ČLÁNKŮ TYPU PEM

Mezi vysokoteplotní palivové články, viz Typy palivových článků, řadíme články s provozní teplotou nad 600°C. Těmi jsou palivové články s tavenými uhlíčitany (MCFC) a palivové články s pevnými oxidy (SOFC). V této práci se však budeme zabývat vysokoteplotními vodíkovými palivovými články typu PEM (HT-PEMFC; High temperature polymer electrolyte membrane fuel cell), tedy články s protonově vodivou membránou.

Běžná provozní teplota článků PEM je okolo 80°C, u jejich vysokoteplotní varianty je to teplotní rozmezí od 100°C do 200°C. Výzkum vlastností, které přináší zvýšení provozní teploty, probíhá již okolo dvaceti let.

V klasických palivových člancích s protonově vodivou membránou slouží jako nosič náboje voda (resp.  $H^+$ ). Polymerní membrána proto musí být dostatečně zvlhčena, aby byla zajištěna průchodnost protonů. Při zvýšení provozní teploty z 80°C na 150°C se tlak nasycených vodních par zvýší z 0,47 barů na 4,8 barů (tedy přibližně desetkrát) [12]. Důsledkem nárůstu tlaku nasycených vodních par je vysoušení membrány a ztráta protonové vodivosti. Při teplotě 200°C může tlak nasycených vodních par dosáhnout až hodnoty 15 barů [12]. Proč jsou tedy vyšší provozní teploty palivových článků žádoucí?

Jedním z hlavních důvodů, které vedou k dalšímu výzkumu vysokoteplotních palivových článků typu PEM, je vyšší tolerance katalyzátoru vůči příměsím a nečistotám z paliva. Problémem bývá oxid uhelnatý (CO), který v katalytické vrstvě vzniká oxidací uhlíku jako vedlejší produkt a který adsorbuje na platině (viz Obr. 4), která se stává neaktivní, její částice se shlukují a rozpouštějí se do ionomeru nebo jsou vypláchnuty [2]. Na katodové katalytické vrstvě bylo po 30 hodinách AST (Accelerated Stress Test) naměřeno ztenčení z přibližně 15  $\mu\text{m}$  na 5  $\mu\text{m}$  [13]. Došlo k 55% poklesu efektivního povrchu platiny a 15-30% nárůstu vysokofrekvenčního odporu článku v saturovaných podmínkách a více než 100% nárůstu v podmínkách s nižší saturací [13].



Obr. 4 - Adsorpce oxidu uhelnatého (CO) na platinu (Pt)

U článků pracujících v provozní teplotě 80°C už 0,002% obsah oxidu uhelnatého představuje podstatný pokles výkonu [12]. Pro články pracující v provozní teplotě okolo 160°C znamená 0,5-1% obsah oxidu uhelnatého jen malý dopad na výkon článku. Vysokoteplotní sestavy membrán a elektrod (MEA) s označením Celtech® na bázi polybenzimidazolu (PBI) pracují při teplotách 120-180°C a lze u nich dosáhnout až 3% toleranci oxidu uhličitého [14]. Vysokoteplotní články by tak zvládly provoz na methan (obsažen v zemním plynu) nebo LPG (Liquified Petroleum Gas) v případě, že by dočasně nebyl možný provoz na vodík [12].

Dalším důvodem ve prospěch vysokoteplotních palivových článků je snadnější manipulace s vodou, kterou v lepším případě není nutno řešit. Při teplotách nad bodem varu vody při provozním tlaku nedochází ke kondenzaci. Pokud by tedy vodivost skrz membránu byla založena na jiném nosiči náboje než na vodě, problém s hospodařením s vodou v článku by byl menší, popřípadě by nenastal vůbec [12].

Vyšší teplotní rozdíl vůči okolí má za důsledek snadnější chlazení. Problém chlazení se řeší hlavně u článků pro automobilový průmysl, při nižších operačních teplotách je totiž malý rozdíl mezi chladicí kapalinou a okolím a je proto zapotřebí větší chladič, což není v automobilovém průmyslu žádoucí. Již provozní teploty 120-130°C toto řeší.

V neposlední řadě při vyšších provozních teplotách stoupá možnost využití produkovaného tepla. Tento bod je podstatný, neboť okolo poloviny energie paliva je přeměněna na teplo. Vysokoteplotní palivový článek typu PEM, odolný proti CO,

bez problémů hospodaření s vodou a méně objemným chlazením, umožňuje snadnější a možná levnější stavbu systému článku [12].

Způsoby, jakými konstruovat vysokoteplotní palivové články, jsou dva. Jednou možností je usilovat o účinnější zvlhčování při vysokých provozních teplotách buď zvyšováním tlaku, zlepšením zadržování vody nebo samozvlhčováním produkovanou vodou. Zlepšit zadržování vody v článku by mohly alternativní PFSA membrány (PFSA; kyselina perfluor-sulfonová) s kratšími bočními řetězci a vyšší krystalinitou nebo jejich kompozitní materiály s anorganickou složkou [12].

Druhým způsobem je použití chemicky stálejších nosičů protonů v membráně. Takovými materiály jsou potenciálně anorganické protonově vodivé sloučeniny jako oxokyseliny (konkrétněji fosfáty a pyrofosfáty) a tuhé kyseliny ( $\text{CsHSO}_4$ ; hydrogensíran cesný a  $\text{CsH}_2\text{PO}_4$ ; kyselina cesium-fosforečná). V tuhých kyselinách jako  $\text{CsHSO}_4$  a  $\text{CsH}_2\text{PO}_4$  probíhá jev zvaný superprotonový přechod. Při strukturálním přeskupení některých molekulárních skupin kyslíkových iontů a při dosažení určité teploty, u  $\text{CsHSO}_4$  jsou to teploty nad  $141^\circ\text{C}$  [15], protonová vodivost vzroste o několik řádů [16].

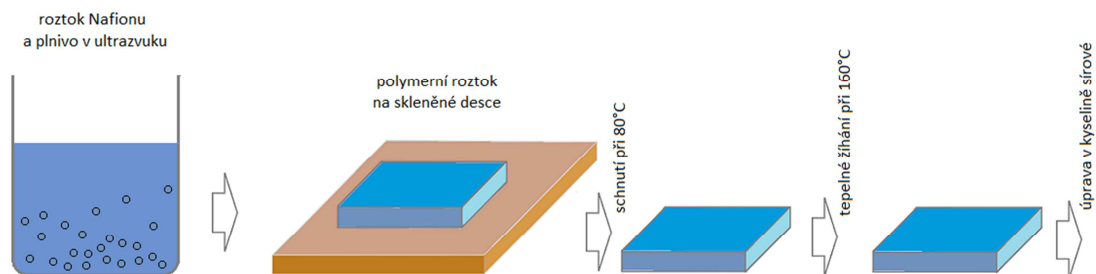
Nejperspektivněji se jako stálý nosič náboje jeví kyselina fosforečná,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , která je vysoce tepelně stabilní a má vysokou protonovou vodivost při vysoké koncentraci. Články využívající jako elektrolyt kyselinu fosforečnou s koncentrací 85-100 wt%, mohou dosáhnout pracovní teploty  $210^\circ\text{C}$  a podstatného snížení tlaku nasycených vodních par. Při teplotách nad  $200^\circ\text{C}$  a omezené vzdušné vlhkosti dochází k dehydrataci kyseliny fosforečné a k její následné kondenzaci. Výsledná koncentrovaná kyselina je ale poměrně stálá a má dostatečnou protonovou vodivost [12]. Elektrolyt je tedy schopný za malé koncentrace vody pracovat bez výrazného poklesu protonové vodivosti. V porovnání s články s membránami obsahujícími PFSA je u článků s kyselinou fosforečnou jako elektrolytem snadnější kontrola oběhu vzduchu, vody a par a kontrola teploty palivového modulu (stack). Teplota palivového modulu může být v rozmezí  $150 - 210^\circ\text{C}$  [12], což umožňuje dynamické zatížení a jednoduché chlazení vzduchem, kapalinou nebo odpařováním (skupenské teplo). V člancích s  $\text{H}_3\text{PO}_4$  se obvykle používají křehké keramické matricové vrstvy karbidu křemíku, ve kterých je elektrolyt uzavřen. Tato vrstva musí být bez mechanických poškození, jako jsou protržení, díry a perforace, aby nedošlo

k promíchání reaktantů. Tloušťka vrstvy, z důvodu mechanické pevnosti, bývá 100 až 200  $\mu\text{m}$  [12].

Dále je nutné vyvinout vhodný polymer, který je dostatečně tepelně stabilní a kompatibilní s kyselinou fosforečnou v daném teplotním rozsahu. Jako nejvhodnější se jeví polybenzimidazol, PBI [12]. Polybenzimidazol je heterocyklický polymer s výbornou teplotní, chemickou a mechanickou stabilitou.

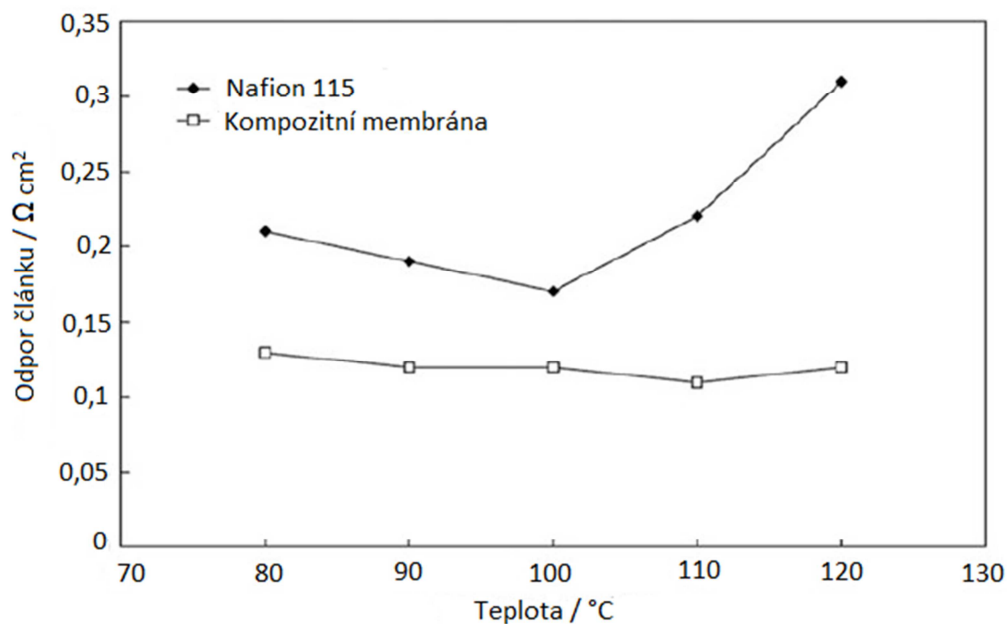
### 3.1.1 KOMPOZITNÍ A MODIFIKOVANÉ PERFLUORSULFONOVÉ MEMBRÁNY (PFSA)

V palivových článcích operujících v režimu elektrolýzy se využívají kompozitní membrány obsahující hygroskopický anorganický tmel, který snižuje míru promíchávání reaktantů a zvyšuje zadržování vody. Kombinací přepracování a tepelného zpracování byla vytvořena kompozitní PFSA-silikátová membrána obsahující 3 wt%  $\text{SiO}_2$  pro elektrolýzu vody o tloušťce srovnatelné s tloušťkou Nafion 115, tedy 120  $\mu\text{m}$  [12].



Obr. 5 - Příprava kompozitní PFSA-silikátové membrány

Tato membrána vykazovala vysokou vodivost při vysokých teplotách i při zvýšeném tlaku.



Obr. 6 - Závislost odporu Nafionu (čistého a kompozitního s příměsí SiO<sub>2</sub>) na teplotě (upraveno z [12])

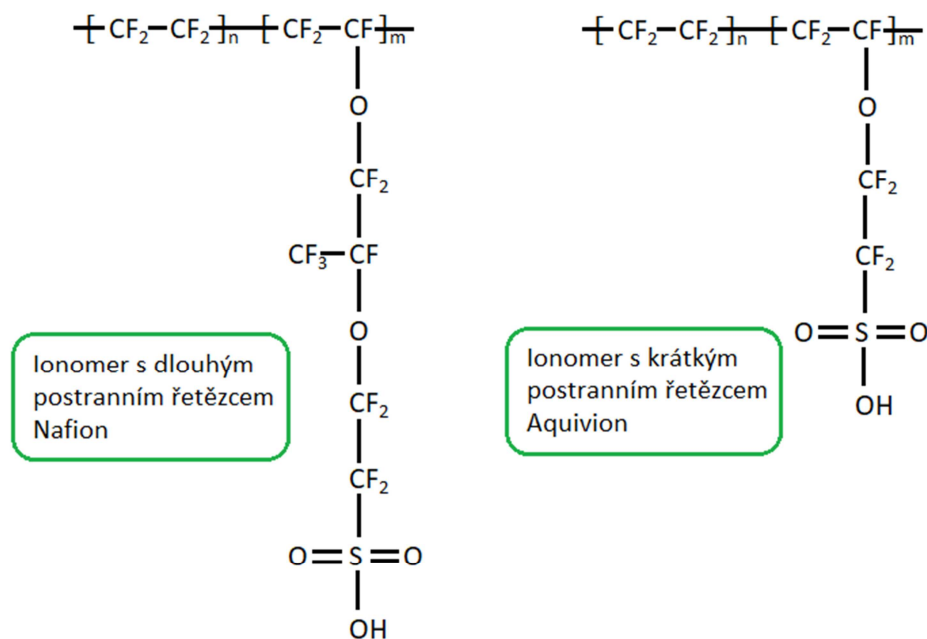
Při zvýšeném tlaku, i při teplotách nad 100°C, je v soustavě nezanedbatelné množství kapalné vody, kompozitní membrána by ale měla dehydrataci trpět mnohem méně než membrána Nafion 115. Navíc lze vhodně upravit plochu plniva tak, aby obsahovalo prvky, které podporují rekombinaci (Ce, Mn), čímž snižují výskyt radikálů peroxidu vodíku.

Antonucci et al [17] zjistili zvýšení výkonu elektrolyzéro využívajícím Nafion-SiO<sub>2</sub> membránu v závislosti na teplotě, do 120°C, a tlaku. V porovnání s membránou Nafion 115 naměřili proudovou hustotu 2,1 Acm<sup>-2</sup> pro kompozitní oproti 0,7 Acm<sup>-2</sup> pro Nafion 115 membránu při napětí 1,9 V, teplotě 120°C a tlaku 3 bary [17]. Toto zlepšení elektrických vlastností vyplývá z nižší aktivační energie pro elektrochemické procesy související s vyšší provozní teplotou. Nižší odpor kompozitní membrány zaručuje lepší průchod protonů.

Obecně se PFSA membrány vyznačují výbornou výkonností, elektrochemickou stabilitou, odpovídajícími mechanickými vlastnostmi a umožňují rychlé uvedení do provozu. Pro snížení finančních nákladů je potřeba zlepšit provozní účinnost sestavy membrány a elektrod (MEA) při reálné proudové hustotě.

Alternativou k PFSA membránám na bázi Nafionu jsou PFSA membrány s kratším postranním řetězcem (SSC; Short-Side Chain). Takové membrány vyvíjejí například Dow, 3 M, Gore, Asahi Glass, Solvay Specialty Polymers a další [12].

Solvay Specialty Polymers vyrábí membránu Aquivion®. Tento ionomer je charakterizován větší krystalinitou a vyšší teplotou skelného přechodu ( $T_g$ ) než jakou mají polymery s delším postranním řetězcem (LSC; Long-Side Chain) a obdobné ekvivalentní hmotnosti (EW; Equivalent Weight; hmotnost látky, která je chemicky ekvivalentní osmi gramům kyslíku nebo jednomu gramu vodíku (atomová nebo molekulová hmotnost dělená valencí)). Aquivion®, v suché formě, má teplotu skelného přechodu 127°C [12]. Teplota skelného přechodu roste úměrně se zvlhčením díky přítomnosti vody, která podporuje interakce iontů navzdory zvyšování plasticity.



Obr. 7 - Chemická struktura polymerů s dlouhým (Nafion) a krátkým (Aquivion) postranním řetězcem

Siracusano et al [18] testovali membránu Aquivion® E87-12S SSC-PFSA (Short-side chain perfluorosulfonic acid) s ekvivalentní hmotností (EW; equivalent weight) 870 g eq<sup>-1</sup> a tloušťkou 120 µm v PEM elektrolyzáru (PEMWE; PEM Water Electrolyser), výsledky byly porovnány s membránou Nafion® 115 s ekvivalentní hmotností 1100 g eq<sup>-1</sup> a podobnou tloušťkou. Testování proběhlo ve spojení s anodou s nanočásticemi oxidu iridičelého (IrO<sub>2</sub>) a s katodou s nanočásticemi platiny (Pt).



Výsledky elektrochemických testů prokázaly lepší štěpení molekuly vody u membrány Aquivion®. Byl pozorován menší ohmický pokles, dále byl patrný menší polarizační odpor [18]. Obě tyto charakteristiky naznačují lepší rozhraní mezi katalyzátorem a elektrolytem. Během elektrolýzy vody při napětí článku přibližně 1,8 V naměřili proudovou hustotu 3,2 A cm<sup>-2</sup> [18]. V membráně Aquivion docházelo k menšímu překřížení reaktantů přes membránu, elektrokatalytická aktivita byla podstatně lepší [18]. Tyto výhodnější vlastnosti byly vysvětleny rozdílnou chemickou a strukturní charakteristikou, jako jsou vyšší krystalinita, vyšší teplota skelného přechodu a nižší ekvivalentní hmotnost Aquivionu®. Vyšší krystalinita a vyšší teplota skelného přechodu vedou k lepším mechanickým vlastnostem, nižší ekvivalentní hmotnost zase k vyšší vodivosti a zlepšení vlastností přechodu katalyzátor-elektrolyt [12]. Je zapotřebí další optimalizace k vylepšení rozhraní MEA, neboť došlo při testování po čase k úpadku výkonnosti.

Membrány Aquivion® (E79-03S SSC, výrobce Solvay, tloušťka za sucha 30 μm, ekvivalentní hmotnost 790 g eq<sup>-1</sup>) a Nafion® byly porovnávány i z hlediska jejich využitelnosti pro automobilový průmysl [12]. Pro ten jsou podstatné podmínky jako nízký tlak a relativní vlhkost. Reálně dosažitelné nejvyšší provozní teploty, pro které byly membrány testovány, jsou 95°C pro Nafion® a 110°C pro Aquivion®.

Běžné PFSA membrány Aquivion® jsou vyráběny extrudováním z taveniny. Jejich stavební jednotkou je jedinečný SSC (krátký postranní řetězec) kopolymer tetrafluorethylenu a sulfonylfluorid vinyl etheru malé molekulární hmotnosti. K výrobě elektrod pro MEA (sestava membrán a elektrod) s membránou Aquivion® se používá postupu rozptýlení ionomeru, který má obvykle shodnou strukturu jako membrána – je kyselý a jako rozpouštědla obsahuje 20% vody, 40% 1-propanolu a 40% 2-propanolu. Nedávno byla vyvinuta tenká (10 – 20 μm) zpevněná membrána Aquivion®, která má vyšší výkon a lepší stabilitu [12].

Pro lepší prozkoumání vlivu těchto dvou ionomerů, s dlouhým (LSC) a krátkým (SSC) řetězcem, proběhlo jejich analyzování pomocí cyklické voltametrie. Jedním z pozorovaných ukazatelů byla elektrochemicky aktivní plocha (ECSA; Electrochemicaly active Surface Area), která se v případě Aquivionu jeví obecně větší. Na katodě

s ionomerem Nafion (krátký řetězec) byla tato plocha  $66 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$  [19], u ionomeru Aquivion (dlouhý řetězec) se tato hodnota zvýšila na  $84 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$  [19], což činí rozdíl přibližně 30%.

Výhodou větší elektrochemicky aktivní plochy je menší ekvivalentní hmotnost Aquivionu, což zvětšuje oblast, ve které se mohou najednou nacházet látky v plynné, kapalně a pevné fázi (TPB; Triple-Phase Boundary). V této oblasti dochází k interakci mezi ionomerem a katalyzátorem. Micely ionomeru Aquivion dokáží lépe zaplnit mikropóry katalyzátoru, díky čemuž jsou snadněji dosažitelné částice platiny. [12] Využitelnost katalyzátoru u Aquivionu se pohybuje okolo 60%, u Nafionu okolo 47%. [12] Tomu odpovídá zvýšená možnost využití částic platiny, oproti ionomerům s dlouhým řetězcem se u ionomerů s krátkým řetězcem zvedla na obou elektrodách o 13%. [12]

Stassi a kol. [19] dále provedli polarizaci za teploty  $130^\circ\text{C}$ , absolutního tlaku 3 bary, při 100% relativní vlhkosti. U sestavy membrány a elektrod na bázi Aquivionu bylo naměřeno vyšší napětí naprázdno (OCV; Open Circuit Voltage). Při  $130^\circ\text{C}$  byla také pro Aquivion zjištěna větší maximální proudová hustota než pro Nafion. MEA na bázi Aquivionu vykazovala maximální proudovou hustotu  $850 \text{ mWcm}^{-2}$ , kdežto MEA na bázi Nafionu dosahovala maximální proudové hustoty  $600 \text{ mWcm}^{-2}$  [19]. Při hodnotách maximální proudové hustoty také oba materiály vykazovaly rozdílné účinnosti, u Aquivionu bylo naměřeno 0,57 V, u Nafionu 0,4 V [19]. Lepší výsledky Aquivionu mohou být způsobeny větší elektrochemicky aktivní plochou a menším nežádoucím přechodem reaktantů přes membránu (*crossover*), dále se na nich také podílí lepší vodivost Aquivionu.

Další informace o charakteristice těchto dvou ionomerů byly získány porovnáním jejich impedančního spektra. To bylo provedeno při středním potenciálu článku 0,7 V, teplotě  $130^\circ\text{C}$  a relativním tlaku 2 bary. MEA na bázi Aquivionu vykazovala sériový, ohmický odpor pouhých  $0,11 \Omega\text{cm}^2$ , v případě Nafionu to bylo dvojnásob,  $0,23 \Omega\text{cm}^2$  [19]. Tyto hodnoty mohou být zkreslené rozdílnou tloušťkou obou materiálů (u Aquivionu  $30 \mu\text{m}$ , u Nafionu  $50 \mu\text{m}$ ). Po normalizaci sériového odporu tloušťkou membrány vychází hodnoty odporu  $46 \Omega\text{cm}$  pro MEA s Nafionem a  $36 \Omega\text{cm}$  pro MEA s Aquivionem [19]. To by mohlo pro membrány Aquivion naznačovat lepší hydrataci a vyšší vodivost. Z impedančního spektra předpokládaný velký rozdíl souvisí s podstatně nižším polarizačním odporem Aquivionu ( $0,26 \Omega\text{cm}^2$ ) oproti Nafionu ( $0,93 \Omega\text{cm}^2$ ) [19]. Je třeba uvažovat, že při napětí

okolo 0,7 V polarizační odpor z největší části reflektuje elektrokatalytické vlastnosti spíše než omezení difúze, které převládá při vysokých proudových hustotách a nižších napětí článku. Výše uvedené výsledky měření proto ukazují, že na rozhraní katalyzátoru a ionomeru s krátkým řetězcem nedochází pouze k větší iontové vodivosti, ale zlepšují se i elektrokatalytické vlastnosti. Při vysokém potenciálu článku může být tento elektrokatalytický efekt rozhodující [12].

Podmínkou využitelnosti vodíkových palivových článků typu PEM v automobilovém průmyslu je schopnost provozu při středních teplotách, absolutním tlaku nižším než 1,5 baru a nízké relativní vlhkosti.

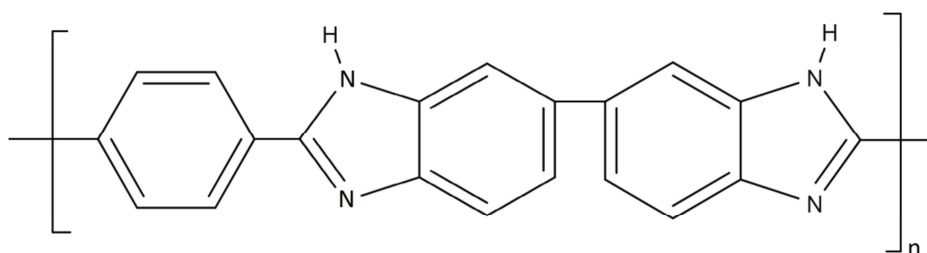
Aricò et al. [20] zkoumali extrudovaný Aquivion E79-03S s ekvivalentní hmotností  $790 \text{ g eq}^{-1}$  při teplotě  $110^\circ\text{C}$  a absolutním tlaku 1,5 baru. Byly naměřeny polarizační křivky a to od napětí naprázdno až po maximální proudové hustoty. Při 100% relativní vlhkosti a nízkých proudových hustotách byly ztráty potenciálu malé, při vyšších proudových hustotách se ale zvýšily z důvodu nadprodukce vody na katodě a následného zaplavení oblasti. Nejvyšší špičky,  $800 \text{ mW cm}^{-2}$ , dosáhla proudová hustota při 50% relativní vlhkosti [20]. Při měření s 25% relativní vlhkostí byly pozorovány vysoké ztráty potenciálu během nízkých proudových hustot, v průběhu testování se však, tím jak se v článku vytvářela voda a MEA byla zvlhčována, ztráty na potenciálu vytrácely a byly detekovány náhlé nárůsty potenciálu [20]. Výsledky testů Aricò et al. [20] ukazují na to, jak výhodné je samozvlhčení, ke kterému dochází u tenké ( $30 \mu\text{m}$ ) membrány na bázi Aquivionu s krátkým postranním řetězcem. Malá tloušťka membrány podporuje zpětnou difúzi vody produkované na katodě, což napomáhá zvlhčování anody. Menší ekvivalentní hmotnost, způsobená kratším řetězcem, zlepšuje schopnost zadržovat vodu a protonovou vodivost. Lepší krystalické vlastnosti zajišťují mechanickou odolnost. Aricò et al. [20] naměřili velmi slibnou hodnotu hustoty výkonu za podmínek blízcím se podmínkám žadaným pro automobilové využití. Při 25% relativní vlhkosti, absolutním tlaku 1,5 baru, teplotě  $110^\circ\text{C}$  a vysokých hodnotách proudové hustoty získali hodnotu až  $700 \text{ mW cm}^{-2}$  [20].

MEA obsahující Aquivion E79-03S byly také zkoumány v sériovém zapojení více palivových článků (stack). Při tomto testování při teplotách nad  $100^\circ\text{C}$  projevíly vysokou vodivost, dobrou schopnost zadržovat vodu a mechanickou odolnost, v porovnání s klasickými PFSA membránami. Dále vykazaly vyhovující vlastnosti potřebné k rychlému

startování v chladném prostředí a dobrou schopnost fungovat v pracovních cyklech. [12] Všechny tyto vlastnosti je činí perspektivními materiály pro další výzkum za účelem použití v mobilních zařízeních.

### 3.1.2 MEMBRÁNY NA BÁZI POLYBENZIMIDAZOLU (PBI)

Mezi mnoha vyvíjenými a zkoumanými materiály, které svými vlastnostmi (tepelná odolnost a protonová vodivost) odpovídaly požadavkům pro užívání při teplotách nad 100°C, se jako jeden z nejzajímavějších jeví kyselinou fosforečnou saturovaný polybenzimidazol. Tato látka byla poprvé spojena s palivovými články na Case Western Research University skupinou pod vedením Savinella [21]. Polybenzimidazol (PBI) je aromatický heterocyklický polymer se dvěma benzimidazolovými skupinami spojenými s fenylovou skupinou. [21]



Obr. 8 – Chemické schéma polybenzimidazolu, na pravé straně jsou vidět dvě benzimidazolové skupiny a vlevo jedna fenylová

Tak jako ostatní vysoce aromatické termoplastické amorfní polymery se i PBI vyznačuje vysokou teplotní a chemickou stabilitou, s teplotou skelného přechodu okolo 450°C [21]. Díky benzimidazolovým skupinám, které jsou zásadité, může být PBI saturováno kyselinou fosforečnou. Výsledný materiál nabízí některé velmi výhodné vlastnosti jako například dobrá vodivost až do teplot okolo 200°C [21], nízká propustnost pro páry methanolu a ostatní plyny [22], vynikající tepelná stabilita až k teplotám okolo 500°C [21], téměř nulový elektroosmotický součinitel odporu (není proto zapotřebí předvlhčení) a zlepšení kinetiky redukce kyslíku v porovnání s PAFC [21].

Právě PAFC (palivový článek s kyselinou fosforečnou) se dá považovat za inspiraci pro vysokoteplotní palivový článek typu PEM využívající membránu na bázi PBI dopovaným kyselinou fosforečnou. PAFC využívá jako elektrolyt kyselinu fosforečnou a pracuje v podobných teplotách. Rozdílným v těchto dvou člancích je způsob, jak je elektrolyt zadržován uvnitř článku. V PAFC je za tímto účelem používána 0,1 – 0,2 mm silná matrice z karbidu křemíku (SiC) [22]. V HT-PEMFC na bázi PBI dopovaný kyselinou fosforečnou se k mechanickému i chemickému zadržení kyseliny fosforečné užívá pevný polymer. Výhodou pevného polymeru je snadná manipulace, lepší snášenlivost na rozdíly tlaku mezi anodou a katodou a menší prosakování kyseliny [22].

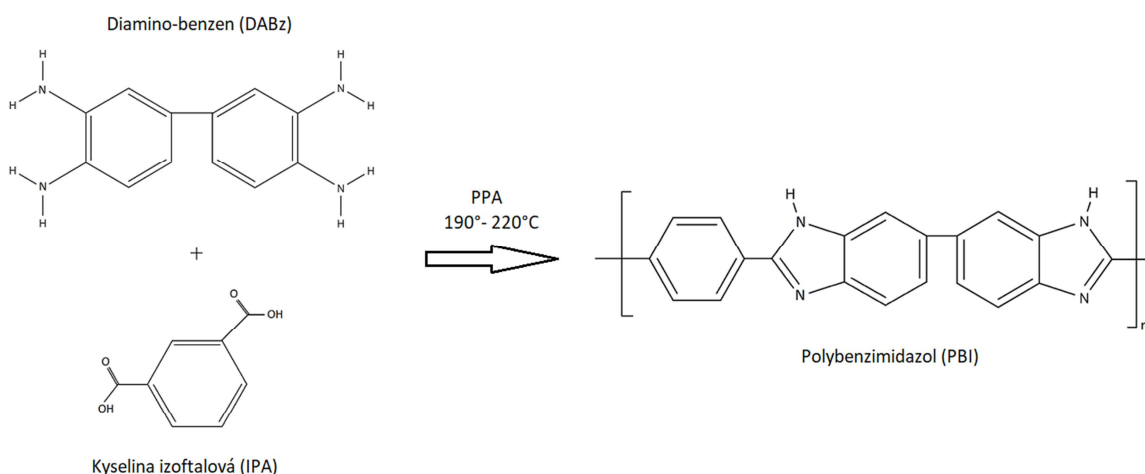
Jedna z výhod vyšších pracovních teplot je zvýšená tolerance vůči nečistotám. Garsany a kol. [23] porovnávali vysokoteplotní PEMFC s membránou Nafion a s membránou PBI a jejich odolnost vůči nečistotám. Zjistili, že články využívající PBI jsou sedmdesátkrát odolnější vůči sirným nečistotám ze vzduchu než články s membránou Nafion [23].

PBI membrána s kyselinou fosforečnou je schopná vést protony i bez přítomné vody, v suchém prostředí [22], což snižuje potřebu zvlhčování komponent a velmi tak zjednodušuje design celého zařízení.

Některé z vlastností PBI však pro použití ve vysokoteplotních palivových člancích typu PEM vhodné nejsou, je tedy potřeba je upravit. Silná vodíková vazba mezi skupinami N a -NH- zajišťuje PBI dobrou mechanickou pevnost, při vysokém stupni dopování kyselinou fosforečnou však mechanická pevnost rapidně klesá [22]. Tento efekt může být zmírněn vyztužením membrány PTFE nebo použitím zesíťovaných membrán (cross-linked membrane). Další zkoumanou vlastností je jejich malá rozpustnost v organických rozpouštědlech [22] a jejich protonová vodivost [22]. Za podmínek, které panují v průběhu provozu vysokoteplotních palivových článků typu PEM, prochází kyselina fosforečná několika proměnami a změnami své stavby způsobenými interakcí s vodou a PBI membránou. Tyto změny mohou vést ke kolísavé iontové vodivosti a rozdílům ve viskozitě [22]. Korte a kol. [24] zjistili, že při ustálené teplotě nad 200°C se z původně 100 wt% kyseliny ortofosforečné ( $H_3PO_4$ ) vytvoří zlomek 15 wt% kyseliny difosforečné ( $H_4P_2O_7$ ). Přítomnost těchto dvou kapalných sloučenin se v článku při teplotách,

ve kterých vysokoteplotní palivové články typu PEM pracují, projevuje upřednostněným vypařováním vody, které probíhá až do dosažení termodynamické rovnováhy. [24]

Komerčně dostupné membrány na bázi polybenzimidazolu, jako jsou Celazole® nebo Celanese [22], mají bez úprav nízkou až střední molekulární hmotnost, jsou špatně rozpustné a špatně zpracovatelné v organických rozpouštědlech, což je činí nedostatečnými z hlediska mechanické stability a rezistence k oxidaci. Pro použití tak musí být PBI membrány modifikovány [22, 25]. Modifikovány mohou být buď tím, že se synteticky modifikují monomery před polymerizací, nebo substitucí polymeru na reaktivních benzimidazolových N-H skupinách po polymerizaci [22]. Dále se před odléváním membrány doporučuje frakcionace, při které je dosaženo úzké distribuce molekulární hmotnosti [22].

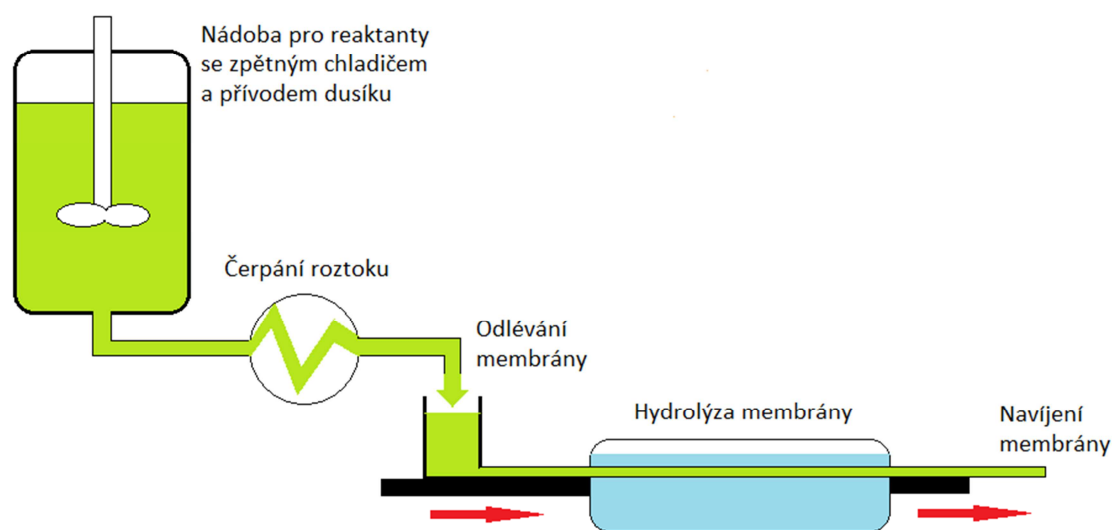


Obr. 9 – Syntéza polybenzimidazolu; na levé straně rovnice reaktanty diamino-benzen (DABz, Diamino Benzene) a kyselina izoftalová (IPA, Isophthalic Acid), reakce probíhá za přítomnosti kyseliny polyfosforečné při teplotě 190°-220°C (upraveno z [24, 25])

Běžný způsob přípravy PBI polymeru s vysokou molekulární hmotností je kondenzací v kyselině polyfosforečné (PPA; Polyphosphoric Acid). Kyselina polyfosforečná je hygroskopické polymerizační rozpouštědlo a kondenzační činidlo, které při styku s vlhkostí hydrolyzuje v kyselinu fosforečnou [22]. Na obrázku 9 je zobrazena chemická rovnice syntézy polybenzimidazolu. Tímto způsobem připravovali PBI Hwang a kol. [25]. Směs diamino-benzenu (3,115 g), kyseliny izoftalové (4,018 g) a kyseliny polyfosforečné (60 g) po dobu dvaceti hodin zahřívají na teplotu 190°C. Polymerizovaný

práškový PBI byl poté rozpuštěn v dimethylacetamidu (DMA) tak, aby vznikl 10 wt% roztok PBI [25].

Po syntetizování roztoku PBI dochází k odlití polymerní membrány, během čehož hydrolýza kyseliny polyfosforečné v kyselinu fosforečnou vyvolá přechod sol-gel [22]. Sol-gel je syntetický proces, během něhož dochází k přeměně koloidní suspenze na gel [26]. Přechod sol-gel poskytne membráně požadované chemické a mechanické vlastnosti. Xiao a kol. [26] zjistili, že membrány, které prošly sol-gel přechodem, si zachovaly vysoký podíl kyseliny fosforečné, projevovaly vysokou vodivost iontů a při zvýšených teplotách byly mechanicky stálé. Prvotní testování palivových článků s těmito membránami ukázalo, že membrány na bázi polybenzimidazolu jsou schopné provozu při teplotách nad 150°C bez nutnosti zvlhčovat přiváděný plyn a nemají žádné další podmínky na tlak v systému, po dobu delší než 1000 hodin [26].

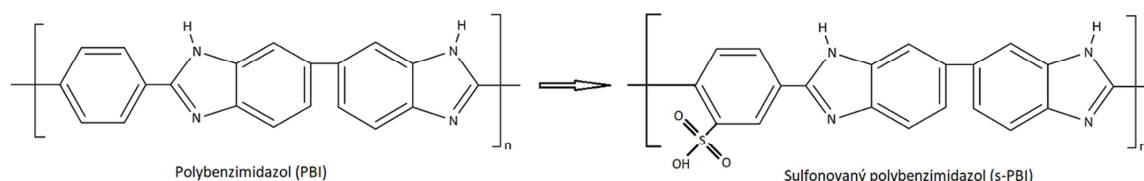


Obr. 10 – Schéma přípravy roztoku polybenzimidazolu a následné odlití membrány (upraveno z [22])

Hwang a kol. [25] upravovali polybenzimidazolové vrstvy, které jsou křehké a tuhé, což má za následek nízkou vodivost. Jejich snahou bylo ovlivnit pružnost PBI za pomoci dikarboxydifenyletheru (DCDPE). Vytvořili několik variant PBI jako například s-PBI (sulfonovaný PBI), OPBI (poly (oxyfenylenbenzimidazol)) nebo sc-OPBI (sulfonované a zesíťné OPBI) [25]. OPBI obsahuje ve svém řetězci kyslík, který by mohl vylepšit

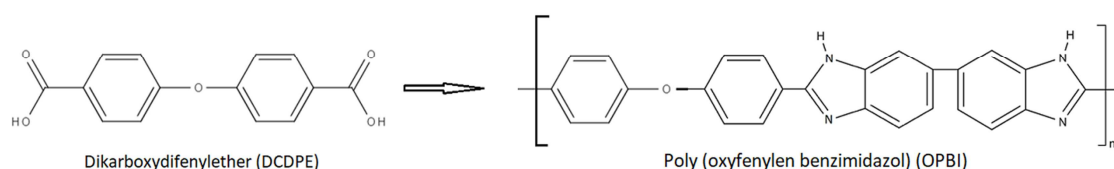
flexibilitu. Pro vylepšení protonové vodivosti a zachování stability při vysokých pracovních teplotách lze OPBI dále sulfonovat kyselinou sírovou anebo zesítit pomocí kyseliny fosforečné.

Sulfonovaný polybenzimidazol připravili [25] z PBI syntézou s 98 wt% kyselinou sírovou při pokojové teplotě, po dobu tří dní. Takto upravená s-PBI vrstva byla poté očištěna v ethanolu a usušena.



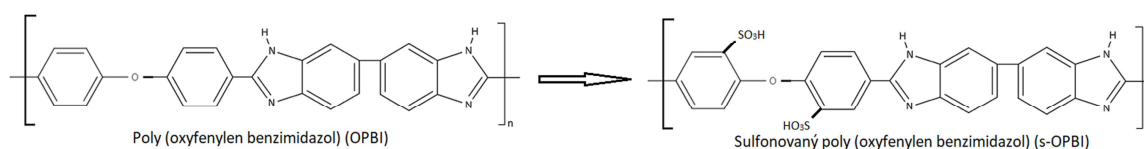
Obr. 11 – Syntéza sulfonovaného polybenzimidazolu (s-PBI)

Výsledný sulfonovaný polybenzimidazol měl ovšem velmi tuhou strukturu, protonová vodivost tohoto materiálu proto byla velmi malá. Hwang a kol. [25] se proto pokusili vylepšit pružnost a to tak, že při syntéze PBI namísto IPA (kyselina izoftalová) použili DCDPE (dikarboxydifenylether). DCDPE má, na rozdíl od IPA, navíc molekulu kyslíku a fenylovou skupinu, které celému polymeru dodávají pružnost. Syntézou za pomoci DCDPE vznikl OPBI (poly (oxyfenylenbenzimidazol)).



Obr. 12 – Syntéza poly(oxyfenylen benzimidazolu) (OPBI)

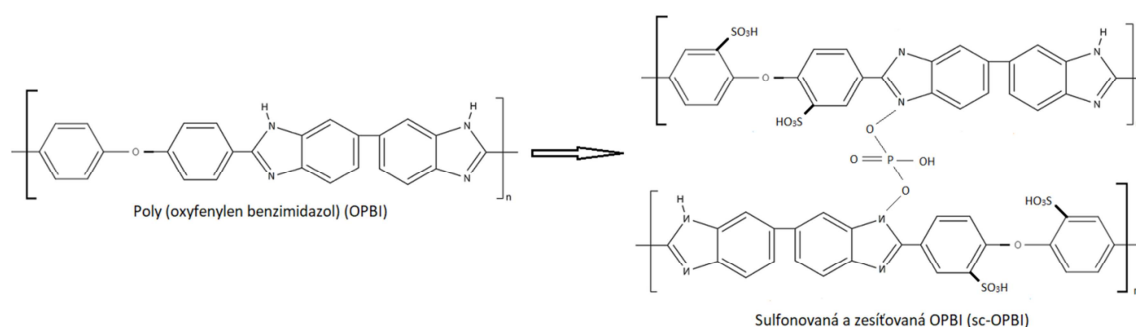
Pro zlepšení iontové vodivosti pak Hwang a kol. [25] vystavovali OPBI různě koncentrovaným roztokům kyseliny sírové, a to od 0 po 70 wt%, po dobu 24 hodin, po kterých byla očištěna ethanolem a usušena. Výsledkem byla sulfonovaná OPBI.



Obr. 13 – Syntéza sulfonovaného poly(oxyfenylen benzimidazolu) (s-OPBI)



Protože s-OPBI vykazovala nízkou stabilitu a vysokou míru změny rozměrů ve vodě (*swelling*), pokusili se Hwang a kol. [25] pomocí kyseliny fosforečné propojit dva řetězce sulfonované OPBI. Toho docílili ponořením OPBI membrány do 85 wt% roztoku kyseliny fosforečné, čímž vznikla c-OPBI (cross-linked OPBI) [25]. Větší zastoupení kyseliny fosforečné (ta je použita pro syntézu PBI a poté k propojení řetězců) může zlepšit protonovou vodivost. Následně proběhla reakce c-OPBI s 98 wt% roztokem kyseliny sírové [25].



Obr. 14 – Propojení řetězců poly(oxyfenylen benzimidazolu) kyselinou fosforečnou a následné sulfonování kyselinou sírovou

Hwang a kol. [25] pak naměřili, že výsledná membrána sc-OPBI vykazovala velmi zvýšenou vodivost protonů ( $0,081 \text{ S cm}^{-1}$ ), což je porovnatelné s komerčně dostupnou membránou Nafion ( $0,09 \text{ S cm}^{-1}$ ) [25]. Membrána sc-OPBI také měla o něco vyšší absorpci vody (40%) než Nafion (32%), změna rozměrů membrány v důsledku absorpce však byla u sc-OPBI mnohem nižší (11,5%) než u Nafionu (30,6%) [25]. Membrána na bázi sc-OPBI má tedy vysokou schopnost přenosu protonů a malou změnu rozměrů, což ji činí perspektivním materiálem pro použití ve vysoce teplotních vodíkových palivových článcích typu PEM.

Zkoumáním dalšího typu PBI membrán, tzv. iontové kapalné kompozitní PBI membrány, se zabývali Escorihuela a kol. [27] Iontové kapaliny (ILs; Ionic Liquids) jsou roztavené soli složené z organických kationtů a anorganických aniontů s nízkou teplotou tání pohybující se okolo pokojové teploty (pod  $100^\circ\text{C}$ ). Vysoká teplotní stabilita, dobrá vodivost a nízké nebo dokonce zanedbatelné vyluhování objemové složky IL byly pozorovány u PBI s ILs v polymerní matici [27]. Všechny tyto vlastnosti je činí vhodnými sloučeninami pro použití v elektrochemických zařízeních. Testování membrán na bázi

polymeru s plnivem z iontových kapalin bylo v nedávné době prováděno v takových odvětvích jako farmacie a medicína, separace plynů, katalýza, skladování energie a její přeměny a další [27]. Oproti kyselině fosforečné, která se také využívá k dopování PBI, jsou iontové kapaliny velmi stálé při vysokých teplotách (i nad 160°C). Kompozitní polyelektrolyty jako polymerní iontové kapaliny (PILs; Polymer Ionic Liquids) v sobě kombinují dobré vlastnosti iontových kapalin s dobrými vlastnostmi polymerů.

Escorihuela a kol. [27] připravili PBI membrány dopované iontovými kapalinami následujícím postupem. Stabilizátor, chlorid lithný LiCl při 0,1 wt%, byl za intenzivního míchání po dobu jedné hodiny při pokojové teplotě rozpouštěn v dimethylacetamidu (DMAc). Ve vzniklém homogenním roztoku byl poté rozpuštěn 10 wt% PBI prášek při teplotě 120°C po dobu šesti hodin. Výsledný roztok měl při pokojové teplotě viskozitu 0,5 Pa·s. V takto připravených 4,975 g 10 wt% PBI roztoku bylo rozpuštěno 0,025 g iontové kapaliny. Směs byla umístěna do ultrazvukové lázně po dobu 20 minut, čímž byl získán konečný roztok s 5 wt% iontové kapaliny v poměru k PBI. Po 4 hodinách míchání za teploty 60°C byl roztok nalit na sklíčko a usušen. Poté byla membrána sejmuta ze sklíčka a vymyta destilovanou vodou, aby se z ní vyplavily zbytky rozpouštědla (DMAc).

Zkoumané protonově vodivé PBI kompozitní membrány obsahovaly iontovou kapalinu 1-butyl-3-methylimidazol (BMIM) nesoucí různé aniontové jednotky ([Cl]<sup>-</sup>, [Br]<sup>-</sup>, [I]<sup>-</sup>, [NCS]<sup>-</sup>, [NTf<sub>2</sub>]<sup>-</sup>, [PF<sub>6</sub>]<sup>-</sup> a [BF<sub>4</sub>]<sup>-</sup>) v polymerní síti [27]. Escorihuela a kol. [27] zkoumali jejich strukturu, morfologii, tepelnou stabilitu, mechanickou pevnost, oxidační odolnost a protonovou vodivost.

Jedním ze zajímavých naměřených ukazatelů byla naměřená protonová vodivost kompozitní membrány obsahující BMIM-BF<sub>4</sub> ([BF<sub>4</sub>]<sup>-</sup>; aniont tetrafluoroborátu) při 200°C a bezvodých podmínkách, která dosáhla hodnoty 0,094 S cm<sup>-1</sup> [27]. Začlenění iontových kapalin do PBI membrán podle Escorihuela a kol. [27] zlepšuje jejich mechanické vlastnosti, mají vhodnou protonovou vodivost (na úrovni komerčně dostupných membrán Nafion), díky čemuž jsou vhodné pro budoucí vývoj vysokoteplotních elektrolytů pro aplikace v různých oblastech, zejména jako elektrochemická zařízení v oblastech souvisejících s energií.

Dlouhodobým testováním vysokoteplotních palivových článků typu PEM s membránou na bázi polybenzimidazolu se také zabývali Pinar a kol. [28], Kannan

a kol. [29] a Jespersen a kol. [30] Pinar a kol. [28] porovnávali výsledky měřené na sestavě palivových článků s modifikovanou membránou a sestavě s membránou nemodifikovanou. Modifikované membrány obsahovaly jako plnivo 2 wt% mikroskopický  $\text{TiO}_2$  (oxid titaničitý). Dlouhodobé testy probíhaly jak s konstantním, tak s dynamickým zatížením. Sestava palivových článků s modifikovanou membránou vykazovala po 1100 hodinách provozu nevratnou ztrátu napětí menší než 2% (dvakrát méně než u klasických membrán). Sestava palivových článků s modifikovanou membránou měla také oproti sestavě s nemodifikovanou membránou menší úbytek kyseliny, u nemodifikované membrány byl tento pokles 2%, u modifikované membrány došlo ke ztrátě 0,6% kyseliny. Výsledky prokázaly, že přidání plniva do matrice membrány má pozitivní vliv na životnost a stabilitu systému. Sestava s membránou na bázi PBI úspěšně absolvovala více než 1100 hodin testování, na rozdíl od sestav s klasickými membránami, u kterých došlo v předchozích dlouhodobých testech k selhání již po 225 hodinách provozu. Sestava palivových článků využívajících membrány na bázi PBI také, na rozdíl od klasických membrán, vykazuje velmi rychlé a stabilní výkonové a napěťové odezvy při dynamických zátěžových režimech. [28]

Kannan a kol. [29] podrobili sestavu pěti palivových článků na bázi PBI/ $\text{H}_3\text{PO}_4$  1562 start-stop cyklům zátěžového testu, což odpovídá 4160 hodinám provozu. Nejdelší nepřerušovaný test měl délku 524 cyklů, tedy okolo 1342 hodin reálného provozu. Během testu byl systém po dobu přibližně 13 hodin napětí naprázdno, což by mělo zásadně negativně ovlivnit degradaci článků, z které pramení vyšší míra úbytku napětí, pravděpodobně způsobená uhlíkovou korozí a ztrátou elektrochemicky aktivní plochy. Při provozu článku je tedy žádoucí vyhnout se zapojení bez zátěže.

Naměřená míra degradace (úbytek napětí) na jeden cyklus se pohybovala mezi  $11 \mu\text{V}/\text{cyklus}$  při proudové hustotě  $0,03 \text{ A cm}^{-2}$  a  $26 \mu\text{V}/\text{cyklus}$  při proudové hustotě  $0,25 \text{ A cm}^{-2}$  [29]. Při odebíraném napětí naprázdno vzrostou tyto hodnoty přibližně pětkrát (v porovnání s provozem při proudové hustotě  $0,25 \text{ A cm}^{-2}$ ). Je důležité zdůraznit, že naměřené údaje jsou výsledkem opakovaného cyklování start/stop a proudové hustoty a poskytují tak účinek těchto změn na provoz palivového článku. Hodnoty by se také daly mylně interpretovat z ohledu na životnost palivového článku. Pro dlouhodobý provoz byla stanovena míra degradace  $13,25 \mu\text{V h}^{-1}$  [29]. Pokud by systém vykonal, například, jeden

cyklus start/stop za den, dá se očekávat životnost přibližně čtyři roky. Kannan a kol. [29] dále zmiňují, že jejich budoucí výzkum bude zaměřen na implementování této start/stop strategie na kombinované tepelné a energetické jednotky (CHP) a ověření životnosti těchto systémů.

Melchior a kol. [31] hledali důvod, proč jsou protonově vodivé PBI membrány dopované kyselinou fosforečnou tak vhodné k využití ve vysokoteplotních palivových článcích typu PEM. Na první pohled se může zdát, že díky velkému snížení vodivosti, které bylo pozorováno při interakci kyseliny fosforečné s polybenzimidazolem v membránách PBI-PA (PBI-PA; Polybenzimidazole-phosphoric acid membranes), nejsou tyto membrány žádoucí k užití v HT-PEMFC [31]. Nedávný výzkum [31] transportních vlastností kyseliny fosforečné obsahující nadbytečnou vodu ukázal, že přítomnost většího množství vody závažně mění povahu iontového transportu. Při nízkém množství vody je kyselina fosforečná díky vysokému obsahu vodíkové vazby velmi silnou kyselinou. Při množství vody menším než dvě molekuly  $\text{H}_2\text{O}$  na molekulu  $\text{H}_3\text{PO}_4$  dochází k výraznému transferu protonů z kyseliny fosforečné do vody, což vede ke vzniku vodných protonických nosičů náboje  $\text{H}_3\text{O}^+$  (hydronium). Se zvyšujícím se obsahem vody se tyto nosiče náboje odpojují ze struktury kyseliny fosforečné, čímž přibývá příspěvků vodivosti. Při stejné reakci vznikají i ionty  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , které také přispívají k vodivosti. Toto vysvětluje zvýšení vodivosti při vyšším obsahu vody. Zároveň ale protonová strukturní difúze klesá, až nakonec vymizí při obsahu vody okolo  $[\text{H}_2\text{O}]/[\text{H}_3\text{PO}_4] = 2$  [31].

Během činnosti palivového článku se předpokládá, že pohyby těchto iontů způsobují přesun vody z anody na katodu. Způsob distribuce vody membránou ještě není zcela definitivně popsán, nicméně na anodě musí nutně dojít k odčerpání vody, naopak na katodě se voda nahromadí. Odčerpání vody na anodě může, například u membrán s hygroskopickou skupinou  $-\text{SO}_3\text{H}$ , vést k nárůstu odporu na anodě a tím omezení procházejícího proudu skrz membránu. Větší koncentrace vody na katodě pak může způsobit nevratné vyluhování kyseliny fosforečné z membrány. S velkou pravděpodobností je zvýšený vodní transport škodlivý pro funkci palivového článku. [31]

Jedna z výhod PBI-PA membrán může být snižování jejich hygroskopičnosti následkem interakce kyseliny fosforečné s dusíkem v polymeru. Při relativní vlhkosti 10% je kyselina fosforečná obsažená v 3PA1BI (sloučenina obsahující 3 moly kyseliny

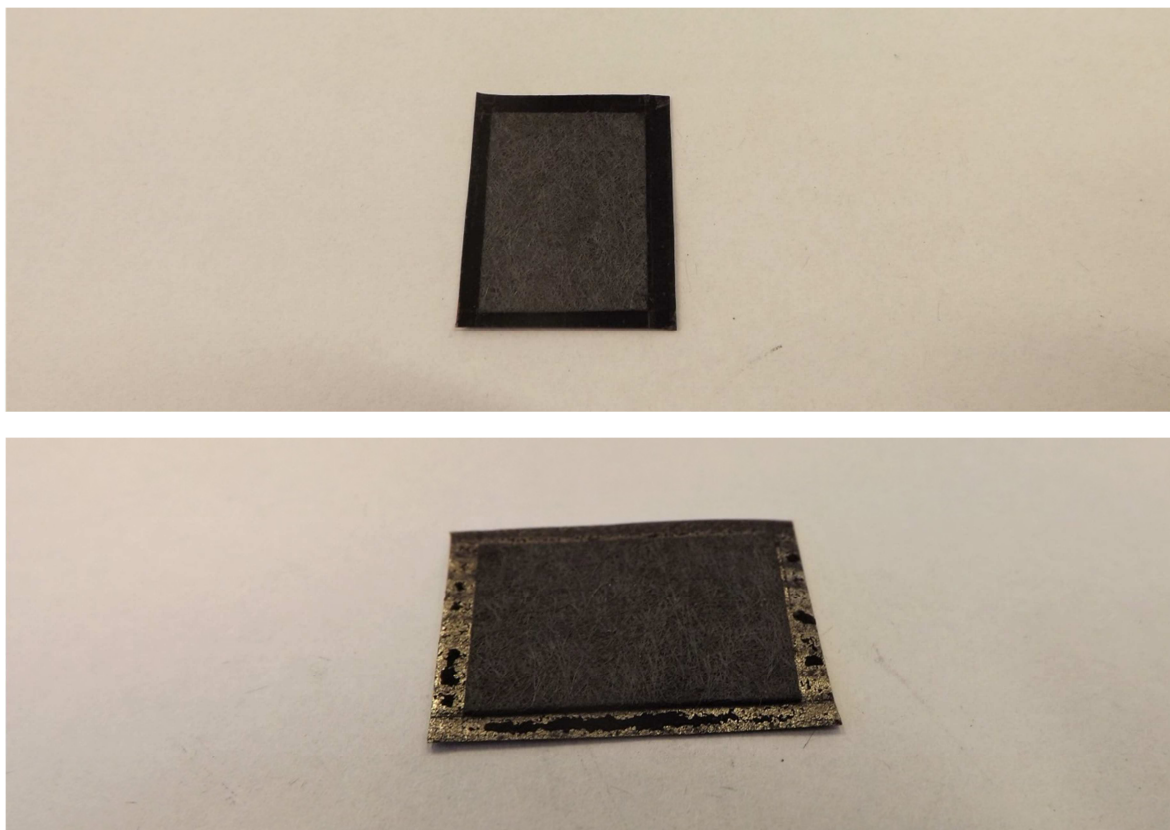
fosforečné na 1 mol benzimidazolu) nominálně suchá, kdežto čistá kyselina fosforečná si uchovává 0,6H<sub>2</sub>O. Při těchto podmínkách, blízcím se pracovním podmínkám palivového článku HT-PEM, je vodivost o řád nižší než vodivost hydratované čisté kyseliny fosforečné. Zbytková vodivost je však stále dostatečná pro použití v palivových člancích (přibližně 0,1 S cm<sup>-1</sup> při teplotě 160°C) a transport protonů je zajišťován převážně strukturní difúzí. Toto je ve velmi dobré shodě s již dříve naměřenou [32] absencí jakéhokoli významného elektroosmotického odporu vody [31]. Na druhou stranu velký obsah vody v čisté kyselině fosforečné vede k odporu vody asi 0,4 molekuly H<sub>2</sub>O na jeden proton, což je hodnota velmi blízká hodnotám odporu vody naměřeným u membrán Nafion/PA. Za zmínku stojí, že pro H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>·0,6H<sub>2</sub>O se rychlost strukturní difúze protonů snižuje téměř 1,9krát, přičemž ale celková vodivost je 1,1krát vyšší než vodivost suché kyseliny fosforečné. [31]

Vzhledem k těmto úvahám se zdá lepší užití membrán PBI/PA s nepříliš vysokým obsahem kyseliny fosforečné a s dobrou homogenitou maximalizující kontakt kyseliny a báze. Snižování obsahu kyseliny fosforečné při zachování dokonalé směsi kyseliny a polymeru by mohlo být univerzálním způsobem dalšího zlepšování tohoto typu membrány. Další mechanická stabilizace, např. pomocí zesílení (*cross-linking*), může nejen zlepšit rozměrovou stabilitu membrány, ale může také snížit ztrátu kyseliny fosforečné jako reakci na vnější tlak. [31]

## 4 VÝZKUM VLASTNOSTÍ DEGRADOVANÝCH MEA

### 4.1 PŘÍPRAVA VZORKŮ

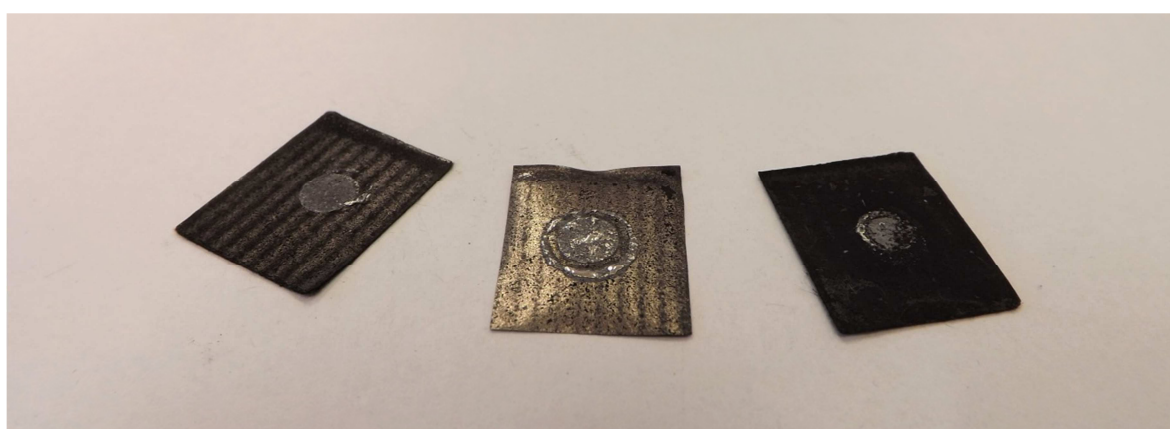
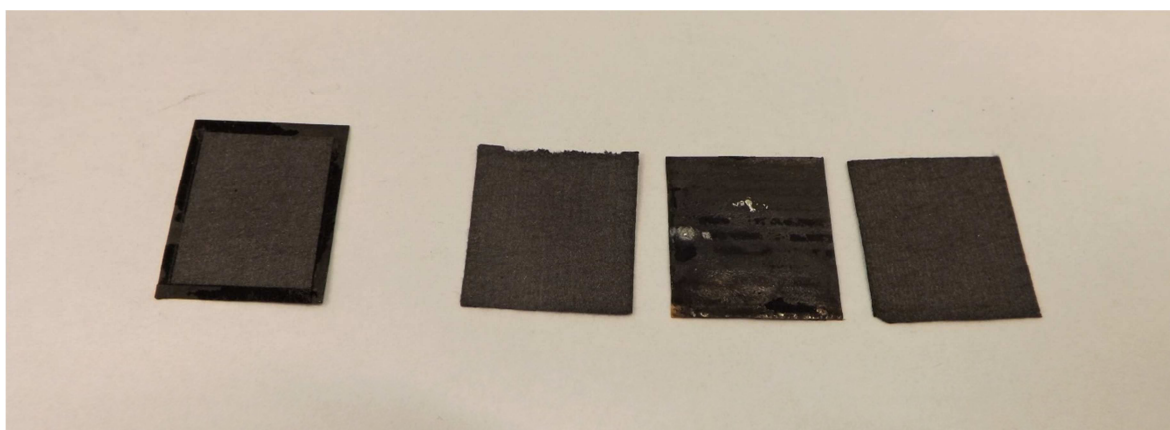
K měření byly připraveny sestavy membrán a elektrod dvou typů – Dapozol a Fumapem. Z MEA Dapozol bylo skalpelem vyříznuto šest vzorků velikosti jeden centimetr čtvereční, z MEA Fumapem byly vyříznuty vzorky čtyři. Dva vzorky Dapozolu a dva vzorky Fumapemu byly podrobeny akcelerovanému stress testu (AST; Accelerated Stress Test) o sto cyklech. Dva vzorky Dapozolu a dva vzorky Fumapemu byly podrobeny akcelerovanému stress testu o pěti stech cyklech. Bližší průběh akcelerovaného stress testu bude komentován v další podkapitole. Jeden vzorek Dapozolu degradován nebyl, sloužil jako referenční vzorek.



Obr. 15, 16 – Fotografie vzorků MEA s oříznutými GDL; na horním obrázku membrána Dapozol, na spodním obrázku membrána Fumapem

Jeden vzorek každé varianty (čistý Dapozol, Dapozol podrobený 100 cyklům AST, Dapozol podrobený 500 cyklům AST, Fumapem podrobený 100 cyklům AST a Fumapem

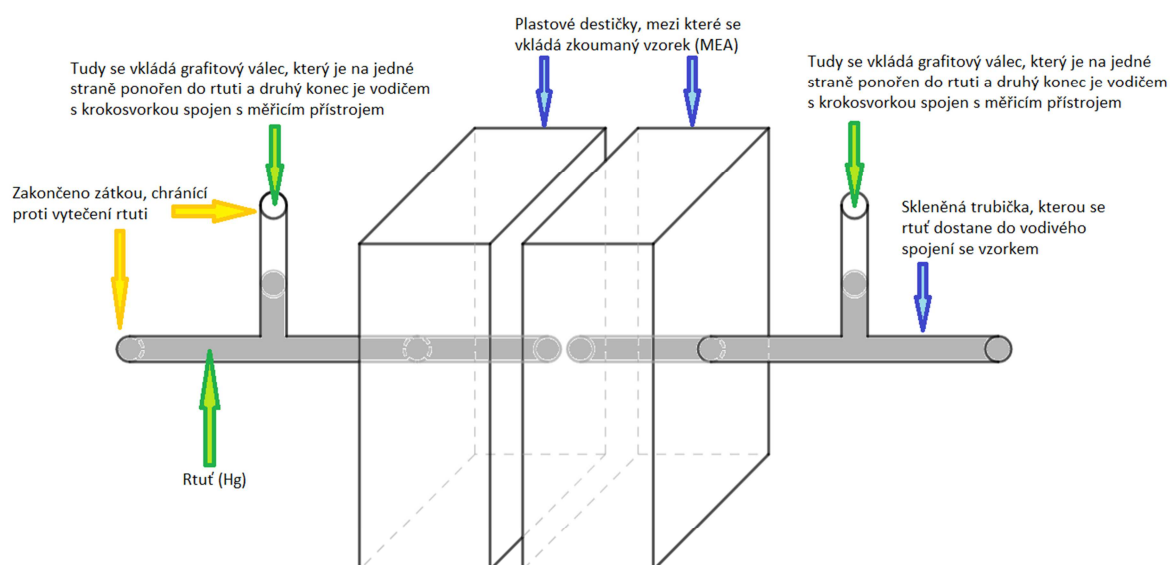
podrobený 500 cyklům AST) byl posléze pinzetou rozdělen na tři části – dvě difúzní vrstvy a membránu s katalytickými vrstvami (CCM; Catalyst Coated Membrane). Vzorkům, které nebyly rozděleny na GDL a membránu, byly pečlivě oříznuty okraje GDL, tak aby při měření nedocházelo k jejich kontaktu, což by vedlo ke zkratu (byla by měřena pouze GDL, ne celá sestava). Vzorky byly takto přichystány ke vložení do měřicího přístroje EIS (EIS; Electrochemical Impedance Spectroscopy).



Obr. 17, 18 - Fotografie vzorků MEA po rozdělení na difúzní vrstvy (GDL) a na katalytickými vrstvami pokrytou membránu (CCM); na horním snímku je vzorek Dapozol, na spodním vzorek Fumapem

Vzorek byl pinzetou vložen mezi dvě plastové destičky, ty pak byly přitlačeny k sobě a v protilehlých rozích přichyceny dvěma šrouby. Homogenní stlačení vzorku bylo zajištěno použitím momentového klíče, šrouby byly utaženy momentem 0,5 Nm. V místě přímého kontaktu kapalná elektroda a vzorku ke stlačení nedochází. Kapalná elektroda, rtuť, byla injekční stříkačkou vpravena do skleněných trubic uchycených k destičkám tak, aby doléhala na vzorek a nebyly v ní přítomny žádné vzduchové bubliny. Jedny konce trubic byly zajištěny gumovými pouzdry zabraňujícími vylití rtuti, druhými konci byly

do soustavy vloženy grafitové válce sloužící k propojení s jednotkou EIS. I druhé konce trubic byly zajištěny gumovými kryty proti úniku rtuti.



Obr. 19 - Schéma měřicího zařízení, do kterého se vkládá vzorek

#### 4.1.1 VZORKY POST-MORTEM

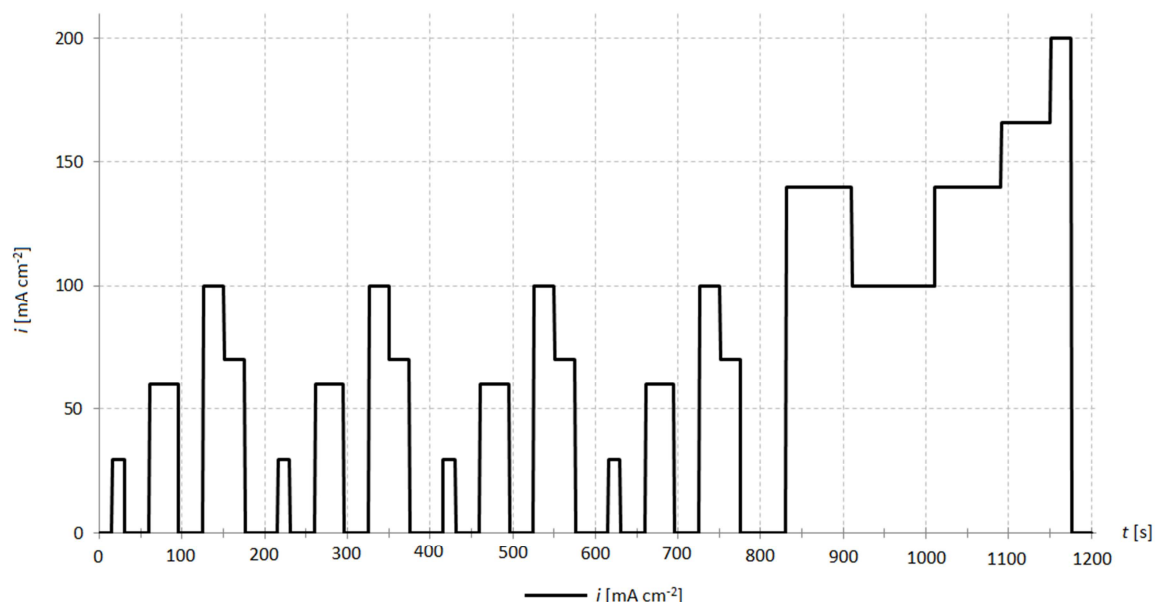
Během činnosti palivového článku dochází k degradování jednotlivých komponent. K degradaci může docházet několika možnými způsoby a nikdy to není proces rovnoměrný, vždy také závisí na provozních podmínkách. Životnost sestavy membrány a elektrod je jedním z nejdůležitějších parametrů. Komerčně dostupné MEA mají v současné době životnost v řádu desítek tisíc hodin provozu, snahou výrobců je však tento parametr navýšit.

Pro toto měření byly použity sestavy membrány a elektrod od firem Danish Power Systems (MEA Dapozol) a Fumatech (MEA Fumapem), přičemž reálné zatížení MEA bylo simulováno tzv. akcelerovaným stress testem. Tento standardizovaný test napodobuje dlouhodobé nestacionární zatížení, při kterém není potřeba sestavu membrány a elektrod podrobovat tisícům hodin provozu. V průběhu testu je MEA vystavena dynamickému zatěžování a to hodnotami napětí v rozmezí na prázdno až po pracovní bod. Při napětově řízeném testu se hodnoty pohybují od OCV (Open Circuit Voltage – napětí na prázdno)



po přibližně 0,5 V. Přesné parametry testu závisí na konkrétní MEA, napětí nižší než 0,3 V však v MEA vedou k nevratným změnám, a proto nejsou v tomto testu využívány. Nízkoteplotní vodíkové palivové články vcelku dobře snášejí přechod mezi nulovým a maximálním výkonem, jsou proto vnímány jako vhodná alternativa ke spalovacím motorům. Vysokoteplotní palivové články zdaleka tak odolné vůči změnám malých a maximálních napětí nejsou. Takto dynamická zátěž rychle poškozuje sestavu membrány a elektrod.

Vzorky připravované pro měření byly vystaveny proudově řízenému dynamickému cyklování, jehož jeden cyklus je znázorněn v grafu 1. Cyklus začíná čtyřmi opakováními, při kterých je článek v chodu při proudové hustotě 30, 60, 100 a 70 mA cm<sup>-2</sup> s půlminutovými mezerami mezi prvním a druhým zatěžováním. Poslední třetina testu probíhá za proudové plošné hustoty 140, 100, 140, 166 a 200 mA cm<sup>-2</sup>. Na anodě (vodík) byl stechiometrický poměr 1,5 (stechiometrický poměr zohledňuje přítomnost reaktantů a produktů). Na katodě (vzduch) byl stechiometrický poměr 1,2. Polovina vzorků byla vystavena sto opakováním tohoto cyklu, druhá polovina vzorků pěti stům opakování tohoto cyklu.



Graf 1 - Vybraný cyklus on/off testu, kde  $i$  je proudová plošná hustota v mA cm<sup>-2</sup>

Měření proběhlo na čistých vzorcích a na vzorcích zatížených 100 a 500 cykly akcelerovaného stress testu. Vzorky byly analyzovány metodou ex-situ testování, to jest mimo vlastní palivový článek.

## 4.2 ELEKTROCHEMICKÁ IMPEDANČNÍ SPEKTROSKOPIE

Tato metoda se využívá k získání komplexního popisu elektrochemického chování systému. Na pracovní elektrodu se vkládá konstantní potenciál se superponovaným střídavým napětím o dané amplitudě, zpravidla v rozmezí 5-10 mV, a měří se střídavá složka proudové odezvy. Měření může probíhat se zvoleným potenciálem nebo s potenciálem nezatíženého obvodu (OCP; Open Circuit Potencial), což je vlastní potenciál proudově nezatížené elektrody. Frekvence střídavého napětí se během měření mění, obvykle se pohybují mezi 1 MHz až 0,1 mHz. Používá se potenciostat v tříelektrodovém zapojení. [2]

Parametry realizovaného měření	
DC složka (pertubační potenciál)	0
AC složka (amplituda)	10 mV
Frekvenční rozsah	10 MHz – 0,1 Hz
Dvouelektrodové zapojení	
Materiál elektrody	Rtuť (Hg)
Průměr kruhové styčné plochy Hg-MEA	4 mm

Tab. 2 - Parametry realizovaného měření

Pro popis reálného zapojení se střídavým proudem nestačí použít veličinu elektrický odpor ( $R$ ), který lze uplatnit v případě ideálního rezistoru ve stejnosměrném zapojení, je nutné zavést veličinu impedance ( $Z(\omega)$ ). Impedance je na rozdíl od elektrického odporu závislá na frekvenci a pomocí kartézských souřadnic lze vyjádřit jako

$$Z(\omega) = Z_{re} + iZ_{im}, \quad (5.1)$$

kde  $Z_{re}$  je reálná složka impedance a  $Z_{im}$  je imaginární složka impedance. Vyjádřeno v polárních souřadnicích

$$Z(\omega) = |Z|e^{i\theta}, \quad (5.2)$$

kde  $\theta$  je fázový posun (ztrátový úhel) a

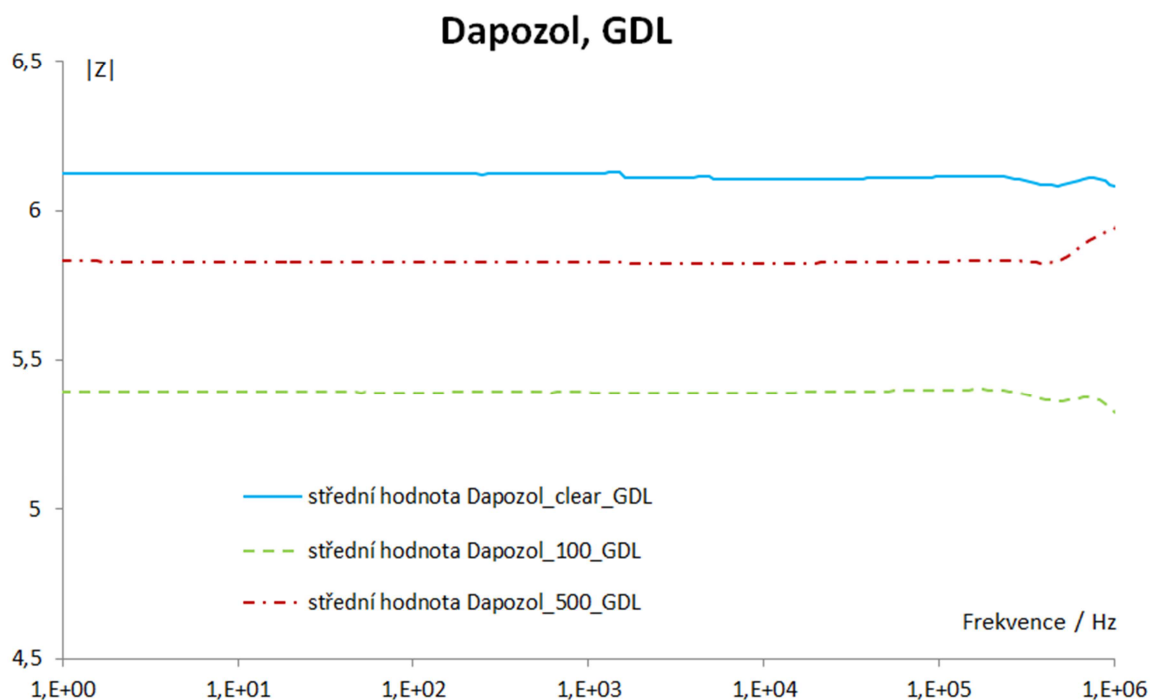
$$|Z| = \sqrt{(Z_{re}^2 + Z_{im}^2)} \quad (5.3)$$

je absolutní hodnota impedance neboli magnituda. [2]

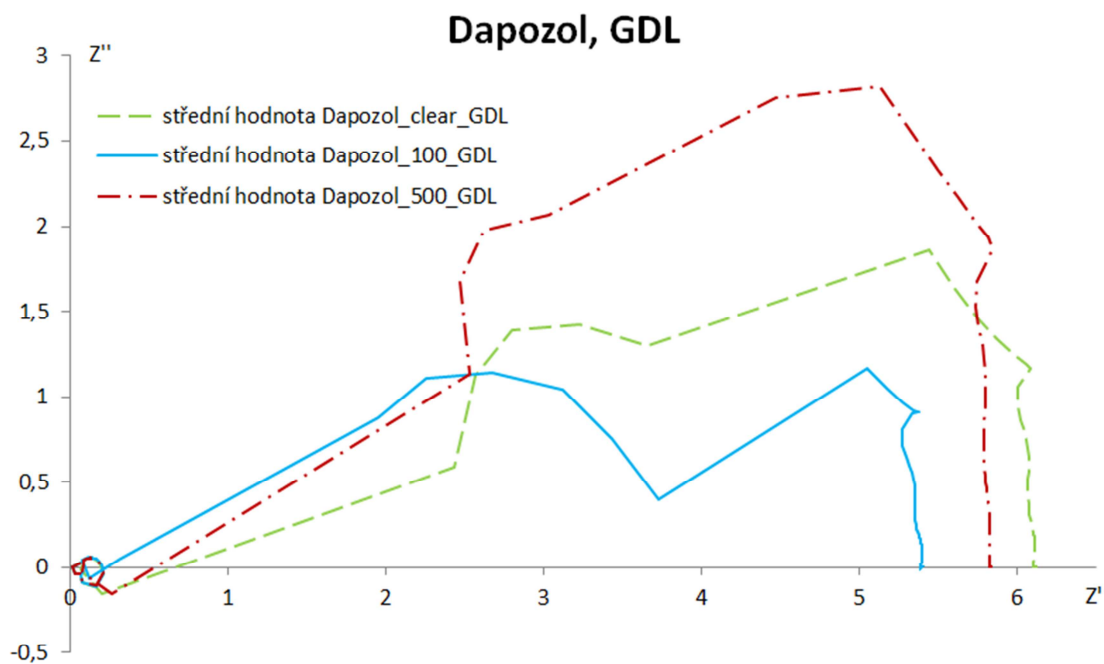
Impedanci jako funkci frekvence popisují Bodeho a Nyquistův diagram. Bodeho diagram vykresluje závislost absolutní hodnoty impedance (magnitudy) na frekvenci, druhý typ Bodeho diagramu popisuje závislost fázového posunu na frekvenci. Nyquistův diagram znázorňuje závislost imaginární složky impedance na reálné složce při měnící se frekvenci.

## 4.3 VÝSLEDKY MĚŘENÍ

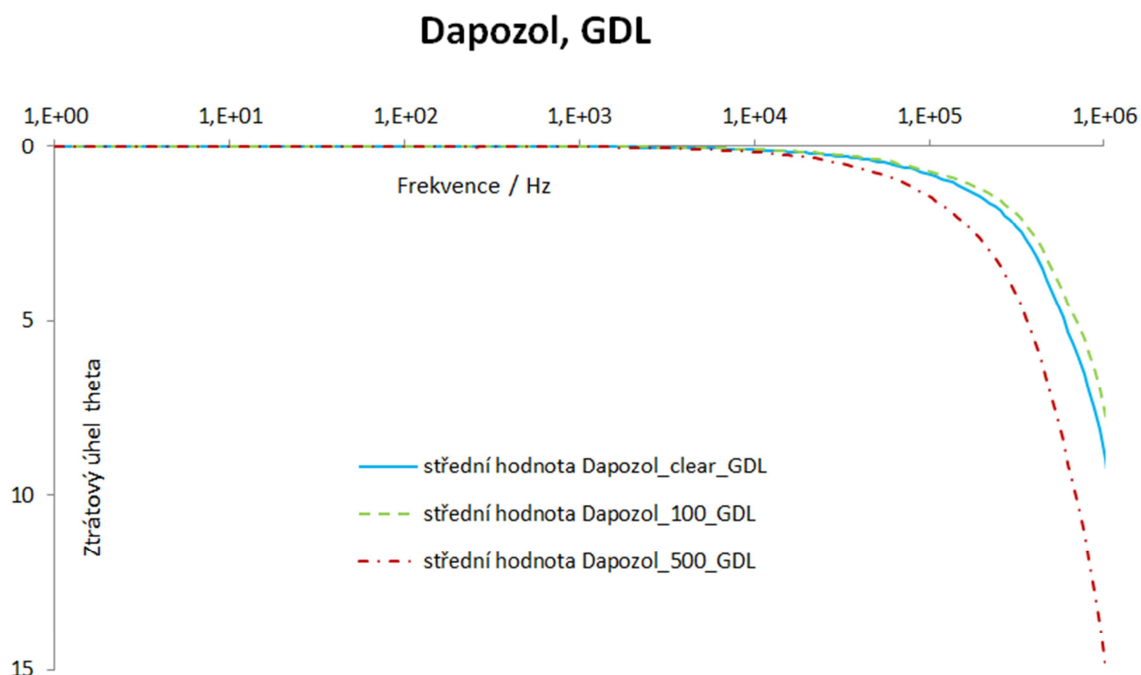
## 4.3.1 VÝSLEDKY MĚŘENÍ PRVNÍ DIFÚZNÍ VRSTVY MEA DAPOZOL



Graf 2 - Závislost absolutní hodnoty impedance (magnitudy) na frekvenci pro první difúzní vrstvu MEA Dapozol, porovnání středních hodnot čistého vzorku a vzorků zatížených 100 a 500 cykly AST



Graf 3 - Závislost reálné složky impedance a imaginární složky impedance pro první difúzní vrstvu MEA Dapozol, porovnání středních hodnot čistého vzorku a vzorků zatížených 100 a 500 cykly AST



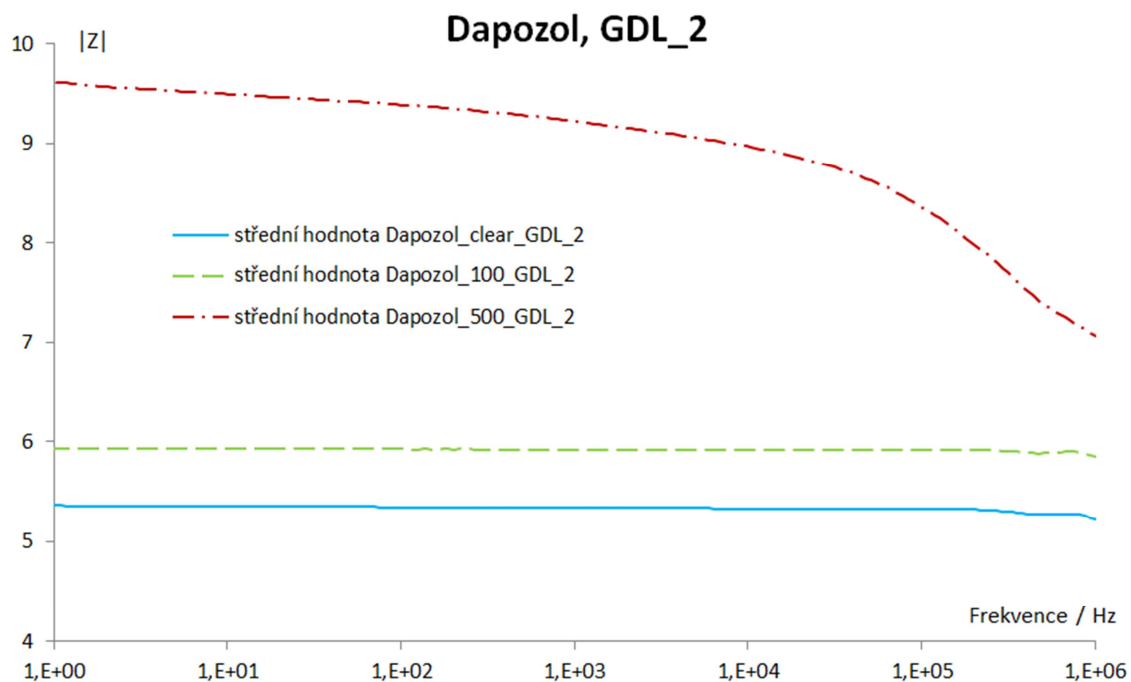
Graf 4 - Závislost ztrátového úhlu theta na frekvenci pro první difúzní vrstvu MEA Dapozol, porovnání středních hodnot čistého vzorku a vzorků zatížených 100 a 500 cykly AST

Grafy 2, 3 a 4 znázorňují elektrochemickou impedanční spektroskopii (EIS) první difúzní vrstvy (GDL) vzorku MEA Dapozol. Příslušná data, naměřená přístrojem Solartron 1287A/1260, jsou přiložena k nahlédnutí v přílohách této práce. Hodnoty byly měřeny pro 277 hodnot frekvence v rozsahu 0,1 Hz až 20 MHz.

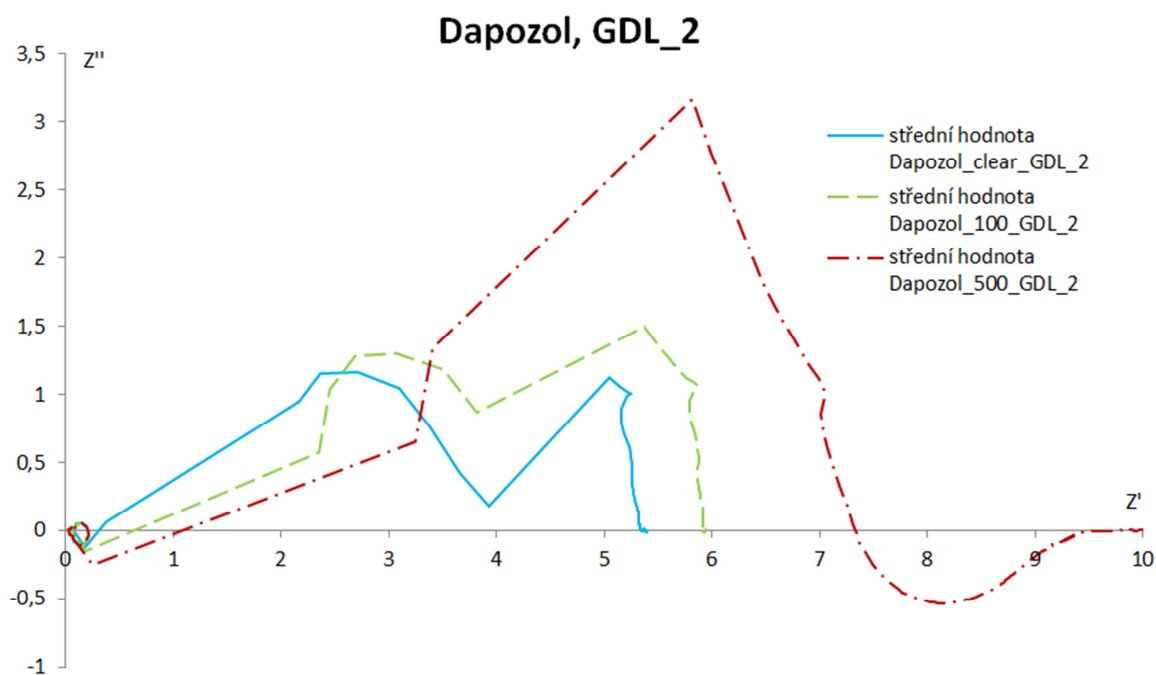
Z grafu 2, který popisuje frekvenční závislost absolutní hodnoty impedance, tzv. magnitudy, je patrný pokles elektrického odporu (impedance) u vzorků, které byly vystaveny akcelerovanému stress testu. Nejvyšší naměřený elektrický odpor vykázal čistý vzorek, nejnižší vzorek zatížen 100 cykly AST. Snížení elektrického odporu může být způsobeno migrací platiny do struktury membrány, následné zvýšení elektrického odporu (pro vzorek s 500 cykly AST) pak oxidací uhlíkové vrstvy a tvorbou pasivační vrstvy.

Při nižším zatížení se také může projevit pokles elektrického odporu vlivem vyplavení teflonu (PTFE) z difúzní vrstvy. PTFE má totiž, na rozdíl od uhlíkových vláken, velmi vysoký elektrický odpor.

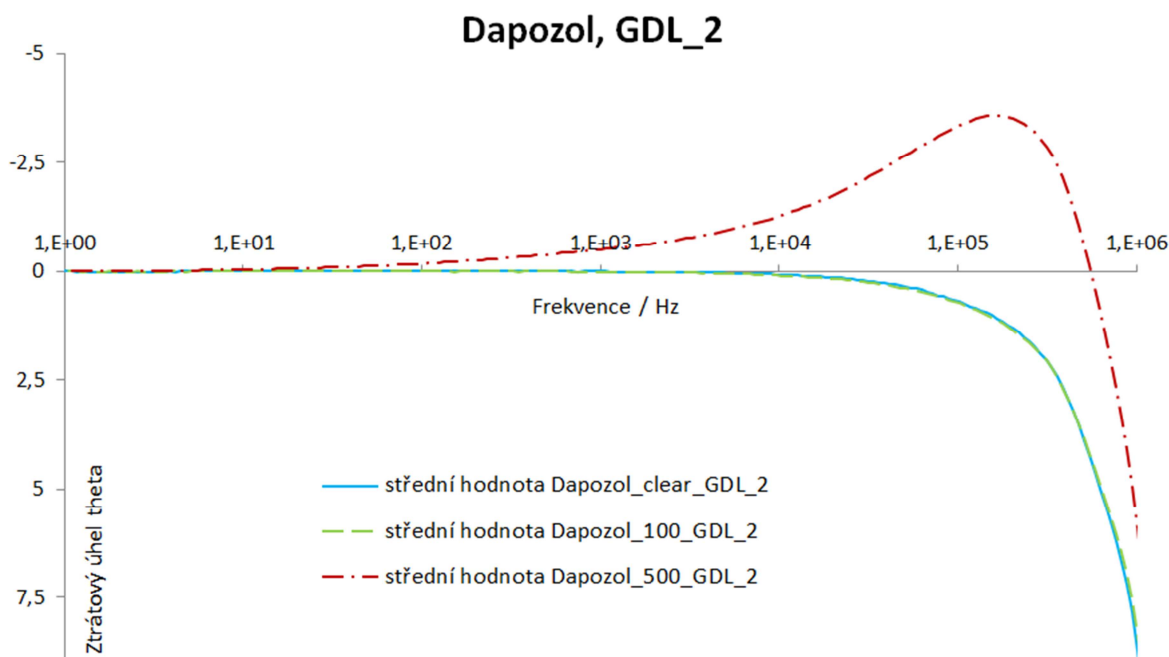
## 4.3.2 VÝSLEDKY MĚŘENÍ DRUHÉ DIFÚZNÍ VRSTVY MEA DAPOZOL



Graf 5 - Závislost absolutní hodnoty impedance (magnitudy) na frekvenci pro druhou difúzní vrstvu MEA Dapozol, porovnání středních hodnot čistého vzorku a vzorků zatížených 100 a 500 cykly AST



Graf 6 - Závislost reálné složky impedance a imaginární složky impedance pro druhou difúzní vrstvu MEA Dapozol, porovnání středních hodnot čistého vzorku a vzorků zatížených 100 a 500 cykly AST

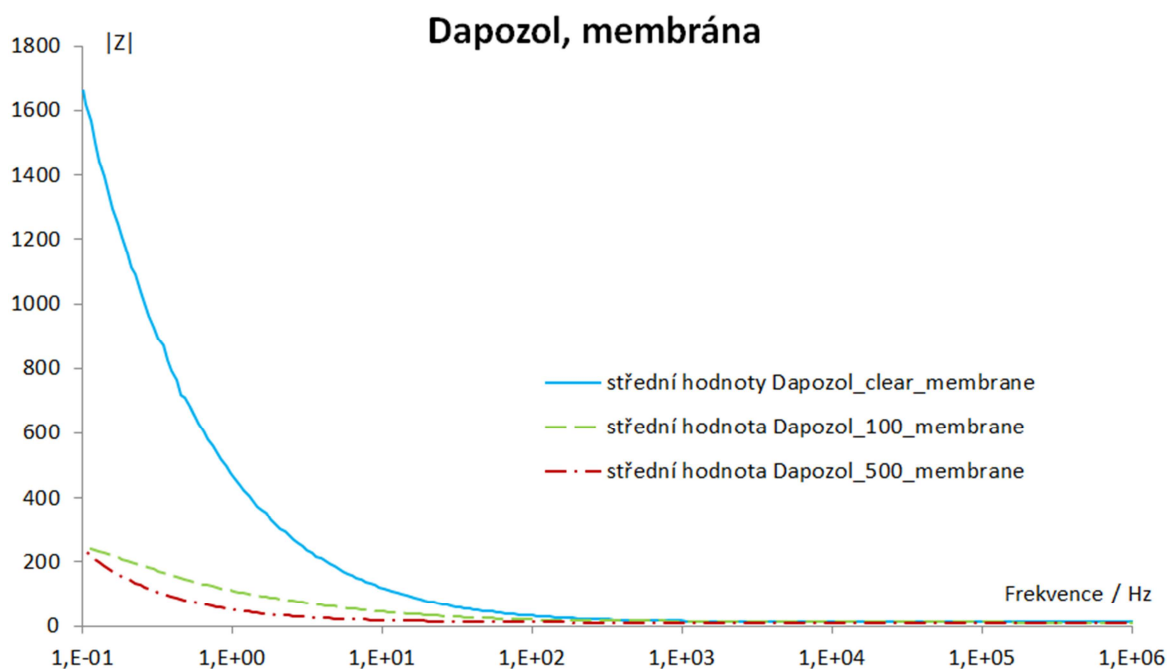


Graf 7 - Závislost ztrátového úhlu theta na frekvenci pro druhou difúzní vrstvu MEA Dapozol, porovnání středních hodnot čistého vzorku a vzorků zatížených 100 a 500 cykly AST

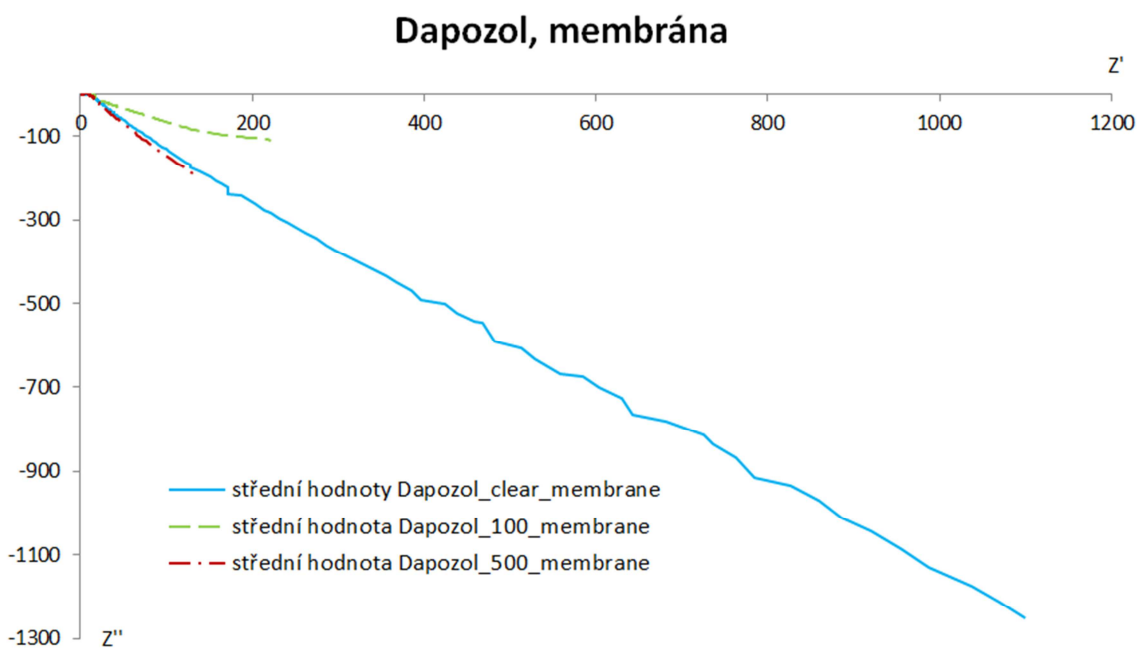
Grafy 5, 6 a 7 znázorňují výsledky měření druhé difúzní vrstvy (GDL) MEA Dapozol. Odpovídající data jsou k nahlédnutí v přílohách. Výsledky byly měřeny přístrojem Solartron 1287A/1260 pro 277 frekvencí a to pro frekvence od 0,1 Hz do 20 MHz.

V tomto případě byla pro vzorek zatížený 500 cykly akcelerovaného stress testu naměřena nejvyšší impedance a nejnižší pro vzorek čistý. U čistého vzorku byla naměřená hodnota impedance nižší než u čistého vzorku z grafu 2 (první difúzní vrstva). Zatímco u vzorku zatíženého 100 cykly AST nebyly naměřeny výrazně rozdílné hodnoty od hodnot pro první difúzní vrstvu (graf 2), u vzorku zatíženého 500 cykly AST byly hodnoty druhé vrstvy výrazně vyšší než hodnoty první vrstvy. Tyto rozdíly v měřeních jednotlivých difúzních vrstev mohou být způsobeny rozpadem celé MEA na jednotlivé části (membránu a difúzní vrstvy). V některých případech může dojít k rozložení na CCM (membránu pokrytou katalytickou vrstvou), jindy může katalytická vrstva zůstat přilnutá na difúzní vrstvě. V katalytické vrstvě je obsažen teflon (PTFE), platina a uhlíkové částice. Přítomnost či nepřítomnost (způsobená například vyplavováním) těchto látek má vliv na celkový elektrický odpor vrstvy.

## 4.3.3 VÝSLEDKY MĚŘENÍ MEMBRÁNY MEA DAPOZOL

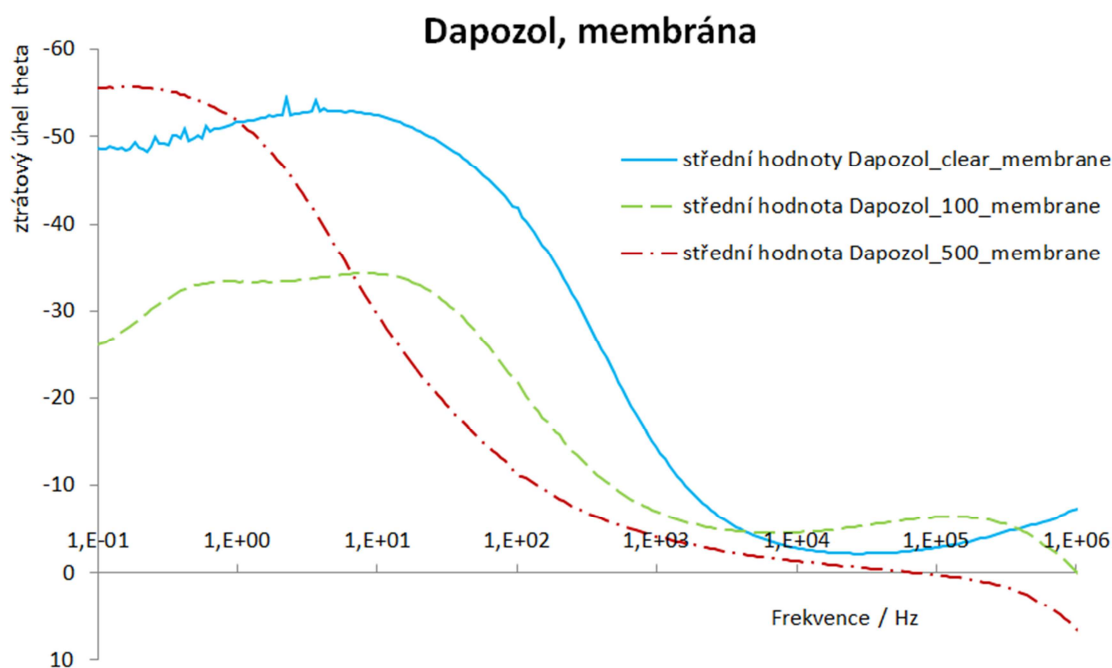


Graf 8 - Závislost absolutní hodnoty impedance (magnitudy) na frekvenci pro membránu z MEA Dapozol, porovnání středních hodnot čistého vzorku a vzorků zatížených 100 a 500 cykly AST



Graf 9 - Závislost reálné složky impedance a imaginární složky impedance pro membránu z MEA Dapozol, porovnání středních hodnot čistého vzorku a vzorků zatížených 100 a 500 cykly AST



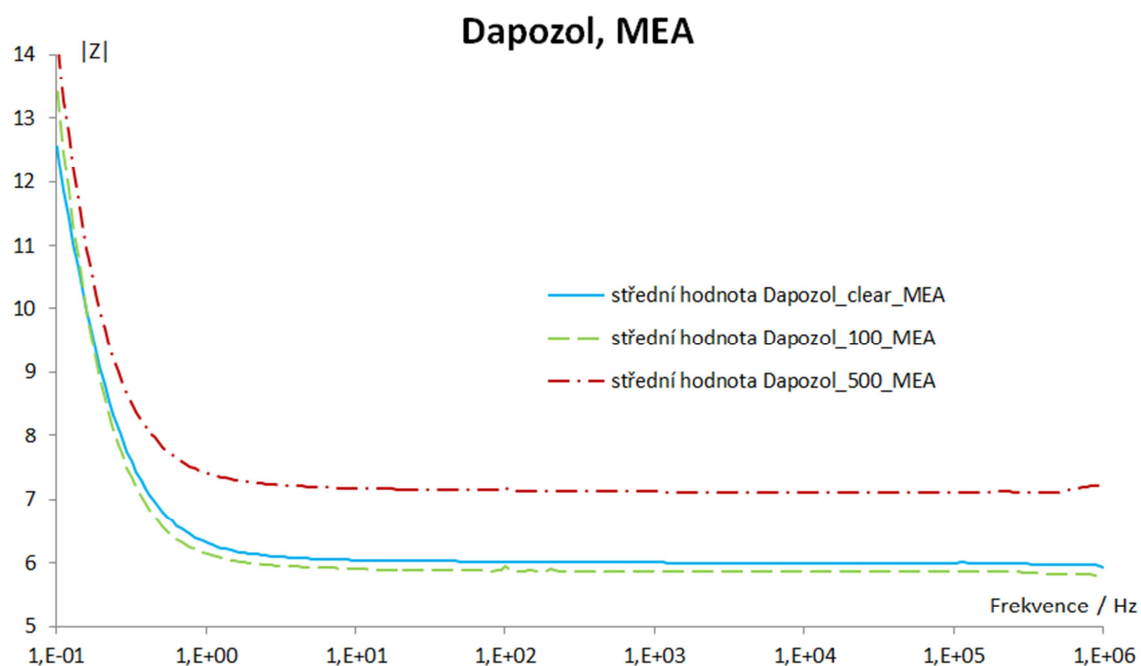


Graf 10 - Závislost ztrátového úhlu theta na frekvenci pro membránu z MEA Dapozol, porovnání středních hodnot čistého vzorku a vzorků zatížených 100 a 500 cykly AST

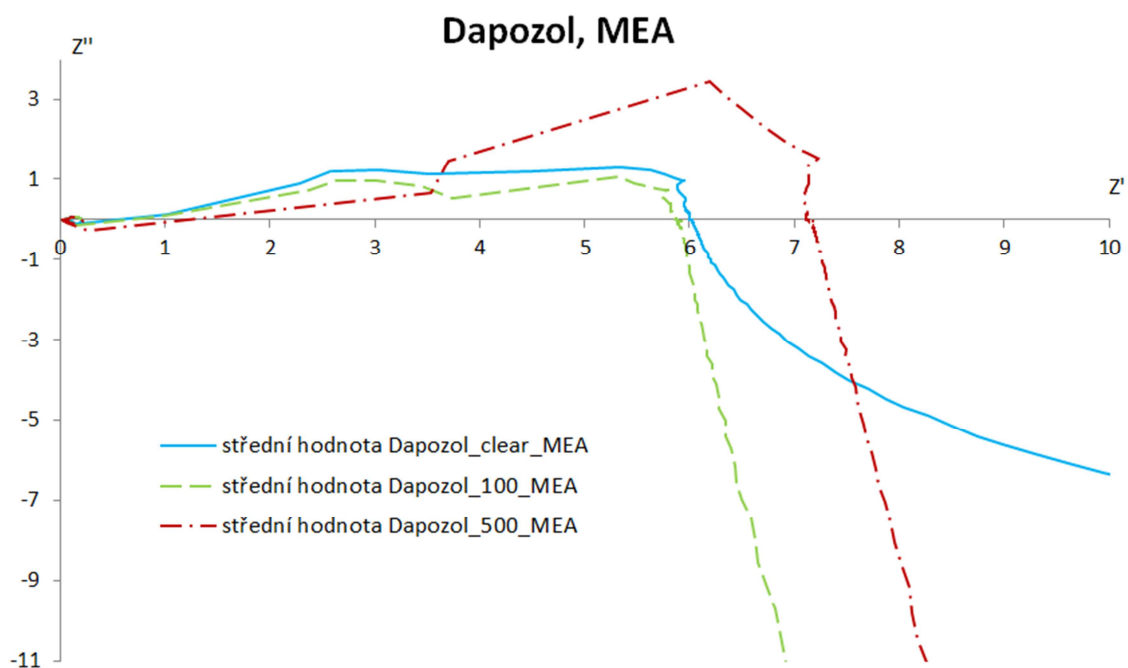
Grafy 8, 9 a 10 znázorňují výsledky měření membrány MEA Dapozol. Odpovídající data jsou k nahlédnutí v přílohách. Výsledky byly měřeny přístrojem Solartron 1287A/1260 pro 277 frekvencí z frekvenčního rozsahu od 0,1 Hz do 20 MHz.

U čisté membrány byl naměřen nejvyšší elektrický odpor. Elektrické odpory membrán zatížených 100 a 500 cykly AST byly znatelně nižší, přičemž mezi vzorkem zatíženým 100 cykly AST a vzorkem zatíženým 500 cykly AST nebyl rozdíl tak patrný. V grafu 9 je vidět zkrácení křivek pro vzorky zatížené 100 a 500 cykly AST, což může být následkem snížení elektrického odporu membrány. Elektrický odpor membrány je přímo úměrný její tloušťce. Čím menší je tloušťka membrány, tím menší je její elektrický odpor. Naopak zvýšení elektrického odporu může způsobit změna porozity. Póry v membráně se mohou propojit (*swelling*), v membráně je proto více vzduchu, který zvyšuje celkový elektrický odpor membrány. Ke změnám struktury, ovlivňujícím elektrické vlastnosti membrány, může také dojít chemickým opotřebením. U membrán na bázi PBI může dojít k úniku kyseliny fosforečné ( $H_3PO_4$ ), což snižuje jejich iontovou vodivost.

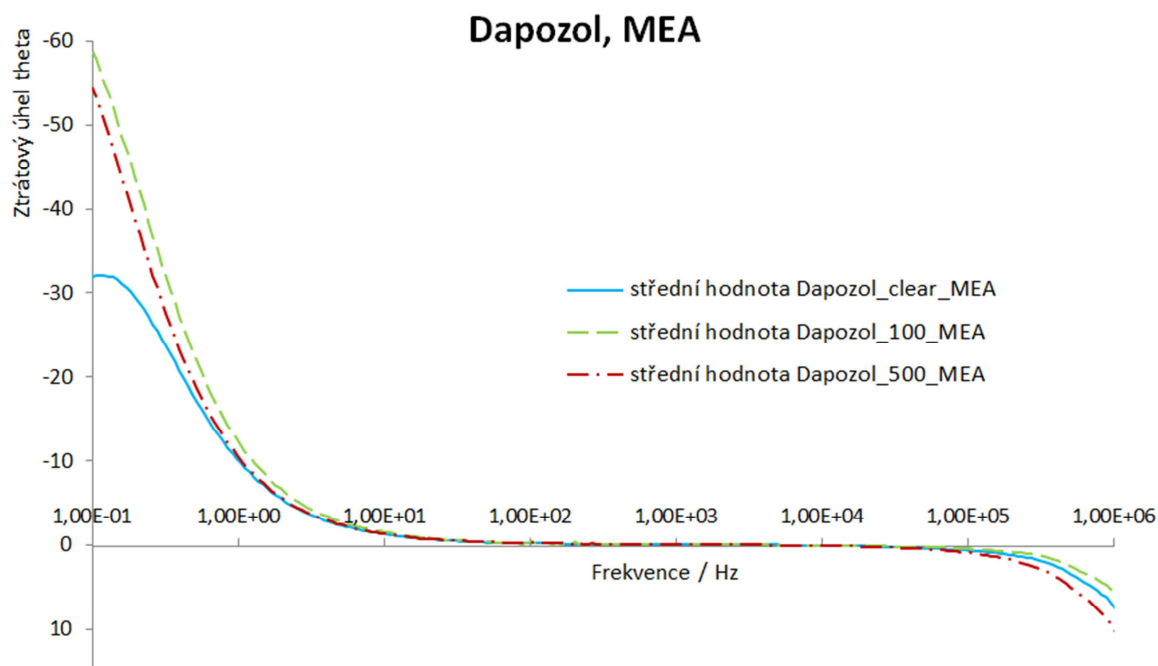
## 4.3.4 VÝSLEDKY MĚŘENÍ CELÉ MEA DAPOZOL



Graf 11 - Závislost absolutní hodnoty impedance (magnitudy) na frekvenci pro celou MEA Dapozol, porovnání středních hodnot čistého vzorku a vzorků zatížených 100 a 500 cykly AST



Graf 12 - Závislost reálné složky impedance a imaginární složky impedance pro celou MEA Dapozol, porovnání středních hodnot čistého vzorku a vzorků zatížených 100 a 500 cykly AST

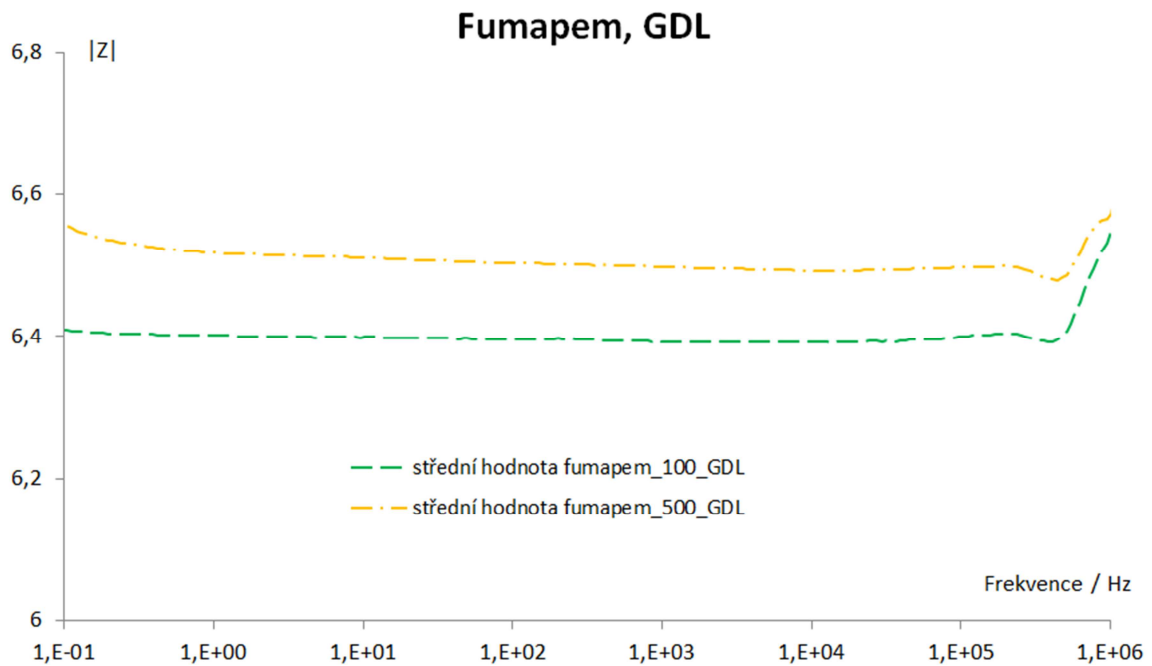


Graf 13 - Závislost ztrátového úhlu theta na frekvenci pro celou MEA Dapozol, porovnání středních hodnot čistého vzorku a vzorků zatížených 100 a 500 cykly AST

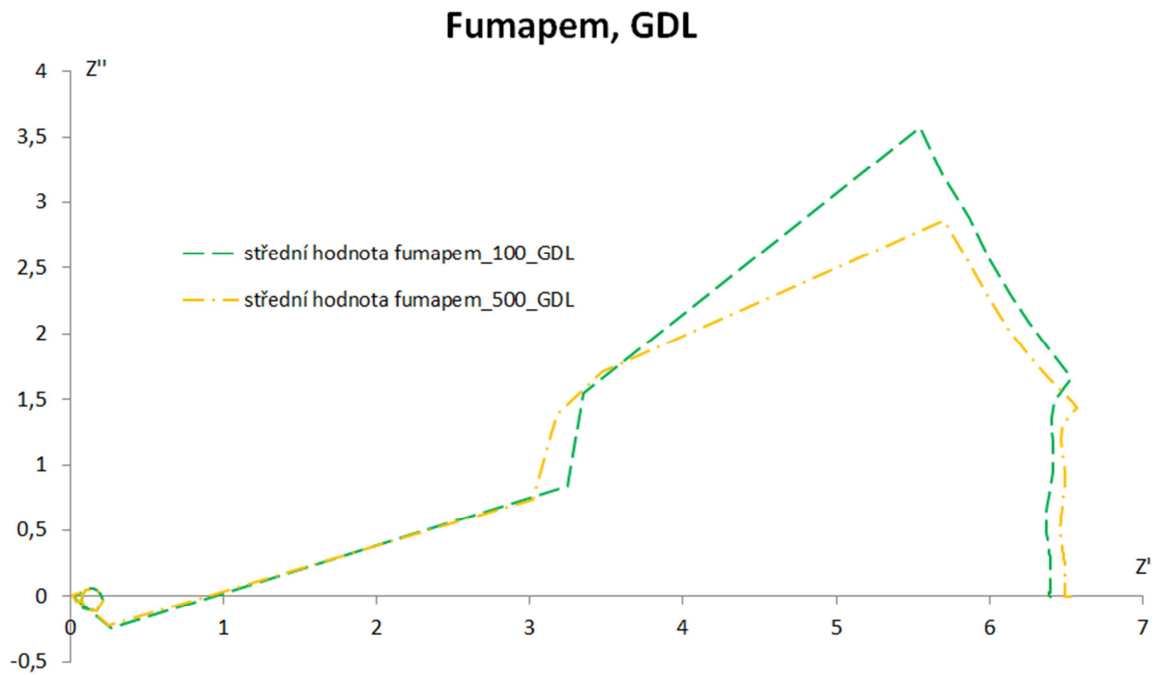
Grafy 11, 12 a 13 znázorňují výsledky měření celé MEA Dapozol. Odpovídající data jsou k nahlédnutí v příloze elektronické verze práce. Výsledky byly měřeny přístrojem Solartron 1287A/1260 pro 277 frekvencí z frekvenčního rozsahu od 0,1 Hz do 20 MHz.

Z naměřených dat je zřejmé, že podrobením MEA akcelerovanému stress testu dochází ke snížení elektrického odporu. To může být způsobeno ztenčením membrány, která se vlivem testu degraduje – dochází k rozpadu polymeru a zmenšení geometrických rozměrů. Dále může docházet k úniku kyseliny fosforečné, jak již bylo zmíněno v předchozím textu. Degradace MEA je komplexním fenoménem, který se za nízkých proudových hustot projevuje především jako snížení efektivního povrchu katalytického materiálu [33]. Za vysokých proudových hustot dochází k úniku kyseliny fosforečné z MEA [33]. Námi navržený akcelerovaný test obsahuje části vyžadující generování nízkých i vysokých proudových hustot, a proto je degradace MEA ovlivněna oběma způsoby.

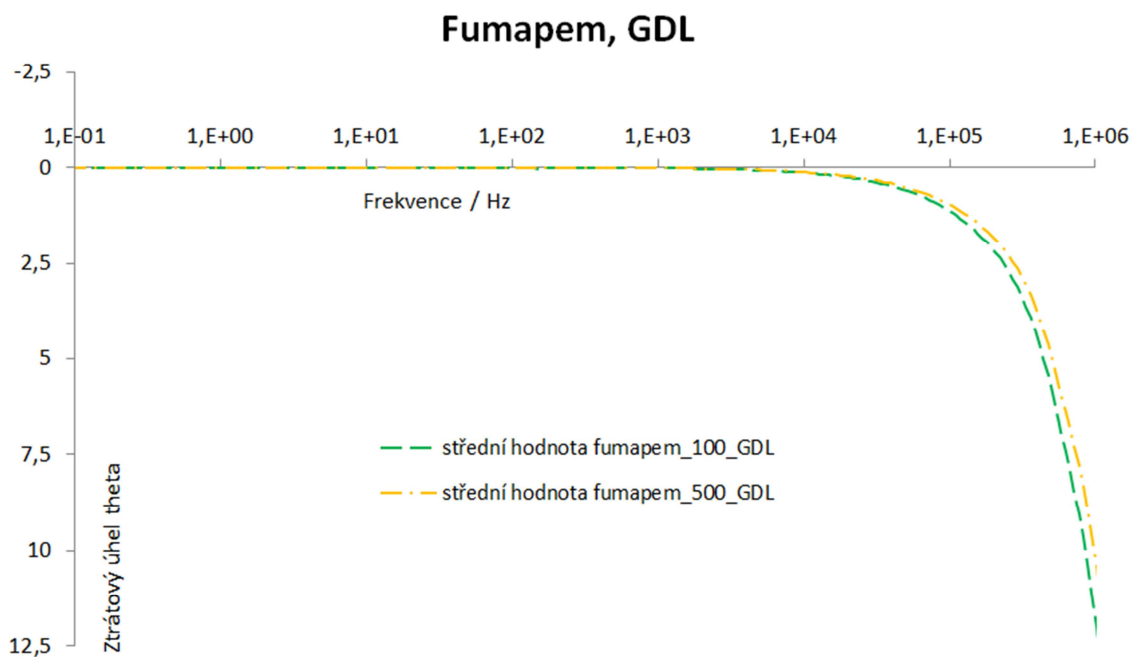
## 4.3.5 VÝSLEDKY MĚŘENÍ PRVNÍ DIFÚZNÍ VRSTVY MEA FUMAPEM



Graf 14 - Závislost absolutní hodnoty impedance (magnitudy) na frekvenci pro první difúzní vrstvu MEA Fumapem, porovnání středních hodnot vzorků zatížených 100 a 500 cykly AST



Graf 15 - Závislost reálné složky impedance a imaginární složky impedance pro první difúzní vrstvu MEA Fumapem, porovnání středních hodnot vzorků zatížených 100 a 500 cykly AST

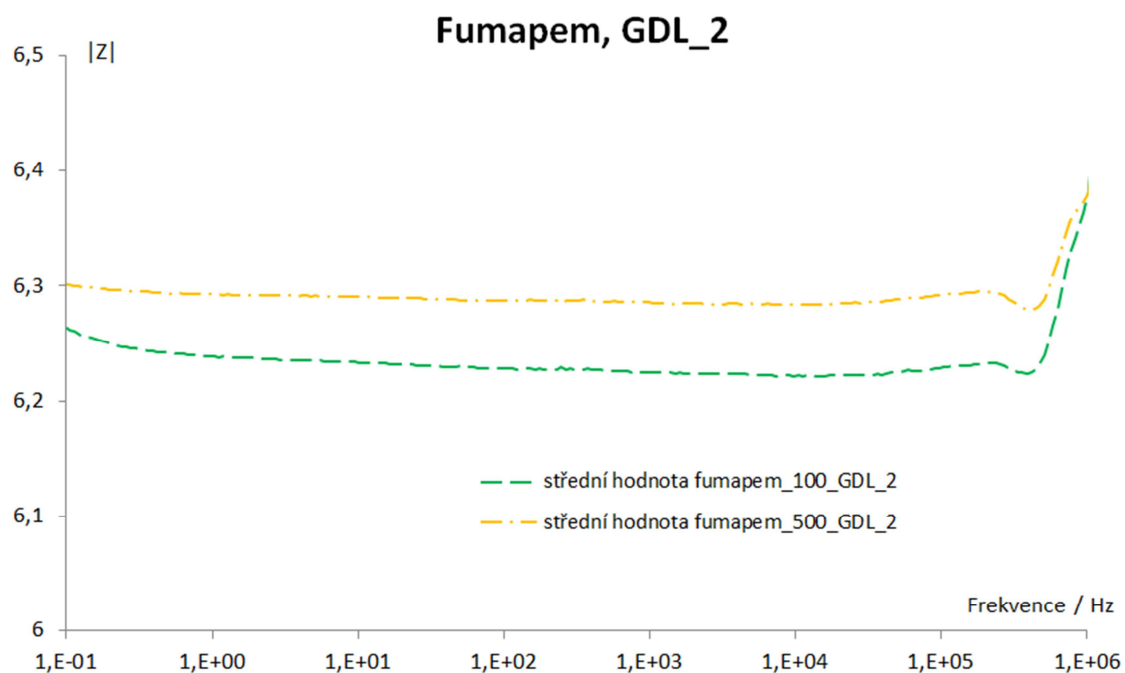


Graf 16 - Závislost ztrátového úhlu  $\theta$  na frekvenci pro první difúzní vrstvu MEA Fumapem, porovnání středních hodnot vzorků zatížených 100 a 500 cykly AST

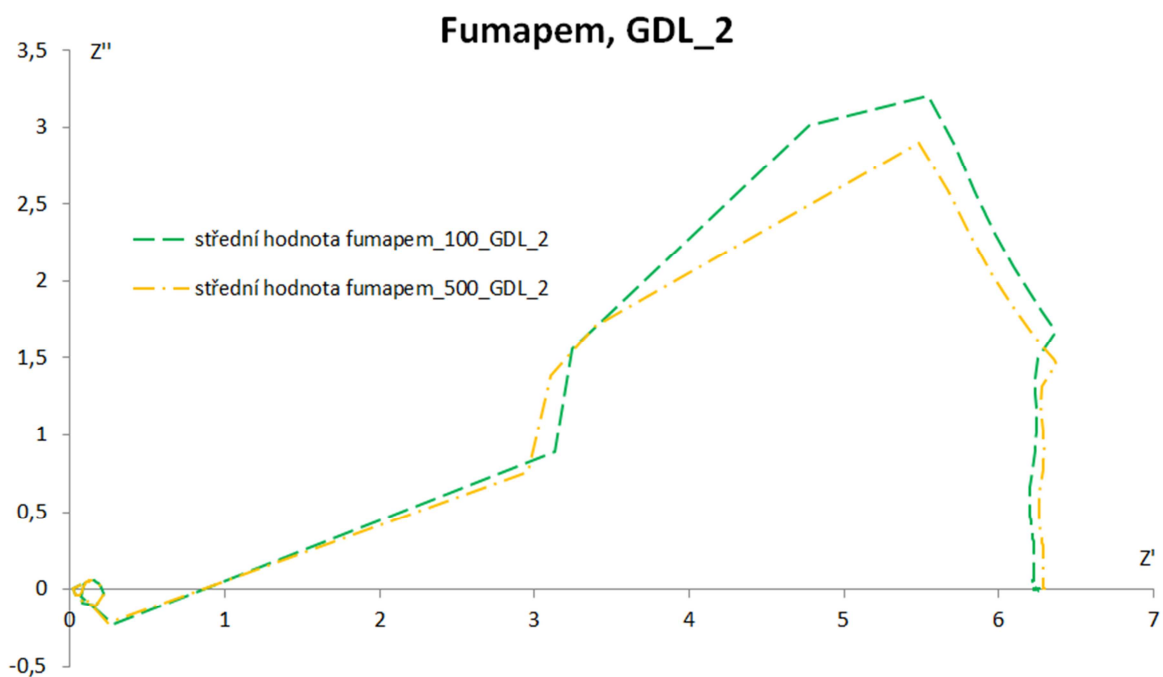
Grafy 14, 15 a 16 znázorňují výsledky měření první difúzní vrstvy MEA Fumapem. Odpovídající data jsou k nahlédnutí v příloze elektronické verze práce. Výsledky byly měřeny přístrojem Solartron 1287A/1260 pro 277 frekvencí z frekvenčního rozsahu od 0,1 Hz do 20 MHz.

Z naměřených hodnot je patrný nárůst elektrického odporu se vzrůstajícím počtem cyklů akcelerovaného stress testu. Ke zvýšení elektrického odporu difúzních vrstev může dojít vlivem oxidace uhlíkových vláken. Tento korozivní proces má za následek tvorbu fenolových a karboxylových skupin [34, 35].

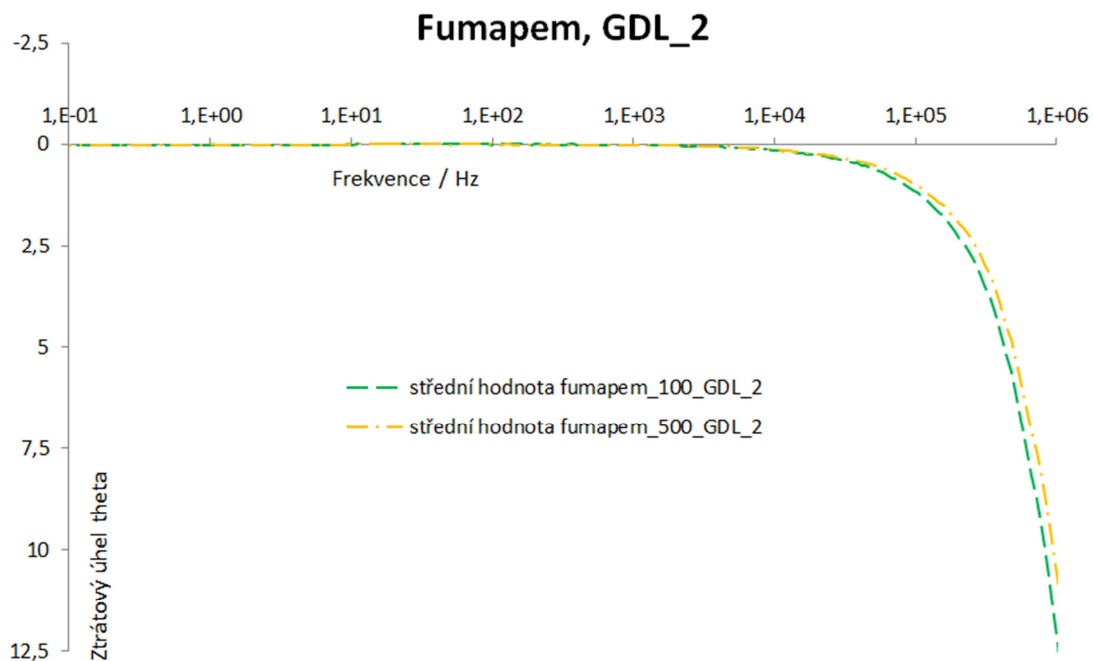
## 4.3.6 VÝSLEDKY MĚŘENÍ DRUHÉ DIFÚZNÍ VRSTVY MEA FUMAPEM



Graf 17 - Závislost absolutní hodnoty impedance (magnitudy) na frekvenci pro druhou difúzní vrstvu MEA Fumapem, porovnání středních hodnot vzorků zatížených 100 a 500 cykly AST



Graf 18 - Závislost reálné složky impedance a imaginární složky impedance pro druhou difúzní vrstvu MEA Fumapem, porovnání středních hodnot vzorků zatížených 100 a 500 cykly AST

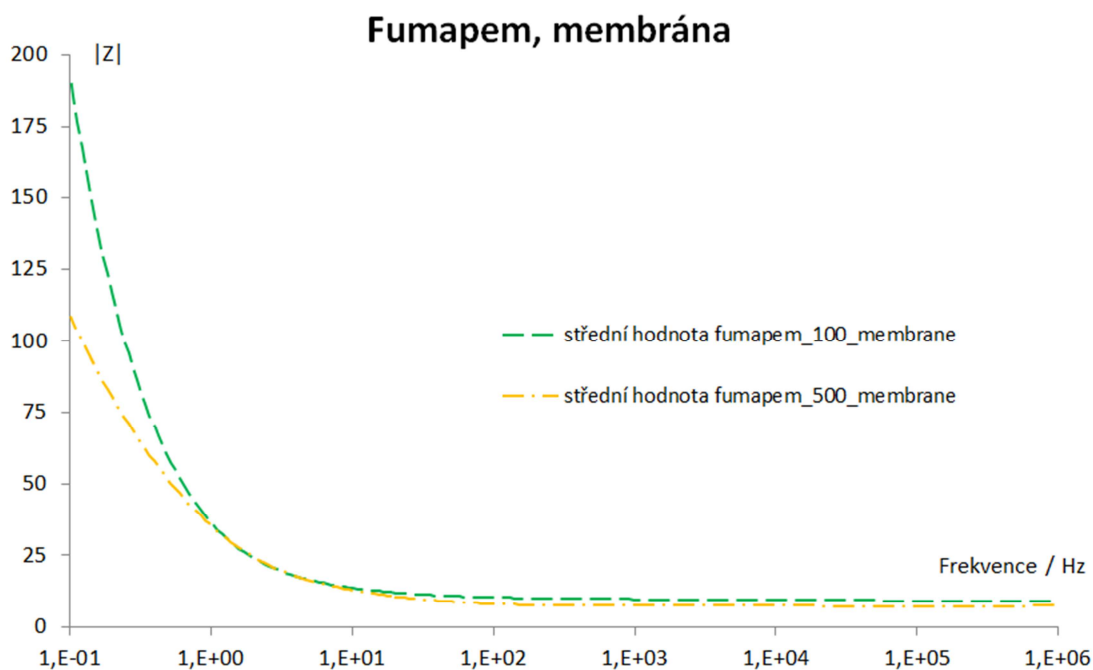


Graf 19 - Závislost ztrátového úhlu theta na frekvenci pro druhou difúzní vrstvu MEA Fumapem, porovnání středních hodnot vzorků zatížených 100 a 500 cykly AST

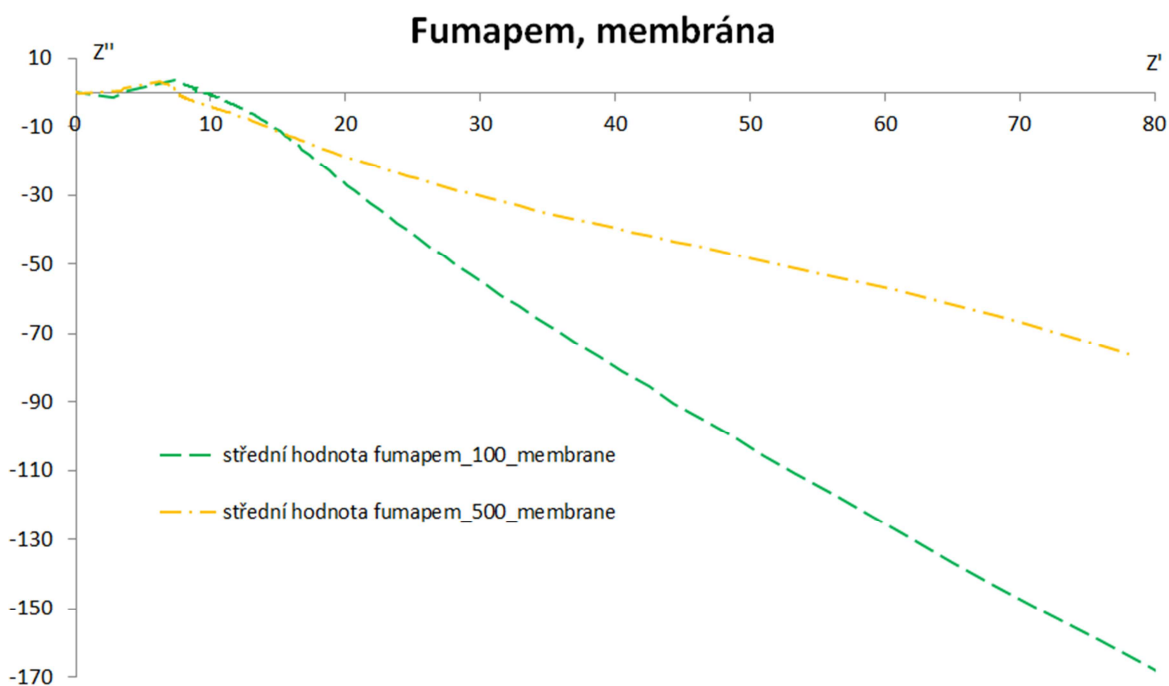
Grafy 17, 18 a 19 znázorňují výsledky měření druhé difúzní vrstvy MEA Fumapem. Odpovídající data jsou k nahlédnutí v příloze elektronické verze práce. Výsledky byly měřeny přístrojem Solartron 1287A/1260 pro 277 frekvencí z frekvenčního rozsahu od 0,1 Hz do 20 MHz.

Druhá difúzní vrstva, stejně jako první difúzní vrstva (viz grafy 14, 15, 16), také vykazovala stoupající elektrický odpor s rostoucím zatížením akcelerovaným stress testem. Stejně jako u první difúzní vrstvy můžeme nárůst elektrického odporu vysvětlit oxidací uhlíkových vláken a následně tvorbě fenolových a karboxylových skupin [34, 35].

## 4.3.7 VÝSLEDKY MĚŘENÍ MEMBRÁNY MEA FUMAPEM

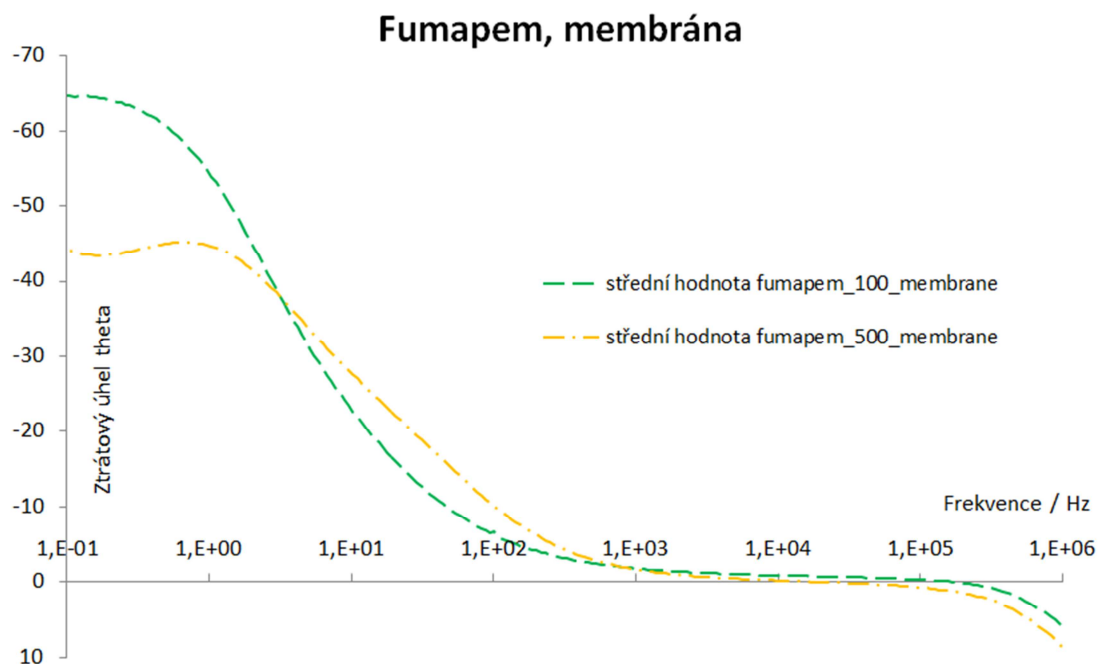


Graf 20 - Závislost absolutní hodnoty impedance (magnitudy) na frekvenci pro membránu z MEA Fumapem, porovnání středních hodnot vzorků zatížených 100 a 500 cykly AST



Graf 21 - Závislost reálné složky impedance a imaginární složky impedance pro membránu z MEA Fumapem, porovnání středních hodnot vzorků zatížených 100 a 500 cykly AST



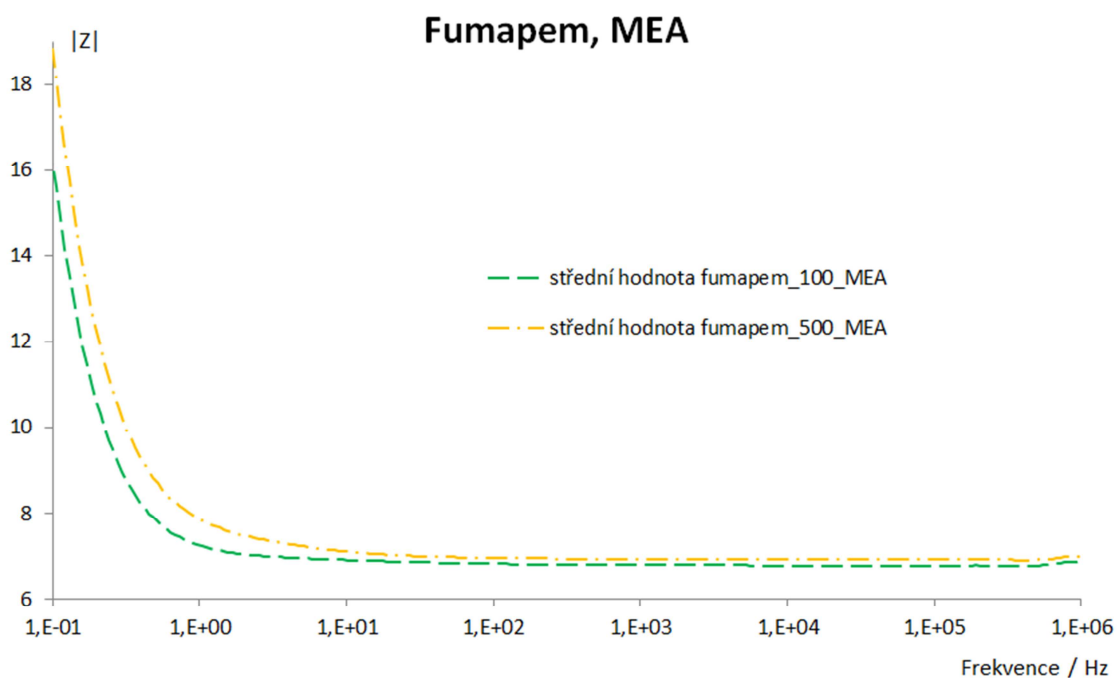


Graf 22 - Závislost ztrátového úhlu theta na frekvenci pro membránu z MEA Fumapem, porovnání středních hodnot vzorků zatížených 100 a 500 cykly AST

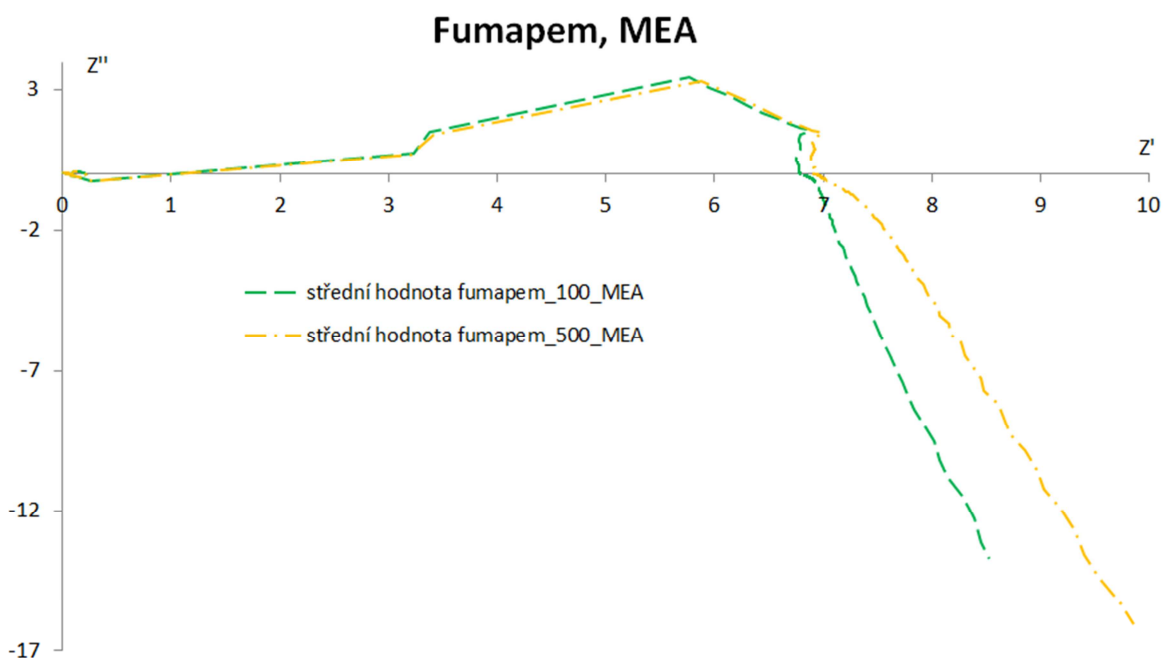
Grafy 20, 21 a 22 znázorňují výsledky měření membrány MEA Fumapem. Odpovídající data jsou k nahlédnutí v příloze elektronické verze práce. Výsledky byly měřeny přístrojem Solartron 1287A/1260 pro 277 frekvencí z frekvenčního rozsahu od 0,1 Hz do 20 MHz.

Z grafu 20 lze vyčíst rozdíl v naměřených elektrických odporech membrán Fumapem zatížených 100 a 500 cykly akcelerovaného stress testu. Membrána zatížená 100 cykly AST vykazovala vyšší elektrický odpor než membrána zatížená 500 cykly AST. Můžeme tedy konstatovat, že vlivem zatížení došlo u membrány ke snížení elektrického odporu. Jak již bylo zmíněno, elektrický odpor membrány je závislý na její tloušťce. Větší míra zatížení v akcelerovaném stress testu se tedy na membráně projevila mechanickou degradací, jejím ztenčením a s ním souvisejícím snížením jejího elektrického odporu. V membráně mohlo dále dojít k chemickému opotřebení vedoucímu ke změně struktury a následným změnám elektrických vlastností. Další faktor ovlivňující elektrické vlastnosti membrány je vyluhování elektrolytu, v případě membrán na bázi PBI kyseliny fosforečné.

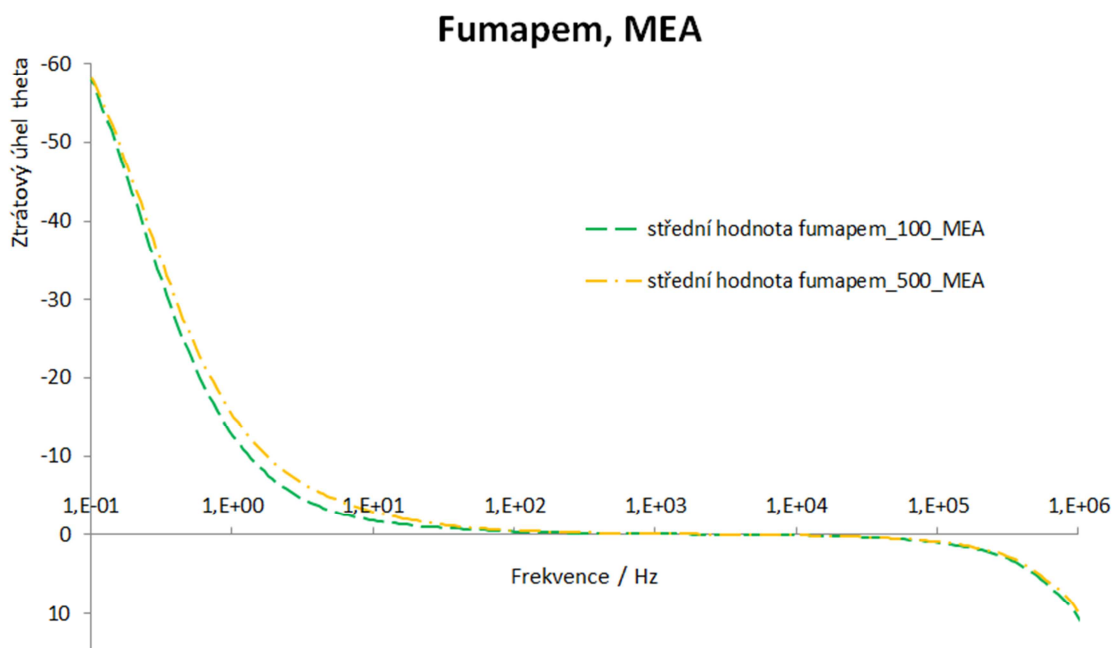
## 4.3.8 VÝSLEDKY MĚŘENÍ CELÉ MEA FUMAPEM



Graf 23 - Závislost absolutní hodnoty impedance (magnitudy) na frekvenci pro celou MEA Fumapem, porovnání středních hodnot vzorků zatížených 100 a 500 cykly AST



Graf 24 - Závislost reálné složky impedance a imaginární složky impedance pro celou MEA Fumapem, porovnání středních hodnot vzorků zatížených 100 a 500 cykly AST



Graf 25 - Závislost ztrátového úhlu theta na frekvenci pro celou MEA Fumapem, porovnání středních hodnot vzorků zatížených 100 a 500 cykly AST

Grafy 23, 24 a 25 znázorňují výsledky měření celé MEA Fumapem. Odpovídající data jsou k nahlédnutí v příloze elektronické verze práce. Výsledky byly měřeny přístrojem Solartron 1287A/1260 pro 277 frekvencí z frekvenčního rozsahu od 0,1 Hz do 20 MHz.

Z dat můžeme pozorovat lehké zvýšení elektrického odporu u MEA zatížené více (500) cykly akcelerovaného stress testu. Tento nárůst mohl nastat v důsledku oxidace uhlíkových vláken v difúzních vrstvách a následné delaminaci [36]. Oxidace uhlíkových vláken vede k tvorbě fenolových a karboxylových skupin ve struktuře materiálu [34, 35]. Při delaminaci dochází k odpojení jednotlivých vrstev a vytvoření mezer nebo bublin. Kim a kol. [36] zjistili, že se zvětšující se plochou a šířkou takových poruch prudce roste elektrický odpor. Možný vznik nové elektrické dvojvrstvy mezi zrnky katalytického materiálu a membránou může vést k degradaci, dále může docházet k rozpouštění vlivem kyseliny sírové a následné redepozici, neboli přemístění, materiálu. Všechny tyto degradační mechanismy mají vliv na elektrické vlastnosti systému.

#### 4.4 DISKUZE

V této části práce bude diskutována vhodnost akcelerovaného stress testu pro získání dat popisujících chování palivového článku s nasimulovaným zatížením, budou popsány nejvýznamnější faktory ovlivňující získané výsledky a budou popsány výsledky měření vzorků obou výrobců. Dále budou předloženy možnosti rozšíření měření.

Akcelerovaný stress test (AST) je standardizovaným testem simulujícím nestacionární zatížení. Ukázal se být velmi výhodným testem pro zkoumání korelací mezi mikrostrukturou sestavy membrány a elektrod a výkonem palivových článků při dlouhodobém provozu [37]. Mezi výhody akcelerovaných stress testů patří jejich nároky na čas, sestavu membrán a elektrod díky nim není potřeba podrobovat tisícům hodin provozu [38]. S tímto úzce souvisí snížení ceny experimentu, klesá například spotřeba elektrické energie, která by musela být využita pro dlouho trvající zatěžování MEA. Další výhodou těchto testů je dobrá simulace reálného zatížení a možnost nastavení parametrů testu (např. zatížení) dle měřených vzorků, či požadavků na měřená data. Stojí za zmínku, že bylo navrženo zavedení standardizovaných AST protokolů a formálních norem pro hodnocení životnosti komponent palivových článků americkým ministerstvem energetiky (U. S. Department of Energy), americkou Radou pro palivové články (U. S. Fuel Cell Council) a dalšími výzkumnými institucemi [37].

Z provedeného měření vyplývají, jako faktory nejsignifikantněji ovlivňující elektrické vlastnosti MEA, dvě skutečnosti – faktor rozpadu vrstev MEA a faktor unikání kyseliny (elektrolytu) z membrány. Nevýhodou našeho testu je fakt, že pomocí něj nedokážeme určit v jaké fázi testu, tj. při jakém zatížení, k rozpadu vrstev a úniku kyseliny došlo. Pomocí AST jsme schopni určit pouze to, že tyto události nastaly.

Celková degradace sestavy membrány a elektrod může být také popsána změnou její hmotnosti po zvýšené zátěži. Pro vzorek MEA Fumapem, od výrobce Fumatech, byla naměřena počáteční hmotnost 4,3234 g. Hmotnost téhož vzorku po akcelerovaném stress testu byla 3,7381 g. U ostatních vzorků byl pozorován stejný procentuální úbytek hmotnosti po AST. Tato změna hmotnosti může být vysvětlena únikem elektrolytu z membrány, v případě membrán na bázi PBI únikem kyseliny fosforečné.

Potvrzení interpretace získaných dat by bylo možno podpořit dalším experimentálním výzkumem. Rozšíření a vylepšení výzkumu by bylo možno dosáhnout zlepšením čistoty přívodních reaktantů (v tomto experimentu byl použit vzduch, je možné nahradit čistým kyslíkem), zvýšením počtu cyklů AST (simulace delší doby provozu), zvýšením pracovní teploty (například na 180°C) a rozšířením počtu vzorků, resp. zkoumáním vzorků více výrobců. V tomto experimentu byly zkoumány vzorky MEA od výrobců Danish Power System (MEA Dapozol) a Fumatech (MEA Fumapem), výzkum lze rozšířit o MEA od výrobců University of Castile-La Mancha (MEA UCLM) nebo BASF (MEA Celtec®-P1100W) [39].

## ZÁVĚR

Cílem této práce bylo podat teoretický a experimentální příspěvek k problematice studia degradace sestavy membrán a elektrod vysokoteplotních vodíkových palivových článků. Práce se skládá ze dvou částí, teoretické a experimentální. V teoretické části, tj. v prvních třech kapitolách, je podán obecný teoretický podklad tematiky palivových článků. V první kapitole je vysvětlen obecný princip fungování palivového článku, články jsou rozříděny podle užitého elektrolytu. Druhá kapitola se věnuje popisu vodíkového palivového článku typu PEM a ve třetí kapitole je podrobněji popsána problematika vysokoteplotních vodíkových palivových článků typu PEM. Ve čtvrté kapitole, v experimentální části práce, je popsána metoda měření a příprava vzorků včetně nastavení akcelerovaného stress testu. Jsou uvedeny graficky zpracované výsledky měření s komentáři, přičemž naměřená data jsou přiložena k elektronické verzi práce. V jednotlivých komentářích a v diskuzi je podána interpretace naměřených dat, jsou popsány hlavní degradační mechanismy a je diskutována vhodnost využití akcelerovaného stress testu pro daný experiment.

Ve shodě s výzkumem v této oblasti [28, 29, 33, 35, 37, 38] bylo konstatováno, že akcelerovaný stress test je vhodnou simulací zátěže a jeho časové a finanční nároky jej činí výhodným pro zkoumání životnosti palivových článků a ke kvantifikaci degradací, k nimž v palivových člancích dochází. Elektrické vlastnosti vzorků byly blíže zkoumány pomocí elektrochemické impedanční spektroskopie. Na základě naměřených dat byly určeny tyto hlavní degradační mechanismy:

- i. Oxidace uhlíkových vláken v difúzních vrstvách.
- ii. Rozpad katalytického materiálu.
- iii. Únik elektrolytu, kyseliny fosforečné, z membrány.
- iv. Ztenčení membrány.

V diskuzi jsou pak podány návrhy na další postup studia sestavy membrán a elektrod vysokoteplotních vodíkových palivových článků typu PEM, které by vedly k potvrzení výsledků tohoto měření a jeho prohloubení.

## RESUMÉ

The main goal of this thesis is to provide theoretical and experimental contribution to the study of degradation of MEA (Membrane Electrode Assembly) of high-temperature PEM fuel cells. Theoretical part of the thesis explains the general principle of fuel cell operation and the differences of fuel cells based on the used electrolyte. PEM fuel cell is further described in the second chapter, whereas the third chapter characterizes the high-temperature PEM fuel cell. Experimental part of the thesis, found in chapter four, describes the preparation of the investigated samples, the setup of the accelerated stress test and the methods used to acquire data. There are comments and interpretation for every set of data, these comments are then summarized in the discussion. Options for further research are discussed.

It was concluded, in accord with previous research [28, 29, 33, 35, 37, 38], that the accelerated stress test is a suitable method of load simulation and its relatively low cost and short experimental time make it favourable for quantifying the degradation of a fuel cell.

Following main degradation mechanisms were determined based on the measured data:

- i. Oxidation of carbon fibers in the gas diffusion layer.
- ii. Dissolution of the catalytic material.
- iii. Leakage of the electrolyte (in this case the phosphoric acid) from the membrane.
- iv. Thinning of the membrane.

## SEZNAM LITERATURY

- [1] O'HAYRE, R., CHA, S., COLELLA, W., PRINZ, F.: *Fuel Cell Fundamentals*. Wiley, New Jersey, (2016)
- [2] ZÝKOVÁ, B.: *Degradace komponent vodíkových palivových článků typu PEM*. Plzeň: ZČU 2016. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta pedagogická, Katedra matematiky, fyziky a technické výchovy
- [3] MCLEAN, G., NIET, T., PRINCE-RICHARD, S., DJILALI, N.: *An assesment of alkaline fuel cell technology*. International Journal of Hydrogen Energy, 27 (2002), 507-526
- [4] ALHASSAN, M., UMAR GARBA, M.: *Design of an Alkaline Fuel Cell*. Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies, 9 (2006), 99-106
- [5] SAMMES, N., BOVE, R., STAHL, K.: *Phosphoric acid fuel cells: Fundamentals and applications*. Current Opinion in Solid State and Materials Science, 8 (2004), 372-378
- [6] BREEZE, P.: *Fuel Cells*. Academic Press, London, (2017), 45-51
- [7] MURAHASHI, T.: *Fuel Cells – Phosphoric Acid Fuel Cells | Electrolytes*. Encyclopedia of Electrochemical Power Sources, (2009), 564-567
- [8] EAPEN, D., SUSEENDIRAN, S., RENGASWAMY, R.: *Compendium of Hydrogen Energy*. Woodhead Publishing Series in Energy, (2016), 57-70
- [9] REXED, I.: *Applications for Molten Carbonate Fuel Cells*. Stockholm: KTH Royal Institute of Technology, 2014. Disertační práce. KTH Royal Institute of Technology, School of Chemical Science and Engineering, Departement of Chemical Engineering and Technology, Applied Electrochemistry
- [10] MORENO, A., MCPHAIL, S, BOVE, R.: *International Status of Molten Carbonate Fuel Cell (MCFC) Technology*. JRC Scientific and Technical Reports, (2008), 3
- [11] ORMEROD, R.: *Solid oxide fuel cells*. Royal Society of Chemistry, 32 (2003), 17-28
- [12] LI, Q., AILI, D., HJULER, H. A., JENSEN, J.O.: *High Temperature Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells*. Springer, Switzerland, (2016)
- [13] YOUNG, A., STUMPER, J., GYENGE, E.: *Characterising the Structural Degradation in a PEMFC Cathode Catalyst Layer: Carbon Corrosion*. Journal of Electrochemical Society, 156 (2009), B913-B922
- [14] SCHMIDT, T. J., BAURMEISTER, J.: *Properties of high-temperature PEFC Celtech®-P 1000 MEAs in start/stop operation mode*. Journal of Power Sources, 176 (2008), 428-434



- [15] GINDER, R. S., PHARR, G. M.: *Creep behavior of the solid acid fuel cell material CsHSO<sub>4</sub>*. Scripta Materialia, 139 (2017), 119-121
- [16] BARANOV, A. I., SHUVALOV, L. A., SHCHAGINA, N. M.: *Superionic Conductivity and Phase Transitions in CsHSO<sub>4</sub> and CsHSeO<sub>4</sub> Crystals*. JETP Letters 36(11), (1982)
- [17] ANTONUCCI, V., DI BLASI, A., BAGLIO, V. ET AL: *High temperature operation of a composite membrane-based solid polymer electrolyte water electrolyser*. Electrochim Acta, 53 (2008), 7350-7356
- [18] SIRACUSANO, S., BAGLIO, V., STASSI, A. ET AL: *Performance analysis of short-side-chain Aquivion® perfluorosulfonic acid polymer for proton exchange membrane water electrolysis*. Journal of Membrane Science, 466 (2014), 1-7
- [19] STASSI, A., GATTO, I., PASSALACQUA, E. ET AL: *Performance comparison of long and short-side chain perfluorosulfonic membranes for high temperature polymer electrolyte membrane fuel cell operation*. Journal of Power Sources, 196 (2011), 8925-8930
- [20] ARICÒ, A.S., STASSI, A., GATTO, I. ET AL: *Surface properties of Pt-based electro-catalysts and their influence on performance and degradation of high temperature polymer electrolyte fuel cells*. Journal of Physical Chemistry C, 114 (2010), 15823-15836
- [21] LOBATO, J., CANIZARES, P., RODRIGO, M., LINARES, J. (2011): *The Gas Diffusion Layer in High Temperature Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells*, Heat and Mass Transfer - Modeling and Simulation, Prof. Md Monwar Hossain (Ed.), ISBN: 978-953-307-604-1, InTech
- [22] ARAYA, S., ZHOU, F., LISO, V., SAHLIN, S., VANG, J., THOMAS, S., GAO, X., JEPPESEN, C., KÆR, K.: *A Comprehensive Review of PBI-based High Temperature PEM Fuel Cells*. International Journal of Hydrogen Energy, 41 (2016), 21310-21344
- [23] GARSANY, Y., GOULD, B., BATURINA, O., SWIDER-LYONS, K.: *Comparison of the Sulfur Poisoning of PBI and Nafion PEMFC Cathodes*. Electrochemical and Solid-State Letters, 12 (2009), B138
- [24] KORTE, C., CONTI, F., WACKERL, J., LEHNERT, W.: *Phosphoric Acid and its Interactions with Polybenzimidazole-Type Polymers*, High Temperature Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells. Springer International Publishing, Switzerland (2016), 169-194
- [25] HWANG, K., KIM, J., KIM, S., BYUN, H.: *Preparation of Polybenzimidazole-Based Membranes and Their Potential Applications in the Fuel Cell System*. Energies, 7 (2014), 1721-1732

- [26] XIAO, L., ZHANG, H., SCANLON, E., RAMANATHAN, L., CHOE, E., ROGERS, D., APPLE, T., BENICEWICZ, B.: *High-Temperature Polybenzimidazole Fuel Cell Membranes via a Sol-Gel Process*. Chemistry of Materials, 17 (21) (2005), 5328-5333
- [27] ESCORIHUELA, J., GARCÍA-BERNABÉ, A., MONTERO, Á., SAHUQUILLO, Ó., GIMÉNEZ, E., COMPAN, V.: *Ionic Liquid Composite Polybenzimidazol Membranes for High Temperature PEMFC Applications*. Polymers, 11 (4), (2019), 732
- [28] PINAR, F., CANIZARES, P., RODRIGO, M., ÚBEDA, D., LOBATO, J.: *Long-term testing of a high-temperature proton exchange membrane fuel cell short stack operated with improved polybenzimidazole-based composite membranes*. Journal of Power Sources, 274 (2015), 177-185
- [29] KANNAN, A., KABZA, A., SCHOLTA, J.: *Long term testing of start-stop cycles on high temperature PEM fuel cell stack*. Journal of Power Sources, 277 (2015), 312-316
- [30] JESPERSEN, J., SCHALTZ, E., KÆR, S.: *Electrochemical characterisation of a polybenzimidazole-based high temperature proton exchange membrane unit cell*. Journal of Power Sources, 191 (2009), 289-296
- [31] MELCHIOR, J., MAJER, G., KREUER, K.: *Why do proton conducting polybenzimidazole phosphoric acid membranes perform well in high-temperature PEM fuel cells?*. Physical Chemistry Chemical Physics, 19 (2017), 601-612
- [32] WENG, D., WAINRIGHT, J., LANDAU, U., SAVINELL, R.: *Electro-osmotic Drag Coefficient of Water and Methanol in Polymer Electrolytes at Elevated Temperatures*. Journal of Electrochemical Society, 143 (1996), 1260-1263
- [33] SCHONVOGEL, D., RASTEDT, M., WAGNER, P., WARK, M., DYCK, A: *Impact of Accelerated Stress Tests on High Temperature PEMFC Degradation*. Fuel Cells, 16 (2016), 480-489
- [34] TOMÁŠ, M., BISWAS, I., GAZDZICKI, P., KULLOVÁ, L., SCHULZE, M: *Modification of gas diffusion layers properties to improve water management*. Materials for Renewable and Sustainable Energy, (2017), 6: 20
- [35] BORUP, R., MEYERS, J., PIVOVAR, B., KIM, Y., MUKUNDAN, R., GARLAND, N., MYERS, D., WILSON, M., GARZON, F., WOOD, D., ZELENAY, P., MORE, K., STROH, K., ZAWODZINSKI, T., BONCELLA, J., MCGRATH, J., INABA, M., MIYAKE, K., HORI, M., OTA, K., OGUMI, Z., MIYATA, S., NISHIKATA, A., SIROMA, Z., UCHIMOTO, Y., YASUDA, K., KIMIJIMA, K., IWASHITA, N.: *Scientific aspects of polymer electrolyte fuel cell durability and degradation*. Chemical Review, 107 (2007), 3904-3951
- [36] KIM, S., KHANDELWAL, M., CHACKO, C., MENCH, M.: *Investigation of the Impact of Interfacial Delamination on Polymer Electrolyte Fuel Cell Performance*. Journal of the Electrochemical Society, 156 (2009), B99-B108

[37] ZHANG, S., YUAN, X., WANG, H., MÉRIDA, W., ZHU, H., SHEN, J., WU, S., ZHANG, J.: *A review of accelerated stress tests of MEA durability in PEM fuel cells*. International Journal of Hydrogen Energy, 34 (2009), 388-404

[38] JEON, Y., NA, H., HWANG, HY., PARK, J., HWANG, HO., SHUL, Y.: *Accelerated life-time test protocols for polymer electrolyte membrane fuel cells operated at high temperature*. International Journal of Hydrogen Energy, 40 (2015), 3057-3067

[39] PINAR, J., RASTEDT, M., PILINSKI, N., WAGNER, P.: *Determination of Life Times of HT-PEMFC MEAs and Fuel Cell Systems*. CISTEM Expert Workshop - side event of HydrogenDays<sup>2016</sup> held in Prague, (2016), 10

## **PŘÍLOHY**

Na následujících stranách se nachází výběr z naměřených dat z přístroje EIS Solartron 1287A/1260. Kompletní soubor naměřených dat je k nalezení v elektronické verzi práce.

## Naměřené hodnoty první difuzní vrstvy MEA Dapozol

střední hodnota Dapozol_clear_GDL					střední hodnota Dapozol_100_GDL					střední hodnota Dapozol_500_GDL				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
20000000	0,067153	0,026452	0,07218	21,49533	20000000	0,072262	0,031269	0,078737	23,39967	20000000	0,071392	0,028868	0,077011	22,01133
18660660	0,019794	0,001666	0,019887	4,854033	18660660	0,017033	0,00523	0,017824	17,06533	18660660	0,018665	0,005685	0,019539	16,95867
17411010	0,039705	-0,03559	0,05332	-41,8713	17411010	0,03892	-0,03605	0,053052	-42,8103	17411010	0,038585	-0,03567	0,052552	-42,759
16245050	0,056095	-0,03824	0,067889	-34,281	16245050	0,056139	-0,03786	0,067712	-33,9943	16245050	0,056286	-0,03793	0,067871	-33,9727
15157170	0,073299	-0,0408	0,083888	-29,101	15157170	0,073365	-0,04072	0,08391	-29,034	15157170	0,073537	-0,04057	0,083984	-28,8823
14142140	0,080367	-0,03145	0,086301	-21,37	14142140	0,080693	-0,03137	0,086575	-21,2433	14142140	0,080741	-0,03147	0,086658	-21,2953
13195080	0,076763	-0,02947	0,082225	-20,9997	13195080	0,077227	-0,02936	0,082619	-20,8147	13195080	0,077349	-0,02944	0,082763	-20,839
12311440	0,069216	-0,04343	0,081713	-32,1063	12311440	0,06979	-0,04336	0,08216	-31,8493	12311440	0,070151	-0,04372	0,082661	-31,935
11486980	0,079493	-0,08615	0,11722	-47,3017	11486980	0,080117	-0,08614	0,11764	-47,0747	11486980	0,081861	-0,08666	0,11921	-46,6313
10717740	0,164593	-0,1105	0,198247	-33,876	10717740	0,165653	-0,11117	0,1995	-33,8657	10717740	0,167953	-0,10751	0,199417	-32,6253
10000000	0,215477	-0,03497	0,218297	-9,21797	10000000	0,21757	-0,03488	0,22035	-9,10667	10000000	0,2151	-0,03182	0,21744	-8,41483
9330330	0,19955	0,014589	0,20008	4,181333	9330330	0,20151	0,015499	0,202107	4,3982	9330330	0,19892	0,016182	0,199577	4,6507
8705506	0,181897	0,035895	0,185407	11,163	8705506	0,18357	0,036898	0,18724	11,365	8705506	0,18157	0,036707	0,185243	11,429
8122524	0,168077	0,047979	0,17479	15,93133	8122524	0,16952	0,049157	0,176503	16,171	8122524	0,16811	0,048558	0,174983	16,111
7578583	0,154893	0,055412	0,164507	19,68433	7578583	0,155913	0,056589	0,165867	19,94833	7578583	0,15521	0,05607	0,165027	19,86267
7071068	0,1437	0,057008	0,154597	21,63867	7071068	0,144667	0,057779	0,155777	21,77167	7071068	0,144217	0,057863	0,15539	21,86167
6597540	0,135673	0,056551	0,146987	22,62733	6597540	0,136623	0,056955	0,14802	22,63033	6597540	0,136103	0,057599	0,14779	22,93833
6155722	0,129523	0,055291	0,140833	23,11667	6155722	0,13081	0,055288	0,142013	22,91167	6155722	0,129883	0,056376	0,141593	23,46333
5743492	0,12361	0,053108	0,134537	23,25033	5743492	0,125763	0,05267	0,136347	22,724	5743492	0,123977	0,054157	0,13529	23,597
5358868	0,12149	0,048901	0,130963	21,92533	5358868	0,124393	0,048572	0,13354	21,32933	5358868	0,12147	0,050249	0,131453	22,47367
5000000	0,120723	0,047899	0,129877	21,64167	5000000	0,124543	0,047607	0,133333	20,91967	5000000	0,120287	0,048855	0,12983	22,105
4665165	0,119597	0,049713	0,12952	22,57133	4665165	0,12526	0,049337	0,134627	21,49833	4665165	0,119363	0,050282	0,129523	22,84333
4352753	0,110943	0,051444	0,12229	24,877	4352753	0,11947	0,054541	0,131333	24,53767	4352753	0,110603	0,052439	0,122403	25,36633
4061262	0,105857	0,054529	0,119073	27,25433	4061262	0,11404	0,060441	0,129067	27,92367	4061262	0,104663	0,054453	0,11798	27,487
3789292	0,093219	0,044188	0,103163	25,36167	3789292	0,101553	0,053159	0,114623	27,63033	3789292	0,092572	0,043589	0,10232	25,21433
3535534	0,092736	0,033742	0,098684	19,99367	3535534	0,10261	0,047418	0,113037	24,80267	3535534	0,091881	0,032138	0,09734	19,279
3298770	0,088529	0,026767	0,092487	16,82267	3298770	0,100817	0,052184	0,11352	27,36667	3298770	0,088888	0,02153	0,091459	13,61633
3077861	0,071595	-0,01427	0,073003	-11,2697	3077861	0,07704	0,040809	0,087181	27,911	3077861	0,082243	-0,02765	0,086767	-18,5837

Naměřené hodnoty první difuzní vrstvy MEA Dapozol

střední hodnota Dapozol_clear_GDL					střední hodnota Dapozol_100_GDL					střední hodnota Dapozol_500_GDL				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
2871746	0,206247	-0,14999	0,255127	-36,0283	2871746	0,12719	-0,06298	0,141933	-26,3423	2871746	0,2637	-0,15216	0,304573	-29,9927
2679434	2,437733	0,592857	2,508933	13,672	2679434	0,319473	0,054431	0,32408	9,668767	2679434	2,535567	1,134	2,777767	24,10033
2500000	2,565967	1,1226	2,800867	23,63033	2500000	1,9574	0,878247	2,1454	24,165	2500000	2,471	1,6789	2,987467	34,196
2332583	2,7999	1,389233	3,1256	26,39	2332583	2,254833	1,1109	2,513633	26,229	2332583	2,627267	1,9768	3,287933	36,96
2176377	3,228067	1,422967	3,5278	23,78967	2176377	2,673067	1,1445	2,907767	23,17867	2176377	3,037567	2,0694	3,675567	34,26667
2030631	3,657833	1,300767	3,882267	19,57667	2030631	3,118867	1,043667	3,288833	18,50167	2030631	4,4669	2,748667	5,245367	31,457
1894646	5,443367	1,863933	5,7537	18,90267	1894646	3,4384	0,75095	3,519467	12,32	1894646	5,133667	2,815833	5,855267	28,74733
1767767	5,599133	1,636467	5,833367	16,29233	1767767	3,733267	0,399797	3,754633	6,112667	1767767	5,332033	2,546233	5,908867	25,527
1649385	5,7502	1,4607	5,932833	14,25333	1649385	5,052467	1,166667	5,1854	13,00233	1649385	5,5003	2,328667	5,973	22,94767
1538931	5,875533	1,337733	6,025867	12,82667	1538931	5,175167	1,047967	5,2802	11,44767	1538931	5,633367	2,163467	6,034567	21,01
1435873	5,9765	1,245333	6,104867	11,77033	1435873	5,273033	0,966397	5,360833	10,38567	1435873	5,739367	2,0277	6,087067	19,45933
1339717	6,0546	1,189933	6,170433	11,119	1339717	5,345367	0,923167	5,4245	9,798567	1339717	5,818067	1,9306	6,130033	18,358
1250000	6,087933	1,167067	6,1988	10,85233	1250000	5,367433	0,914833	5,444833	9,6727	1250000	5,846333	1,867333	6,137333	17,71467
1166291	6,0644	1,1435	6,171267	10,67833	1166291	5,3322	0,899323	5,407533	9,5734	1166291	5,815533	1,8074	6,089933	17,26567
1088188	6,0075	1,058567	6,100033	9,993367	1088188	5,2744	0,816083	5,337167	8,795433	1088188	5,750367	1,679933	5,990767	16,28633
1015316	6,0048	0,94791	6,079167	8,9708	1015316	5,2756	0,716103	5,324	7,730067	1015316	5,741833	1,529133	5,941967	14,913
947322,9	6,025433	0,86208	6,0868	8,142433	947322,9	5,298867	0,64481	5,337967	6,938133	947322,9	5,759667	1,406267	5,928867	13,72133
883883,5	6,046467	0,796917	6,098733	7,508367	883883,5	5,320433	0,59367	5,353467	6,366967	883883,5	5,778033	1,306133	5,923833	12,73867
824692,4	6,061167	0,742047	6,1064	6,9799	824692,4	5,335667	0,552507	5,3642	5,911933	824692,4	5,7909	1,2179	5,9176	11,87767
769465,3	6,070633	0,693387	6,1101	6,5162	769465,3	5,346367	0,516817	5,371333	5,5215	769465,3	5,798167	1,1386	5,9089	11,11033
717936,5	6,074967	0,648187	6,109433	6,090433	717936,5	5,3516	0,483267	5,3734	5,160033	717936,5	5,8015	1,063533	5,8982	10,38867
669858,4	6,075667	0,60536	6,105767	5,6901	669858,4	5,3543	0,45216	5,373367	4,827133	669858,4	5,800967	0,99385	5,8855	9,722367
625000	6,074233	0,562663	6,100233	5,292367	625000	5,353933	0,420983	5,370467	4,496	625000	5,7985	0,926357	5,872033	9,0772
583145,6	6,072	0,522277	6,094433	4,916233	583145,6	5,3543	0,390793	5,368533	4,174467	583145,6	5,794933	0,86162	5,858633	8,457533
544094,1	6,069133	0,482813	6,088333	4,5485	544094,1	5,352233	0,360367	5,364367	3,851967	544094,1	5,791167	0,79919	5,846067	7,857733
507657,8	6,068233	0,443967	6,084467	4,184533	507657,8	5,3513	0,32967	5,361467	3,525333	507657,8	5,789167	0,740077	5,8363	7,285533
473661,4	6,068633	0,405583	6,082167	3,823633	473661,4	5,353533	0,301457	5,362	3,222933	473661,4	5,7892	0,683103	5,829367	6,729933
441941,8	6,072267	0,372117	6,083633	3,506833	441941,8	5,357033	0,275303	5,3641	2,9419	441941,8	5,7918	0,630973	5,826067	6,2178

Naměřené hodnoty první difuzní vrstvy MEA Dapozol

střední hodnota Dapozol_clear_GDL					střední hodnota Dapozol_100_GDL					střední hodnota Dapozol_500_GDL				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
412346,2	6,075733	0,33962	6,0852	3,1995	412346,2	5,3616	0,250687	5,367467	2,676967	412346,2	5,795067	0,583193	5,824333	5,747033
384732,6	6,079867	0,308983	6,0877	2,909367	384732,6	5,366467	0,229383	5,371367	2,447567	384732,6	5,798767	0,53931	5,8238	5,3138
358968,3	6,0848	0,28447	6,091467	2,676733	358968,3	5,371533	0,21052	5,375667	2,2444	358968,3	5,803833	0,49886	5,825233	4,913033
334929,2	6,090233	0,26212	6,095867	2,4645	334929,2	5,376933	0,193753	5,380433	2,063733	334929,2	5,808	0,463213	5,826433	4,5602
312500	6,0946	0,242637	6,0994	2,2799	312500	5,381867	0,17875	5,384833	1,902333	312500	5,812233	0,427657	5,827967	4,208433
291572,8	6,098767	0,224923	6,1029	2,112167	291572,8	5,386933	0,165747	5,389467	1,762367	291572,8	5,815967	0,398133	5,8296	3,916333
272047,1	6,102933	0,20912	6,106533	1,962533	272047,1	5,389967	0,154263	5,392167	1,6394	272047,1	5,8189	0,37123	5,830733	3,6506
253828,9	6,106233	0,195253	6,109367	1,8315	253828,9	5,393667	0,144283	5,395567	1,532333	253828,9	5,822433	0,346313	5,8327	3,404067
236830,7	6,108967	0,182743	6,1117	1,7135	236830,7	5,396267	0,13519	5,397967	1,435133	236830,7	5,823633	0,324047	5,832667	3,185033
220970,9	6,1103	0,171337	6,112733	1,6062	220970,9	5,3982	0,126997	5,3997	1,347667	220970,9	5,825	0,302953	5,832867	2,9774
206173,1	6,111267	0,160737	6,1134	1,506667	206173,1	5,398967	0,11946	5,400267	1,267567	206173,1	5,8258	0,283437	5,8327	2,785567
192366,3	6,112133	0,150773	6,114	1,413133	192366,3	5,400133	0,112793	5,401333	1,1966	192366,3	5,826633	0,265817	5,8327	2,6122
179484,1	6,112667	0,141413	6,1143	1,3253	179484,1	5,400933	0,105853	5,401933	1,122833	179484,1	5,8272	0,24856	5,8325	2,4426
167464,6	6,112533	0,132597	6,113967	1,242733	167464,6	5,401233	0,099598	5,402133	1,056433	167464,6	5,8269	0,232573	5,831533	2,2858
156250	6,1125	0,124877	6,113767	1,1704	156250	5,400967	0,093851	5,401767	0,995527	156250	5,826467	0,218167	5,830567	2,144533
145786,4	6,112	0,117217	6,1131	1,098733	145786,4	5,400767	0,088265	5,401467	0,93632	145786,4	5,826833	0,20389	5,830433	2,004167
136023,5	6,112133	0,109977	6,113133	1,030833	136023,5	5,400567	0,084218	5,401267	0,893423	136023,5	5,827	0,191543	5,830133	1,8828
126914,4	6,112533	0,104213	6,113433	0,976773	126914,4	5,4007	0,080933	5,4013	0,85856	126914,4	5,827467	0,179833	5,830233	1,767633
118415,4	6,112933	0,097548	6,113733	0,91425	118415,4	5,400533	0,076278	5,401033	0,809213	118415,4	5,827233	0,16995	5,8297	1,670733
110485,4	6,1125	0,091379	6,1132	0,856497	110485,4	5,400633	0,071885	5,401133	0,762593	110485,4	5,826867	0,15893	5,829033	1,5626
103086,6	6,1126	0,085924	6,1132	0,80537	103086,6	5,400167	0,067481	5,400567	0,71594	103086,6	5,826933	0,14731	5,828767	1,448267
96183,16	6,111567	0,080608	6,112067	0,75567	96183,16	5,399867	0,063595	5,400267	0,674757	96183,16	5,8258	0,14058	5,8275	1,3824
89742,06	6,111067	0,076281	6,111567	0,715157	89742,06	5,399767	0,060315	5,400067	0,63998	89742,06	5,827967	0,132123	5,829467	1,2988
83732,3	6,110567	0,071134	6,110967	0,66697	83732,3	5,399133	0,056928	5,399433	0,604107	83732,3	5,827433	0,121543	5,8287	1,1949
78125	6,109967	0,067006	6,110367	0,628327	78125	5,398567	0,053943	5,398867	0,572497	78125	5,826433	0,11375	5,827533	1,118467
72893,2	6,109433	0,062949	6,109733	0,590343	72893,2	5,397433	0,051282	5,397633	0,544367	72893,2	5,8257	0,106863	5,8267	1,0509
68011,76	6,1092	0,059771	6,1095	0,56057	68011,76	5,3971	0,048828	5,3973	0,518357	68011,76	5,825533	0,099892	5,826367	0,98242
63457,22	6,1092	0,055031	6,109433	0,516123	63457,22	5,396967	0,041738	5,397167	0,443107	63457,22	5,826233	0,093095	5,826967	0,915473

## Naměřené hodnoty první difuzní vrstvy MEA Dapozol

střední hodnota Dapozol_clear_GDL					střední hodnota Dapozol_100_GDL					střední hodnota Dapozol_500_GDL				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
59207,68	6,109167	0,052801	6,109367	0,495207	59207,68	5,397667	0,039792	5,3978	0,42239	59207,68	5,826467	0,088387	5,827167	0,86914
55242,72	6,109867	0,04923	6,110067	0,461663	55242,72	5,397167	0,037412	5,397267	0,397163	55242,72	5,8261	0,08232	5,8267	0,809557
51543,28	6,109067	0,046094	6,109267	0,432317	51543,28	5,3966	0,035101	5,3967	0,372667	51543,28	5,8256	0,077047	5,8261	0,757773
48091,58	6,1088	0,043755	6,109	0,410393	48091,58	5,396433	0,033445	5,396533	0,355093	48091,58	5,825667	0,072795	5,826133	0,71594
44871,03	6,1079	0,041235	6,108	0,38682	44871,03	5,395833	0,031201	5,395933	0,331313	44871,03	5,825567	0,068068	5,825967	0,669457
41866,15	6,1077	0,038893	6,1078	0,364863	41866,15	5,3954	0,02998	5,3955	0,318367	41866,15	5,824833	0,064627	5,825233	0,635693
39062,5	6,106933	0,036322	6,107033	0,340797	39062,5	5,3948	0,028345	5,3949	0,301037	39062,5	5,827733	0,060224	5,828033	0,592087
36446,6	6,1064	0,03367	6,1065	0,315927	36446,6	5,394333	0,026095	5,394433	0,27718	36446,6	5,827	0,056346	5,8273	0,554043
34005,88	6,106567	0,032022	6,106667	0,30046	34005,88	5,3943	0,024641	5,3944	0,26172	34005,88	5,827367	0,052619	5,827567	0,517367
31728,61	6,105933	0,030151	6,106033	0,282927	31728,61	5,3933	0,023139	5,393333	0,24582	31728,61	5,8266	0,049002	5,8268	0,481853
29603,84	6,106733	0,02893	6,106833	0,271437	29603,84	5,393067	0,022196	5,393067	0,235813	29603,84	5,8259	0,046669	5,8261	0,45899
27621,36	6,1061	0,026792	6,1062	0,251403	27621,36	5,3934	0,020933	5,3934	0,22238	27621,36	5,826033	0,043696	5,826233	0,429733
25771,64	6,105733	0,025341	6,105833	0,237803	25771,64	5,3934	0,019532	5,3934	0,207503	25771,64	5,825767	0,040853	5,825867	0,401793
24045,79	6,1056	0,023337	6,1056	0,219003	24045,79	5,393567	0,018149	5,393567	0,1928	24045,79	5,8252	0,037884	5,8253	0,372633
22435,52	6,1054	0,021805	6,1054	0,204633	22435,52	5,393667	0,017249	5,393667	0,183233	22435,52	5,824767	0,035176	5,824867	0,346017
20933,07	6,105867	0,020834	6,105867	0,195507	20933,07	5,393733	0,016214	5,393733	0,172237	20933,07	5,825267	0,033412	5,825367	0,328647
19531,25	6,104833	0,019462	6,104833	0,182663	19531,25	5,393033	0,015382	5,393033	0,163427	19531,25	5,824067	0,031153	5,824167	0,306473
18223,3	6,104767	0,01834	6,104767	0,17213	18223,3	5,3929	0,014528	5,3929	0,15435	18223,3	5,823933	0,029373	5,824033	0,288983
17002,94	6,104367	0,017445	6,104367	0,16375	17002,94	5,392233	0,01371	5,392233	0,145687	17002,94	5,8233	0,027619	5,8234	0,27175
15864,3	6,104133	0,016434	6,104133	0,154267	15864,3	5,392067	0,012884	5,392067	0,136903	15864,3	5,823233	0,026027	5,823333	0,256093
14801,92	6,103833	0,015331	6,103833	0,143917	14801,92	5,391533	0,012153	5,391533	0,129153	14801,92	5,8232	0,024413	5,823267	0,24021
13810,68	6,103933	0,014496	6,103933	0,136073	13810,68	5,391733	0,011594	5,391733	0,12321	13810,68	5,822867	0,022742	5,822867	0,223787
12885,82	6,1037	0,01358	6,1037	0,127477	12885,82	5,391533	0,010759	5,391533	0,11434	12885,82	5,8229	0,021453	5,8229	0,2111
12022,89	6,103733	0,012807	6,103733	0,120217	12022,89	5,3915	0,010164	5,3915	0,10802	12022,89	5,822833	0,019923	5,822833	0,196043
11217,76	6,1038	0,012177	6,1038	0,114317	11217,76	5,391367	0,009622	5,391367	0,102257	11217,76	5,822933	0,018859	5,822933	0,185567
10466,54	6,103567	0,011243	6,103567	0,105547	10466,54	5,391433	0,009172	5,391433	0,097474	10466,54	5,8225	0,017472	5,8225	0,171947
9765,625	6,1035	0,010552	6,1035	0,099062	9765,625	5,3914	0,008579	5,3914	0,091174	9765,625	5,822533	0,016568	5,822533	0,163043
9111,65	6,1034	0,009943	6,1034	0,093342	9111,65	5,391467	0,007973	5,391467	0,084727	9111,65	5,8226	0,015431	5,8226	0,15184



## Naměřené hodnoty první difuzní vrstvy MEA Dapozol

střední hodnota Dapozol_clear_GDL					střední hodnota Dapozol_100_GDL					střední hodnota Dapozol_500_GDL				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
8501,47	6,103333	0,009229	6,103333	0,086644	8501,47	5,391333	0,007369	5,391333	0,078319	8501,47	5,822433	0,014603	5,822433	0,143693
7932,152	6,103167	0,008648	6,103167	0,081193	7932,152	5,391767	0,007083	5,391767	0,075275	7932,152	5,822467	0,013445	5,822467	0,132313
7400,96	6,1031	0,008223	6,1031	0,077196	7400,96	5,391367	0,00657	5,391367	0,069824	7400,96	5,8223	0,012698	5,8223	0,124967
6905,34	6,1032	0,007705	6,1032	0,072333	6905,34	5,3913	0,006179	5,3913	0,065664	6905,34	5,822267	0,011911	5,822267	0,117217
6442,91	6,103133	0,007151	6,103133	0,067142	6442,91	5,3914	0,00596	5,3914	0,063335	6442,91	5,8227	0,011438	5,8227	0,11256
6011,447	6,1034	0,006836	6,1034	0,064168	6011,447	5,3914	0,005564	5,3914	0,059128	6011,447	5,8224	0,010498	5,8224	0,103307
5608,879	6,1034	0,006388	6,1034	0,059968	5608,879	5,3919	0,005081	5,3919	0,053992	5608,879	5,822433	0,009777	5,822433	0,096215
5233,269	6,105133	0,006065	6,105133	0,056919	5233,269	5,3919	0,004798	5,3919	0,050987	5233,269	5,8226	0,009263	5,8226	0,091154
4882,813	6,114233	0,005547	6,114233	0,05199	4882,813	5,3918	0,004463	5,3918	0,047423	4882,813	5,822467	0,008609	5,822467	0,084718
4555,825	6,1123	0,005118	6,1123	0,04797	4555,825	5,3915	0,004339	5,3915	0,046106	4555,825	5,822233	0,008003	5,822233	0,078759
4250,735	6,111867	0,004961	6,111867	0,046506	4250,735	5,391267	0,004078	5,391267	0,043345	4250,735	5,8225	0,007649	5,8225	0,075274
3966,076	6,1111	0,004597	6,1111	0,0431	3966,076	5,391833	0,003727	5,391833	0,039606	3966,076	5,822333	0,00698	5,822333	0,068693
3700,48	6,1111	0,004468	6,1111	0,04189	3700,48	5,391633	0,003386	5,391633	0,035984	3700,48	5,821867	0,006593	5,821867	0,064881
3452,67	6,110567	0,003958	6,110567	0,037116	3452,67	5,3916	0,003361	5,3916	0,035714	3452,67	5,822	0,006268	5,822	0,061692
3221,455	6,110533	0,003792	6,110533	0,035563	3221,455	5,391433	0,003074	5,391433	0,032664	3221,455	5,8235	0,005748	5,8235	0,05656
3005,724	6,110067	0,003602	6,110067	0,033779	3005,724	5,391767	0,002848	5,391767	0,03026	3005,724	5,823533	0,005407	5,823533	0,053199
2804,439	6,110033	0,003377	6,110033	0,031664	2804,439	5,3917	0,002756	5,3917	0,029289	2804,439	5,823133	0,005123	5,823133	0,050409
2616,635	6,111167	0,003131	6,111167	0,029356	2616,635	5,391667	0,002654	5,391667	0,028205	2616,635	5,823633	0,00476	5,823633	0,04683
2441,406	6,111233	0,00299	6,111233	0,028035	2441,406	5,391367	0,002425	5,391367	0,025776	2441,406	5,823433	0,004508	5,823433	0,044352
2277,913	6,1109	0,002961	6,1109	0,02776	2277,913	5,3914	0,002351	5,3914	0,024981	2277,913	5,823633	0,00415	5,823633	0,040837
2125,368	6,1104	0,002457	6,1104	0,023043	2125,368	5,391367	0,002075	5,391367	0,022057	2125,368	5,823933	0,003805	5,823933	0,037434
1983,038	6,110367	0,00241	6,110367	0,022601	1983,038	5,391433	0,001969	5,391433	0,020925	1983,038	5,824033	0,003581	5,824033	0,035231
1850,24	6,110733	0,002794	6,110733	0,026216	1850,24	5,391333	0,002345	5,391333	0,024933	1850,24	5,8234	0,003124	5,8234	0,030749
1726,335	6,110033	0,002074	6,110033	0,019448	1726,335	5,390867	0,001669	5,390867	0,017736	1726,335	5,824467	0,003096	5,824467	0,030459
1610,727	6,110533	0,001996	6,110533	0,018717	1610,727	5,391367	0,001676	5,391367	0,017811	1610,727	5,8255	0,002971	5,8255	0,029219
1502,862	6,129567	0,001667	6,129567	0,015591	1502,862	5,391267	0,001591	5,391267	0,016908	1502,862	5,825133	0,002561	5,825133	0,025191
1402,22	6,126967	0,001676	6,126967	0,015672	1402,22	5,391267	0,001484	5,391267	0,015772	1402,22	5,8255	0,002665	5,8255	0,026206
1308,317	6,126033	0,001494	6,126033	0,013978	1308,317	5,391733	0,001317	5,391733	0,013994	1308,317	5,825467	0,002413	5,825467	0,023736

## Naměřené hodnoty první difuzní vrstvy MEA Dapozol

střední hodnota Dapozol_clear_GDL					střední hodnota Dapozol_100_GDL					střední hodnota Dapozol_500_GDL				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
1220,703	6,1255	0,001414	6,1255	0,013233	1220,703	5,391467	0,001171	5,391467	0,012452	1220,703	5,8255	0,002217	5,8255	0,021803
1138,956	6,1251	0,001336	6,1251	0,012501	1138,956	5,391367	0,001182	5,391367	0,012566	1138,956	5,825433	0,001974	5,825433	0,019415
1062,684	6,124533	0,001236	6,124533	0,011562	1062,684	5,391867	0,001001	5,391867	0,010642	1062,684	5,825967	0,00184	5,825967	0,018095
991,519	6,124167	0,001188	6,124167	0,01112	991,519	5,392133	0,001124	5,392133	0,01194	991,519	5,8258	0,001868	5,8258	0,018369
925,12	6,124033	0,001044	6,124033	0,009767	925,12	5,392333	0,000869	5,392333	0,00923	925,12	5,8258	0,001648	5,8258	0,016209
863,1675	6,1235	0,001143	6,1235	0,010697	863,1675	5,3923	0,000824	5,3923	0,008752	863,1675	5,8258	0,001603	5,8258	0,015761
805,3637	6,1235	0,000911	6,1235	0,008526	805,3637	5,392167	0,000854	5,392167	0,009078	805,3637	5,825967	0,001454	5,825967	0,014305
751,4309	6,124467	0,001441	6,124467	0,013459	751,4309	5,392533	0,001314	5,392533	0,013952	751,4309	5,8253	0,001496	5,8253	0,014747
701,1098	6,123167	0,000982	6,123167	0,009182	701,1098	5,3921	0,000764	5,3921	0,008121	701,1098	5,825667	0,00119	5,825667	0,011701
654,1586	6,123367	0,000847	6,123367	0,007928	654,1586	5,392167	0,0007	5,392167	0,007436	654,1586	5,826133	0,001164	5,826133	0,01145
610,3516	6,1231	0,000633	6,1231	0,005924	610,3516	5,391867	0,000702	5,391867	0,007459	610,3516	5,8266	0,001132	5,8266	0,011132
569,4781	6,123267	0,000564	6,123267	0,005276	569,4781	5,3924	0,000524	5,3924	0,005572	569,4781	5,826533	0,001214	5,826533	0,01194
531,3419	6,123267	0,000703	6,123267	0,006573	531,3419	5,3923	0,000425	5,3923	0,004516	531,3419	5,826433	0,000839	5,826433	0,008254
495,7595	6,123067	0,000663	6,123067	0,006209	495,7595	5,392533	0,000403	5,392533	0,004278	495,7595	5,826567	0,00078	5,826567	0,00767
462,56	6,122967	0,000765	6,122967	0,007167	462,56	5,393	6,6E-05	5,393	0,000702	462,56	5,8263	0,000819	5,8263	0,008054
431,5837	6,1228	0,00061	6,1228	0,005701	431,5837	5,3925	0,00048	5,3925	0,005103	431,5837	5,826667	0,000797	5,826667	0,007839
402,6819	6,1224	0,000344	6,1224	0,003229	402,6819	5,3927	0,00037	5,3927	0,003932	402,6819	5,826567	0,000751	5,826567	0,007393
375,7155	6,123467	0,000902	6,123467	0,008379	375,7155	5,394167	0,000438	5,394167	0,004657	375,7155	5,827	-0,00045	5,827	-0,00449
350,5549	6,122833	0,000694	6,122833	0,006415	350,5549	5,3921	-0,00118	5,3921	-0,01254	350,5549	5,8278	0,002117	5,8278	0,020799
327,0793	6,122433	0,000506	6,122433	0,004747	327,0793	5,393	0,000275	5,393	0,00292	327,0793	5,826533	0,000662	5,826533	0,006512
305,1758	6,1228	0,000417	6,1228	0,003906	305,1758	5,392967	0,000312	5,392967	0,003314	305,1758	5,826967	0,000521	5,826967	0,005124
284,7391	6,1227	0,000532	6,1227	0,004967	284,7391	5,393933	-1E-04	5,393933	-0,00106	284,7391	5,8273	0,000354	5,8273	0,003479
265,671	6,122333	0,000258	6,122333	0,002433	265,671	5,393367	-1E-04	5,393367	-0,00106	265,671	5,826967	6,93E-05	5,826967	0,000684
247,8798	6,120167	0,002557	6,120167	0,023982	247,8798	5,3928	-0,00133	5,3928	-0,01412	247,8798	5,827667	0,003514	5,827667	0,034537
231,28	6,1218	0,000286	6,1218	0,002674	231,28	5,393067	8,89E-05	5,393067	0,000942	231,28	5,826967	7,43E-05	5,826967	0,000729
215,7919	6,121567	0,000264	6,121567	0,00247	215,7919	5,3928	0,000283	5,3928	0,003005	215,7919	5,826667	8,38E-05	5,826667	0,00082
201,3409	6,122033	0,000402	6,122033	0,003721	201,3409	5,392367	-0,00013	5,392367	-0,00144	201,3409	5,826333	0,00073	5,826333	0,007172
187,8577	6,121233	8,33E-05	6,121233	0,000777	187,8577	5,3924	0,000198	5,3924	0,002098	187,8577	5,826467	-3,1E-05	5,826467	-0,0003

Naměřené hodnoty první difuzní vrstvy MEA Dapozol

střední hodnota Dapozol_clear_GDL					střední hodnota Dapozol_100_GDL					střední hodnota Dapozol_500_GDL				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
175,2775	6,122967	-9,3E-06	6,122967	-8,9E-05	175,2775	5,392367	-0,00037	5,392367	-0,0039	175,2775	5,826267	-0,0001	5,826267	-0,00102
163,5397	6,122667	0,000106	6,122667	0,000989	163,5397	5,3923	-0,00017	5,3923	-0,00185	163,5397	5,826	8,09E-05	5,826	0,000808
152,5879	6,1237	-4,9E-06	6,1237	-1,1E-05	152,5879	5,3914	0,000543	5,3914	0,005776	152,5879	5,827067	0,001403	5,827067	0,013845
142,3695	6,1228	0,000311	6,1228	0,002908	142,3695	5,391467	-0,00027	5,391467	-0,00282	142,3695	5,8259	0,00015	5,8259	0,001472
132,8355	6,122867	3,19E-05	6,122867	0,00028	132,8355	5,391867	-1,4E-06	5,391867	-1,5E-05	132,8355	5,826033	0,000136	5,826033	0,001338
123,9399	6,1225	-0,00043	6,1225	-0,00401	123,9399	5,391867	-5,1E-05	5,391867	-0,00054	123,9399	5,825867	-1E-04	5,825867	-0,00098
115,64	6,1226	2,93E-05	6,1226	0,000278	115,64	5,3918	-0,00014	5,3918	-0,00152	115,64	5,8262	9,78E-05	5,8262	0,00096
107,8959	6,1223	-6,6E-05	6,1223	-0,00062	107,8959	5,391967	-0,00016	5,391967	-0,00165	107,8959	5,8262	8,26E-05	5,8262	0,000813
100,6705	6,122567	-0,00083	6,122567	-0,00772	100,6705	5,3916	-0,00023	5,3916	-0,00246	100,6705	5,826333	-0,00027	5,826333	-0,00262
93,92887	6,1225	-0,00027	6,1225	-0,00255	93,92887	5,3921	-0,0002	5,3921	-0,00215	93,92887	5,826533	-0,00031	5,826533	-0,00309
87,63873	6,122267	-2,2E-06	6,122267	-2E-05	87,63873	5,391867	-0,00036	5,391867	-0,00382	87,63873	5,8265	-0,00025	5,8265	-0,00242
81,76983	6,122267	-0,00019	6,122267	-0,0018	81,76983	5,391933	-0,00027	5,391933	-0,00291	81,76983	5,826633	-0,00014	5,826633	-0,00137
76,29394	6,122	-0,00038	6,122	-0,00352	76,29394	5,3917	-0,0002	5,3917	-0,00216	76,29394	5,826667	-0,00036	5,826667	-0,0035
71,18477	6,1218	-0,0004	6,1218	-0,00373	71,18477	5,391833	-0,00032	5,391833	-0,0034	71,18477	5,826533	-0,00042	5,826533	-0,00413
66,41774	6,122067	-0,00051	6,122067	-0,00475	66,41774	5,391567	-0,00041	5,391567	-0,00432	66,41774	5,826833	-0,00037	5,826833	-0,00366
61,96994	6,121933	-0,00024	6,121933	-0,00227	61,96994	5,3915	-0,00049	5,3915	-0,00521	61,96994	5,8269	-0,00047	5,8269	-0,00467
57,82	6,122033	-0,00013	6,122033	-0,00123	57,82	5,391967	-0,00037	5,391967	-0,00391	57,82	5,826633	-0,00022	5,826633	-0,00212
53,94797	6,121733	-0,00044	6,121733	-0,0041	53,94797	5,3921	-0,0007	5,3921	-0,00749	53,94797	5,826467	-0,00052	5,826467	-0,0051
50,33523	6,122033	0,000642	6,122033	0,006005	50,33523	5,3916	-0,00093	5,3916	-0,00991	50,33523	5,825933	9,57E-05	5,825933	0,000932
46,96443	6,1223	-0,0007	6,1223	-0,00657	46,96443	5,392133	-0,00025	5,392133	-0,00262	46,96443	5,827267	-4,7E-05	5,827267	-0,00046
43,81937	6,122133	-0,0007	6,122133	-0,00658	43,81937	5,392433	-0,00036	5,392433	-0,00386	43,81937	5,8271	-0,00053	5,8271	-0,00519
40,88491	6,121867	-0,00056	6,121867	-0,00526	40,88491	5,392367	-0,00053	5,392367	-0,00564	40,88491	5,826967	-0,00048	5,826967	-0,00474
38,14697	6,121767	-0,00057	6,121767	-0,00532	38,14697	5,392433	-0,00055	5,392433	-0,00582	38,14697	5,8271	-0,00066	5,8271	-0,00648
35,59238	6,121933	-0,00057	6,121933	-0,00537	35,59238	5,3924	-0,00042	5,3924	-0,00451	35,59238	5,827167	-0,00055	5,827167	-0,00537
33,20887	6,121933	-0,00065	6,121933	-0,00606	33,20887	5,392567	-0,00055	5,392567	-0,00584	33,20887	5,827167	-0,00053	5,827167	-0,00519
30,98497	6,122067	-0,0006	6,122067	-0,0056	30,98497	5,392633	-0,00032	5,392633	-0,00335	30,98497	5,8271	-0,00052	5,8271	-0,00513
28,91	6,1221	-0,00073	6,1221	-0,00684	28,91	5,3929	-0,0006	5,3929	-0,00632	28,91	5,8274	-0,0007	5,8274	-0,00687
26,97398	6,122033	-0,00054	6,122033	-0,00501	26,97398	5,392933	-0,00068	5,392933	-0,00726	26,97398	5,827533	-0,00054	5,827533	-0,0053

Naměřené hodnoty první difuzní vrstvy MEA Dapozol

střední hodnota Dapozol_clear_GDL					střední hodnota Dapozol_100_GDL					střední hodnota Dapozol_500_GDL				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
25,16762	6,1222	-0,00034	6,1222	-0,00322	25,16762	5,393467	-0,00039	5,393467	-0,00413	25,16762	5,827633	-0,00051	5,827633	-0,00502
23,48222	6,122133	-0,00057	6,122133	-0,00535	23,48222	5,393733	-0,00039	5,393733	-0,00413	23,48222	5,827667	-0,0004	5,827667	-0,00396
21,90968	6,122233	-0,00027	6,122233	-0,00257	21,90968	5,393567	-0,00029	5,393567	-0,00305	21,90968	5,827833	-0,00043	5,827833	-0,00422
20,44246	6,122267	-0,00016	6,122267	-0,00148	20,44246	5,3935	-0,00031	5,3935	-0,00327	20,44246	5,827933	-0,00031	5,827933	-0,00306
19,07349	6,122133	-0,00026	6,122133	-0,00246	19,07349	5,3937	-0,00027	5,3937	-0,00287	19,07349	5,828033	-0,00044	5,828033	-0,00428
17,79619	6,122433	-0,00028	6,122433	-0,00262	17,79619	5,393867	-0,00018	5,393867	-0,00188	17,79619	5,827967	-0,00017	5,827967	-0,00166
16,60443	6,122333	-0,00025	6,122333	-0,00232	16,60443	5,393733	-0,0003	5,393733	-0,0032	16,60443	5,828133	-0,00033	5,828133	-0,0032
15,49249	6,122267	-0,00035	6,122267	-0,00324	15,49249	5,394067	-0,00024	5,394067	-0,0025	15,49249	5,828167	-0,0003	5,828167	-0,00293
14,455	6,1224	-0,00034	6,1224	-0,00322	14,455	5,394267	-0,00029	5,394267	-0,00312	14,455	5,828233	-0,0004	5,828233	-0,00389
13,48699	6,122233	-0,00027	6,122233	-0,00255	13,48699	5,3943	-0,00013	5,3943	-0,00143	13,48699	5,828233	-0,00011	5,828233	-0,0011
12,58381	6,122267	-0,00021	6,122267	-0,00197	12,58381	5,394533	-0,00034	5,394533	-0,00361	12,58381	5,828467	-0,00016	5,828467	-0,00154
11,74111	6,122333	-0,00013	6,122333	-0,00125	11,74111	5,394667	-3,5E-05	5,394667	-0,00037	11,74111	5,828533	9,34E-05	5,828533	0,000919
10,95484	6,122367	-0,0001	6,122367	-0,00095	10,95484	5,394833	-0,0002	5,394833	-0,00217	10,95484	5,828567	-8,7E-05	5,828567	-0,00085
10,22123	6,122333	9,93E-06	6,122333	9,47E-05	10,22123	5,394967	9,15E-05	5,394967	0,000973	10,22123	5,8286	2,76E-05	5,8286	0,000273
9,53674	6,122567	3,22E-05	6,122567	0,000301	9,53674	5,394633	-7,8E-05	5,394633	-0,00084	9,53674	5,828667	1,26E-06	5,828667	9,32E-06
8,8981	6,122633	7,34E-05	6,122633	0,00068	8,8981	5,3945	0,000132	5,3945	0,0014	8,8981	5,828733	0,000161	5,828733	0,001584
8,30222	6,122367	0,000251	6,122367	0,002354	8,30222	5,395	0,00018	5,395	0,001914	8,30222	5,8288	0,000164	5,8288	0,001606
7,74624	6,1224	0,000329	6,1224	0,003078	7,74624	5,394967	0,000134	5,394967	0,001423	7,74624	5,8287	0,000189	5,8287	0,001853
7,2275	6,1225	0,000389	6,1225	0,003648	7,2275	5,394733	0,000184	5,394733	0,001955	7,2275	5,828667	0,000359	5,828667	0,003533
6,7435	6,122367	0,0004	6,122367	0,003744	6,7435	5,3946	0,000407	5,3946	0,004323	6,7435	5,8291	0,000414	5,8291	0,004073
6,2919	6,1224	0,000471	6,1224	0,004404	6,2919	5,3949	0,000331	5,3949	0,003519	6,2919	5,8288	0,000537	5,8288	0,005283
5,87055	6,122467	0,00042	6,122467	0,003939	5,87055	5,3946	0,000347	5,3946	0,003691	5,87055	5,828667	0,000419	5,828667	0,004123
5,47742	6,1224	0,000639	6,1224	0,005975	5,47742	5,394767	0,000337	5,394767	0,003576	5,47742	5,828767	0,000464	5,828767	0,00456
5,11061	6,122433	0,000535	6,122433	0,005	5,11061	5,3948	0,000578	5,3948	0,006141	5,11061	5,8288	0,000627	5,8288	0,00616
4,76837	6,1225	0,000333	6,1225	0,003107	4,76837	5,394967	0,000596	5,394967	0,006325	4,76837	5,8288	0,000547	5,8288	0,005371
4,44905	6,1223	0,000521	6,1223	0,004883	4,44905	5,394867	0,000533	5,394867	0,005657	4,44905	5,828767	0,000499	5,828767	0,004904
4,15111	6,122267	0,000743	6,122267	0,006946	4,15111	5,394833	0,000576	5,394833	0,006112	4,15111	5,8288	0,000529	5,8288	0,005202
3,87312	6,122267	0,000581	6,122267	0,005442	3,87312	5,393967	0,000685	5,393967	0,007278	3,87312	5,8287	0,000546	5,8287	0,005364

Naměřené hodnoty první difuzní vrstvy MEA Dapozol

střední hodnota Dapozol_clear_GDL					střední hodnota Dapozol_100_GDL					střední hodnota Dapozol_500_GDL				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
3,61375	6,1222	0,000835	6,1222	0,007818	3,61375	5,3946	0,000574	5,3946	0,006093	3,61375	5,8287	0,000746	5,8287	0,00733
3,37175	6,122233	0,00068	6,122233	0,006369	3,37175	5,394467	0,000715	5,394467	0,00759	3,37175	5,829067	0,000796	5,829067	0,007802
3,14595	6,122133	0,000824	6,122133	0,00771	3,14595	5,394533	0,000402	5,394533	0,004266	3,14595	5,828633	0,000588	5,828633	0,00579
2,93528	6,122267	0,000688	6,122267	0,006437	2,93528	5,394233	0,000591	5,394233	0,006275	2,93528	5,829	0,000668	5,829	0,006569
2,73871	6,122033	0,000632	6,122033	0,005912	2,73871	5,394133	0,000667	5,394133	0,007084	2,73871	5,828533	0,000613	5,828533	0,006021
2,55531	6,122133	0,000777	6,122133	0,007267	2,55531	5,393933	0,000554	5,393933	0,005878	2,55531	5,8288	0,000804	5,8288	0,007899
2,38419	6,1221	0,000739	6,1221	0,006926	2,38419	5,3941	0,000685	5,3941	0,007277	2,38419	5,8292	0,000611	5,8292	0,006007
2,22452	6,1226	0,000623	6,1226	0,005838	2,22452	5,394033	0,000757	5,394033	0,008043	2,22452	5,829267	0,000598	5,829267	0,005877
2,07555	6,122333	0,00067	6,122333	0,006268	2,07555	5,394467	0,000641	5,394467	0,006804	2,07555	5,829367	0,000582	5,829367	0,005724
1,93656	6,122033	0,000608	6,122033	0,005696	1,93656	5,3945	0,000603	5,3945	0,006399	1,93656	5,829367	0,000666	5,829367	0,006545
1,80688	6,1232	0,000751	6,1232	0,007026	1,80688	5,3943	0,000377	5,3943	0,004002	1,80688	5,8297	0,000697	5,8297	0,006849
1,68587	6,123033	0,000681	6,123033	0,006377	1,68587	5,3944	0,000233	5,3944	0,002474	1,68587	5,829467	0,001049	5,829467	0,010303
1,57298	6,122967	0,000683	6,122967	0,006396	1,57298	5,3944	0,000739	5,3944	0,007856	1,57298	5,829567	0,000706	5,829567	0,006938
1,46764	6,123033	0,000736	6,123033	0,00688	1,46764	5,393967	0,000604	5,393967	0,006419	1,46764	5,830767	0,000572	5,830767	0,005621
1,36936	6,1223	0,000841	6,1223	0,007876	1,36936	5,394	0,000429	5,394	0,00456	1,36936	5,831033	0,00056	5,831033	0,0055
1,27765	6,123133	0,000168	6,123133	0,00159	1,27765	5,394333	0,000426	5,394333	0,004526	1,27765	5,830967	0,000564	5,830967	0,005538
1,19209	6,122633	0,000414	6,122633	0,003875	1,19209	5,394467	0,000266	5,394467	0,002842	1,19209	5,831267	0,000659	5,831267	0,006472
1,11226	6,122767	0,000552	6,122767	0,005161	1,11226	5,3945	0,00064	5,3945	0,006796	1,11226	5,8308	0,000557	5,8308	0,005461
1,03778	6,1228	0,00046	6,1228	0,004302	1,03778	5,394933	0,000123	5,394933	0,001306	1,03778	5,831167	0,000492	5,831167	0,004836
0,96828	6,1226	0,000612	6,1226	0,005713	0,96828	5,394733	0,000224	5,394733	0,002373	0,96828	5,831367	0,000445	5,831367	0,004371
0,90344	6,1228	0,00079	6,1228	0,007394	0,90344	5,394567	0,000531	5,394567	0,005643	0,90344	5,831467	0,000436	5,831467	0,004283
0,84294	6,122533	0,001221	6,122533	0,011384	0,84294	5,394933	0,000654	5,394933	0,006937	0,84294	5,831467	0,000438	5,831467	0,004303
0,78649	6,122733	0,000554	6,122733	0,005182	0,78649	5,395233	0,000235	5,395233	0,002499	0,78649	5,8315	0,00059	5,8315	0,0058
0,73382	6,122667	0,000635	6,122667	0,005937	0,73382	5,394867	0,000572	5,394867	0,006076	0,73382	5,831633	0,00017	5,831633	0,001658
0,68468	6,1226	0,000516	6,1226	0,004835	0,68468	5,394533	0,000514	5,394533	0,005466	0,68468	5,831667	0,000809	5,831667	0,007951
0,63883	6,122433	0,0006	6,122433	0,005601	0,63883	5,3948	0,000507	5,3948	0,005383	0,63883	5,831567	0,000589	5,831567	0,005786
0,59605	6,122967	0,000864	6,122967	0,008069	0,59605	5,394667	0,000411	5,394667	0,004358	0,59605	5,831567	0,000456	5,831567	0,00448
0,55613	6,122633	0,000561	6,122633	0,005251	0,55613	5,395067	0,000488	5,395067	0,005184	0,55613	5,8321	0,000704	5,8321	0,006931

Naměřené hodnoty první difuzní vrstvy MEA Dapozol

střední hodnota Dapozol_clear_GDL					střední hodnota Dapozol_100_GDL					střední hodnota Dapozol_500_GDL				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
0,51889	6,1228	0,000567	6,1228	0,005306	0,51889	5,395267	0,000125	5,395267	0,001322	0,51889	5,831933	0,000801	5,831933	0,007869
0,48414	6,122667	0,000486	6,122667	0,004552	0,48414	5,395233	0,000614	5,395233	0,006523	0,48414	5,8319	0,00062	5,8319	0,006096
0,45172	6,1229	0,000481	6,1229	0,004489	0,45172	5,3948	0,000813	5,3948	0,008619	0,45172	5,832333	0,000524	5,832333	0,005149
0,42147	6,122933	0,000496	6,122933	0,004649	0,42147	5,395233	0,000623	5,395233	0,006618	0,42147	5,8319	0,000264	5,8319	0,002584
0,39324	6,122867	0,000746	6,122867	0,006979	0,39324	5,3955	0,000628	5,3955	0,006675	0,39324	5,832233	0,000482	5,832233	0,004728
0,36691	6,1229	0,000246	6,1229	0,002326	0,36691	5,3956	0,000598	5,3956	0,006352	0,36691	5,832367	0,000472	5,832367	0,004642
0,34234	6,123233	0,000723	6,123233	0,006756	0,34234	5,396267	0,000637	5,396267	0,006767	0,34234	5,832467	0,000131	5,832467	0,001285
0,31941	6,122933	0,000525	6,122933	0,004902	0,31941	5,3966	0,00037	5,3966	0,003925	0,31941	5,832367	0,000313	5,832367	0,003073
0,29802	6,122833	0,000725	6,122833	0,006768	0,29802	5,396967	0,000409	5,396967	0,004347	0,29802	5,832367	0,000276	5,832367	0,002719
0,27807	6,123067	0,000541	6,123067	0,005073	0,27807	5,398033	0,000404	5,398033	0,004289	0,27807	5,832767	0,00038	5,832767	0,003732
0,25944	6,1235	0,000215	6,1235	0,002023	0,25944	5,398067	0,000742	5,398067	0,00787	0,25944	5,832767	0,000434	5,832767	0,004275
0,24207	6,123333	0,000683	6,123333	0,006375	0,24207	5,397933	0,00067	5,397933	0,007119	0,24207	5,832467	0,000513	5,832467	0,005036
0,22586	6,123167	0,000885	6,123167	0,008281	0,22586	5,3976	0,000367	5,3976	0,003905	0,22586	5,832867	0,000547	5,832867	0,005371
0,21073	6,123733	0,000337	6,123733	0,003153	0,21073	5,3974	0,000358	5,3974	0,003795	0,21073	5,832933	0,00052	5,832933	0,005107
0,19662	6,123667	0,000658	6,123667	0,006146	0,19662	5,397433	0,000159	5,397433	0,0017	0,19662	5,832867	0,000573	5,832867	0,00563
0,18345	6,123633	0,000737	6,123633	0,006898	0,18345	5,397967	0,000556	5,397967	0,0059	0,18345	5,833133	0,00087	5,833133	0,008539
0,17117	6,124067	0,000853	6,124067	0,00798	0,17117	5,398567	0,000636	5,398567	0,006759	0,17117	5,8337	0,00094	5,8337	0,009233
0,15971	6,124233	0,000481	6,124233	0,004487	0,15971	5,398667	0,000891	5,398667	0,009452	0,15971	5,836233	0,000755	5,836233	0,0074
0,14901	6,1244	0,000717	6,1244	0,006715	0,14901	5,398233	0,00053	5,398233	0,005628	0,14901	5,8437	0,000603	5,8437	0,005913
0,13903	6,1248	0,000812	6,1248	0,007575	0,13903	5,3988	0,000718	5,3988	0,007622	0,13903	5,842033	0,000785	5,842033	0,007696
0,12972	6,124767	0,000474	6,124767	0,004439	0,12972	5,3989	0,000526	5,3989	0,005579	0,12972	5,8415	0,000689	5,8415	0,006761
0,12104	6,124667	0,000921	6,124667	0,008622	0,12104	5,399767	0,000379	5,399767	0,004014	0,12104	5,840933	0,000214	5,840933	0,002099
0,11293	6,125333	0,000699	6,125333	0,006532	0,11293	5,3997	0,000557	5,3997	0,005913	0,11293	5,840733	0,000439	5,840733	0,004304
0,10537	6,125467	0,000807	6,125467	0,007528	0,10537	5,399933	0,000441	5,399933	0,004676	0,10537	5,840867	0,00079	5,840867	0,007746
0,1	6,127	0,000662	6,127	0,006178	0,1	5,400533	0,000651	5,400533	0,006915	0,1	5,8414	0,000469	5,8414	0,004598

## Naměřené hodnoty druhé difuzní vrstvy MEA Dapozol

střední hodnota Dapozol_clear_GDL_2					střední hodnota Dapozol_100_GDL_2					střední hodnota Dapozol_500_GDL_2				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
20000000	0,069185	0,028874	0,074968	22,653	20000000	0,072104	0,031461	0,078669	23,57333	20000000	0,073452	0,023961	0,077263	18,06733
18660660	0,018072	0,00274	0,018279	8,625667	18660660	0,016783	0,005327	0,017611	17,60567	18660660	0,024649	0,003971	0,024968	9,154367
17411010	0,039737	-0,03576	0,053461	-41,9863	17411010	0,038849	-0,03599	0,052957	-42,811	17411010	0,040259	-0,03498	0,053333	-40,986
16245050	0,056582	-0,03781	0,068055	-33,755	16245050	0,056039	-0,03774	0,067563	-33,9597	16245050	0,056595	-0,03783	0,068075	-33,7603
15157170	0,073512	-0,0407	0,084025	-28,9683	15157170	0,07332	-0,04069	0,083854	-29,029	15157170	0,07318	-0,04123	0,083994	-29,3947
14142140	0,080576	-0,03126	0,086427	-21,2037	14142140	0,080681	-0,03135	0,086558	-21,2357	14142140	0,080092	-0,03205	0,086266	-21,8097
13195080	0,076929	-0,02936	0,082339	-20,886	13195080	0,077237	-0,02931	0,082612	-20,7823	13195080	0,076171	-0,03038	0,082007	-21,7463
12311440	0,069423	-0,04356	0,081957	-32,106	12311440	0,069795	-0,04336	0,082167	-31,85	12311440	0,068341	-0,04502	0,081837	-33,3743
11486980	0,08015	-0,08657	0,117973	-47,2053	11486980	0,080298	-0,08625	0,117843	-47,046	11486980	0,078576	-0,08904	0,118757	-48,5733
10717740	0,165993	-0,11031	0,199307	-33,606	10717740	0,166103	-0,11071	0,19962	-33,6847	10717740	0,165747	-0,11569	0,202123	-34,9143
10000000	0,216313	-0,0342	0,218997	-8,985	10000000	0,217353	-0,03439	0,220057	-8,99067	10000000	0,219823	-0,03805	0,223093	-9,81963
9330330	0,2001	0,015272	0,20068	4,364367	9330330	0,201237	0,015709	0,20185	4,4635	9330330	0,203847	0,013826	0,204313	3,8802
8705506	0,18243	0,03638	0,18602	11,278	8705506	0,18327	0,03715	0,187	11,459	8705506	0,18559	0,035989	0,18905	10,97433
8122524	0,168563	0,04856	0,17542	16,07033	8122524	0,169207	0,049374	0,17626	16,267	8122524	0,17117	0,048678	0,17796	15,875
7578583	0,155173	0,056031	0,164977	19,85433	7578583	0,15579	0,056732	0,165797	20,00967	7578583	0,15745	0,05647	0,16727	19,73067
7071068	0,14398	0,057365	0,154987	21,72367	7071068	0,144447	0,058074	0,155687	21,902	7071068	0,146053	0,058023	0,157157	21,66633
6597540	0,13587	0,056696	0,147227	22,64967	6597540	0,136327	0,057313	0,147887	22,80267	6597540	0,137753	0,058083	0,149497	22,86267
6155722	0,129823	0,055338	0,141127	23,08633	6155722	0,130477	0,05582	0,141917	23,16233	6155722	0,13128	0,057011	0,143127	23,47367
5743492	0,12418	0,053203	0,135097	23,192	5743492	0,124973	0,053523	0,135953	23,18433	5743492	0,124977	0,054998	0,136543	23,75267
5358868	0,121993	0,048847	0,13141	21,82167	5358868	0,122847	0,049395	0,132403	21,904	5358868	0,12227	0,051256	0,13258	22,74333
5000000	0,1215	0,047757	0,130547	21,458	5000000	0,122277	0,048437	0,13152	21,60967	5000000	0,12066	0,05009	0,130643	22,54533
4665165	0,120703	0,049437	0,130437	22,27267	4665165	0,121333	0,049959	0,131217	22,37933	4665165	0,118947	0,051928	0,129787	23,584
4352753	0,112557	0,051983	0,12398	24,78967	4352753	0,11347	0,052417	0,12499	24,79467	4352753	0,108603	0,053842	0,121217	26,37067
4061262	0,10724	0,055943	0,120953	27,54933	4061262	0,108423	0,055918	0,121997	27,282	4061262	0,100187	0,053749	0,113693	28,213
3789292	0,093393	0,045584	0,103927	26,01633	3789292	0,094976	0,046277	0,10565	25,97733	3789292	0,089652	0,040492	0,098372	24,30633
3535534	0,092615	0,034605	0,098869	20,488	3535534	0,093875	0,035927	0,100517	20,94233	3535534	0,088937	0,028491	0,09339	17,763
3298770	0,089898	0,028214	0,094222	17,424	3298770	0,089475	0,029943	0,094353	18,503	3298770	0,082426	0,015417	0,083858	10,597
3077861	0,075125	-0,00462	0,075268	-3,5196	3077861	0,069055	-0,0069	0,069401	-5,70507	3077861	0,065743	-0,04877	0,081864	-36,588

Naměřené hodnoty druhé difuzní vrstvy MEA Dapozol

střední hodnota Dapozol_clear_GDL_2					střední hodnota Dapozol_100_GDL_2					střední hodnota Dapozol_500_GDL_2				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
2871746	0,182853	-0,12017	0,21883	-33,312	2871746	0,183197	-0,1564	0,240897	-40,4907	2871746	0,257973	-0,24662	0,357053	-43,7177
2679434	0,37903	0,064808	0,38454	9,7038	2679434	2,349	0,570653	2,417433	13,65633	2679434	3,2478	0,657397	3,314333	11,447
2500000	2,171133	0,94856	2,369367	23,60333	2500000	2,458467	1,0384	2,6688	22,90033	2500000	3,411833	1,340633	3,666633	21,461
2332583	2,370533	1,154033	2,636567	25,96167	2332583	2,6887	1,2844	2,979833	25,53667	2332583	5,8237	3,164467	6,629433	28,52667
2176377	2,7178	1,1594	2,954867	23,10667	2176377	3,0792	1,3041	3,344067	22,95667	2176377	5,9904	2,7729	6,6028	24,84933
2030631	3,0976	1,041567	3,268133	18,58933	2030631	3,507	1,181967	3,700933	18,629	2030631	6,169533	2,429467	6,6324	21,50567
1894646	3,381633	0,764663	3,467067	12,74467	1894646	3,822567	0,86659	3,919633	12,77567	1894646	6,326967	2,100633	6,668467	18,38067
1767767	3,656933	0,430123	3,6822	6,7119	1767767	5,375067	1,495167	5,579233	15,547	1767767	6,481633	1,807167	6,730833	15,59467
1649385	3,925167	0,185763	3,9296	2,712867	1649385	5,532867	1,325733	5,6896	13,477	1649385	6,635033	1,569233	6,820167	13,32267
1538931	5,045833	1,1259	5,17	12,582	1538931	5,657567	1,209133	5,7854	12,06633	1538931	6,7709	1,384333	6,913167	11,573
1435873	5,143367	1,052633	5,250067	11,56967	1435873	5,761667	1,126533	5,870833	11,06533	1435873	6,886233	1,2364	6,998767	10,19887
1339717	5,217533	1,014283	5,3153	11,00467	1339717	5,840433	1,079967	5,939533	10,47867	1339717	6,981733	1,12616	7,074533	9,184467
1250000	5,244833	1,004407	5,340233	10,84467	1250000	5,871667	1,068133	5,9681	10,312	1250000	7,0383	1,05248	7,119333	8,528533
1166291	5,2146	0,987987	5,307467	10,732	1166291	5,845733	1,047867	5,938933	10,16463	1166291	7,0432	0,983147	7,114467	7,973167
1088188	5,158	0,900833	5,236167	9,910433	1088188	5,7901	0,960803	5,869333	9,423867	1088188	7,0156	0,86367	7,0718	7,049033
1015316	5,162267	0,794027	5,223067	8,748	1015316	5,792667	0,853753	5,8553	8,3862	1015316	7,033033	0,72462	7,073667	5,916833
947322,9	5,188967	0,715567	5,238133	7,8552	947322,9	5,816433	0,773653	5,8677	7,578467	947322,9	7,072	0,60571	7,101467	4,932933
883883,5	5,214233	0,658447	5,2557	7,2006	883883,5	5,839967	0,71355	5,883433	6,967867	883883,5	7,113133	0,50453	7,134733	4,098133
824692,4	5,232933	0,61144	5,268567	6,667867	824692,4	5,856667	0,66445	5,894267	6,4743	824692,4	7,150933	0,416007	7,166967	3,374267
769465,3	5,246	0,569303	5,276867	6,196833	769465,3	5,867933	0,619973	5,9006	6,032767	769465,3	7,187	0,333381	7,1989	2,704797
717936,5	5,2538	0,530807	5,280567	5,7724	717936,5	5,873567	0,579767	5,9021	5,638733	717936,5	7,225	0,255416	7,234	2,080163
669858,4	5,257933	0,49414	5,281167	5,372	669858,4	5,8752	0,541377	5,900133	5,266067	669858,4	7,254167	0,181316	7,261133	1,49149
625000	5,2596	0,458693	5,2796	4,9872	625000	5,875933	0,503467	5,8975	4,898567	625000	7,282367	0,108555	7,288	0,91633
583145,6	5,260333	0,423637	5,2774	4,6072	583145,6	5,874167	0,467197	5,892767	4,548633	583145,6	7,311233	0,040642	7,316367	0,38586
544094,1	5,259733	0,389723	5,2742	4,240467	544094,1	5,872333	0,42936	5,888	4,182933	544094,1	7,3426	-0,02493	7,3479	-0,12196
507657,8	5,261167	0,35631	5,273267	3,877133	507657,8	5,872367	0,394363	5,885633	3,843033	507657,8	7,3764	-0,08799	7,382433	-0,6048
473661,4	5,264	0,324387	5,274033	3,528867	473661,4	5,8739	0,360277	5,884967	3,510833	473661,4	7,416133	-0,1473	7,423333	-1,05337
441941,8	5,2685	0,295573	5,2768	3,213667	441941,8	5,878567	0,329363	5,8878	3,2077	441941,8	7,460467	-0,20258	7,469167	-1,4648



Naměřené hodnoty druhé difuzní vrstvy MEA Dapozol

střední hodnota Dapozol_clear_GDL_2					střední hodnota Dapozol_100_GDL_2					střední hodnota Dapozol_500_GDL_2				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
412346,2	5,2741	0,26904	5,281	2,9227	412346,2	5,883367	0,300903	5,891067	2,928667	412346,2	7,501567	-0,25208	7,511933	-1,82787
384732,6	5,280667	0,245383	5,286367	2,6629	384732,6	5,888	0,275573	5,894467	2,680433	384732,6	7,544967	-0,29679	7,557167	-2,14973
358968,3	5,286233	0,224093	5,291	2,4297	358968,3	5,8931	0,25217	5,8985	2,451067	358968,3	7,589567	-0,33607	7,603533	-2,42701
334929,2	5,2931	0,20591	5,297133	2,23	334929,2	5,897767	0,22985	5,902267	2,232533	334929,2	7,634833	-0,37162	7,650567	-2,67165
312500	5,298667	0,18913	5,302067	2,0463	312500	5,902967	0,212337	5,906767	2,060733	312500	7,6804	-0,40146	7,6977	-2,87107
291572,8	5,3039	0,174063	5,306767	1,8817	291572,8	5,908167	0,1967	5,911433	1,9074	291572,8	7,727333	-0,42855	7,746133	-3,04709
272047,1	5,3085	0,161723	5,311	1,7469	272047,1	5,912333	0,183293	5,9152	1,7762	272047,1	7,773167	-0,45143	7,7933	-3,19103
253828,9	5,312867	0,150113	5,314967	1,6203	253828,9	5,915567	0,17112	5,918033	1,6574	253828,9	7,818633	-0,47019	7,839867	-3,30322
236830,7	5,3161	0,14016	5,317967	1,5121	236830,7	5,917733	0,16006	5,9199	1,5498	236830,7	7,863533	-0,48607	7,8857	-3,39339
220970,9	5,319067	0,13098	5,320733	1,412333	220970,9	5,9194	0,15029	5,9213	1,4548	220970,9	7,9064	-0,49883	7,929267	-3,46147
206173,1	5,320633	0,122767	5,322067	1,3234	206173,1	5,920333	0,141167	5,922033	1,3663	206173,1	7,95	-0,50931	7,9734	-3,51247
192366,3	5,322033	0,114773	5,323267	1,236967	192366,3	5,9211	0,132553	5,9226	1,2828	192366,3	7,9929	-0,51779	8,016767	-3,54916
179484,1	5,3232	0,107423	5,324267	1,1576	179484,1	5,922	0,124273	5,9233	1,2025	179484,1	8,032433	-0,52419	8,0565	-3,5722
167464,6	5,324733	0,100667	5,3257	1,0845	167464,6	5,9224	0,116217	5,923533	1,124533	167464,6	8,0716	-0,5281	8,095733	-3,57813
156250	5,325167	0,094122	5,326	1,01401	156250	5,921833	0,109363	5,922867	1,058333	156250	8,1108	-0,53073	8,134933	-3,57546
145786,4	5,3261	0,08793	5,326833	0,94714	145786,4	5,9219	0,102917	5,9228	0,99594	145786,4	8,1499	-0,53175	8,173833	-3,56232
136023,5	5,326133	0,083926	5,326767	0,90407	136023,5	5,922533	0,097022	5,923367	0,938807	136023,5	8,1865	-0,53045	8,210167	-3,53418
126914,4	5,3267	0,080018	5,3273	0,861807	126914,4	5,922933	0,091797	5,923667	0,888187	126914,4	8,223767	-0,52762	8,246967	-3,49666
118415,4	5,327133	0,075021	5,327667	0,808007	118415,4	5,9228	0,086725	5,923433	0,839127	118415,4	8,258367	-0,52402	8,281033	-3,45544
110485,4	5,327767	0,070242	5,328233	0,756437	110485,4	5,923133	0,081372	5,9237	0,787273	110485,4	8,293433	-0,51952	8,3155	-3,40894
103086,6	5,327967	0,065651	5,328367	0,706997	103086,6	5,924267	0,076137	5,924767	0,73649	103086,6	8,326133	-0,51443	8,347633	-3,35949
96183,16	5,328267	0,061897	5,328633	0,666627	96183,16	5,923	0,071371	5,923433	0,690537	96183,16	8,357933	-0,50756	8,378767	-3,29997
89742,06	5,328067	0,058054	5,3284	0,625283	89742,06	5,922267	0,067247	5,922667	0,650727	89742,06	8,388767	-0,5004	8,408867	-3,23919
83732,3	5,328167	0,05452	5,328467	0,587167	83732,3	5,921467	0,063132	5,9218	0,611013	83732,3	8,4183	-0,4923	8,437633	-3,17368
78125	5,328167	0,051839	5,3284	0,558353	78125	5,921167	0,059691	5,921467	0,577727	78125	8,447333	-0,4832	8,465833	-3,10222
72893,2	5,327833	0,048692	5,328067	0,524513	72893,2	5,920533	0,055849	5,9208	0,540623	72893,2	8,474933	-0,47364	8,492633	-3,02919
68011,76	5,328233	0,04496	5,328433	0,48445	68011,76	5,920467	0,053338	5,9207	0,51631	68011,76	8,502333	-0,46457	8,519267	-2,96006
63457,22	5,3294	0,03964	5,329533	0,427123	63457,22	5,920667	0,04907	5,920867	0,474993	63457,22	8,541667	-0,45845	8,557967	-2,90801

Naměřené hodnoty druhé difuzní vrstvy MEA Dapozol

střední hodnota Dapozol_clear_GDL_2					střední hodnota Dapozol_100_GDL_2					střední hodnota Dapozol_500_GDL_2				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
59207,68	5,330367	0,037588	5,3305	0,404767	59207,68	5,920667	0,046111	5,920867	0,446273	59207,68	8,566267	-0,4478	8,581767	-2,8312
55242,72	5,3313	0,034913	5,3314	0,375853	55242,72	5,920933	0,043652	5,921133	0,4225	55242,72	8,590633	-0,43743	8,605333	-2,75691
51543,28	5,330533	0,032098	5,330633	0,34571	51543,28	5,919967	0,040802	5,920067	0,39499	51543,28	8,6127	-0,42665	8,6266	-2,68109
48091,58	5,3309	0,03056	5,331	0,329087	48091,58	5,920067	0,0389	5,920167	0,376553	48091,58	8,6339	-0,41591	8,647067	-2,60598
44871,03	5,329933	0,02844	5,330033	0,306317	44871,03	5,919533	0,036483	5,919633	0,35321	44871,03	8,6559	-0,40488	8,668333	-2,52995
41866,15	5,331167	0,027165	5,331267	0,29253	41866,15	5,918733	0,034652	5,918833	0,335553	41866,15	8,675133	-0,39375	8,686833	-2,45389
39062,5	5,330567	0,025097	5,330633	0,27032	39062,5	5,919033	0,032226	5,919133	0,312033	39062,5	8,694067	-0,38323	8,7051	-2,38272
36446,6	5,3306	0,023588	5,330633	0,254147	36446,6	5,918733	0,030045	5,918833	0,290977	36446,6	8,712733	-0,37261	8,723133	-2,31094
34005,88	5,330467	0,021937	5,3305	0,236327	34005,88	5,919033	0,028282	5,919133	0,273847	34005,88	8,7317	-0,36249	8,741467	-2,24329
31728,61	5,330767	0,020497	5,3308	0,22079	31728,61	5,918967	0,026452	5,919067	0,256147	31728,61	8,748333	-0,35269	8,757567	-2,17809
29603,84	5,331	0,019645	5,331033	0,21162	29603,84	5,9191	0,025872	5,9192	0,250497	29603,84	8,764767	-0,3422	8,773433	-2,10908
27621,36	5,331433	0,018372	5,331433	0,197857	27621,36	5,918733	0,023859	5,918767	0,231013	27621,36	8,781733	-0,33202	8,789867	-2,0422
25771,64	5,331367	0,016881	5,331367	0,181797	25771,64	5,918867	0,022496	5,918867	0,217817	25771,64	8,797733	-0,32235	8,8054	-1,97901
24045,79	5,3315	0,015584	5,3315	0,16784	24045,79	5,919	0,020942	5,919	0,202767	24045,79	8,813367	-0,31271	8,820533	-1,91639
22435,52	5,331933	0,014411	5,331933	0,155243	22435,52	5,9185	0,019294	5,9185	0,18683	22435,52	8,828233	-0,30305	8,8349	-1,85429
20933,07	5,332267	0,013524	5,332267	0,14566	20933,07	5,9199	0,018465	5,9199	0,178777	20933,07	8,842467	-0,29384	8,848733	-1,79445
19531,25	5,332367	0,013048	5,332367	0,14053	19531,25	5,9189	0,017024	5,9189	0,164837	19531,25	8,854933	-0,2848	8,8608	-1,73671
18223,3	5,3324	0,012192	5,3324	0,131313	18223,3	5,9188	0,016472	5,9188	0,159497	18223,3	8,8684	-0,27608	8,8739	-1,68134
17002,94	5,3321	0,011441	5,3321	0,12323	17002,94	5,9181	0,015369	5,9181	0,148847	17002,94	8,881167	-0,26738	8,886333	-1,6259
15864,3	5,332167	0,010606	5,332167	0,114271	15864,3	5,918	0,014852	5,918	0,14384	15864,3	8,892933	-0,25899	8,8978	-1,57284
14801,92	5,332267	0,010172	5,332267	0,109596	14801,92	5,917967	0,013701	5,917967	0,13268	14801,92	8,904633	-0,25114	8,909167	-1,52325
13810,68	5,3326	0,009309	5,3326	0,100263	13810,68	5,9178	0,012716	5,9178	0,123157	13810,68	8,916667	-0,24347	8,920767	-1,47467
12885,82	5,3327	0,008679	5,3327	0,093491	12885,82	5,9179	0,011873	5,9179	0,11499	12885,82	8,928467	-0,23602	8,9325	-1,42781
12022,89	5,332833	0,008079	5,332833	0,08704	12022,89	5,918	0,011336	5,918	0,10978	12022,89	8,939867	-0,22865	8,9435	-1,38163
11217,76	5,333233	0,007617	5,333233	0,082078	11217,76	5,917933	0,01073	5,917933	0,10392	11217,76	8,950367	-0,22171	8,953967	-1,33824
10466,54	5,3335	0,007018	5,3335	0,075597	10466,54	5,9182	0,010155	5,9182	0,098345	10466,54	8,9606	-0,21509	8,9638	-1,29707
9765,625	5,333467	0,006647	5,333467	0,071592	9765,625	5,917933	0,009509	5,917933	0,092078	9765,625	8,969933	-0,20867	8,9731	-1,25718
9111,65	5,333767	0,0061	5,333767	0,065726	9111,65	5,918367	0,008672	5,918367	0,083972	9111,65	8,979733	-0,2023	8,9825	-1,21766

Naměřené hodnoty druhé difuzní vrstvy MEA Dapozol

střední hodnota Dapozol_clear_GDL_2					střední hodnota Dapozol_100_GDL_2					střední hodnota Dapozol_500_GDL_2				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
8501,47	5,3339	0,005757	5,3339	0,06202	8501,47	5,919267	0,008423	5,919267	0,081554	8501,47	8,989167	-0,19632	8,9919	-1,18068
7932,152	5,334167	0,005138	5,334167	0,055369	7932,152	5,919367	0,007756	5,919367	0,0751	7932,152	8,9989	-0,19056	9,0016	-1,14514
7400,96	5,334233	0,004856	5,334233	0,052318	7400,96	5,919333	0,007178	5,919333	0,069482	7400,96	9,008533	-0,18501	9,010867	-1,11085
6905,34	5,334467	0,004529	5,334467	0,048799	6905,34	5,9192	0,006831	5,9192	0,066145	6905,34	9,0171	-0,17947	9,0194	-1,07658
6442,91	5,334533	0,00432	5,334533	0,046572	6442,91	5,919733	0,006629	5,919733	0,06416	6442,91	9,0266	-0,17414	9,028867	-1,04384
6011,447	5,335033	0,003852	5,335033	0,0415	6011,447	5,919367	0,006219	5,919367	0,060214	6011,447	9,034833	-0,16905	9,0367	-1,01236
5608,879	5,3355	0,003602	5,3355	0,038825	5608,879	5,9199	0,005673	5,9199	0,054915	5608,879	9,043833	-0,16457	9,045667	-0,98496
5233,269	5,335767	0,003507	5,335767	0,037778	5233,269	5,9217	0,005321	5,9217	0,051493	5233,269	9,052933	-0,15974	9,054733	-0,95511
4882,813	5,335767	0,003137	5,335767	0,033799	4882,813	5,9212	0,005025	5,9212	0,04864	4882,813	9,0612	-0,15546	9,062967	-0,92905
4555,825	5,336367	0,003104	5,336367	0,033452	4555,825	5,9207	0,004652	5,9207	0,045036	4555,825	9,0694	-0,15098	9,070833	-0,90149
4250,735	5,3362	0,002703	5,3362	0,029134	4250,735	5,920667	0,004393	5,920667	0,042526	4250,735	9,076867	-0,14694	9,078267	-0,87691
3966,076	5,3367	0,002542	5,3367	0,027382	3966,076	5,920367	0,004068	5,920367	0,03938	3966,076	9,084733	-0,14301	9,0861	-0,85292
3700,48	5,336433	0,002381	5,336433	0,025644	3700,48	5,9205	0,003929	5,9205	0,038032	3700,48	9,0929	-0,13894	9,094267	-0,82815
3452,67	5,336833	0,002125	5,336833	0,022901	3452,67	5,920267	0,003463	5,920267	0,03353	3452,67	9,099667	-0,13525	9,101	-0,80564
3221,455	5,337033	0,001888	5,337033	0,020367	3221,455	5,920133	0,003501	5,920133	0,033896	3221,455	9,107167	-0,1314	9,108167	-0,78235
3005,724	5,337367	0,001821	5,337367	0,019637	3005,724	5,919933	0,003012	5,919933	0,029165	3005,724	9,1148	-0,12823	9,115767	-0,76308
2804,439	5,337167	0,001704	5,337167	0,018359	2804,439	5,9201	0,00303	5,9201	0,029331	2804,439	9,122267	-0,12485	9,123233	-0,74244
2616,635	5,3375	0,001493	5,3375	0,016103	2616,635	5,919867	0,002905	5,919867	0,028115	2616,635	9,130067	-0,12167	9,131033	-0,72333
2441,406	5,337733	0,001402	5,337733	0,015127	2441,406	5,9203	0,00259	5,9203	0,025068	2441,406	9,1372	-0,11847	9,138133	-0,70372
2277,913	5,337833	0,001451	5,337833	0,015618	2277,913	5,920133	0,002443	5,920133	0,023655	2277,913	9,142867	-0,11525	9,1438	-0,68426
2125,368	5,338167	0,001268	5,338167	0,013664	2125,368	5,920567	0,002245	5,920567	0,021728	2125,368	9,1494	-0,11262	9,1503	-0,66835
1983,038	5,338333	0,001126	5,338333	0,01214	1983,038	5,920233	0,002129	5,920233	0,02061	1983,038	9,156567	-0,10972	9,157467	-0,65078
1850,24	5,338233	0,001292	5,338233	0,013912	1850,24	5,9206	0,002296	5,9206	0,022207	1850,24	9,163267	-0,10726	9,164167	-0,63595
1726,335	5,338667	0,000915	5,338667	0,009872	1726,335	5,9204	0,001789	5,9204	0,017319	1726,335	9,169867	-0,10448	9,170767	-0,61924
1610,727	5,339367	0,001013	5,339367	0,010918	1610,727	5,921233	0,00179	5,921233	0,01733	1610,727	9,175767	-0,10182	9,1763	-0,60334
1502,862	5,339133	0,000684	5,339133	0,007385	1502,862	5,920967	0,001676	5,920967	0,016223	1502,862	9,182433	-0,09986	9,182967	-0,59139
1402,22	5,339433	0,000755	5,339433	0,008115	1402,22	5,921267	0,00139	5,921267	0,013459	1402,22	9,188233	-0,09707	9,188767	-0,57453
1308,317	5,339633	0,000666	5,339633	0,00721	1308,317	5,9212	0,001388	5,9212	0,01344	1308,317	9,196167	-0,09499	9,1967	-0,5621

Naměřené hodnoty druhé difuzní vrstvy MEA Dapozol

střední hodnota Dapozol_clear_GDL_2					střední hodnota Dapozol_100_GDL_2					střední hodnota Dapozol_500_GDL_2				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
1220,703	5,339933	0,000541	5,339933	0,005847	1220,703	5,9213	0,001161	5,9213	0,011223	1220,703	9,203367	-0,09267	9,203867	-0,54837
1138,956	5,3402	0,000558	5,3402	0,00603	1138,956	5,9213	0,001175	5,9213	0,011375	1138,956	9,209367	-0,09027	9,209867	-0,53366
1062,684	5,340467	0,000425	5,340467	0,004614	1062,684	5,921533	0,001162	5,921533	0,011243	1062,684	9,215267	-0,08831	9,215767	-0,52188
991,519	5,3407	0,000468	5,3407	0,005059	991,519	5,922033	0,000989	5,922033	0,009569	991,519	9,221533	-0,08614	9,222033	-0,50881
925,12	5,340867	0,000365	5,340867	0,003956	925,12	5,9219	0,001005	5,9219	0,009716	925,12	9,228867	-0,08405	9,229367	-0,4963
863,1675	5,341133	0,000382	5,341133	0,004126	863,1675	5,921967	0,000965	5,921967	0,009358	863,1675	9,235467	-0,08235	9,235933	-0,48605
805,3637	5,341333	0,000431	5,341333	0,004671	805,3637	5,921767	0,000823	5,921767	0,007968	805,3637	9,241267	-0,07997	9,241733	-0,47195
751,4309	5,341767	0,000958	5,341767	0,010199	751,4309	5,921667	0,001266	5,921667	0,012209	751,4309	9,2493	-0,07865	9,249767	-0,46439
701,1098	5,3419	0,000246	5,3419	0,002663	701,1098	5,922233	0,000689	5,922233	0,00666	701,1098	9,2545	-0,07642	9,254967	-0,45064
654,1586	5,342567	0,000135	5,342567	0,001477	654,1586	5,9227	0,000583	5,9227	0,005637	654,1586	9,261333	-0,07403	9,261767	-0,43626
610,3516	5,3424	0,000199	5,3424	0,002161	610,3516	5,922633	0,000383	5,922633	0,003693	610,3516	9,267833	-0,0722	9,268267	-0,42535
569,4781	5,342667	0,000238	5,342667	0,002619	569,4781	5,922733	0,000577	5,922733	0,005575	569,4781	9,272967	-0,06997	9,273367	-0,41201
531,3419	5,342967	5,11E-05	5,342967	0,000602	531,3419	5,9229	0,000362	5,9229	0,003502	531,3419	9,279367	-0,06866	9,279767	-0,40393
495,7595	5,343433	0,000126	5,343433	0,001385	495,7595	5,9231	0,000514	5,9231	0,004969	495,7595	9,284367	-0,06641	9,284767	-0,39077
462,56	5,343833	2,89E-05	5,343833	0,000365	462,56	5,923467	0,000474	5,923467	0,004572	462,56	9,2901	-0,06503	9,2905	-0,38262
431,5837	5,343733	3,22E-05	5,343733	0,000365	431,5837	5,9234	0,000325	5,9234	0,003139	431,5837	9,295533	-0,06279	9,2956	-0,36937
402,6819	5,344067	4,62E-05	5,344067	0,000492	402,6819	5,9237	0,000421	5,9237	0,004076	402,6819	9,3012	-0,06109	9,301267	-0,35919
375,7155	5,345633	-0,00097	5,345633	-0,01035	375,7155	5,924667	-0,00094	5,924667	-0,00909	375,7155	9,304733	-0,05991	9,3048	-0,352
350,5549	5,343767	-8,1E-05	5,343767	-0,00087	350,5549	5,924333	0,000635	5,924333	0,006091	350,5549	9,313267	-0,05755	9,313333	-0,33658
327,0793	5,3448	6,55E-05	5,3448	0,00072	327,0793	5,9238	0,000363	5,9238	0,003512	327,0793	9,316133	-0,05552	9,3162	-0,326
305,1758	5,345033	-7,6E-05	5,345033	-0,00079	305,1758	5,924133	0,00022	5,924133	0,002125	305,1758	9,317667	-0,05448	9,317733	-0,32
284,7391	5,345867	-0,00035	5,345867	-0,00371	284,7391	5,924767	0,000185	5,924767	0,001796	284,7391	9,326567	-0,05239	9,3266	-0,30779
265,671	5,346067	-0,0002	5,346067	-0,00212	265,671	5,924667	0,000387	5,924667	0,003736	265,671	9,331	-0,05072	9,331033	-0,29773
247,8798	5,346067	-0,00171	5,346067	-0,01873	247,8798	5,927567	-0,00166	5,927567	-0,01608	247,8798	9,338933	-0,04746	9,338967	-0,28031
231,28	5,3457	-0,00029	5,3457	-0,0031	231,28	5,926767	-0,00016	5,926767	-0,00153	231,28	9,339867	-0,04732	9,3399	-0,27787
215,7919	5,346033	-3,2E-05	5,346033	-0,00033	215,7919	5,926533	0,000189	5,926533	0,001824	215,7919	9,343933	-0,04572	9,343967	-0,26783
201,3409	5,3464	-4,4E-05	5,3464	-0,0006	201,3409	5,925067	0,00035	5,925067	0,003363	201,3409	9,348933	-0,04455	9,348967	-0,26078
187,8577	5,346133	-0,00028	5,346133	-0,00299	187,8577	5,925667	-0,00014	5,925667	-0,00136	187,8577	9,3532	-0,04289	9,353233	-0,25161

Naměřené hodnoty druhé difuzní vrstvy MEA Dapozol

střední hodnota Dapozol_clear_GDL_2					střední hodnota Dapozol_100_GDL_2					střední hodnota Dapozol_500_GDL_2				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
175,2775	5,346333	-0,00029	5,346333	-0,00303	175,2775	5,9257	0,000104	5,9257	0,000999	175,2775	9,357233	-0,04162	9,357267	-0,2439
163,5397	5,3465	-4,1E-05	5,3465	-0,00045	163,5397	5,924967	-8E-06	5,924967	-0,0001	163,5397	9,363667	-0,04	9,3637	-0,23409
152,5879	5,3476	0,00028	5,3476	0,002699	152,5879	5,924067	0,000772	5,924067	0,007321	152,5879	9,364633	-0,03814	9,364667	-0,22117
142,3695	5,3467	7,39E-05	5,3467	0,000781	142,3695	5,9255	-0,0004	5,9255	-0,00391	142,3695	9,368367	-0,03728	9,3684	-0,218
132,8355	5,347033	-0,00019	5,347033	-0,00203	132,8355	5,925667	-0,0002	5,925667	-0,00196	132,8355	9,372033	-0,03635	9,372067	-0,21234
123,9399	5,3471	-0,0002	5,3471	-0,00211	123,9399	5,925	-0,00028	5,925	-0,00273	123,9399	9,376667	-0,03473	9,3767	-0,20316
115,64	5,3472	-0,00064	5,3472	-0,00681	115,64	5,925133	-5,4E-05	5,925133	-0,00054	115,64	9,379933	-0,03346	9,379967	-0,19565
107,8959	5,3476	-0,00058	5,3476	-0,00622	107,8959	5,925367	-8,8E-05	5,925367	-0,00084	107,8959	9,383467	-0,03231	9,3835	-0,18914
100,6705	5,347633	-0,00027	5,347633	-0,00291	100,6705	5,925467	-0,00021	5,925467	-0,00198	100,6705	9,385967	-0,03044	9,385967	-0,17801
93,92887	5,348	-0,00031	5,348	-0,00332	93,92887	5,9257	-0,00024	5,9257	-0,00234	93,92887	9,390833	-0,0296	9,390833	-0,1728
87,63873	5,348033	-0,00034	5,348033	-0,00358	87,63873	5,925667	-0,0002	5,925667	-0,00193	87,63873	9,3942	-0,02886	9,3942	-0,16883
81,76983	5,3482	-0,00038	5,3482	-0,00403	81,76983	5,925767	-0,0003	5,925767	-0,00286	81,76983	9,398667	-0,02786	9,398667	-0,16298
76,29394	5,348267	-0,00048	5,348267	-0,00512	76,29394	5,9258	-0,00034	5,9258	-0,00326	76,29394	9,401867	-0,02674	9,401867	-0,15628
71,18477	5,348467	-0,00056	5,348467	-0,00604	71,18477	5,9258	-0,00052	5,9258	-0,00498	71,18477	9,404133	-0,02601	9,404133	-0,1522
66,41774	5,348733	-0,00029	5,348733	-0,00312	66,41774	5,925967	-0,00049	5,925967	-0,00471	66,41774	9,408933	-0,02492	9,408933	-0,14554
61,96994	5,3488	-0,0004	5,3488	-0,00425	61,96994	5,926333	-0,00062	5,926333	-0,00595	61,96994	9,411833	-0,02387	9,411833	-0,13962
57,82	5,349267	-0,00041	5,349267	-0,00436	57,82	5,926633	-0,00048	5,926633	-0,00462	57,82	9,415267	-0,02309	9,415267	-0,13496
53,94797	5,349133	-0,00065	5,349133	-0,00695	53,94797	5,9269	-0,00069	5,9269	-0,00663	53,94797	9,418467	-0,02202	9,418467	-0,12871
50,33523	5,349267	0,000168	5,349267	0,001821	50,33523	5,926833	-0,00105	5,926833	-0,01009	50,33523	9,421933	-0,02092	9,421933	-0,1225
46,96443	5,349933	-0,00055	5,349933	-0,0059	46,96443	5,926733	-0,00029	5,926733	-0,00285	46,96443	9,424533	-0,02067	9,424533	-0,12066
43,81937	5,349933	-0,00054	5,349933	-0,0058	43,81937	5,927067	-0,00029	5,927067	-0,00286	43,81937	9,4274	-0,01974	9,4274	-0,11528
40,88491	5,350167	-0,00082	5,350167	-0,00883	40,88491	5,927267	-0,00072	5,927267	-0,00696	40,88491	9,429867	-0,01894	9,429867	-0,1106
38,14697	5,350333	-0,00066	5,350333	-0,00704	38,14697	5,927567	-0,00058	5,927567	-0,0056	38,14697	9,433333	-0,01831	9,433333	-0,10693
35,59238	5,350733	-0,00048	5,350733	-0,00513	35,59238	5,927667	-0,00023	5,927667	-0,00219	35,59238	9,435933	-0,01759	9,435933	-0,1026
33,20887	5,350967	-0,00071	5,350967	-0,00756	33,20887	5,927733	-0,00076	5,927733	-0,00732	33,20887	9,4394	-0,01654	9,4394	-0,09638
30,98497	5,3511	-0,00056	5,3511	-0,00596	30,98497	5,928233	-0,00042	5,928233	-0,00408	30,98497	9,444	-0,01599	9,444	-0,09322
28,91	5,351267	-0,00065	5,351267	-0,00695	28,91	5,928367	-0,00058	5,928367	-0,00562	28,91	9,4464	-0,01544	9,4464	-0,09015
26,97398	5,351567	-0,00048	5,351567	-0,00519	26,97398	5,928533	-0,00056	5,928533	-0,00541	26,97398	9,449433	-0,01454	9,449433	-0,08477

Naměřené hodnoty druhé difuzní vrstvy MEA Dapozol

střední hodnota Dapozol_clear_GDL_2					střední hodnota Dapozol_100_GDL_2					střední hodnota Dapozol_500_GDL_2				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
25,16762	5,351767	-0,00047	5,351767	-0,00501	25,16762	5,928967	-0,00064	5,928967	-0,0062	25,16762	9,453067	-0,01399	9,453067	-0,08148
23,48222	5,352	-0,0004	5,352	-0,00429	23,48222	5,9291	-0,00061	5,9291	-0,00586	23,48222	9,455933	-0,01349	9,455933	-0,07876
21,90968	5,3523	-0,00045	5,3523	-0,00487	21,90968	5,929367	-0,00045	5,929367	-0,00438	21,90968	9,459167	-0,01281	9,459167	-0,07456
20,44246	5,3526	-0,00054	5,3526	-0,00575	20,44246	5,930533	-0,00046	5,930533	-0,00441	20,44246	9,4605	-0,01216	9,4605	-0,07081
19,07349	5,352767	-0,00043	5,352767	-0,00459	19,07349	5,93	-0,00013	5,93	-0,00128	19,07349	9,463733	-0,01166	9,463733	-0,06783
17,79619	5,353033	-0,0003	5,353033	-0,00323	17,79619	5,9299	-0,00047	5,9299	-0,00457	17,79619	9,466733	-0,01113	9,466733	-0,0647
16,60443	5,353333	-0,00026	5,353333	-0,00279	16,60443	5,929967	-0,00036	5,929967	-0,00348	16,60443	9,469533	-0,01059	9,469533	-0,06162
15,49249	5,3536	-0,00031	5,3536	-0,0033	15,49249	5,9299	-0,00035	5,9299	-0,00343	15,49249	9,4732	-0,00997	9,4732	-0,05805
14,455	5,3538	-0,00054	5,3538	-0,0058	14,455	5,93	-0,00032	5,93	-0,00306	14,455	9,476467	-0,00953	9,476467	-0,05553
13,48699	5,353933	-0,00021	5,353933	-0,00231	13,48699	5,930033	-0,00026	5,930033	-0,00252	13,48699	9,483067	-0,00914	9,483067	-0,05305
12,58381	5,3542	-0,00021	5,3542	-0,00229	12,58381	5,930167	-0,00024	5,930167	-0,00234	12,58381	9,4864	-0,00865	9,4864	-0,0503
11,74111	5,354367	-7,5E-05	5,354367	-0,00079	11,74111	5,930433	-5,5E-05	5,930433	-0,00054	11,74111	9,4887	-0,0082	9,4887	-0,04762
10,95484	5,3548	-4,8E-05	5,3548	-0,00051	10,95484	5,930367	-0,00022	5,930367	-0,00215	10,95484	9,491733	-0,00789	9,491733	-0,04583
10,22123	5,3548	-7E-05	5,3548	-0,00074	10,22123	5,930533	5,62E-05	5,930533	0,000541	10,22123	9,493967	-0,00728	9,493967	-0,04225
9,53674	5,3551	-0,00027	5,3551	-0,00293	9,53674	5,9307	-0,00011	5,9307	-0,00105	9,53674	9,496567	-0,00684	9,496567	-0,03965
8,8981	5,355333	-0,00012	5,355333	-0,0012	8,8981	5,930867	1,2E-05	5,930867	0,000116	8,8981	9,4999	-0,00647	9,4999	-0,03762
8,30222	5,355467	-3,1E-05	5,355467	-0,00033	8,30222	5,9309	5,32E-05	5,9309	0,000521	8,30222	9,5035	-0,00626	9,5035	-0,03624
7,74624	5,3556	0,000183	5,3556	0,001966	7,74624	5,931067	0,000291	5,931067	0,002814	7,74624	9,506	-0,00588	9,506	-0,03398
7,2275	5,355967	0,000212	5,355967	0,002267	7,2275	5,931167	0,000294	5,931167	0,00283	7,2275	9,508633	-0,00553	9,508633	-0,03197
6,7435	5,3561	0,000304	5,3561	0,003243	6,7435	5,9314	0,000306	5,9314	0,002956	6,7435	9,510633	-0,00531	9,510633	-0,03049
6,2919	5,3563	0,000314	5,3563	0,003373	6,2919	5,9315	0,000385	5,9315	0,003709	6,2919	9,5146	-0,00481	9,5146	-0,0276
5,87055	5,356433	0,000463	5,356433	0,004959	5,87055	5,931667	0,000355	5,931667	0,003434	5,87055	9,517567	-0,00437	9,517567	-0,02523
5,47742	5,356733	0,00027	5,356733	0,002879	5,47742	5,9319	0,000549	5,9319	0,005296	5,47742	9,5207	-0,00429	9,5207	-0,02469
5,11061	5,356967	0,000331	5,356967	0,003521	5,11061	5,932033	0,000581	5,932033	0,005607	5,11061	9,524533	-0,00401	9,524533	-0,02308
4,76837	5,357267	0,000418	5,357267	0,00449	4,76837	5,9322	0,000605	5,9322	0,005835	4,76837	9,528233	-0,00355	9,528233	-0,02045
4,44905	5,357433	0,00027	5,357433	0,002865	4,44905	5,931933	0,000777	5,931933	0,007516	4,44905	9,531367	-0,00365	9,531367	-0,021
4,15111	5,357367	0,000547	5,357367	0,005871	4,15111	5,932467	0,00055	5,932467	0,005325	4,15111	9,533533	-0,00322	9,533533	-0,01833
3,87312	5,3576	0,000505	5,3576	0,005405	3,87312	5,932567	0,00054	5,932567	0,005204	3,87312	9,536967	-0,00323	9,536967	-0,01852

Naměřené hodnoty druhé difuzní vrstvy MEA Dapozol

střední hodnota Dapozol_clear_GDL_2					střední hodnota Dapozol_100_GDL_2					střední hodnota Dapozol_500_GDL_2				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
3,61375	5,357733	0,000616	5,357733	0,006583	3,61375	5,9325	0,000733	5,9325	0,007074	3,61375	9,54	-0,00305	9,54	-0,01753
3,37175	5,357967	0,000631	5,357967	0,006759	3,37175	5,932567	0,000726	5,932567	0,007024	3,37175	9,5434	-0,00346	9,5434	-0,01968
3,14595	5,358133	0,000548	5,358133	0,005855	3,14595	5,932767	0,000646	5,932767	0,006235	3,14595	9,545867	-0,003	9,545867	-0,01721
2,93528	5,3583	0,000641	5,3583	0,006847	2,93528	5,932733	0,000702	5,932733	0,006777	2,93528	9,549967	-0,00273	9,549967	-0,01564
2,73871	5,358533	0,000634	5,358533	0,006786	2,73871	5,933067	0,000786	5,933067	0,007571	2,73871	9,552733	-0,00262	9,552733	-0,01506
2,55531	5,358433	0,000592	5,358433	0,006326	2,55531	5,933367	0,000361	5,933367	0,003479	2,55531	9,555767	-0,00232	9,555767	-0,01318
2,38419	5,3592	0,000727	5,3592	0,007744	2,38419	5,933	0,000895	5,933	0,008671	2,38419	9,5578	-0,0025	9,5578	-0,01434
2,22452	5,359267	0,000679	5,359267	0,007247	2,22452	5,933567	0,00072	5,933567	0,006951	2,22452	9,561633	-0,0021	9,561633	-0,01175
2,07555	5,359433	0,000551	5,359433	0,005895	2,07555	5,9336	0,00055	5,9336	0,00531	2,07555	9,567367	-0,00236	9,567367	-0,01358
1,93656	5,3596	0,001069	5,3596	0,011437	1,93656	5,9338	0,000755	5,9338	0,007286	1,93656	9,569633	-0,00258	9,569633	-0,01445
1,80688	5,3599	0,000635	5,3599	0,006798	1,80688	5,933867	0,000587	5,933867	0,005671	1,80688	9,574067	-0,0025	9,574067	-0,01449
1,68587	5,360233	0,000668	5,360233	0,007114	1,68587	5,933967	0,000821	5,933967	0,007922	1,68587	9,576867	-0,00233	9,576867	-0,01331
1,57298	5,360433	0,000547	5,360433	0,005848	1,57298	5,934	0,000663	5,934	0,006412	1,57298	9,581633	-0,00198	9,581633	-0,01115
1,46764	5,3609	0,000741	5,3609	0,007985	1,46764	5,934233	0,00063	5,934233	0,006092	1,46764	9,585867	-0,00192	9,585867	-0,01082
1,36936	5,3605	0,000711	5,3605	0,007577	1,36936	5,934767	0,000137	5,934767	0,001264	1,36936	9,590867	-0,00173	9,590867	-0,00972
1,27765	5,361433	0,000515	5,361433	0,005501	1,27765	5,934933	0,000704	5,934933	0,006796	1,27765	9,599433	-0,00238	9,599433	-0,01427
1,19209	5,361567	0,000566	5,361567	0,006058	1,19209	5,935067	0,000501	5,935067	0,004845	1,19209	9,603333	-0,00191	9,603333	-0,01118
1,11226	5,361967	0,000288	5,361967	0,0031	1,11226	5,935267	0,000435	5,935267	0,004181	1,11226	9,606833	-0,00164	9,606833	-0,00911
1,03778	5,362167	0,000423	5,362167	0,004507	1,03778	5,935333	0,000593	5,935333	0,00572	1,03778	9,611033	-0,00176	9,611033	-0,00994
0,96828	5,362567	0,000472	5,362567	0,005043	0,96828	5,935767	0,000136	5,935767	0,001347	0,96828	9,615433	-0,00149	9,615433	-0,00863
0,90344	5,363033	0,000251	5,363033	0,00273	0,90344	5,937167	0,000374	5,937167	0,003605	0,90344	9,620667	-0,00113	9,620667	-0,00609
0,84294	5,3634	0,000668	5,3634	0,007129	0,84294	5,9378	0,000492	5,9378	0,004753	0,84294	9,624833	-0,00148	9,624833	-0,00874
0,78649	5,3637	8,8E-05	5,3637	0,000969	0,78649	5,9378	0,000611	5,9378	0,005891	0,78649	9,6306	-0,00157	9,6306	-0,00889
0,73382	5,3641	0,000525	5,3641	0,005601	0,73382	5,937567	0,000497	5,937567	0,004805	0,73382	9,6365	-0,00045	9,6365	-0,0027
0,68468	5,3647	0,000542	5,3647	0,005783	0,68468	5,9381	0,000224	5,9381	0,002164	0,68468	9,643733	-0,00121	9,643733	-0,00675
0,63883	5,365433	0,000722	5,365433	0,007655	0,63883	5,9377	0,000872	5,9377	0,008449	0,63883	9,654567	-0,00192	9,654567	-0,01106
0,59605	5,365833	0,000564	5,365833	0,006014	0,59605	5,938467	0,000501	5,938467	0,004839	0,59605	9,662167	-0,00147	9,662167	-0,00799
0,55613	5,366467	0,000569	5,366467	0,006074	0,55613	5,938633	0,000666	5,938633	0,006434	0,55613	9,669567	-0,00083	9,669567	-0,00409

Naměřené hodnoty druhé difuzní vrstvy MEA Dapozol

střední hodnota Dapozol_clear_GDL_2					střední hodnota Dapozol_100_GDL_2					střední hodnota Dapozol_500_GDL_2				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
0,51889	5,366667	0,000478	5,366667	0,005111	0,51889	5,939133	0,000581	5,939133	0,00562	0,51889	9,676667	-0,00033	9,676667	-0,00167
0,48414	5,367133	0,000375	5,367133	0,004016	0,48414	5,9388	0,000344	5,9388	0,00329	0,48414	9,6869	-0,0014	9,6869	-0,00804
0,45172	5,368167	0,000601	5,368167	0,006416	0,45172	5,939467	0,000576	5,939467	0,005574	0,45172	9,696167	-0,00129	9,696167	-0,00688
0,42147	5,368533	0,000439	5,368533	0,004675	0,42147	5,9399	0,000542	5,9399	0,005244	0,42147	9,703567	-0,00051	9,703567	-0,00323
0,39324	5,3692	0,000896	5,3692	0,009572	0,39324	5,940633	0,000641	5,940633	0,006156	0,39324	9,7139	-0,00097	9,7139	-0,00518
0,36691	5,3698	0,000505	5,3698	0,005383	0,36691	5,940833	0,000496	5,940833	0,004773	0,36691	9,723967	-0,00073	9,723967	-0,00422
0,34234	5,370467	0,000404	5,370467	0,004339	0,34234	5,941367	0,000697	5,941367	0,006719	0,34234	9,7336	-0,00048	9,7336	-0,00252
0,31941	5,371167	0,000347	5,371167	0,003702	0,31941	5,942033	0,0009	5,942033	0,008667	0,31941	9,7437	-0,00075	9,7437	-0,00433
0,29802	5,371833	0,000462	5,371833	0,004908	0,29802	5,942733	0,000833	5,942733	0,008028	0,29802	9,756467	-0,00096	9,756467	-0,00557
0,27807	5,3724	0,00082	5,3724	0,008769	0,27807	5,943167	0,000491	5,943167	0,004745	0,27807	9,770667	-0,00057	9,770667	-0,00319
0,25944	5,3739	0,000561	5,3739	0,005961	0,25944	5,943967	0,000617	5,943967	0,005949	0,25944	9,782967	-0,00048	9,782967	-0,00261
0,24207	5,374767	0,000527	5,374767	0,005601	0,24207	5,945033	0,000546	5,945033	0,005274	0,24207	9,7999	0,000376	9,7999	0,00277
0,22586	5,375133	0,000335	5,375133	0,003599	0,22586	5,944667	0,000562	5,944667	0,005401	0,22586	9,814267	-0,00014	9,814267	-0,00059
0,21073	5,376433	0,000638	5,376433	0,006799	0,21073	5,9461	0,000427	5,9461	0,004116	0,21073	9,833533	0,000334	9,833533	0,002881
0,19662	5,377867	0,000395	5,377867	0,004177	0,19662	5,947133	0,000823	5,947133	0,007952	0,19662	9,8508	0,000646	9,8508	0,004378
0,18345	5,378867	0,000313	5,378867	0,003301	0,18345	5,9479	0,000546	5,9479	0,005271	0,18345	9,865767	-1,5E-05	9,865767	9,27E-05
0,17117	5,379867	0,000481	5,379867	0,005109	0,17117	5,948967	0,000869	5,948967	0,008369	0,17117	9,882067	0,000547	9,882067	0,004043
0,15971	5,381567	0,000695	5,381567	0,007431	0,15971	5,9502	0,000874	5,9502	0,008417	0,15971	9,900933	0,000816	9,900933	0,005486
0,14901	5,382667	0,000594	5,382667	0,006341	0,14901	5,951467	0,001002	5,951467	0,009661	0,14901	9,924367	-0,00021	9,924367	-0,0013
0,13903	5,384233	0,000427	5,384233	0,004561	0,13903	5,952633	0,000699	5,952633	0,006731	0,13903	9,9463	-0,0007	9,9463	-0,00429
0,12972	5,3858	0,000545	5,3858	0,005781	0,12972	5,955333	0,000413	5,955333	0,003975	0,12972	9,971633	0,000474	9,971633	0,003081
0,12104	5,3875	0,001089	5,3875	0,011563	0,12104	5,955633	0,000687	5,955633	0,006597	0,12104	9,996333	0,00115	9,996333	0,007762
0,11293	5,389267	0,000907	5,389267	0,009607	0,11293	5,9566	0,000538	5,9566	0,005167	0,11293	10,02337	0,001132	10,02337	0,006583
0,10537	5,390833	0,000322	5,390833	0,003442	0,10537	5,957	0,000746	5,957	0,007192	0,10537	10,05427	-0,00046	10,05427	-0,0032
0,1	5,393	0,000508	5,393	0,005396	0,1	5,958367	0,000667	5,958367	0,00641	0,1	10,08513	1,68E-05	10,08513	-0,00102



## Naměřené hodnoty membrány MEA Dapozol

střední hodnoty Dapozol_clear_membrane					střední hodnota Dapozol_100_membrane					střední hodnota Dapozol_500_membrane				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
20000000	0,067834	0,030794	0,074496	24,41567	20000000	0,072937	0,030211	0,078946	22,5	20000000	0,073196	0,029512	0,078922	21,95833
18660660	0,017073	0,001919	0,017182	6,422567	18660660	0,01817	0,006298	0,019231	19,12067	18660660	0,020574	0,004683	0,021106	12,823
17411010	0,039656	-0,03592	0,053505	-42,1687	17411010	0,0386	-0,03551	0,052449	-42,6127	17411010	0,040137	-0,03515	0,053351	-41,2097
16245050	0,056124	-0,03787	0,067705	-34,0083	16245050	0,055906	-0,03781	0,067493	-34,073	16245050	0,056601	-0,03731	0,06779	-33,3897
15157170	0,073298	-0,04063	0,083804	-28,9987	15157170	0,073348	-0,04082	0,083942	-29,0967	15157170	0,072996	-0,04036	0,083411	-28,939
14142140	0,080441	-0,03133	0,086328	-21,2813	14142140	0,080771	-0,0315	0,086697	-21,3073	14142140	0,080532	-0,03114	0,086343	-21,14
13195080	0,076883	-0,02938	0,082305	-20,9127	13195080	0,077391	-0,02945	0,082804	-20,8313	13195080	0,076813	-0,02948	0,082274	-20,9933
12311440	0,069433	-0,04358	0,081977	-32,1163	12311440	0,069982	-0,04344	0,082371	-31,832	12311440	0,069357	-0,04402	0,08215	-32,4053
11486980	0,080316	-0,08662	0,118127	-47,1633	11486980	0,080556	-0,08633	0,11808	-46,9827	11486980	0,080429	-0,08753	0,118873	-47,4213
10717740	0,16628	-0,11018	0,19947	-33,5283	10717740	0,16642	-0,11053	0,19978	-33,59	10717740	0,16719	-0,11124	0,20082	-33,6387
10000000	0,216513	-0,03385	0,219143	-8,8867	10000000	0,21728	-0,03429	0,21997	-8,96817	10000000	0,21802	-0,03442	0,220723	-8,97203
9330330	0,200457	0,015466	0,201053	4,411833	9330330	0,201217	0,015923	0,20185	4,5247	9330330	0,201907	0,015464	0,2025	4,3796
8705506	0,18271	0,036742	0,18637	11,37	8705506	0,183173	0,03734	0,18694	11,522	8705506	0,183983	0,037029	0,187673	11,37933
8122524	0,168553	0,049096	0,175557	16,23967	8122524	0,169233	0,049616	0,176357	16,34	8122524	0,16972	0,049382	0,176757	16,223
7578583	0,154797	0,056336	0,16473	19,998	7578583	0,155723	0,057013	0,165833	20,10867	7578583	0,156363	0,056657	0,166313	19,91767
7071068	0,143547	0,057168	0,154513	21,71533	7071068	0,144583	0,058366	0,15592	21,983	7071068	0,1454	0,057942	0,15652	21,72733
6597540	0,13574	0,056261	0,146937	22,51267	6597540	0,136483	0,057775	0,148207	22,94367	6597540	0,137413	0,057625	0,149007	22,75067
6155722	0,130163	0,0549	0,141267	22,86933	6155722	0,130743	0,056514	0,142437	23,377	6155722	0,131173	0,056772	0,14293	23,40267
5743492	0,124577	0,053111	0,135427	23,09	5743492	0,12507	0,054454	0,13641	23,52767	5743492	0,125297	0,054738	0,13673	23,599
5358868	0,12247	0,04926	0,132007	21,91133	5358868	0,122823	0,05036	0,132747	22,29433	5358868	0,1227	0,051054	0,132897	22,59167
5000000	0,12144	0,048965	0,13094	21,95967	5000000	0,122103	0,049596	0,13179	22,10633	5000000	0,121343	0,049802	0,131167	22,31433
4665165	0,119093	0,051419	0,12972	23,35233	4665165	0,120933	0,05087	0,1312	22,81367	4665165	0,11983	0,052021	0,130637	23,467
4352753	0,1085	0,053092	0,120793	26,07367	4352753	0,11288	0,053407	0,124873	25,32033	4352753	0,109907	0,054312	0,12259	26,297
4061262	0,10087	0,05528	0,115023	28,72433	4061262	0,106677	0,056346	0,120643	27,843	4061262	0,101747	0,053945	0,115167	27,93233
3789292	0,086563	0,042718	0,09653	26,26633	3789292	0,093801	0,046082	0,10451	26,16367	3789292	0,092431	0,041836	0,101457	24,35233
3535534	0,082707	0,032994	0,089046	21,74867	3535534	0,091626	0,036864	0,098764	21,91667	3535534	0,090966	0,03238	0,096557	19,59333
3298770	0,062931	0,029831	0,069651	25,36733	3298770	0,080259	0,031585	0,086257	21,48333	3298770	0,078157	0,021097	0,080954	15,106
3077861	-0,01736	-0,02477	0,03041	-124,637	3077861	0,038052	-0,01961	0,042811	-27,3133	3077861	0,043792	-0,0579	0,072601	-52,9013

## Naměřené hodnoty membrány MEA Dapozol

střední hodnoty Dapozol_clear_membrane					střední hodnota Dapozol_100_membrane					střední hodnota Dapozol_500_membrane				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
2871746	1,049328	-2,04551	2,30895	-69,2537	2871746	0,15319	-0,27802	0,317673	-61,1373	2871746	2,869933	-1,5359	3,255267	-28,1497
2679434	9,245867	0,249112	9,250333	1,56439	2679434	3,334733	0,040591	3,336833	0,722043	2679434	7,611833	4,187867	8,687933	28,82
2500000	9,549867	-0,06363	9,5509	-0,36237	2500000	3,723267	0,85634	3,822167	12,985	2500000	7,8235	3,790533	8,6935	25,852
2332583	9,709133	-0,40056	9,7182	-2,34223	2332583	7,304	2,478433	7,716667	18,775	2332583	7,9817	3,4152	8,681733	23,167
2176377	9,860533	-0,75743	9,8903	-4,3719	2176377	7,578033	2,074967	7,8606	15,34867	2176377	8,184433	3,012567	8,721367	20,20967
2030631	10,02957	-1,05269	10,08567	-5,9701	2030631	7,8485	1,685733	8,0312	12,16033	2030631	8,3832	2,647433	8,791367	17,528
1894646	10,1971	-1,28337	10,27857	-7,1508	1894646	8,087067	1,330633	8,199567	9,383733	1894646	8,5288	2,2921	8,8315	15,04467
1767767	10,374	-1,48647	10,48067	-8,13143	1767767	8,301567	1,00665	8,366133	6,955767	1767767	8,677133	1,975267	8,899167	12,826
1649385	10,59667	-1,62847	10,722	-8,71283	1649385	8,518133	0,74698	8,554667	5,0552	1649385	8,825	1,727767	8,9926	11,07867
1538931	10,80967	-1,69947	10,94367	-8,90987	1538931	8,7091	0,55544	8,7308	3,695	1538931	8,957033	1,547167	9,0897	9,8015
1435873	11,016	-1,71773	11,15	-8,8371	1435873	8,872833	0,41101	8,886433	2,699547	1435873	9,0677	1,4147	9,177467	8,8689
1339717	11,204	-1,6935	11,33233	-8,56837	1339717	9,0139	0,312586	9,023567	2,035783	1339717	9,155667	1,327633	9,251467	8,252067
1250000	11,35167	-1,63327	11,47	-8,1586	1250000	9,114033	0,255477	9,122033	1,658013	1250000	9,199867	1,281333	9,2887	7,9304
1166291	11,46567	-1,5615	11,573	-7,72527	1166291	9,162267	0,209563	9,1693	1,366697	1166291	9,192633	1,247033	9,276867	7,726667
1088188	11,527	-1,51707	11,62767	-7,46677	1088188	9,167567	0,119754	9,1731	0,808943	1088188	9,146567	1,1641	9,2204	7,254467
1015316	11,60467	-1,50163	11,70267	-7,34197	1015316	9,2088	0,006307	9,213567	0,10231	1015316	9,136067	1,0559	9,1969	6,593967
947322,9	11,68767	-1,47623	11,782	-7,1671	947322,9	9,272067	-0,09394	9,277367	-0,51447	947322,9	9,145967	0,967767	9,197033	6,0414
883883,5	11,76733	-1,44363	11,857	-6,96207	883883,5	9,3332	-0,17583	9,339767	-1,01053	883883,5	9,157967	0,89592	9,2017	5,588533
824692,4	11,83767	-1,4068	11,92233	-6,74457	824692,4	9,390267	-0,24935	9,398567	-1,45003	824692,4	9,1634	0,834487	9,201333	5,2045
769465,3	11,90233	-1,36727	11,982	-6,51987	769465,3	9,442633	-0,31443	9,453	-1,83292	769465,3	9,165	0,778477	9,198	4,8561
717936,5	11,95867	-1,32973	12,03367	-6,31093	717936,5	9,490633	-0,37739	9,5034	-2,19966	717936,5	9,162567	0,725723	9,191267	4,529667
669858,4	12,009	-1,2936	12,08	-6,11357	669858,4	9,5365	-0,43727	9,5519	-2,54456	669858,4	9,156567	0,676317	9,181533	4,225233
625000	12,06	-1,26329	12,12733	-5,94523	625000	9,5834	-0,49959	9,601767	-2,90016	625000	9,15	0,62756	9,1715	3,924467
583145,6	12,10567	-1,23578	12,17	-5,79323	583145,6	9,627533	-0,55994	9,649267	-3,24069	583145,6	9,143133	0,580663	9,161533	3,634733
544094,1	12,14833	-1,21206	12,21033	-5,66173	544094,1	9,673867	-0,61944	9,6995	-3,57188	544094,1	9,1355	0,5334	9,151067	3,342467
507657,8	12,19233	-1,19046	12,25167	-5,54017	507657,8	9,7237	-0,67903	9,7534	-3,89873	507657,8	9,1315	0,488547	9,144567	3,063367
473661,4	12,24	-1,17057	12,29733	-5,42587	473661,4	9,777533	-0,73764	9,811433	-4,21447	473661,4	9,130033	0,4466	9,140967	2,801267
441941,8	12,28833	-1,1506	12,34333	-5,312	441941,8	9,833967	-0,79151	9,871767	-4,4977	441941,8	9,131133	0,407287	9,140233	2,554833

## Naměřené hodnoty membrány MEA Dapozol

střední hodnoty Dapozol_clear_membrane					střední hodnota Dapozol_100_membrane					střední hodnota Dapozol_500_membrane				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
412346,2	12,338	-1,12962	12,39067	-5,1936	412346,2	9,894533	-0,84226	9,936433	-4,7573	412346,2	9,133467	0,3719	9,141067	2,332533
384732,6	12,387	-1,10743	12,438	-5,071	384732,6	9,9564	-0,88918	10,0024	-4,99063	384732,6	9,136933	0,340247	9,143233	2,133433
358968,3	12,43433	-1,08436	12,48267	-4,94593	358968,3	10,0193	-0,93359	10,0691	-5,20647	358968,3	9,140133	0,310907	9,145433	1,948967
334929,2	12,48233	-1,05934	12,52867	-4,8128	334929,2	10,08407	-0,97442	10,13763	-5,398	334929,2	9,1439	0,284403	9,1483	1,7823
312500	12,529	-1,03506	12,57267	-4,68433	312500	10,14977	-1,01091	10,20673	-5,56193	312500	9,147733	0,260757	9,151467	1,633567
291572,8	12,57367	-1,0093	12,61533	-4,551	291572,8	10,2173	-1,04575	10,27763	-5,7135	291572,8	9,152033	0,238613	9,155133	1,494233
272047,1	12,616	-0,98248	12,65533	-4,4147	272047,1	10,28313	-1,07624	10,34617	-5,84023	272047,1	9,1556	0,219347	9,1582	1,373167
253828,9	12,659	-0,95585	12,69633	-4,27973	253828,9	10,3516	-1,10439	10,41763	-5,95093	253828,9	9,1573	0,201073	9,159533	1,2586
236830,7	12,69867	-0,92962	12,734	-4,14887	236830,7	10,41903	-1,1301	10,48737	-6,0473	236830,7	9,1606	0,18442	9,162467	1,154033
220970,9	12,73467	-0,90367	12,76767	-4,02073	220970,9	10,4874	-1,15446	10,55803	-6,1344	220970,9	9,1619	0,168797	9,163467	1,056217
206173,1	12,769	-0,87686	12,8	-3,89047	206173,1	10,55493	-1,17543	10,6275	-6,2034	206173,1	9,163633	0,154713	9,164967	0,96801
192366,3	12,804	-0,85202	12,83333	-3,76933	192366,3	10,62437	-1,19504	10,69883	-6,26263	192366,3	9,1652	0,140573	9,166267	0,879453
179484,1	12,83633	-0,82734	12,864	-3,65033	179484,1	10,6924	-1,21206	10,76843	-6,30877	179484,1	9,166267	0,127177	9,167133	0,79562
167464,6	12,86933	-0,80519	12,89533	-3,54307	167464,6	10,7613	-1,22802	10,83853	-6,3484	167464,6	9,167633	0,115033	9,168367	0,71964
156250	12,90067	-0,78226	12,92567	-3,4334	156250	10,831	-1,24195	10,9094	-6,37633	156250	9,168967	0,103189	9,169533	0,645523
145786,4	12,929	-0,76091	12,95233	-3,33177	145786,4	10,9011	-1,25536	10,98073	-6,4018	145786,4	9,169733	0,091859	9,170167	0,574693
136023,5	12,959	-0,74026	12,981	-3,23323	136023,5	10,9714	-1,26557	11,05147	-6,40983	136023,5	9,1716	0,082124	9,171967	0,513783
126914,4	12,98867	-0,71919	13,00933	-3,1338	126914,4	11,0431	-1,27371	11,1233	-6,40667	126914,4	9,174267	0,071474	9,174567	0,44715
118415,4	13,016	-0,70064	13,03567	-3,0464	118415,4	11,1135	-1,28179	11,19417	-6,40453	118415,4	9,1754	0,062352	9,1756	0,39018
110485,4	13,04233	-0,68284	13,06067	-2,96257	110485,4	11,18363	-1,28659	11,2644	-6,38627	110485,4	9,1779	0,05264	9,178067	0,32945
103086,6	13,07033	-0,66624	13,088	-2,88417	103086,6	11,25433	-1,2917	11,33533	-6,37003	103086,6	9,179833	0,042995	9,179933	0,269167
96183,16	13,096	-0,65	13,113	-2,8081	96183,16	11,32433	-1,29535	11,405	-6,3471	96183,16	9,180667	0,034231	9,180733	0,21444
89742,06	13,11867	-0,63544	13,13467	-2,74057	89742,06	11,394	-1,29709	11,474	-6,31547	89742,06	9,182667	0,02641	9,1827	0,165629
83732,3	13,14333	-0,61998	13,15867	-2,66867	83732,3	11,462	-1,29697	11,54133	-6,2766	83732,3	9,1852	0,017805	9,185233	0,11199
78125	13,16667	-0,60698	13,18133	-2,6082	78125	11,53	-1,29525	11,60867	-6,23047	78125	9,1868	0,010016	9,1868	0,063421
72893,2	13,18733	-0,59658	13,20133	-2,5587	72893,2	11,597	-1,29304	11,67467	-6,18323	72893,2	9,188833	0,002411	9,188833	0,015996
68011,76	13,20967	-0,58413	13,22333	-2,50097	68011,76	11,66367	-1,28929	11,74067	-6,1301	68011,76	9,191067	-0,00451	9,191067	-0,02717
63457,22	13,24133	-0,57709	13,25433	-2,4658	63457,22	11,74233	-1,28744	11,81833	-6,08083	63457,22	9,1951	-0,01654	9,195133	-0,10207

## Naměřené hodnoty membrány MEA Dapozol

střední hodnoty Dapozol_clear_membrane					střední hodnota Dapozol_100_membrane					střední hodnota Dapozol_500_membrane				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
59207,68	13,26267	-0,5702	13,27533	-2,4327	59207,68	11,80833	-1,28448	11,88333	-6,03317	59207,68	9,197667	-0,02326	9,1977	-0,14384
55242,72	13,282	-0,56065	13,29467	-2,38903	55242,72	11,873	-1,27828	11,94667	-5,97173	55242,72	9,2005	-0,03115	9,200567	-0,19297
51543,28	13,30067	-0,54919	13,31233	-2,3366	51543,28	11,93767	-1,26968	12,01	-5,90053	51543,28	9,2038	-0,03771	9,2039	-0,23365
48091,58	13,318	-0,54382	13,32933	-2,31093	48091,58	12	-1,26256	12,071	-5,83747	48091,58	9,206167	-0,04481	9,206267	-0,2778
44871,03	13,33533	-0,5361	13,34633	-2,27533	44871,03	12,062	-1,25305	12,13167	-5,76517	44871,03	9,209	-0,05187	9,209167	-0,32149
41866,15	13,35267	-0,52981	13,36333	-2,24623	41866,15	12,121	-1,24528	12,189	-5,7026	41866,15	9,2118	-0,05859	9,212	-0,36323
39062,5	13,36967	-0,52406	13,38033	-2,21913	39062,5	12,18167	-1,23432	12,24833	-5,6262	39062,5	9,215067	-0,06585	9,215333	-0,40816
36446,6	13,387	-0,52162	13,39767	-2,20667	36446,6	12,24033	-1,22606	12,30567	-5,56383	36446,6	9,2188	-0,07245	9,2191	-0,44897
34005,88	13,405	-0,51961	13,41533	-2,1954	34005,88	12,29867	-1,21608	12,36233	-5,4946	34005,88	9,2218	-0,07978	9,222133	-0,4943
31728,61	13,422	-0,51883	13,43233	-2,18987	31728,61	12,35567	-1,2062	12,41767	-5,42663	31728,61	9,226433	-0,08743	9,226867	-0,54158
29603,84	13,44033	-0,51669	13,45033	-2,17827	29603,84	12,41267	-1,19564	12,473	-5,3573	29603,84	9,2317	-0,09435	9,2322	-0,58416
27621,36	13,45667	-0,51737	13,46667	-2,17923	27621,36	12,46833	-1,18582	12,52733	-5,2915	27621,36	9,236133	-0,10141	9,236733	-0,62753
25771,64	13,473	-0,5191	13,483	-2,18417	25771,64	12,52267	-1,17659	12,58033	-5,23033	25771,64	9,2407	-0,10828	9,241333	-0,66978
24045,79	13,489	-0,52219	13,49967	-2,19517	24045,79	12,57567	-1,16674	12,63233	-5,16727	24045,79	9,2457	-0,11519	9,246433	-0,71216
22435,52	13,505	-0,52658	13,51567	-2,21143	22435,52	12,62967	-1,15795	12,68467	-5,10907	22435,52	9,251	-0,12259	9,251833	-0,75755
20933,07	13,521	-0,53114	13,53167	-2,2286	20933,07	12,681	-1,14818	12,735	-5,04843	20933,07	9,2558	-0,13008	9,256767	-0,8034
19531,25	13,53433	-0,53678	13,545	-2,25053	19531,25	12,73167	-1,1398	12,78467	-4,99447	19531,25	9,261033	-0,13642	9,262033	-0,8421
18223,3	13,54833	-0,54482	13,55967	-2,28253	18223,3	12,78233	-1,13062	12,83433	-4,93753	18223,3	9,266333	-0,14413	9,2675	-0,8892
17002,94	13,56267	-0,5538	13,57433	-2,3182	17002,94	12,829	-1,12245	12,88	-4,88733	17002,94	9,2722	-0,15133	9,2735	-0,93304
15864,3	13,578	-0,56342	13,58967	-2,35637	15864,3	12,878	-1,11466	12,92767	-4,83823	15864,3	9,2787	-0,15852	9,280067	-0,97666
14801,92	13,59267	-0,57627	13,60533	-2,40837	14801,92	12,92567	-1,10747	12,97433	-4,79233	14801,92	9,285167	-0,16694	9,2867	-1,02782
13810,68	13,60567	-0,58891	13,61867	-2,4594	13810,68	12,973	-1,10199	13,021	-4,7545	13810,68	9,291867	-0,17452	9,293567	-1,07374
12885,82	13,61967	-0,60449	13,63333	-2,52243	12885,82	13,02033	-1,09734	13,06767	-4,7205	12885,82	9,298333	-0,18286	9,300167	-1,12428
12022,89	13,634	-0,62117	13,64833	-2,58987	12022,89	13,066	-1,09233	13,113	-4,68607	12022,89	9,305933	-0,19115	9,307933	-1,17422
11217,76	13,64933	-0,63943	13,66433	-2,66363	11217,76	13,112	-1,08802	13,15833	-4,65437	11217,76	9,313067	-0,19971	9,315267	-1,22594
10466,54	13,66533	-0,66025	13,68133	-2,74777	10466,54	13,157	-1,08498	13,20267	-4,62903	10466,54	9,3211	-0,20835	9,3235	-1,27779
9765,625	13,67933	-0,68285	13,69667	-2,83937	9765,625	13,20167	-1,08252	13,24667	-4,606	9765,625	9,3294	-0,21709	9,332033	-1,3302
9111,65	13,69333	-0,7072	13,712	-2,93823	9111,65	13,24767	-1,08168	13,29267	-4,58997	9111,65	9,337667	-0,22615	9,3405	-1,38443

## Naměřené hodnoty membrány MEA Dapozol

střední hodnoty Dapozol_clear_membrane					střední hodnota Dapozol_100_membrane					střední hodnota Dapozol_500_membrane				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
8501,47	13,707	-0,73392	13,727	-3,0465	8501,47	13,29033	-1,08038	13,335	-4,5734	8501,47	9,346233	-0,23579	9,3493	-1,4421
7932,152	13,72233	-0,7628	13,744	-3,16333	7932,152	13,33333	-1,08093	13,378	-4,56383	7932,152	9,355	-0,24554	9,3583	-1,5003
7400,96	13,73933	-0,7949	13,76233	-3,29303	7400,96	13,376	-1,08224	13,42033	-4,55847	7400,96	9,3645	-0,25515	9,368067	-1,5574
6905,34	13,754	-0,82971	13,779	-3,4342	6905,34	13,41933	-1,08431	13,464	-4,5555	6905,34	9,374467	-0,26535	9,3783	-1,6179
6442,91	13,772	-0,86659	13,79967	-3,5823	6442,91	13,46267	-1,08792	13,507	-4,5592	6442,91	9,3846	-0,27596	9,388767	-1,6807
6011,447	13,78867	-0,90619	13,81867	-3,74177	6011,447	13,507	-1,0928	13,55167	-4,5677	6011,447	9,395467	-0,28611	9,399933	-1,74053
5608,879	13,80733	-0,94901	13,84	-3,9133	5608,879	13,548	-1,09857	13,593	-4,5812	5608,879	9,406833	-0,29765	9,411633	-1,80843
5233,269	13,82433	-0,99579	13,86033	-4,10137	5233,269	13,592	-1,10552	13,63733	-4,5983	5233,269	9,4183	-0,30926	9,4235	-1,8766
4882,813	13,84433	-1,04543	13,884	-4,29953	4882,813	13,63367	-1,1139	13,67933	-4,6222	4882,813	9,429767	-0,32064	9,435333	-1,94327
4555,825	13,86267	-1,09871	13,90633	-4,51247	4555,825	13,67567	-1,12329	13,722	-4,64953	4555,825	9,4416	-0,33243	9,447567	-2,01207
4250,735	13,88233	-1,15557	13,93067	-4,73897	4250,735	13,71733	-1,13374	13,76433	-4,68177	4250,735	9,4539	-0,34509	9,460333	-2,08587
3966,076	13,90267	-1,21717	13,956	-4,9836	3966,076	13,75967	-1,14629	13,80767	-4,72183	3966,076	9,466833	-0,35785	9,473767	-2,15993
3700,48	13,92333	-1,2825	13,98267	-5,24267	3700,48	13,80267	-1,15955	13,85133	-4,76423	3700,48	9,480367	-0,37112	9,487767	-2,23677
3452,67	13,945	-1,35243	14,01067	-5,5188	3452,67	13,845	-1,17482	13,895	-4,815	3452,67	9,4942	-0,38491	9,502167	-2,31643
3221,455	13,96733	-1,42697	14,04	-5,8122	3221,455	13,888	-1,19155	13,939	-4,87097	3221,455	9,508467	-0,39894	9,517	-2,3971
3005,724	13,99133	-1,5064	14,07267	-6,12363	3005,724	13,93	-1,20986	13,98267	-4,93363	3005,724	9,523767	-0,41339	9,532933	-2,47983
2804,439	14,01667	-1,5914	14,107	-6,4551	2804,439	13,97333	-1,22979	14,02733	-5,00147	2804,439	9,538967	-0,42792	9,548733	-2,5627
2616,635	14,04333	-1,6826	14,144	-6,80937	2616,635	14,01633	-1,2513	14,072	-5,07603	2616,635	9,5549	-0,44306	9,5654	-2,64887
2441,406	14,07133	-1,7796	14,18367	-7,18423	2441,406	14,06	-1,27507	14,11767	-5,15867	2441,406	9,571067	-0,45884	9,582267	-2,7384
2277,913	14,09933	-1,88227	14,22467	-7,57963	2277,913	14,103	-1,30033	14,16267	-5,2472	2277,913	9,588633	-0,47521	9,6006	-2,83077
2125,368	14,13133	-1,99153	14,27133	-7,9963	2125,368	14,148	-1,3282	14,21033	-5,3448	2125,368	9,6063	-0,4916	9,6191	-2,92287
1983,038	14,168	-2,1102	14,32467	-8,4453	1983,038	14,19233	-1,35833	14,257	-5,45077	1983,038	9,624867	-0,50889	9,6385	-3,0196
1850,24	14,20233	-2,23427	14,37733	-8,9133	1850,24	14,23867	-1,39043	14,30633	-5,5623	1850,24	9,6438	-0,52543	9,658333	-3,1115
1726,335	14,242	-2,3649	14,43733	-9,39977	1726,335	14,28467	-1,42417	14,35533	-5,68203	1726,335	9,663567	-0,54469	9,679133	-3,21867
1610,727	14,28467	-2,50607	14,50333	-9,92137	1610,727	14,33367	-1,4615	14,408	-5,8128	1610,727	9,6845	-0,56364	9,701133	-3,32323
1502,862	14,33	-2,65633	14,57467	-10,471	1502,862	14,38067	-1,50043	14,459	-5,9502	1502,862	9,7049	-0,58253	9,722633	-3,4272
1402,22	14,38133	-2,81487	14,65467	-11,0427	1402,22	14,43	-1,54347	14,51233	-6,10107	1402,22	9,725333	-0,60301	9,744267	-3,54007
1308,317	14,43333	-2,98343	14,739	-11,6463	1308,317	14,47833	-1,58807	14,56533	-6,25787	1308,317	9,747633	-0,62362	9,767833	-3,65233

## Naměřené hodnoty membrány MEA Dapozol

střední hodnoty Dapozol_clear_membrane					střední hodnota Dapozol_100_membrane					střední hodnota Dapozol_500_membrane				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
1220,703	14,48967	-3,1614	14,83133	-12,274	1220,703	14,52867	-1,63547	14,62067	-6,4238	1220,703	9,771433	-0,64471	9,792967	-3,76637
1138,956	14,55067	-3,351	14,93233	-12,9333	1138,956	14,58367	-1,6847	14,68067	-6,59307	1138,956	9,793833	-0,66621	9,8166	-3,88267
1062,684	14,61767	-3,55107	15,04367	-13,6177	1062,684	14,63433	-1,74113	14,73733	-6,79107	1062,684	9,819467	-0,68932	9,8439	-4,00667
991,519	14,68967	-3,7632	15,16467	-14,3307	991,519	14,69	-1,7987	14,79967	-6,9896	991,519	9,844233	-0,71276	9,870333	-4,13217
925,12	14,764	-3,98553	15,29333	-15,066	925,12	14,74567	-1,86003	14,86233	-7,2007	925,12	9,871367	-0,73621	9,899133	-4,25603
863,1675	14,84733	-4,22197	15,437	-15,8317	863,1675	14,80133	-1,9244	14,926	-7,42233	863,1675	9,897467	-0,76237	9,9271	-4,3953
805,3637	14,939	-4,47217	15,595	-16,622	805,3637	14,85933	-1,99537	14,99267	-7,66517	805,3637	9,9232	-0,78849	9,9549	-4,5337
751,4309	15,039	-4,73973	15,769	-17,4473	751,4309	14,91967	-2,06767	15,06233	-7,9127	751,4309	9,950867	-0,81509	9,9844	-4,67317
701,1098	15,14267	-5,01763	15,95333	-18,2857	701,1098	14,98067	-2,14243	15,13333	-8,16333	701,1098	9,9797	-0,84379	10,0158	-4,82307
654,1586	15,25767	-5,31293	16,15767	-19,1497	654,1586	15,04533	-2,2273	15,20933	-8,4486	654,1586	10,01043	-0,87128	10,04853	-4,96427
610,3516	15,37533	-5,61993	16,37167	-20,027	610,3516	15,113	-2,31537	15,28967	-8,7423	610,3516	10,04283	-0,90218	10,08333	-5,1232
569,4781	15,51	-5,94797	16,613	-20,9283	569,4781	15,17933	-2,40643	15,36933	-9,0445	569,4781	10,07587	-0,93233	10,11913	-5,27637
531,3419	15,65867	-6,2867	16,875	-21,8187	531,3419	15,242	-2,49613	15,44567	-9,34603	531,3419	10,1041	-0,96508	10,1506	-5,44527
495,7595	15,804	-6,64863	17,14733	-22,7597	495,7595	15,322	-2,60857	15,543	-9,7051	495,7595	10,13837	-0,99682	10,18763	-5,60493
462,56	15,967	-7,02417	17,44567	-23,686	462,56	15,394	-2,71723	15,63233	-10,0581	462,56	10,17117	-1,03281	10,2238	-5,7878
431,5837	16,146	-7,41973	17,77167	-24,618	431,5837	15,46667	-2,82993	15,72367	-10,4219	431,5837	10,2107	-1,07163	10,2671	-5,98097
402,6819	16,32267	-7,83723	18,10867	-25,5833	402,6819	15,547	-2,94677	15,82433	-10,7867	402,6819	10,24157	-1,11263	10,3022	-6,19003
375,7155	16,54067	-8,26727	18,49367	-26,493	375,7155	15,63933	-3,0832	15,941	-11,211	375,7155	10,28103	-1,1443	10,3448	-6,33977
350,5549	16,75	-8,71607	18,88467	-27,4207	350,5549	15,739	-3,21847	16,06533	-11,6277	350,5549	10,32823	-1,18613	10,39633	-6,54133
327,0793	16,99033	-9,2042	19,326	-28,3733	327,0793	15,82567	-3,35467	16,17833	-12,041	327,0793	10,365	-1,2303	10,43833	-6,75857
305,1758	17,22533	-9,6993	19,77133	-29,3073	305,1758	15,92033	-3,50843	16,30333	-12,504	305,1758	10,401	-1,27503	10,479	-6,97837
284,7391	17,499	-10,233	20,27467	-30,2427	284,7391	16,03233	-3,6674	16,44767	-12,968	284,7391	10,44567	-1,32073	10,529	-7,19537
265,671	17,777	-10,7779	20,79233	-31,1497	265,671	16,13367	-3,83197	16,58367	-13,4473	265,671	10,48933	-1,37103	10,57867	-7,43563
247,8798	18,08033	-11,3273	21,339	-31,987	247,8798	16,23333	-4,0022	16,721	-13,9417	247,8798	10,53867	-1,417	10,634	-7,64667
231,28	18,39967	-11,9297	21,93267	-32,8717	231,28	16,36567	-4,1843	16,89367	-14,442	231,28	10,58067	-1,4716	10,683	-7,90717
215,7919	18,73267	-12,539	22,546	-33,7097	215,7919	16,48967	-4,37753	17,06267	-14,978	215,7919	10,62267	-1,5308	10,73267	-8,18917
201,3409	19,09667	-13,2243	23,23333	-34,6083	201,3409	16,469	-4,61173	17,10433	-15,7367	201,3409	10,71133	-1,58413	10,82767	-8,4118
187,8577	19,468	-13,8503	23,89667	-35,3357	187,8577	16,77233	-4,7872	17,44467	-16,05	187,8577	10,722	-1,6507	10,84833	-8,74

## Naměřené hodnoty membrány MEA Dapozol

střední hodnoty Dapozol_clear_membrane					střední hodnota Dapozol_100_membrane					střední hodnota Dapozol_500_membrane				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
175,2775	19,86267	-14,549	24,626	-36,1283	175,2775	16,902	-5,01633	17,63367	-16,6523	175,2775	10,78	-1,71087	10,915	-9,00713
163,5397	20,288	-15,2737	25,39967	-36,8783	163,5397	17,043	-5,24913	17,836	-17,2457	163,5397	10,82933	-1,76963	10,97333	-9,26987
152,5879	20,72533	-16,0153	26,19733	-37,596	152,5879	17,207	-5,4928	18,06567	-17,832	152,5879	10,886	-1,8421	11,041	-9,59327
142,3695	21,194	-16,8033	27,05233	-38,3083	142,3695	17,37033	-5,7502	18,30133	-18,453	142,3695	10,95667	-1,91247	11,12267	-9,88997
132,8355	21,68033	-17,6237	27,94533	-39,0077	132,8355	17,54967	-6,0099	18,55433	-19,0453	132,8355	11,01367	-1,9961	11,19367	-10,2617
123,9399	22,19767	-18,4763	28,88667	-39,6693	123,9399	17,73567	-6,2855	18,82133	-19,6617	123,9399	11,064	-2,0651	11,25533	-10,5613
115,64	22,766	-19,36	29,89	-40,2767	115,64	17,94767	-6,57147	19,11833	-20,2663	115,64	11,13533	-2,14237	11,34	-10,88
107,8959	23,37233	-20,2577	30,93533	-40,8153	107,8959	18,13267	-6,91063	19,40933	-20,996	107,8959	11,20967	-2,19147	11,422	-11,051
100,6705	23,93633	-21,5527	32,22033	-41,8653	100,6705	18,54333	-7,36683	19,954	-21,727	100,6705	11,14267	-2,1786	11,35467	-11,0423
93,92887	24,55033	-22,1793	33,09067	-41,9987	93,92887	18,581	-7,56283	20,06667	-22,2903	93,92887	11,361	-2,37937	11,60767	-11,8193
87,63873	25,19333	-23,268	34,30033	-42,621	87,63873	18,873	-7,8924	20,463	-22,8437	87,63873	11,40267	-2,4964	11,673	-12,3357
81,76983	25,90267	-24,3723	35,572	-43,1593	81,76983	19,119	-8,21157	20,81567	-23,4067	81,76983	11,50133	-2,61767	11,79567	-12,8107
76,29394	26,642	-25,513	36,893	-43,6633	76,29394	19,381	-8,5983	21,21067	-24,0857	76,29394	11,58267	-2,71033	11,896	-13,159
71,18477	27,40333	-26,6947	38,26167	-44,155	71,18477	19,67133	-8,9879	21,63567	-24,716	71,18477	11,66733	-2,82023	12,00333	-13,5773
66,41774	28,231	-27,9577	39,73667	-44,6317	66,41774	19,97667	-9,3924	22,083	-25,339	66,41774	11,75267	-2,9304	12,113	-13,989
61,96994	29,05967	-29,247	41,23367	-45,098	61,96994	20,30367	-9,80057	22,55433	-25,9247	61,96994	11,84367	-3,05087	12,23067	-14,4333
57,82	29,94267	-30,5933	42,81233	-45,533	57,82	20,636	-10,2349	23,04367	-26,5347	57,82	11,935	-3,17787	12,351	-14,8983
53,94797	30,85433	-32,0113	44,464	-45,9763	53,94797	20,99267	-10,6793	23,562	-27,112	53,94797	12,035	-3,30543	12,481	-15,3453
50,33523	31,83233	-33,4747	46,197	-46,3707	50,33523	21,38267	-11,1377	24,119	-27,6637	50,33523	12,13633	-3,42907	12,61167	-15,7663
46,96443	32,82267	-35,0213	48,001	-46,79	46,96443	21,784	-11,5883	24,684	-28,1553	46,96443	12,24367	-3,57103	12,75433	-16,2487
43,81937	33,85233	-36,6233	49,87467	-47,193	43,81937	22,21067	-12,072	25,28933	-28,6673	43,81937	12,34867	-3,72223	12,89767	-16,761
40,88491	34,94233	-38,2763	51,829	-47,554	40,88491	22,65033	-12,5887	25,92367	-29,2007	40,88491	12,46167	-3,8674	13,04833	-17,2293
38,14697	36,08533	-40,0163	53,88533	-47,9107	38,14697	23,11933	-13,1047	26,58467	-29,677	38,14697	12,577	-4,02447	13,20567	-17,7317
35,59238	37,27467	-41,8477	56,04233	-48,269	35,59238	23,60333	-13,647	27,27433	-30,162	35,59238	12,699	-4,18093	13,37	-18,2107
33,20887	38,522	-43,7603	58,30133	-48,6117	33,20887	24,13033	-14,1807	27,998	-30,563	33,20887	12,82	-4,35763	13,541	-18,7607
30,98497	39,84833	-45,7223	60,65067	-48,897	30,98497	24,67233	-14,73	28,74467	-30,9573	30,98497	12,944	-4,5361	13,71567	-19,3
28,91	41,214	-47,7997	63,11467	-49,2097	28,91	25,243	-15,2967	29,525	-31,3273	28,91	13,07667	-4,72023	13,903	-19,8343
26,97398	42,66233	-49,95	65,68967	-49,4843	26,97398	25,83433	-15,8857	30,33667	-31,694	26,97398	13,21033	-4,9167	14,096	-20,4007

## Naměřené hodnoty membrány MEA Dapozol

střední hodnoty Dapozol_clear_membrane					střední hodnota Dapozol_100_membrane					střední hodnota Dapozol_500_membrane				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
25,16762	44,15067	-52,227	68,38833	-49,7823	25,16762	26,459	-16,4853	31,183	-32,026	25,16762	13,35233	-5,1137	14,29833	-20,942
23,48222	45,72	-54,583	71,20133	-50,047	23,48222	27,11533	-17,088	32,05867	-32,316	23,48222	13,49667	-5,31637	14,50633	-21,485
21,90968	47,364	-57,0477	74,147	-50,3027	21,90968	27,78933	-17,721	32,96667	-32,6177	21,90968	13,643	-5,54207	14,726	-22,0927
20,44246	49,08133	-59,63	77,23167	-50,5547	20,44246	28,49533	-18,3593	33,905	-32,881	20,44246	13,795	-5,76427	14,95133	-22,6623
19,07349	50,895	-62,318	80,46067	-50,7803	19,07349	29,239	-18,997	34,87567	-33,096	19,07349	13,94933	-6,00683	15,188	-23,2813
17,79619	52,789	-65,0827	83,801	-50,9817	17,79619	29,99733	-19,6643	35,87467	-33,3233	17,79619	14,10867	-6,25627	15,434	-23,8973
16,60443	54,75067	-68,0433	87,337	-51,2117	16,60443	30,80167	-20,3297	36,91233	-33,5013	16,60443	14,27533	-6,51793	15,69367	-24,5233
15,49249	56,84833	-71,1017	91,03633	-51,397	15,49249	31,65033	-21,02	38,00067	-33,6607	15,49249	14,44067	-6,79373	15,96	-25,1763
14,455	59,01133	-74,2973	94,88433	-51,589	14,455	32,51033	-21,715	39,10133	-33,8073	14,455	14,61633	-7,07963	16,24133	-25,824
13,48699	61,26267	-77,6647	98,92333	-51,7923	13,48699	33,41367	-22,4443	40,25767	-33,954	13,48699	14,79433	-7,38023	16,53367	-26,492
12,58381	63,77033	-81,2317	103,276	-51,9233	12,58381	34,343	-23,144	41,419	-34,038	12,58381	14,97467	-7,70207	16,84033	-27,1973
11,74111	66,22133	-84,916	107,6893	-52,1173	11,74111	35,29933	-23,8807	42,62333	-34,138	11,74111	15,16167	-8,0333	17,159	-27,8943
10,95484	68,90133	-88,6537	112,291	-52,218	10,95484	36,30233	-24,5983	43,85633	-34,179	10,95484	15,35233	-8,38817	17,49533	-28,6273
10,22123	71,60867	-92,5953	117,0633	-52,362	10,22123	37,35	-25,3597	45,15033	-34,23	10,22123	15,549	-8,75793	17,84667	-29,3657
9,53674	74,471	-96,5973	121,9833	-52,457	9,53674	38,40367	-26,124	46,45133	-34,277	9,53674	15,75567	-9,14237	18,21733	-30,0983
8,8981	77,492	-100,872	127,22	-52,561	8,8981	39,48933	-26,9033	47,787	-34,3157	8,8981	15,96567	-9,5491	18,60467	-30,8567
8,30222	80,77833	-105,393	132,81	-52,6297	8,30222	40,622	-27,6637	49,151	-34,3037	8,30222	16,17933	-9,9813	19,012	-31,6417
7,74624	84,08667	-109,893	138,3933	-52,6823	7,74624	41,78967	-28,4387	50,55267	-34,2857	7,74624	16,40733	-10,4305	19,44367	-32,4143
7,2275	87,60267	-114,783	144,42	-52,7573	7,2275	42,98267	-29,2353	51,98733	-34,2713	7,2275	16,638	-10,9081	19,897	-33,2167
6,7435	91,195	-119,723	150,5333	-52,8193	6,7435	44,20833	-30,0547	53,46167	-34,257	6,7435	16,87933	-11,4097	20,37567	-34,0217
6,2919	95,022	-124,863	156,9467	-52,8497	6,2919	45,477	-30,8523	54,95933	-34,202	6,2919	17,13233	-11,9347	20,88133	-34,8253
5,87055	99,25967	-130,193	163,7533	-52,7943	5,87055	46,76633	-31,6763	56,489	-34,159	5,87055	17,39333	-12,4903	21,41567	-35,6447
5,47742	103,3413	-135,863	170,75	-52,8713	5,47742	48,082	-32,5143	58,04867	-34,1153	5,47742	17,67167	-13,0703	21,98267	-36,4473
5,11061	107,6713	-141,813	178,1167	-52,929	5,11061	49,44667	-33,3407	59,642	-34,0397	5,11061	17,95333	-13,687	22,57833	-37,279
4,76837	112,2767	-147,837	185,7067	-52,9233	4,76837	50,83033	-34,2057	61,27333	-33,988	4,76837	18,25433	-14,3337	23,21267	-38,0963
4,44905	117,0503	-154,16	193,6367	-52,935	4,44905	52,24267	-35,0797	62,93333	-33,93	4,44905	18,57933	-15,0113	23,889	-38,8913
4,15111	122,0033	-161,993	202,9167	-53,1727	4,15111	53,68067	-35,9397	64,60733	-33,8543	4,15111	18,906	-15,728	24,59667	-39,71
3,87312	127,48	-167,243	210,3733	-52,825	3,87312	55,163	-36,8463	66,34433	-33,7943	3,87312	19,252	-16,4713	25,34067	-40,4997



## Naměřené hodnoty membrány MEA Dapozol

střední hodnoty Dapozol_clear_membrane					střední hodnota Dapozol_100_membrane					střední hodnota Dapozol_500_membrane				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
3,61375	128,594	-175,64	218,0633	-54,1037	3,61375	56,678	-37,7313	68,097	-33,7083	3,61375	19,611	-17,249	26,12167	-41,283
3,37175	138,66	-182,55	229,3733	-52,932	3,37175	58,19867	-38,6877	69,893	-33,6697	3,37175	20,005	-18,0707	26,96333	-42,0387
3,14595	144,7933	-188,943	238,1533	-52,6797	3,14595	59,753	-39,6127	71,70033	-33,5987	3,14595	20,41967	-18,9397	27,85633	-42,791
2,93528	151,0267	-197,1	248,44	-52,6873	2,93528	61,36133	-40,5847	73,579	-33,5383	2,93528	20,851	-19,8417	28,789	-43,523
2,73871	157,5733	-205,137	258,8	-52,6133	2,73871	62,97233	-41,588	75,477	-33,4997	2,73871	21,31667	-20,779	29,775	-44,21
2,55531	164,3433	-213,87	269,8767	-52,6063	2,55531	64,657	-42,6117	77,448	-33,4457	2,55531	21,80767	-21,759	30,81333	-44,877
2,38419	171,6767	-221,907	280,6867	-52,4027	2,38419	66,37267	-43,6813	79,47	-33,4093	2,38419	22,32567	-22,782	31,90467	-45,5203
2,22452	172,2867	-238,427	295,1033	-54,417	2,22452	68,11533	-44,783	81,532	-33,382	2,22452	22,876	-23,8567	33,06	-46,142
2,07555	186,58	-241,35	305,2367	-52,431	2,07555	69,89967	-45,9147	83,64533	-33,358	2,07555	23,45467	-24,984	34,27633	-46,7483
1,93656	194,4467	-251,06	317,7433	-52,3787	1,93656	71,668	-47,1263	85,78933	-33,3843	1,93656	24,05533	-26,2037	35,57933	-47,3877
1,80688	203,1367	-261,573	331,3867	-52,304	1,80688	73,56433	-48,2573	87,99567	-33,3203	1,80688	24,70833	-27,4317	36,92733	-47,9303
1,68587	214,5167	-277,727	351,1967	-52,409	1,68587	75,50067	-49,5443	90,321	-33,328	1,68587	25,43033	-28,6903	38,347	-48,391
1,57298	221,04	-283,433	359,6533	-52,1797	1,57298	77,41667	-50,853	92,64133	-33,353	1,57298	26,17	-30,0667	39,87	-48,9053
1,46764	230,7467	-295,197	374,9267	-52,1147	1,46764	79,44867	-52,1797	95,069	-33,3463	1,46764	26,941	-31,456	41,42633	-49,3603
1,36936	240,78	-306,923	390,3467	-52,011	1,36936	81,537	-53,52	97,549	-33,329	1,36936	27,74667	-33,0577	43,16833	-49,9363
1,27765	251,7433	-318,727	406,4	-51,8157	1,27765	83,62167	-54,8873	100,0397	-33,3263	1,27765	28,624	-34,673	44,97167	-50,405
1,19209	262,7433	-331,82	423,5133	-51,7477	1,19209	85,887	-56,3963	102,764	-33,335	1,19209	29,575	-36,349	46,87067	-50,8147
1,11226	273,9267	-345,687	441,3467	-51,7193	1,11226	88,07367	-57,9013	105,4173	-33,3633	1,11226	30,52133	-37,9913	48,74267	-51,174
1,03778	285,71	-359,383	459,4233	-51,627	1,03778	90,479	-59,4087	108,2533	-33,326	1,03778	31,54667	-39,8273	50,81667	-51,5707
0,96828	296,3167	-373,873	477,49	-51,7307	0,96828	92,88667	-61,1007	111,1933	-33,3723	0,96828	32,64433	-41,7227	52,98633	-51,9123
0,90344	312,0833	-388,043	498,2567	-51,2887	0,90344	95,30467	-62,7773	114,1333	-33,4053	0,90344	33,75933	-43,5933	55,147	-52,2037
0,84294	325,18	-403,48	518,5033	-51,2237	0,84294	97,89867	-64,3697	117,1767	-33,3557	0,84294	34,99567	-45,703	57,57167	-52,5223
0,78649	339,5033	-419,157	539,6933	-51,0783	0,78649	100,6317	-66,118	120,42	-33,3333	0,78649	36,24067	-47,765	59,96667	-52,7763
0,73382	354,93	-435,133	561,7967	-50,8717	0,73382	103,4487	-67,9027	123,7533	-33,3047	0,73382	37,58967	-50,0523	62,60567	-53,0613
0,68468	368,6967	-451,237	583,0167	-50,8303	0,68468	106,33	-69,768	127,1833	-33,2927	0,68468	38,96233	-52,3117	65,237	-53,2897
0,63883	385,5633	-469,173	607,5867	-50,6607	0,63883	109,4033	-71,6747	130,8	-33,25	0,63883	40,431	-54,7473	68,068	-53,5247
0,59605	395,9733	-490,603	631,1833	-51,199	0,59605	112,74	-73,5147	134,5967	-33,1243	0,59605	42,15067	-57,5417	71,33767	-53,75
0,55613	424,76	-502,237	657,8767	-49,8153	0,55613	115,9133	-75,3157	138,2367	-33,0283	0,55613	43,70333	-60,0587	74,28633	-53,933

Naměřené hodnoty membrány MEA Dapozol

střední hodnoty Dapozol_clear_membrane					střední hodnota Dapozol_100_membrane					střední hodnota Dapozol_500_membrane				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
0,51889	437,72	-523,187	682,4567	-50,146	0,51889	119,2467	-77,327	142,1267	-32,975	0,51889	45,38967	-62,8747	77,55667	-54,1507
0,48414	459,32	-542,973	711,44	-49,8153	0,48414	122,8833	-79,3707	146,29	-32,8693	0,48414	47,345	-66,176	81,379	-54,397
0,45172	467,76	-547,063	719,9467	-49,553	0,45172	126,7033	-81,0393	150,4067	-32,6123	0,45172	49,24767	-69,0167	84,79633	-54,47
0,42147	482,3567	-592,18	764,99	-50,9407	0,42147	130,31	-83,067	154,5333	-32,5227	0,42147	51,19333	-72,3417	88,63533	-54,6943
0,39324	512,69	-605,963	794,1867	-49,8333	0,39324	134,52	-84,972	159,1067	-32,285	0,39324	53,64767	-75,9583	93,005	-54,751
0,36691	529,2467	-632,407	825,4233	-50,1533	0,36691	138,5067	-86,6193	163,3633	-32,0253	0,36691	55,658	-79,506	97,06467	-54,9863
0,34234	558,0433	-669,063	872,1867	-50,188	0,34234	142,82	-88,5123	168,0233	-31,7923	0,34234	58,171	-83,3373	101,6453	-55,066
0,31941	585,71	-673,49	892,8333	-49,0267	0,31941	147,1567	-90,0847	172,5433	-31,4757	0,31941	60,69233	-87,2117	106,2633	-55,147
0,29802	604,1867	-698,743	924,09	-49,1997	0,29802	151,58	-91,8187	177,22	-31,2063	0,29802	63,70933	-91,6117	111,6067	-55,1647
0,27807	630,06	-727,257	962,5933	-49,134	0,27807	156,0767	-93,2117	181,7933	-30,846	0,27807	66,266	-96,2257	116,8533	-55,427
0,25944	643,0233	-763,21	999,2433	-49,9473	0,25944	160,7	-94,766	186,56	-30,5273	0,25944	69,397	-100,62	122,2467	-55,386
0,24207	681,4133	-781,823	1037,467	-48,9577	0,24207	165,3433	-95,9453	191,1633	-30,124	0,24207	72,595	-105,693	128,2433	-55,4943
0,22586	725,3833	-814,03	1090,5	-48,3027	0,22586	170,0433	-97,311	195,92	-29,7797	0,22586	75,97067	-110,723	134,2967	-55,523
0,21073	736,97	-834,837	1113,9	-48,596	0,21073	174,6733	-98,387	200,4767	-29,3887	0,21073	79,81	-116,217	141,0033	-55,496
0,19662	763,3567	-868,41	1156,6	-48,712	0,19662	179,4233	-99,3967	205,1167	-28,9817	0,19662	83,66433	-122,323	148,2233	-55,6017
0,18345	785,2133	-915,563	1207,467	-49,4033	0,18345	184,1433	-100,42	209,7433	-28,6033	0,18345	87,51367	-128,34	155,3533	-55,6853
0,17117	826,48	-934,45	1247,867	-48,5347	0,17117	188,71	-101,445	214,25	-28,2577	0,17117	91,91367	-134,56	162,9767	-55,637
0,15971	859,4833	-970,11	1296,367	-48,481	0,15971	193,2467	-102,27	218,6433	-27,8863	0,15971	96,41167	-141,57	171,3067	-55,7147
0,14901	885,8767	-1010,13	1344,133	-48,776	0,14901	197,88	-103,089	223,1233	-27,516	0,14901	101,3277	-148,597	179,8833	-55,6753
0,13903	920,68	-1044,73	1393,1	-48,643	0,13903	202,1867	-103,95	227,3433	-27,205	0,13903	106,6733	-155,993	189,01	-55,5993
0,12972	954,6067	-1085,33	1446	-48,694	0,12972	206,3033	-104,491	231,26	-26,859	0,12972	112,4067	-163,987	198,8367	-55,5393
0,12104	986,88	-1130,63	1501,5	-48,9163	0,12104	210,68	-105,78	235,7467	-26,6597	0,12104	117,9933	-172,57	209,0733	-55,6067
0,11293	1036,587	-1174,83	1567,2	-48,5903	0,11293	214,73	-106,567	239,7167	-26,3933	0,11293	124,1733	-181,387	219,8433	-55,571
0,10537	1069,467	-1213,23	1617,733	-48,6253	0,10537	218,9967	-107,51	243,9633	-26,1463	0,10537	130,6	-190,36	230,88	-55,513
0,1	1098,967	-1251,5	1666,033	-48,7333	0,1	222,1967	-108,717	247,37	-26,0723	0,1	136,0633	-197,817	240,12	-55,443

## Naměřené hodnoty celé MEA Dapozol

střední hodnota Dapozol_clear_MEA					střední hodnota Dapozol_100_MEA					střední hodnota Dapozol_500_MEA				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
20000000	0,070322	0,029918	0,076422	23,04922	20000000	0,072802	0,031151	0,079187	23,16533	20000000	0,07284	0,029167	0,078465	21,821
18660660	0,017639	0,003385	0,017971	10,87804	18660660	0,017535	0,005178	0,018284	16,456	18660660	0,020897	0,006297	0,021828	16,78767
17411010	0,039568	-0,03619	0,053625	-42,4461	17411010	0,039382	-0,0359	0,053292	-42,355	17411010	0,038696	-0,03472	0,05199	-41,9007
16245050	0,056418	-0,03784	0,067936	-33,8537	16245050	0,056299	-0,03764	0,067725	-33,7677	16245050	0,056013	-0,0378	0,067572	-34,0113
15157170	0,073449	-0,04068	0,083964	-28,9827	15157170	0,073056	-0,04058	0,08357	-29,0507	15157170	0,072843	-0,04089	0,083533	-29,3067
14142140	0,08058	-0,03135	0,086462	-21,2564	14142140	0,080772	-0,03127	0,086613	-21,1633	14142140	0,080681	-0,03165	0,086666	-21,419
13195080	0,076996	-0,02938	0,08241	-20,8837	13195080	0,0773	-0,02931	0,082671	-20,7663	13195080	0,077171	-0,0298	0,082724	-21,1137
12311440	0,069477	-0,04344	0,081937	-32,0136	12311440	0,069851	-0,04337	0,082223	-31,8383	12311440	0,069784	-0,04421	0,082609	-32,3543
11486980	0,07974	-0,0863	0,117502	-47,2642	11486980	0,08037	-0,08629	0,11792	-47,0343	11486980	0,08107	-0,08765	0,119397	-47,235
10717740	0,165254	-0,11145	0,19933	-33,998	10717740	0,16621	-0,1107	0,199697	-33,6637	10717740	0,167893	-0,11062	0,20106	-33,3807
10000000	0,217219	-0,03528	0,220067	-9,22377	10000000	0,217407	-0,03453	0,22013	-9,02463	10000000	0,21782	-0,03408	0,220473	-8,89297
9330330	0,201219	0,015125	0,201787	4,299178	9330330	0,201307	0,015838	0,201927	4,498633	9330330	0,201727	0,015967	0,202357	4,525733
8705506	0,183262	0,03656	0,186872	11,28233	8705506	0,18338	0,037117	0,187097	11,44233	8705506	0,183803	0,037459	0,18758	11,519
8122524	0,169156	0,0488	0,176053	16,09233	8122524	0,169247	0,049576	0,176357	16,32633	8122524	0,1697	0,049886	0,176883	16,38167
7578583	0,1557	0,056123	0,165507	19,82233	7578583	0,15578	0,05713	0,165927	20,13967	7578583	0,156237	0,057281	0,166403	20,13467
7071068	0,144502	0,057411	0,155488	21,66844	7071068	0,144533	0,058375	0,155877	21,993	7071068	0,145113	0,058727	0,156547	22,033
6597540	0,136433	0,056658	0,14773	22,55256	6597540	0,136433	0,057722	0,14814	22,93233	6597540	0,137103	0,058655	0,149123	23,162
6155722	0,130658	0,055058	0,141786	22,85078	6155722	0,130483	0,056287	0,142107	23,33433	6155722	0,1307	0,057729	0,14288	23,83067
5743492	0,125384	0,052663	0,135998	22,784	5743492	0,124857	0,053984	0,136027	23,382	5743492	0,124683	0,055666	0,136543	24,059
5358868	0,12376	0,048512	0,13293	21,40667	5358868	0,122883	0,049879	0,13262	22,092	5358868	0,121987	0,052081	0,13264	23,11933
5000000	0,123797	0,047473	0,13259	20,98433	5000000	0,12216	0,04924	0,13171	21,95333	5000000	0,120013	0,051137	0,130453	23,07833
4665165	0,124358	0,049376	0,13381	21,66733	4665165	0,121187	0,050516	0,131297	22,62867	4665165	0,11757	0,05232	0,128687	23,98933
4352753	0,117772	0,054304	0,129689	24,76033	4352753	0,113247	0,053538	0,125263	25,30267	4352753	0,107927	0,052843	0,12017	26,08767
4061262	0,11194	0,059544	0,126792	27,99844	4061262	0,10677	0,057276	0,121163	28,211	4061262	0,100817	0,052146	0,113503	27,34967
3789292	0,099275	0,051566	0,111888	27,381	3789292	0,093016	0,046507	0,103993	26,56433	3789292	0,090796	0,039755	0,099119	23,64633
3535534	0,09958	0,044967	0,109381	24,07222	3535534	0,092108	0,03614	0,098944	21,423	3535534	0,089478	0,028124	0,093795	17,44867
3298770	0,095806	0,047225	0,107284	25,56667	3298770	0,087472	0,032137	0,093189	20,17333	3298770	0,080926	0,014207	0,082164	9,957933
3077861	0,0697	0,026067	0,078206	17,01506	3077861	0,062132	0,001288	0,062147	1,19022	3077861	0,059788	-0,05695	0,082568	-43,605

Naměřené hodnoty celé MEA Dapozol

střední hodnota Dapozol_clear_MEA					střední hodnota Dapozol_100_MEA					střední hodnota Dapozol_500_MEA				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
2871746	0,142964	-0,10207	0,178633	-33,333	2871746	0,14253	-0,14662	0,204493	-45,813	2871746	0,267203	-0,28595	0,391373	-46,942
2679434	1,017926	0,117063	1,025781	9,360922	2679434	0,995727	0,097774	1,001537	3,266067	2679434	3,529667	0,669077	3,592567	10,73367
2500000	2,279567	0,898061	2,462111	21,84144	2500000	2,373133	0,718393	2,479567	16,843	2500000	3,695467	1,454233	3,9713	21,48067
2332583	2,581956	1,198429	2,859589	25,07533	2332583	2,632367	0,95243	2,7994	19,89133	2332583	6,193633	3,450933	7,090133	29,12533
2176377	3,040333	1,238593	3,295778	22,24289	2176377	3,026333	0,96501	3,1765	17,687	2176377	6,3458	3,0789	7,053333	25,882
2030631	3,516711	1,1279	3,7048	17,811	2030631	3,4401	0,826337	3,538	13,508	2030631	6,511567	2,751633	7,069067	22,90767
1894646	4,507222	1,199546	4,683189	14,24787	1894646	3,739567	0,53176	3,777167	8,093833	1894646	6,654567	2,442	7,088533	20,15133
1767767	5,3317	1,30786	5,501278	13,58021	1767767	5,3231	1,056567	5,426967	11,22733	1767767	6,788733	2,165833	7,125867	17,69433
1649385	5,625278	1,24144	5,768744	12,44502	1649385	5,4715	0,911513	5,546967	9,458933	1649385	6,9234	1,946867	7,191933	15,70633
1538931	5,754778	1,114936	5,868278	10,9671	1538931	5,594567	0,81542	5,6537	8,293267	1538931	7,037833	1,781333	7,259767	14,204
1435873	5,859167	1,027009	5,953811	9,947744	1435873	5,697133	0,753697	5,7468	7,536767	1435873	7,1304	1,657933	7,320633	13,09
1339717	5,937333	0,978544	6,021844	9,367256	1339717	5,7757	0,72787	5,821367	7,183367	1339717	7,199967	1,571267	7,369433	12,311
1250000	5,966189	0,966134	6,047678	9,208456	1250000	5,805367	0,733677	5,851567	7,203433	1250000	7,226233	1,5234	7,385067	11,90467
1166291	5,938933	0,949619	6,017667	9,096656	1166291	5,779133	0,731707	5,8253	7,216533	1166291	7,2023	1,479933	7,352767	11,612
1088188	5,882233	0,869211	5,949033	8,419178	1088188	5,727567	0,663453	5,7659	6,608067	1088188	7,1404	1,387067	7,273867	10,99333
1015316	5,882556	0,769011	5,935156	7,462267	1015316	5,7333	0,576273	5,7622	5,740267	1015316	7,122533	1,269067	7,2347	10,10333
947322,9	5,904456	0,694838	5,947389	6,726267	947322,9	5,7587	0,515037	5,7817	5,111233	947322,9	7,1273	1,171067	7,222867	9,330967
883883,5	5,925956	0,640526	5,962378	6,183567	883883,5	5,782267	0,4726	5,801567	4,673033	883883,5	7,1335	1,0896	7,216267	8,684667
824692,4	5,941	0,59675	5,972578	5,750078	824692,4	5,7993	0,439577	5,815933	4,335033	824692,4	7,1363	1,0178	7,2085	8,117133
769465,3	5,950733	0,557892	5,978289	5,369667	769465,3	5,811633	0,411073	5,826167	4,046367	769465,3	7,135633	0,95325	7,199033	7,609233
717936,5	5,956089	0,521951	5,9802	5,021489	717936,5	5,818033	0,385047	5,830767	3,786767	717936,5	7,131533	0,89182	7,187067	7,1282
669858,4	5,957456	0,488597	5,978578	4,701267	669858,4	5,820767	0,359673	5,8319	3,536267	669858,4	7,123867	0,83392	7,1725	6,6768
625000	5,956878	0,454873	5,975222	4,378922	625000	5,821367	0,33487	5,831	3,292533	625000	7,116767	0,77351	7,1587	6,203167
583145,6	5,954944	0,422229	5,970767	4,067278	583145,6	5,8204	0,309657	5,828667	3,0457	583145,6	7,107733	0,719153	7,144	5,7776
544094,1	5,9531	0,388942	5,966567	3,749356	544094,1	5,819233	0,284083	5,826133	2,7951	544094,1	7,0996	0,66596	7,1308	5,358933
507657,8	5,952456	0,356036	5,963767	3,433411	507657,8	5,8193	0,259463	5,8251	2,5532	507657,8	7,0943	0,613693	7,120833	4,944167
473661,4	5,954078	0,325156	5,963522	3,135867	473661,4	5,821033	0,234823	5,8258	2,310333	473661,4	7,0914	0,564583	7,113833	4,5521
441941,8	5,957533	0,296848	5,965433	2,861922	441941,8	5,824433	0,212283	5,828267	2,087533	441941,8	7,091067	0,519777	7,110067	4,192367

Naměřené hodnoty celé MEA Dapozol

střední hodnota Dapozol_clear_MEA					střední hodnota Dapozol_100_MEA					střední hodnota Dapozol_500_MEA				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
412346,2	5,962611	0,269647	5,969178	2,598578	412346,2	5,829033	0,19212	5,8322	1,887933	412346,2	7,0927	0,478263	7,108833	3,8577
384732,6	5,967189	0,245539	5,972644	2,365033	384732,6	5,834233	0,174157	5,836833	1,71	384732,6	7,095733	0,440837	7,1094	3,5551
358968,3	5,972844	0,225459	5,977444	2,169911	358968,3	5,8399	0,15909	5,842067	1,560633	358968,3	7,0992	0,406573	7,110833	3,2778
334929,2	5,978111	0,206971	5,982	1,990489	334929,2	5,844933	0,143343	5,8467	1,405067	334929,2	7,1026	0,37579	7,112533	3,028667
312500	5,982933	0,190662	5,986244	1,832233	312500	5,848567	0,12999	5,85	1,273367	312500	7,106533	0,347873	7,115067	2,8025
291572,8	5,987256	0,176957	5,9901	1,699451	291572,8	5,853067	0,119953	5,8543	1,1742	291572,8	7,1105	0,322907	7,117833	2,6002
272047,1	5,9912	0,16444	5,993678	1,578338	272047,1	5,857033	0,111423	5,858067	1,089933	272047,1	7,112433	0,300403	7,118767	2,418533
253828,9	5,994778	0,153269	5,996922	1,470124	253828,9	5,860267	0,103887	5,8612	1,015693	253828,9	7,115167	0,279703	7,120667	2,251233
236830,7	5,997489	0,143684	5,999367	1,37775	236830,7	5,863067	0,097159	5,863867	0,94949	236830,7	7,117033	0,26086	7,121833	2,099133
220970,9	5,998989	0,135059	6,000622	1,294776	220970,9	5,864033	0,091287	5,864733	0,891943	220970,9	7,1186	0,2441	7,122767	1,963967
206173,1	6,000211	0,126986	6,001689	1,216981	206173,1	5,8653	0,085757	5,865933	0,837757	206173,1	7,118933	0,228337	7,1226	1,837133
192366,3	6,001222	0,119174	6,002489	1,141956	192366,3	5,866467	0,080728	5,867033	0,788463	192366,3	7,119733	0,214103	7,122933	1,7225
179484,1	6,001389	0,112022	6,002522	1,073331	179484,1	5,866933	0,076103	5,867433	0,74325	179484,1	7,119267	0,200127	7,122067	1,610233
167464,6	6,001833	0,105073	6,002822	1,006717	167464,6	5,867233	0,071446	5,867667	0,697723	167464,6	7,119033	0,18731	7,1215	1,507167
156250	6,001611	0,098689	6,002489	0,945632	156250	5,867533	0,067296	5,867933	0,65718	156250	7,118867	0,175063	7,121033	1,4087
145786,4	6,001444	0,092911	6,002244	0,890233	145786,4	5,866733	0,062903	5,867067	0,61437	145786,4	7,1185	0,163563	7,1204	1,316267
136023,5	6,002111	0,088128	6,002811	0,844493	136023,5	5,867367	0,060084	5,867667	0,586753	136023,5	7,118467	0,154107	7,120133	1,240167
126914,4	6,002444	0,082816	6,003067	0,793361	126914,4	5,8684	0,056612	5,8687	0,552753	126914,4	7,118933	0,14409	7,1204	1,159533
118415,4	6,004267	0,077867	6,004833	0,745988	118415,4	5,867667	0,053809	5,8679	0,525463	118415,4	7,118567	0,13536	7,119867	1,089333
110485,4	6,003967	0,073639	6,004467	0,70549	110485,4	5,867733	0,050532	5,867933	0,49344	110485,4	7,118167	0,126337	7,119267	1,0168
103086,6	6,003633	0,06866	6,004067	0,657634	103086,6	5,867833	0,047251	5,868033	0,461397	103086,6	7,117533	0,117933	7,118533	0,94927
96183,16	6,003122	0,064784	6,003489	0,620739	96183,16	5,8674	0,044879	5,8676	0,43828	96183,16	7,117067	0,1099	7,1179	0,884677
89742,06	6,002789	0,060769	6,003122	0,582291	89742,06	5,8667	0,041921	5,866867	0,40943	89742,06	7,116667	0,102863	7,1174	0,828083
83732,3	6,002356	0,057309	6,002656	0,549271	83732,3	5,8663	0,039446	5,8664	0,385283	83732,3	7,115567	0,096343	7,1162	0,77572
78125	6,001722	0,053549	6,001978	0,513041	78125	5,865433	0,037233	5,865533	0,363713	78125	7,1145	0,09037	7,1151	0,727737
72893,2	6,0011	0,050866	6,001333	0,487704	72893,2	5,864833	0,034689	5,864933	0,338923	72893,2	7,113967	0,084401	7,114467	0,679723
68011,76	6,001078	0,047482	6,0013	0,454966	68011,76	5,8647	0,032869	5,8648	0,321123	68011,76	7,114167	0,079102	7,1146	0,637037
63457,22	6,001878	0,043576	6,002044	0,417462	63457,22	5,865033	0,031508	5,865133	0,307827	63457,22	7,1147	0,075443	7,1151	0,607543

Naměřené hodnoty celé MEA Dapozol

střední hodnota Dapozol_clear_MEA					střední hodnota Dapozol_100_MEA					střední hodnota Dapozol_500_MEA				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
59207,68	6,002122	0,041159	6,002289	0,394393	59207,68	5,865433	0,03088	5,865533	0,301683	59207,68	7,114133	0,07108	7,114533	0,57244
55242,72	6,001789	0,038904	6,001922	0,372701	55242,72	5,8663	0,028342	5,8664	0,276843	55242,72	7,113633	0,066714	7,113933	0,537337
51543,28	6,000967	0,036387	6,001078	0,348693	51543,28	5,866633	0,026245	5,866733	0,256333	51543,28	7,114033	0,061906	7,114333	0,498583
48091,58	6,0008	0,034699	6,000867	0,332484	48091,58	5,876733	0,02599	5,876833	0,253403	48091,58	7,112633	0,058316	7,112833	0,469767
44871,03	6,000456	0,032338	6,000522	0,309929	44871,03	5,874233	0,023841	5,874267	0,232563	44871,03	7,112567	0,054359	7,112767	0,43789
41866,15	5,999789	0,030832	5,999856	0,295498	41866,15	5,873333	0,023592	5,873367	0,23018	41866,15	7,1129	0,051803	7,1131	0,417287
39062,5	5,999178	0,028454	5,999244	0,272696	39062,5	5,871333	0,021394	5,871333	0,208797	39062,5	7,1115	0,047762	7,1117	0,384817
36446,6	5,998944	0,026369	5,999011	0,252776	36446,6	5,871533	0,020304	5,871533	0,198143	36446,6	7,111167	0,044387	7,111267	0,357633
34005,88	5,998944	0,02477	5,999011	0,237429	34005,88	5,8701	0,018812	5,8701	0,183643	34005,88	7,110933	0,041711	7,111033	0,336077
31728,61	5,999011	0,023189	5,999078	0,22229	31728,61	5,869867	0,017355	5,869867	0,16944	31728,61	7,110833	0,038609	7,110933	0,311097
29603,84	5,998789	0,022128	5,998856	0,212058	29603,84	5,8696	0,016365	5,8696	0,159757	29603,84	7,111333	0,036424	7,111433	0,293473
27621,36	5,998478	0,020438	5,9985	0,195897	27621,36	5,869167	0,015252	5,869167	0,148903	27621,36	7,110933	0,033453	7,111033	0,26954
25771,64	5,998144	0,019333	5,998144	0,185361	25771,64	5,869167	0,014587	5,869167	0,142407	25771,64	7,111067	0,031218	7,111167	0,251533
24045,79	5,997867	0,017516	5,997867	0,167928	24045,79	5,869033	0,013378	5,869033	0,130603	24045,79	7,111367	0,028943	7,111467	0,233197
22435,52	5,9977	0,016018	5,9977	0,153584	22435,52	5,868633	0,012142	5,868633	0,11855	22435,52	7,111167	0,026525	7,1112	0,21372
20933,07	5,9978	0,015029	5,9978	0,144121	20933,07	5,8689	0,011475	5,8689	0,112027	20933,07	7,111267	0,025049	7,111267	0,201833
19531,25	5,9976	0,014169	5,9976	0,135881	19531,25	5,8679	0,010747	5,8679	0,104953	19531,25	7,1109	0,023179	7,1109	0,18677
18223,3	5,997422	0,013132	5,997422	0,125949	18223,3	5,868033	0,010595	5,868033	0,103463	18223,3	7,110767	0,021909	7,110767	0,176537
17002,94	5,997056	0,012213	5,997056	0,117132	17002,94	5,868033	0,009985	5,868033	0,097495	17002,94	7,110733	0,020227	7,110733	0,16299
15864,3	5,997011	0,011507	5,997011	0,110393	15864,3	5,8675	0,009214	5,8675	0,089981	15864,3	7,110967	0,018803	7,110967	0,151503
14801,92	5,997089	0,010596	5,997089	0,101625	14801,92	5,867267	0,0084	5,867267	0,082052	14801,92	7,1112	0,017883	7,1112	0,144087
13810,68	5,997022	0,009622	5,997022	0,092297	13810,68	5,8673	0,007694	5,8673	0,075141	13810,68	7,1109	0,016134	7,1109	0,130007
12885,82	5,997056	0,008806	5,997056	0,08448	12885,82	5,8669	0,007186	5,8669	0,070184	12885,82	7,111	0,014636	7,111	0,117927
12022,89	5,997267	0,007974	5,997267	0,07654	12022,89	5,867033	0,006748	5,867033	0,065901	12022,89	7,111367	0,013578	7,111367	0,1094
11217,76	5,9972	0,007316	5,9972	0,070183	11217,76	5,8669	0,006087	5,8669	0,059452	11217,76	7,111733	0,012397	7,111733	0,099881
10466,54	5,997178	0,006612	5,997178	0,063464	10466,54	5,867067	0,005592	5,867067	0,054621	10466,54	7,111867	0,011359	7,111867	0,091517
9765,625	5,997289	0,005989	5,997289	0,057471	9765,625	5,866567	0,005252	5,866567	0,051304	9765,625	7,112133	0,010196	7,112133	0,082138
9111,65	5,997344	0,005227	5,997344	0,050183	9111,65	5,867	0,004762	5,867	0,046515	9111,65	7,111833	0,00924	7,111833	0,074443

Naměřené hodnoty celé MEA Dapozol

střední hodnota Dapozol_clear_MEA					střední hodnota Dapozol_100_MEA					střední hodnota Dapozol_500_MEA				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
8501,47	5,997267	0,004675	5,997267	0,044904	8501,47	5,866767	0,004444	5,866767	0,0434	8501,47	7,1122	0,008403	7,1122	0,067693
7932,152	5,997389	0,004092	5,997389	0,039333	7932,152	5,866567	0,003805	5,866567	0,037168	7932,152	7,111967	0,007472	7,111967	0,060199
7400,96	5,997422	0,003564	5,997422	0,034279	7400,96	5,866533	0,003609	5,866533	0,035243	7400,96	7,1135	0,006616	7,1135	0,05329
6905,34	5,997689	0,002937	5,997689	0,028237	6905,34	5,866667	0,002932	5,866667	0,028637	6905,34	7,113733	0,005913	7,113733	0,047625
6442,91	5,998189	0,002553	5,998189	0,024574	6442,91	5,866267	0,002816	5,866267	0,027505	6442,91	7,1143	0,004664	7,1143	0,037561
6011,447	5,998333	0,002067	5,998333	0,019933	6011,447	5,867167	0,002307	5,867167	0,022542	6011,447	7,115133	0,004454	7,115133	0,035871
5608,879	5,998556	0,001543	5,998556	0,014886	5608,879	5,867567	0,002077	5,867567	0,020293	5608,879	7,115233	0,003435	7,115233	0,027659
5233,269	5,998767	0,001168	5,998767	0,011308	5233,269	5,8675	0,001808	5,8675	0,01766	5233,269	7,1154	0,002902	7,1154	0,023374
4882,813	5,999011	0,000668	5,999011	0,006539	4882,813	5,867533	0,001351	5,867533	0,013191	4882,813	7,115567	0,002286	7,115567	0,018411
4555,825	5,998978	0,0003	5,998978	0,003018	4555,825	5,8674	0,001146	5,8674	0,011206	4555,825	7,115433	0,001773	7,115433	0,014282
4250,735	5,999422	-0,00014	5,999422	-0,00121	4250,735	5,867567	0,000808	5,867567	0,00789	4250,735	7,115433	0,001151	7,115433	0,009272
3966,076	5,999356	-0,00064	5,999356	-0,00601	3966,076	5,867633	0,000714	5,867633	0,006975	3966,076	7,115567	0,000659	7,115567	0,00531
3700,48	5,999533	-0,00088	5,999533	-0,00831	3700,48	5,867333	0,000458	5,867333	0,004478	3700,48	7,115433	0,000141	7,115433	0,001138
3452,67	5,999544	-0,00139	5,999544	-0,01316	3452,67	5,868367	7,1E-05	5,868367	0,000699	3452,67	7,1157	-0,00032	7,1157	-0,00254
3221,455	5,999822	-0,00167	5,999822	-0,01586	3221,455	5,8694	-0,00021	5,8694	-0,002	3221,455	7,116333	-0,00099	7,116333	-0,00795
3005,724	5,999622	-0,00208	5,999622	-0,01975	3005,724	5,869833	-0,00051	5,869833	-0,00502	3005,724	7,116367	-0,00132	7,116367	-0,01059
2804,439	6,000122	-0,00239	6,000122	-0,02271	2804,439	5,871967	-0,00063	5,871967	-0,00614	2804,439	7,117567	-0,00181	7,117567	-0,0146
2616,635	6,000278	-0,0027	6,000278	-0,02569	2616,635	5,8734	-0,00094	5,8734	-0,00916	2616,635	7,118633	-0,00255	7,118633	-0,02054
2441,406	6,000622	-0,00317	6,000622	-0,03013	2441,406	5,873267	-0,00116	5,873267	-0,01133	2441,406	7,1194	-0,00296	7,1194	-0,02379
2277,913	6,000878	-0,00341	6,000878	-0,03242	2277,913	5,8733	-0,00131	5,8733	-0,01273	2277,913	7,119433	-0,00321	7,119433	-0,02581
2125,368	6,001122	-0,0038	6,001122	-0,0362	2125,368	5,8732	-0,00144	5,8732	-0,01407	2125,368	7,119733	-0,00375	7,119733	-0,03019
1983,038	6,001433	-0,00404	6,001433	-0,03849	1983,038	5,8734	-0,00171	5,8734	-0,01664	1983,038	7,120333	-0,00427	7,120333	-0,03437
1850,24	6,0018	-0,00446	6,0018	-0,04244	1850,24	5,873933	-0,00304	5,873933	-0,02969	1850,24	7,119767	-0,00386	7,119767	-0,03104
1726,335	6,002056	-0,00468	6,002056	-0,04463	1726,335	5,873267	-0,00229	5,873267	-0,02235	1726,335	7,120533	-0,00529	7,120533	-0,04257
1610,727	6,002244	-0,00497	6,002244	-0,04737	1610,727	5,872867	-0,00235	5,872867	-0,02289	1610,727	7,1206	-0,00526	7,1206	-0,04228
1502,862	6,002644	-0,0053	6,002644	-0,05044	1502,862	5,873633	-0,00252	5,873633	-0,02455	1502,862	7,1209	-0,00578	7,1209	-0,04647
1402,22	6,003	-0,00558	6,003	-0,05316	1402,22	5,873633	-0,00272	5,873633	-0,02648	1402,22	7,120833	-0,0065	7,120833	-0,05234
1308,317	6,003322	-0,00598	6,003322	-0,057	1308,317	5,8738	-0,00311	5,8738	-0,03034	1308,317	7,121067	-0,00682	7,121067	-0,05489

Naměřené hodnoty celé MEA Dapozol

střední hodnota Dapozol_clear_MEA					střední hodnota Dapozol_100_MEA					střední hodnota Dapozol_500_MEA				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
1220,703	6,003678	-0,00628	6,003678	-0,05992	1220,703	5,8735	-0,00338	5,8735	-0,03296	1220,703	7,121333	-0,0071	7,121333	-0,05716
1138,956	6,004222	-0,00656	6,004222	-0,06254	1138,956	5,874033	-0,00439	5,874033	-0,04281	1138,956	7,121367	-0,00821	7,121367	-0,06608
1062,684	6,004444	-0,00679	6,004444	-0,0647	1062,684	5,873833	-0,00356	5,873833	-0,03471	1062,684	7,121867	-0,00809	7,121867	-0,06506
991,519	6,004889	-0,0071	6,004889	-0,06765	991,519	5,874067	-0,00371	5,874067	-0,03622	991,519	7,122333	-0,0085	7,122333	-0,06836
925,12	6,005389	-0,00745	6,005389	-0,07103	925,12	5,873667	-0,00387	5,873667	-0,03777	925,12	7,122967	-0,00922	7,122967	-0,07417
863,1675	6,005767	-0,00777	6,005767	-0,07407	863,1675	5,8744	-0,00433	5,8744	-0,04225	863,1675	7,122867	-0,00939	7,122867	-0,07555
805,3637	6,006144	-0,00797	6,006144	-0,07596	805,3637	5,873033	-0,00476	5,873033	-0,04647	805,3637	7,123167	-0,01035	7,123167	-0,08326
751,4309	6,006356	-0,00805	6,006356	-0,0767	751,4309	5,875833	-0,00529	5,875833	-0,05158	751,4309	7,122433	-0,00997	7,122433	-0,08021
701,1098	6,007033	-0,00862	6,007033	-0,08216	701,1098	5,8742	-0,00517	5,8742	-0,05046	701,1098	7,124967	-0,00941	7,124967	-0,07568
654,1586	6,008422	-0,0089	6,008422	-0,08485	654,1586	5,8757	-0,00486	5,8757	-0,04744	654,1586	7,1247	-0,01129	7,1247	-0,0908
610,3516	6,011422	-0,00921	6,011422	-0,08777	610,3516	5,8739	-0,00509	5,8739	-0,04964	610,3516	7,125367	-0,01179	7,125367	-0,0948
569,4781	6,011833	-0,00954	6,011833	-0,09084	569,4781	5,875967	-0,00558	5,875967	-0,05438	569,4781	7,125733	-0,01232	7,125733	-0,09907
531,3419	6,012378	-0,0099	6,012378	-0,09423	531,3419	5,874733	-0,01052	5,874733	-0,10242	531,3419	7,127067	-0,01618	7,127067	-0,12998
495,7595	6,0124	-0,01003	6,0124	-0,09552	495,7595	5,8755	-0,00649	5,8755	-0,06327	495,7595	7,127567	-0,01416	7,127567	-0,11382
462,56	6,0126	-0,01048	6,0126	-0,09976	462,56	5,875	-0,0064	5,875	-0,06238	462,56	7,126433	-0,01405	7,126433	-0,11296
431,5837	6,013078	-0,01066	6,013078	-0,10156	431,5837	5,878933	-0,00606	5,878933	-0,05911	431,5837	7,128467	-0,01433	7,128467	-0,11517
402,6819	6,013467	-0,01089	6,013467	-0,10371	402,6819	5,8748	-0,00762	5,8748	-0,0744	402,6819	7,131167	-0,01593	7,131167	-0,12795
375,7155	6,014278	-0,01115	6,014278	-0,1063	375,7155	5,876567	-0,00647	5,876567	-0,06309	375,7155	7,127633	-0,01601	7,127633	-0,1287
350,5549	6,013789	-0,01165	6,013789	-0,11068	350,5549	5,8776	-0,01051	5,8776	-0,1024	350,5549	7,1278	-0,01605	7,1278	-0,12897
327,0793	6,014689	-0,01194	6,014689	-0,11368	327,0793	5,877533	-0,00801	5,877533	-0,07808	327,0793	7,128533	-0,01782	7,128533	-0,1432
305,1758	6,015167	-0,01219	6,015167	-0,11606	305,1758	5,876267	-0,00734	5,876267	-0,07164	305,1758	7,127833	-0,018	7,127833	-0,14467
284,7391	6,016056	-0,0125	6,016056	-0,1191	284,7391	5,877367	-0,00812	5,877367	-0,07915	284,7391	7,131533	-0,01774	7,131533	-0,14254
265,671	6,016389	-0,01272	6,016389	-0,12116	265,671	5,877533	-0,00945	5,877533	-0,09208	265,671	7,1308	-0,01886	7,1308	-0,15155
247,8798	6,016611	-0,01426	6,016611	-0,1358	247,8798	5,8773	-0,0131	5,8773	-0,12773	247,8798	7,1291	-0,01774	7,1291	-0,14255
231,28	6,016889	-0,01368	6,016889	-0,13032	231,28	5,877133	-0,00758	5,877133	-0,07398	231,28	7,1321	-0,01772	7,1321	-0,14241
215,7919	6,017567	-0,01409	6,017567	-0,13412	215,7919	5,878367	-0,00715	5,878367	-0,06974	215,7919	7,1345	-0,02227	7,1345	-0,17885
201,3409	6,017144	-0,01442	6,017144	-0,13746	201,3409	5,904367	-0,03234	5,9046	-0,31132	201,3409	7,128467	0,002739	7,128533	0,023143
187,8577	6,017944	-0,01479	6,017944	-0,14086	187,8577	5,8736	-0,01341	5,8736	-0,13088	187,8577	7,138533	-0,02125	7,138533	-0,1706



Naměřené hodnoty celé MEA Dapozol

střední hodnota Dapozol_clear_MEA					střední hodnota Dapozol_100_MEA					střední hodnota Dapozol_500_MEA				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
175,2775	6,018311	-0,01541	6,018311	-0,14676	175,2775	5,8765	-0,01225	5,8765	-0,11944	175,2775	7,136	-0,02411	7,136	-0,19354
163,5397	6,018533	-0,01597	6,018533	-0,15207	163,5397	5,877233	-0,01254	5,877233	-0,12233	163,5397	7,135233	-0,02504	7,135267	-0,20102
152,5879	6,019711	-0,01623	6,019711	-0,15437	152,5879	5,8801	-0,01646	5,880133	-0,16029	152,5879	7,135567	-0,0223	7,1356	-0,17916
142,3695	6,0196	-0,01686	6,0196	-0,16046	142,3695	5,8798	-0,01394	5,8798	-0,13587	142,3695	7,140733	-0,02662	7,140767	-0,21359
132,8355	6,020089	-0,01769	6,020089	-0,16839	132,8355	5,877067	-0,01641	5,877067	-0,15987	132,8355	7,1346	-0,02772	7,134667	-0,22261
123,9399	6,020133	-0,01836	6,020133	-0,17478	123,9399	5,875433	-0,01686	5,875433	-0,16444	123,9399	7,1387	-0,02751	7,138767	-0,22082
115,64	6,020711	-0,0189	6,020711	-0,17998	115,64	5,879533	-0,01052	5,879533	-0,10267	115,64	7,139367	-0,02528	7,139433	-0,20293
107,8959	6,0212	-0,01978	6,0212	-0,18828	107,8959	5,8813	-0,02722	5,8814	-0,26558	107,8959	7,135533	-0,03573	7,135667	-0,28684
100,6705	6,021389	-0,02076	6,021389	-0,19759	100,6705	5,940767	-0,03292	5,941433	-0,32197	100,6705	7,185933	-0,04651	7,186533	-0,36538
93,92887	6,022111	-0,02162	6,022111	-0,20581	93,92887	5,881067	-0,03146	5,881167	-0,30617	93,92887	7,145933	-0,04042	7,146067	-0,3239
87,63873	6,022422	-0,02254	6,022422	-0,21457	87,63873	5,884067	-0,01456	5,8841	-0,14228	87,63873	7,150933	-0,03187	7,151	-0,25528
81,76983	6,022711	-0,02338	6,022711	-0,22259	81,76983	5,8747	-0,01957	5,8747	-0,19088	81,76983	7,145967	-0,03246	7,146033	-0,26033
76,29394	6,022878	-0,02467	6,022933	-0,2349	76,29394	5,879033	-0,02506	5,8791	-0,24428	76,29394	7,144833	-0,03537	7,144933	-0,28369
71,18477	6,023111	-0,02595	6,023211	-0,24709	71,18477	5,878367	-0,02691	5,878467	-0,26231	71,18477	7,145433	-0,03688	7,145533	-0,29576
66,41774	6,023456	-0,02726	6,023556	-0,25955	66,41774	5,879767	-0,02776	5,879867	-0,27054	66,41774	7,1458	-0,03845	7,1459	-0,30827
61,96994	6,023722	-0,02857	6,023822	-0,27205	61,96994	5,879067	-0,02983	5,879167	-0,29076	61,96994	7,147133	-0,0407	7,147233	-0,32631
57,82	6,024167	-0,03003	6,024267	-0,28591	57,82	5,8798	-0,03089	5,8799	-0,30098	57,82	7,147333	-0,04325	7,147433	-0,34671
53,94797	6,024078	-0,03176	6,024178	-0,30243	53,94797	5,878667	-0,0336	5,878767	-0,32762	53,94797	7,149733	-0,04183	7,149833	-0,33528
50,33523	6,025167	-0,03251	6,025267	-0,30941	50,33523	5,8827	-0,03946	5,882833	-0,38438	50,33523	7,146567	-0,0425	7,1467	-0,3408
46,96443	6,025478	-0,03563	6,025578	-0,33923	46,96443	5,879167	-0,03858	5,8793	-0,37595	46,96443	7,1516	-0,0495	7,1518	-0,39657
43,81937	6,025422	-0,03755	6,025522	-0,35754	43,81937	5,878733	-0,03943	5,878833	-0,38436	43,81937	7,153	-0,05281	7,1532	-0,42297
40,88491	6,025733	-0,03972	6,025833	-0,37819	40,88491	5,880833	-0,04378	5,881033	-0,42657	40,88491	7,152567	-0,05267	7,152767	-0,42192
38,14697	6,026056	-0,04194	6,026189	-0,39932	38,14697	5,8813	-0,04615	5,8815	-0,44962	38,14697	7,153667	-0,0558	7,153867	-0,4469
35,59238	6,026644	-0,0446	6,026822	-0,4246	35,59238	5,881067	-0,04919	5,881267	-0,47931	35,59238	7,154733	-0,06081	7,155	-0,4869
33,20887	6,027122	-0,04715	6,027322	-0,44881	33,20887	5,882333	-0,05297	5,882533	-0,51591	33,20887	7,155233	-0,06059	7,1555	-0,48516
30,98497	6,027722	-0,04995	6,027922	-0,47543	30,98497	5,8821	-0,05618	5,882367	-0,54721	30,98497	7,1558	-0,06283	7,156067	-0,5031
28,91	6,028211	-0,05316	6,028422	-0,50595	28,91	5,882733	-0,05795	5,883033	-0,56449	28,91	7,156633	-0,06781	7,156933	-0,54288
26,97398	6,028744	-0,0564	6,029011	-0,5368	26,97398	5,884533	-0,06413	5,8849	-0,6244	26,97398	7,157233	-0,07114	7,1576	-0,56952

Naměřené hodnoty celé MEA Dapozol

střední hodnota Dapozol_clear_MEA					střední hodnota Dapozol_100_MEA					střední hodnota Dapozol_500_MEA				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
25,16762	6,0293	-0,0599	6,0296	-0,57006	25,16762	5,884567	-0,06779	5,884967	-0,66013	25,16762	7,158267	-0,07529	7,158667	-0,60262
23,48222	6,029856	-0,06385	6,030222	-0,60765	23,48222	5,8847	-0,07265	5,885167	-0,70727	23,48222	7,160067	-0,0805	7,160533	-0,64415
21,90968	6,0305	-0,06777	6,030867	-0,64486	21,90968	5,8858	-0,0789	5,8863	-0,76805	21,90968	7,160467	-0,08324	7,160933	-0,66606
20,44246	6,031244	-0,07202	6,0317	-0,68521	20,44246	5,887033	-0,08136	5,8876	-0,79192	20,44246	7,161633	-0,0904	7,1622	-0,72318
19,07349	6,0319	-0,07667	6,032367	-0,72941	19,07349	5,887467	-0,08858	5,888167	-0,86208	19,07349	7,162267	-0,09469	7,162867	-0,75745
17,79619	6,032789	-0,08139	6,033356	-0,77421	17,79619	5,888967	-0,09369	5,8897	-0,91151	17,79619	7,163567	-0,09841	7,164233	-0,7871
16,60443	6,033511	-0,08668	6,034156	-0,82438	16,60443	5,8894	-0,10097	5,890267	-0,98228	16,60443	7,1647	-0,10632	7,1655	-0,85022
15,49249	6,0344	-0,09236	6,0351	-0,87832	15,49249	5,8907	-0,10812	5,8917	-1,0516	15,49249	7,1658	-0,11269	7,1667	-0,90098
14,455	6,035333	-0,0984	6,036133	-0,93564	14,455	5,8921	-0,1131	5,8932	-1,09973	14,455	7,166733	-0,12051	7,167733	-0,96335
13,48699	6,0364	-0,10458	6,037333	-0,99421	13,48699	5,893267	-0,11988	5,8945	-1,16547	13,48699	7,168233	-0,12571	7,169333	-1,00478
12,58381	6,037556	-0,1114	6,0386	-1,05879	12,58381	5,8945	-0,12913	5,8959	-1,2551	12,58381	7,168867	-0,13519	7,170167	-1,08033
11,74111	6,038889	-0,1185	6,040056	-1,12607	11,74111	5,8984	-0,13814	5,900033	-1,3417	11,74111	7,170167	-0,14341	7,1716	-1,14583
10,95484	6,040333	-0,12613	6,041644	-1,19829	10,95484	5,900633	-0,14753	5,9025	-1,4323	10,95484	7,172333	-0,15313	7,173933	-1,22307
10,22123	6,041756	-0,13425	6,043256	-1,27512	10,22123	5,909433	-0,15689	5,911533	-1,52093	10,22123	7,1733	-0,16201	7,175133	-1,29383
9,53674	6,043289	-0,14266	6,044978	-1,35469	9,53674	5,9123	-0,1658	5,9146	-1,60657	9,53674	7,1749	-0,17187	7,176967	-1,37223
8,8981	6,045011	-0,15197	6,046922	-1,44268	8,8981	5,913433	-0,17634	5,916067	-1,70817	8,8981	7,177133	-0,18466	7,179533	-1,4738
8,30222	6,046844	-0,16154	6,049011	-1,53297	8,30222	5,914733	-0,1872	5,9177	-1,81303	8,30222	7,178233	-0,19398	7,180867	-1,548
7,74624	6,048678	-0,17189	6,051133	-1,63077	7,74624	5,916467	-0,19736	5,919767	-1,91087	7,74624	7,180367	-0,20656	7,1833	-1,64787
7,2275	6,050544	-0,18288	6,053322	-1,73442	7,2275	5,9182	-0,21121	5,921967	-2,04407	7,2275	7,1823	-0,21949	7,185633	-1,75043
6,7435	6,053022	-0,19444	6,056156	-1,84328	6,7435	5,9197	-0,22394	5,923933	-2,16663	6,7435	7,1844	-0,23452	7,188233	-1,86967
6,2919	6,055156	-0,20674	6,058711	-1,95916	6,2919	5,921467	-0,23905	5,926267	-2,31197	6,2919	7,186433	-0,24938	7,190767	-1,9875
5,87055	6,057722	-0,21997	6,061733	-2,08361	5,87055	5,923467	-0,25431	5,928933	-2,45853	5,87055	7,188867	-0,2649	7,193767	-2,11037
5,47742	6,059489	-0,23376	6,064044	-2,2136	5,47742	5,9249	-0,2712	5,931133	-2,62097	5,47742	7,1905	-0,28023	7,195967	-2,23187
5,11061	6,062278	-0,24868	6,0674	-2,35373	5,11061	5,926833	-0,28714	5,933767	-2,77393	5,11061	7,193	-0,29925	7,199233	-2,38237
4,76837	6,065444	-0,26446	6,071244	-2,50163	4,76837	5,9287	-0,30571	5,936567	-2,9521	4,76837	7,195367	-0,31859	7,2024	-2,5353
4,44905	6,068567	-0,2813	6,075111	-2,65944	4,44905	5,931833	-0,32487	5,9407	-3,13517	4,44905	7,198733	-0,33968	7,206733	-2,7016
4,15111	6,071978	-0,29908	6,0794	-2,82578	4,15111	5,934267	-0,34639	5,944367	-3,34107	4,15111	7,2017	-0,36121	7,210733	-2,8714
3,87312	6,074911	-0,3181	6,083311	-3,00388	3,87312	5,9372	-0,36908	5,948667	-3,55753	3,87312	7,203567	-0,38506	7,213833	-3,05983

Naměřené hodnoty celé MEA Dapozol

střední hodnota Dapozol_clear_MEA					střední hodnota Dapozol_100_MEA					střední hodnota Dapozol_500_MEA				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
3,61375	6,078033	-0,33844	6,087522	-3,19394	3,61375	5,938	-0,39155	5,9509	-3,77303	3,61375	7,2067	-0,40879	7,218267	-3,24663
3,37175	6,080333	-0,36004	6,091078	-3,39616	3,37175	5,9391	-0,41625	5,953667	-4,00947	3,37175	7,208533	-0,43595	7,2217	-3,4609
3,14595	6,083967	-0,38317	6,096122	-3,61181	3,14595	5,940267	-0,44466	5,9569	-4,28133	3,14595	7,210433	-0,4649	7,2254	-3,6892
2,93528	6,087378	-0,40772	6,101133	-3,84041	2,93528	5,943033	-0,47343	5,961867	-4,55507	2,93528	7,213233	-0,4941	7,230133	-3,91867
2,73871	6,092456	-0,43404	6,108033	-4,08424	2,73871	5,944333	-0,50446	5,9657	-4,85123	2,73871	7,219067	-0,52749	7,238333	-4,17927
2,55531	6,096767	-0,46215	6,114433	-4,34481	2,55531	5,9485	-0,53787	5,9728	-5,16727	2,55531	7,2219	-0,56094	7,243633	-4,44147
2,38419	6,104222	-0,49236	6,124233	-4,62197	2,38419	5,955033	-0,57399	5,982667	-5,50617	2,38419	7,228533	-0,59742	7,253167	-4,72473
2,22452	6,109778	-0,52433	6,132467	-4,91648	2,22452	5,958333	-0,61218	5,9897	-5,86677	2,22452	7,233667	-0,63705	7,261633	-5,03303
2,07555	6,116078	-0,55846	6,141789	-5,22949	2,07555	5,961933	-0,65347	5,997633	-6,2557	2,07555	7,2386	-0,6789	7,270367	-5,35813
1,93656	6,119744	-0,59914	6,1493	-5,60497	1,93656	5,9624	-0,70274	6,0037	-6,72273	1,93656	7,241767	-0,72861	7,278333	-5,7455
1,80688	6,124289	-0,63543	6,1575	-5,93757	1,80688	5,9621	-0,74296	6,008233	-7,104	1,80688	7,2403	-0,77249	7,281367	-6,09017
1,68587	6,133833	-0,67698	6,171467	-6,31327	1,68587	5,968967	-0,79635	6,021867	-7,60003	1,68587	7,249433	-0,82272	7,295967	-6,4748
1,57298	6,141911	-0,7241	6,184911	-6,74004	1,57298	5,9716	-0,85291	6,032233	-8,1292	1,57298	7,2554	-0,87949	7,3085	-6,91187
1,46764	6,151711	-0,77186	6,200478	-7,16883	1,46764	5,9763	-0,91227	6,045567	-8,67993	1,46764	7,261067	-0,93937	7,3216	-7,37163
1,36936	6,161511	-0,82301	6,216811	-7,62649	1,36936	5,984667	-0,97233	6,063167	-9,2292	1,36936	7,265767	-1,00119	7,334433	-7,84583
1,27765	6,173222	-0,87678	6,235856	-8,10319	1,27765	5,9869	-1,03093	6,075067	-9,7716	1,27765	7,2714	-1,06873	7,349567	-8,36143
1,19209	6,184589	-0,932	6,2552	-8,58896	1,19209	5,9906	-1,11193	6,092967	-10,5163	1,19209	7,2808	-1,14093	7,3697	-8,90637
1,11226	6,198589	-0,99552	6,278922	-9,14566	1,11226	5,996667	-1,1773	6,1112	-11,1087	1,11226	7,284833	-1,21663	7,385733	-9,4816
1,03778	6,209367	-1,05966	6,300133	-9,70659	1,03778	6,005967	-1,2679	6,138367	-11,9217	1,03778	7,2938	-1,29583	7,408033	-10,0744
0,96828	6,241178	-1,13108	6,343978	-10,2942	0,96828	6,004367	-1,34863	6,154033	-12,6607	0,96828	7,3026	-1,38493	7,4328	-10,7393
0,90344	6,252811	-1,20588	6,369333	-10,9403	0,90344	6,0146	-1,43573	6,183667	-13,427	0,90344	7,3087	-1,47983	7,457033	-11,4463
0,84294	6,272333	-1,28219	6,403533	-11,5794	0,84294	6,027767	-1,53563	6,220367	-14,2937	0,84294	7,318033	-1,57687	7,486	-12,16
0,78649	6,299589	-1,3667	6,447822	-12,2683	0,78649	6,036733	-1,64217	6,256133	-15,219	0,78649	7,327867	-1,68413	7,5189	-12,9433
0,73382	6,323322	-1,45757	6,491022	-13,0086	0,73382	6,044667	-1,7533	6,293867	-16,1767	0,73382	7,335433	-1,79963	7,552967	-13,7847
0,68468	6,350011	-1,55457	6,539722	-13,7852	0,68468	6,051533	-1,87347	6,335033	-17,2037	0,68468	7,3471	-1,92373	7,594833	-14,673
0,63883	6,374744	-1,65186	6,5877	-14,5568	0,63883	6,049667	-1,9985	6,371333	-18,282	0,63883	7,357367	-2,05087	7,6379	-15,5763
0,59605	6,421644	-1,75136	6,658911	-15,2842	0,59605	6,078833	-2,12673	6,440267	-19,284	0,59605	7,384367	-2,18277	7,700267	-16,4673
0,55613	6,446233	-1,86671	6,714111	-16,1808	0,55613	6,0734	-2,28033	6,4875	-20,5807	0,55613	7,3892	-2,32447	7,746233	-17,4627

Naměřené hodnoty celé MEA Dapozol

střední hodnota Dapozol_clear_MEA					střední hodnota Dapozol_100_MEA					střední hodnota Dapozol_500_MEA				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase	Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
0,51889	6,490489	-1,99787	6,794711	-17,1404	0,51889	6,089867	-2,457	6,567	-21,9733	0,51889	7,3955	-2,49577	7,8054	-18,6483
0,48414	6,546933	-2,11566	6,884433	-17,9379	0,48414	6,118767	-2,6187	6,6558	-23,171	0,48414	7,422167	-2,67717	7,890267	-19,8343
0,45172	6,5822	-2,24797	6,960089	-18,8874	0,45172	6,127667	-2,77257	6,725933	-24,3463	0,45172	7,4473	-2,82493	7,965167	-20,7733
0,42147	6,647778	-2,40128	7,073644	-19,8894	0,42147	6,1374	-2,9924	6,8283	-25,9937	0,42147	7,442767	-3,0457	8,041933	-22,2553
0,39324	6,708711	-2,53304	7,177133	-20,7158	0,39324	6,1689	-3,17003	6,936033	-27,1983	0,39324	7,4903	-3,2335	8,1585	-23,3497
0,36691	6,7746	-2,70697	7,302567	-21,8082	0,36691	6,164167	-3,4118	7,045667	-28,965	0,36691	7,4864	-3,45733	8,2464	-24,788
0,34234	6,859433	-2,85337	7,437222	-22,6127	0,34234	6,215467	-3,61313	7,189667	-30,17	0,34234	7,528667	-3,68473	8,382067	-26,0783
0,31941	6,939156	-3,04588	7,587522	-23,7196	0,31941	6,219633	-3,89913	7,341133	-32,0833	0,31941	7,540333	-3,94753	8,5115	-27,6327
0,29802	7,036811	-3,20734	7,744011	-24,5248	0,29802	6,2529	-4,11823	7,487567	-33,3687	0,29802	7,583367	-4,1966	8,6672	-28,9597
0,27807	7,141011	-3,41569	7,928089	-25,5758	0,27807	6,280767	-4,441	7,6927	-35,262	0,27807	7,592533	-4,50157	8,826967	-30,662
0,25944	7,259389	-3,59019	8,112789	-26,3227	0,25944	6,2876	-4,7127	7,858133	-36,8513	0,25944	7,626567	-4,77987	9,0008	-32,0773
0,24207	7,395844	-3,81374	8,337922	-27,2806	0,24207	6,350667	-5,03407	8,1043	-38,4013	0,24207	7,6597	-5,13227	9,220367	-33,822
0,22586	7,525033	-4,01539	8,5476	-28,0761	0,22586	6,347067	-5,41343	8,3426	-40,459	0,22586	7,680967	-5,43997	9,412633	-35,307
0,21073	7,698644	-4,2213	8,801422	-28,7147	0,21073	6,3964	-5,73513	8,591533	-41,8773	0,21073	7,7434	-5,8146	9,683567	-36,9023
0,19662	7,873333	-4,46891	9,078478	-29,5451	0,19662	6,440167	-6,15533	8,9093	-43,701	0,19662	7,773133	-6,23233	9,963533	-38,719
0,18345	8,047089	-4,68673	9,340411	-30,168	0,18345	6,449233	-6,57473	9,210333	-45,549	0,18345	7,8026	-6,6278	10,238	-40,345
0,17117	8,268433	-4,89983	9,643211	-30,5779	0,17117	6,500067	-6,98283	9,540567	-47,047	0,17117	7,864767	-7,06793	10,57433	-41,945
0,15971	8,509589	-5,15398	9,985778	-31,1058	0,15971	6,5823	-7,46137	9,9504	-48,5777	0,15971	7,9158	-7,57307	10,955	-43,7307
0,14901	8,742956	-5,40368	10,32	-31,596	0,14901	6,626933	-8,0067	10,394	-50,381	0,14901	7,954033	-8,0717	11,333	-45,4167
0,13903	8,994544	-5,62083	10,65356	-31,8461	0,13903	6,6513	-8,55237	10,835	-52,123	0,13903	8,020067	-8,598	11,75867	-46,9893
0,12972	9,296889	-5,84372	11,03444	-31,9622	0,12972	6,734233	-9,08497	11,30933	-53,4473	0,12972	8,0999	-9,1778	12,241	-48,5687
0,12104	9,617856	-6,0771	11,43678	-32,0568	0,12104	6,8149	-9,7178	11,86967	-54,954	0,12104	8,126633	-9,83907	12,76167	-50,4413
0,11293	9,951856	-6,31281	11,85122	-32,1128	0,11293	6,870667	-10,388	12,45533	-56,513	0,11293	8,177033	-10,4573	13,27533	-51,9727
0,10537	10,29428	-6,53377	12,265	-32,0757	0,10537	6,9252	-11,0767	13,064	-57,9797	0,10537	8,280167	-11,1197	13,86433	-53,324
0,1	10,56767	-6,68328	12,58111	-31,9403	0,1	6,9967	-11,6147	13,56033	-58,9293	0,1	8,370333	-11,7037	14,38933	-54,4253

Naměřené hodnoty první difuzní vrstvy MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_GDL				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
20000000	0,074261	0,030329	0,080217	22,21833
18660660	0,019716	0,006344	0,020718	17,822
17411010	0,039163	-0,03487	0,05244	-41,6857
16245050	0,056175	-0,03757	0,06758	-33,7747
15157170	0,073381	-0,04067	0,0839	-28,9993
14142140	0,080673	-0,03149	0,0866	-21,322
13195080	0,077137	-0,02971	0,082662	-21,0673
12311440	0,069775	-0,04422	0,08261	-32,367
11486980	0,081285	-0,0877	0,119577	-47,1737
10717740	0,168223	-0,11017	0,201087	-33,2203
10000000	0,217643	-0,03344	0,2202	-8,73427
9330330	0,201457	0,016066	0,202097	4,559767
8705506	0,183703	0,037326	0,187457	11,48533
8122524	0,16951	0,049697	0,176647	16,34
7578583	0,156057	0,057042	0,166157	20,07833
7071068	0,144923	0,058453	0,15627	21,966
6597540	0,13685	0,05823	0,148723	23,04967
6155722	0,130553	0,057123	0,142503	23,63133
5743492	0,12463	0,055052	0,136247	23,83233
5358868	0,122017	0,051346	0,13238	22,82167
5000000	0,12057	0,050272	0,130633	22,634
4665165	0,118587	0,051796	0,129403	23,59467
4352753	0,109217	0,053139	0,121457	25,945
4061262	0,102213	0,05304	0,115157	27,42567
3789292	0,092152	0,041452	0,10105	24,219
3535534	0,091095	0,030492	0,096063	18,50733
3298770	0,08428	0,017829	0,086146	11,94467
3077861	0,068033	-0,04732	0,082873	-34,822

střední hodnota fumatech_500_GDL				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
20000000	0,070143	0,033262	0,07763	25,37033
18660660	0,014901	0,004535	0,015576	16,92167
17411010	0,03863	-0,03668	0,053273	-43,5197
16245050	0,056376	-0,03805	0,068013	-34,014
15157170	0,073453	-0,04081	0,084029	-29,0563
14142140	0,08064	-0,03143	0,086549	-21,2943
13195080	0,077063	-0,02958	0,082547	-21,002
12311440	0,069739	-0,04403	0,082473	-32,264
11486980	0,081249	-0,08736	0,1193	-47,074
10717740	0,167993	-0,10955	0,200557	-33,1087
10000000	0,217037	-0,033	0,21953	-8,64447
9330330	0,200793	0,016194	0,201443	4,610833
8705506	0,182947	0,037386	0,186727	11,54933
8122524	0,16897	0,04963	0,176107	16,36833
7578583	0,15549	0,057017	0,165613	20,13767
7071068	0,144537	0,058255	0,155837	21,952
6597540	0,136423	0,058095	0,148277	23,066
6155722	0,130267	0,056865	0,142137	23,583
5743492	0,12445	0,05495	0,13604	23,82333
5358868	0,121857	0,051389	0,132247	22,86633
5000000	0,119993	0,050454	0,130173	22,80533
4665165	0,11758	0,051524	0,128373	23,663
4352753	0,109043	0,05188	0,12076	25,44367
4061262	0,10307	0,052276	0,115567	26,89367
3789292	0,09339	0,041481	0,10219	23,94967
3535534	0,093012	0,031408	0,098172	18,65867
3298770	0,087209	0,02177	0,089886	14,01633
3077861	0,068218	-0,03474	0,076561	-26,9987

Naměřené hodnoty první difuzní vrstvy MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_GDL				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
2871746	0,270717	-0,24529	0,36532	-42,1797
2679434	3,2487	0,842257	3,356133	14,535
2500000	3,349267	1,551367	3,691167	24,85367
2332583	5,5446	3,571667	6,595433	32,78867
2176377	5,696833	3,2029	6,5355	29,346
2030631	5,863533	2,8795	6,532433	26,15533
1894646	6,001433	2,569367	6,528333	23,17733
1767767	6,131967	2,300967	6,549467	20,56833
1649385	6,257033	2,084733	6,5952	18,42733
1538931	6,3623	1,918333	6,645233	16,779
1435873	6,445467	1,7916	6,689833	15,53433
1339717	6,506767	1,701067	6,725433	14,65133
1250000	6,5236	1,648667	6,7287	14,183
1166291	6,4898	1,595967	6,683167	13,81633
1088188	6,422433	1,490667	6,593167	13,06767
1015316	6,404367	1,361767	6,547533	12,004
947322,9	6,408633	1,256	6,530567	11,089
883883,5	6,4146	1,168533	6,520167	10,32433
824692,4	6,417067	1,091167	6,509167	9,650567
769465,3	6,415367	1,0208	6,4961	9,0412
717936,5	6,409967	0,954777	6,4807	8,4722
669858,4	6,403533	0,891563	6,4653	7,9265
625000	6,395	0,832157	6,4489	7,414167
583145,6	6,386633	0,77196	6,433133	6,892133
544094,1	6,378533	0,715057	6,418467	6,396467
507657,8	6,3736	0,657477	6,407433	5,889767
473661,4	6,3704	0,60551	6,399133	5,4298
441941,8	6,371067	0,557863	6,395433	5,0043

střední hodnota fumatech_500_GDL				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
2871746	0,24756	-0,22547	0,33488	-42,3227
2679434	3,0209	0,737773	3,109767	13,728
2500000	3,172967	1,3839	3,4617	23,56767
2332583	3,474533	1,712467	3,8737	26,24067
2176377	5,698367	2,867567	6,3796	26,71867
2030631	5,840833	2,586533	6,388	23,88867
1894646	5,9892	2,290967	6,412467	20,93567
1767767	6,130767	2,027933	6,457533	18,306
1649385	6,265967	1,824033	6,526133	16,233
1538931	6,3822	1,6714	6,5975	14,67767
1435873	6,4735	1,5585	6,6585	13,539
1339717	6,543033	1,481767	6,708767	12,76267
1250000	6,5674	1,441467	6,7238	12,382
1166291	6,539067	1,400733	6,687467	12,09333
1088188	6,477767	1,305133	6,607967	11,394
1015316	6,4645	1,187733	6,572733	10,41333
947322,9	6,4735	1,092233	6,565033	9,5789
883883,5	6,484533	1,015467	6,563567	8,901967
824692,4	6,490767	0,947703	6,5596	8,308667
769465,3	6,492333	0,88706	6,552667	7,7819
717936,5	6,489667	0,83041	6,5426	7,2934
669858,4	6,484833	0,775563	6,531067	6,821433
625000	6,478733	0,722773	6,5189	6,366933
583145,6	6,472133	0,671217	6,506867	5,922133
544094,1	6,466467	0,62041	6,496167	5,481633
507657,8	6,461867	0,569243	6,4869	5,0355
473661,4	6,460633	0,52311	6,4818	4,630133
441941,8	6,461067	0,480683	6,478933	4,255767

Naměřené hodnoty první difuzní vrstvy MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_GDL				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
412346,2	6,372167	0,51373	6,392833	4,6094
384732,6	6,373833	0,473823	6,391433	4,2516
358968,3	6,378367	0,43785	6,393367	3,927067
334929,2	6,381333	0,405043	6,394167	3,631967
312500	6,3851	0,37505	6,3961	3,361667
291572,8	6,3882	0,34881	6,3977	3,125433
272047,1	6,391833	0,3247	6,400067	2,908133
253828,9	6,394433	0,302693	6,4016	2,710267
236830,7	6,396367	0,28298	6,402633	2,533233
220970,9	6,3975	0,264357	6,402933	2,366267
206173,1	6,398567	0,247667	6,403367	2,216667
192366,3	6,399533	0,231853	6,403767	2,074967
179484,1	6,399267	0,217203	6,402933	1,944
167464,6	6,399467	0,203433	6,4027	1,820833
156250	6,3988	0,19106	6,401633	1,7103
145786,4	6,398533	0,17787	6,401033	1,592367
136023,5	6,398767	0,167713	6,400967	1,501433
126914,4	6,399133	0,157243	6,401067	1,407667
118415,4	6,399333	0,147677	6,401033	1,322
110485,4	6,398233	0,137703	6,399733	1,232933
103086,6	6,398167	0,129677	6,399467	1,1611
96183,16	6,397633	0,12117	6,398767	1,085067
89742,06	6,397067	0,113527	6,398067	1,016733
83732,3	6,3965	0,106523	6,3974	0,954103
78125	6,3961	0,10013	6,3969	0,89692
72893,2	6,395667	0,093955	6,396367	0,841653
68011,76	6,395433	0,088355	6,396033	0,791513
63457,22	6,395667	0,081782	6,396167	0,732623

střední hodnota fumatech_500_GDL				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
412346,2	6,4644	0,44248	6,479533	3,9166
384732,6	6,4676	0,407637	6,480467	3,607267
358968,3	6,471667	0,375917	6,482567	3,325133
334929,2	6,476133	0,347253	6,485433	3,07
312500	6,4795	0,321313	6,487467	2,8396
291572,8	6,483867	0,298797	6,490767	2,639133
272047,1	6,487433	0,27814	6,4934	2,455567
253828,9	6,490033	0,259233	6,4952	2,287967
236830,7	6,4924	0,242363	6,496933	2,138367
220970,9	6,493767	0,226577	6,4977	1,9988
206173,1	6,494867	0,21239	6,498367	1,873433
192366,3	6,495767	0,199313	6,498833	1,7579
179484,1	6,496333	0,18701	6,499033	1,649267
167464,6	6,495733	0,1752	6,4981	1,545367
156250	6,495333	0,163897	6,4974	1,445767
145786,4	6,495833	0,15344	6,497667	1,3535
136023,5	6,496033	0,14447	6,497633	1,2743
126914,4	6,496667	0,13632	6,4981	1,202367
118415,4	6,496733	0,12782	6,498	1,127367
110485,4	6,496933	0,119373	6,498033	1,052833
103086,6	6,496533	0,1121	6,4975	0,988783
96183,16	6,496133	0,10506	6,496967	0,92676
89742,06	6,495867	0,098845	6,496633	0,871997
83732,3	6,4956	0,092723	6,496267	0,817997
78125	6,494467	0,086664	6,495067	0,76469
72893,2	6,494667	0,081709	6,495167	0,72097
68011,76	6,494233	0,076572	6,4947	0,675677
63457,22	6,494733	0,071047	6,495133	0,62686

Naměřené hodnoty první difuzní vrstvy MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_GDL				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
59207,68	6,395367	0,076898	6,395867	0,688907
55242,72	6,3958	0,072052	6,3962	0,645453
51543,28	6,3956	0,067576	6,396	0,605383
48091,58	6,395067	0,063878	6,395367	0,5723
44871,03	6,394633	0,059207	6,394933	0,530487
41866,15	6,394333	0,056177	6,394567	0,503363
39062,5	6,393367	0,052032	6,393567	0,466297
36446,6	6,392767	0,048712	6,392967	0,43659
34005,88	6,392733	0,046174	6,392933	0,413843
31728,61	6,393133	0,043373	6,393267	0,388717
29603,84	6,3928	0,040587	6,3929	0,36378
27621,36	6,393033	0,038113	6,393133	0,34157
25771,64	6,393067	0,035681	6,393167	0,319783
24045,79	6,393167	0,033215	6,393267	0,297673
22435,52	6,392567	0,031064	6,392667	0,27842
20933,07	6,3926	0,029017	6,3927	0,260077
19531,25	6,3923	0,027523	6,3924	0,246693
18223,3	6,3922	0,025599	6,3923	0,229463
17002,94	6,391867	0,024115	6,391867	0,216167
15864,3	6,3917	0,02307	6,3917	0,20681
14801,92	6,391567	0,02168	6,391567	0,194347
13810,68	6,391033	0,01987	6,391033	0,178143
12885,82	6,3916	0,018857	6,3916	0,169043
12022,89	6,391733	0,017573	6,391733	0,157533
11217,76	6,3917	0,016519	6,3917	0,148073
10466,54	6,3919	0,015579	6,3919	0,13965
9765,625	6,391467	0,014476	6,391467	0,12977
9111,65	6,3921	0,013523	6,3921	0,121223

střední hodnota fumatech_500_GDL				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
59207,68	6,4953	0,067485	6,495667	0,595443
55242,72	6,4949	0,062648	6,4952	0,552733
51543,28	6,494567	0,058756	6,494867	0,518503
48091,58	6,4946	0,056129	6,4948	0,495253
44871,03	6,493733	0,052101	6,493933	0,45979
41866,15	6,4937	0,049676	6,4939	0,438427
39062,5	6,493133	0,046081	6,493333	0,406727
36446,6	6,4926	0,042718	6,4927	0,377093
34005,88	6,4928	0,040281	6,4929	0,355557
31728,61	6,492567	0,037497	6,492667	0,330967
29603,84	6,492767	0,035998	6,492867	0,31771
27621,36	6,492567	0,033213	6,492667	0,293163
25771,64	6,4926	0,03137	6,4927	0,27691
24045,79	6,4926	0,029112	6,4927	0,256967
22435,52	6,4926	0,027206	6,4927	0,240153
20933,07	6,4925	0,025555	6,492567	0,225587
19531,25	6,492	0,02406	6,492	0,212367
18223,3	6,491967	0,022742	6,491967	0,2008
17002,94	6,4918	0,021357	6,4918	0,188533
15864,3	6,4918	0,02036	6,4918	0,179763
14801,92	6,492167	0,019237	6,492167	0,169793
13810,68	6,491967	0,0178	6,491967	0,15711
12885,82	6,4921	0,016465	6,4921	0,145347
12022,89	6,4921	0,015632	6,4921	0,138
11217,76	6,4924	0,014818	6,4924	0,130817
10466,54	6,492567	0,013803	6,492567	0,12184
9765,625	6,492967	0,013048	6,492967	0,115157
9111,65	6,4924	0,012001	6,4924	0,105933



Naměřené hodnoty první difuzní vrstvy MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_GDL				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
8501,47	6,3918	0,012779	6,3918	0,114547
7932,152	6,392033	0,011886	6,392033	0,10654
7400,96	6,392	0,011105	6,392	0,099547
6905,34	6,391933	0,010545	6,391933	0,094522
6442,91	6,392	0,009935	6,392	0,089056
6011,447	6,392	0,009303	6,392	0,083389
5608,879	6,392133	0,008873	6,392133	0,079536
5233,269	6,3922	0,008167	6,3922	0,073209
4882,813	6,392333	0,007569	6,392333	0,067847
4555,825	6,3921	0,007096	6,3921	0,063609
4250,735	6,3921	0,006629	6,3921	0,05942
3966,076	6,392567	0,006171	6,392567	0,055311
3700,48	6,3925	0,005845	6,3925	0,052383
3452,67	6,3921	0,005631	6,3921	0,050476
3221,455	6,392267	0,005181	6,392267	0,046445
3005,724	6,392067	0,004729	6,392067	0,042385
2804,439	6,392333	0,004452	6,392333	0,039903
2616,635	6,391833	0,00412	6,391833	0,03693
2441,406	6,392133	0,003922	6,392133	0,035158
2277,913	6,3918	0,003762	6,3918	0,033716
2125,368	6,3919	0,003502	6,3919	0,031395
1983,038	6,391833	0,003278	6,391833	0,029379
1850,24	6,392433	0,003568	6,392433	0,031984
1726,335	6,392033	0,002958	6,392033	0,026518
1610,727	6,392433	0,002666	6,392433	0,023898
1502,862	6,392167	0,002534	6,392167	0,022708
1402,22	6,3924	0,002148	6,3924	0,019245
1308,317	6,392167	0,001924	6,392167	0,017251

střední hodnota fumatech_500_GDL				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
8501,47	6,492533	0,011307	6,492533	0,099793
7932,152	6,492533	0,010588	6,492533	0,093482
7400,96	6,492833	0,009857	6,492833	0,087001
6905,34	6,492867	0,009368	6,492867	0,082697
6442,91	6,4935	0,008696	6,4935	0,076734
6011,447	6,493167	0,008087	6,493167	0,071372
5608,879	6,493633	0,007636	6,493633	0,067393
5233,269	6,4939	0,007281	6,4939	0,064266
4882,813	6,493867	0,006676	6,493867	0,058915
4555,825	6,494233	0,006401	6,494233	0,056495
4250,735	6,494133	0,006022	6,494133	0,053143
3966,076	6,493967	0,005491	6,493967	0,048459
3700,48	6,494333	0,005188	6,494333	0,045782
3452,67	6,494533	0,004958	6,494533	0,043759
3221,455	6,4948	0,004518	6,4948	0,039865
3005,724	6,494967	0,004344	6,494967	0,038337
2804,439	6,494867	0,004073	6,494867	0,035936
2616,635	6,494967	0,003855	6,494967	0,034014
2441,406	6,495233	0,003331	6,495233	0,029407
2277,913	6,495567	0,003294	6,495567	0,029063
2125,368	6,495667	0,003013	6,495667	0,026571
1983,038	6,4958	0,002792	6,4958	0,024636
1850,24	6,4957	0,003093	6,4957	0,027209
1726,335	6,495867	0,002578	6,495867	0,022738
1610,727	6,495933	0,00253	6,495933	0,022326
1502,862	6,496233	0,002304	6,496233	0,020288
1402,22	6,496733	0,00213	6,496733	0,018795
1308,317	6,496833	0,001878	6,496833	0,016565

Naměřené hodnoty první difuzní vrstvy MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_GDL				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
1220,703	6,392433	0,001959	6,392433	0,017556
1138,956	6,392833	0,00165	6,392833	0,01479
1062,684	6,392667	0,001728	6,392667	0,015481
991,519	6,392833	0,001587	6,392833	0,014222
925,12	6,393033	0,001462	6,393033	0,013099
863,1675	6,3929	0,00139	6,3929	0,012454
805,3637	6,393	0,001284	6,393	0,011504
751,4309	6,393467	0,001166	6,393467	0,010488
701,1098	6,393133	0,001174	6,393133	0,010524
654,1586	6,393233	0,001079	6,393233	0,009669
610,3516	6,3938	0,001255	6,3938	0,01125
569,4781	6,393567	0,001038	6,393567	0,009297
531,3419	6,394	0,00082	6,394	0,007343
495,7595	6,394033	0,000591	6,394033	0,005293
462,56	6,393467	0,00068	6,393467	0,006095
431,5837	6,394167	0,00072	6,394167	0,006443
402,6819	6,394	0,000638	6,394	0,005726
375,7155	6,394033	0,002363	6,394033	0,021184
350,5549	6,395133	0,001939	6,395133	0,017382
327,0793	6,395233	0,000397	6,395233	0,003564
305,1758	6,395567	0,000561	6,395567	0,005033
284,7391	6,396533	0,000808	6,396533	0,007233
265,671	6,396433	0,000791	6,396433	0,007078
247,8798	6,3973	0,001727	6,3973	0,015531
231,28	6,3963	0,000373	6,3963	0,003337
215,7919	6,396267	0,000334	6,396267	0,002986
201,3409	6,397067	0,000494	6,397067	0,004402
187,8577	6,396333	0,000499	6,396333	0,004468

střední hodnota fumatech_500_GDL				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
1220,703	6,4969	0,001761	6,4969	0,015529
1138,956	6,496967	0,00156	6,496967	0,013769
1062,684	6,497333	0,001587	6,497333	0,013989
991,519	6,4974	0,001382	6,4974	0,01219
925,12	6,4978	0,001341	6,4978	0,011805
863,1675	6,497567	0,001161	6,497567	0,010257
805,3637	6,497767	0,001143	6,497767	0,010102
751,4309	6,498433	0,00134	6,498433	0,011845
701,1098	6,498333	0,00089	6,498333	0,007842
654,1586	6,498367	0,000991	6,498367	0,00874
610,3516	6,4988	0,000729	6,4988	0,006423
569,4781	6,4987	0,000662	6,4987	0,005842
531,3419	6,499167	0,000883	6,499167	0,007774
495,7595	6,499033	0,000643	6,499033	0,005673
462,56	6,4996	0,000539	6,4996	0,004768
431,5837	6,499867	0,000724	6,499867	0,006378
402,6819	6,5002	0,000602	6,5002	0,005288
375,7155	6,501967	0,000164	6,501967	0,001332
350,5549	6,4998	0,000783	6,4998	0,006993
327,0793	6,5005	0,000318	6,5005	0,002809
305,1758	6,500867	0,000367	6,500867	0,003241
284,7391	6,501533	0,000744	6,501533	0,006581
265,671	6,501667	0,000296	6,501667	0,002611
247,8798	6,5011	0,002874	6,5011	0,025321
231,28	6,501433	0,00064	6,501433	0,005642
215,7919	6,501767	0,000354	6,501767	0,003127
201,3409	6,501667	-3,4E-06	6,501667	-0,00012
187,8577	6,5018	0,000241	6,5018	0,00212

Naměřené hodnoty první difuzní vrstvy MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_GDL				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
175,2775	6,396267	0,000333	6,396267	0,002993
163,5397	6,395433	0,000284	6,395433	0,002542
152,5879	6,3951	0,002903	6,3951	0,026014
142,3695	6,3951	-0,00025	6,3951	-0,00222
132,8355	6,395433	0,000117	6,395433	0,001053
123,9399	6,395533	0,00026	6,395533	0,00233
115,64	6,3959	0,00018	6,3959	0,001611
107,8959	6,395767	-0,00024	6,395767	-0,00212
100,6705	6,396433	-0,00041	6,396433	-0,00369
93,92887	6,396167	-0,0002	6,396167	-0,0018
87,63873	6,396033	-0,00012	6,396033	-0,00108
81,76983	6,395933	-4,4E-05	6,395933	-0,0004
76,29394	6,395967	-0,0002	6,395967	-0,00178
71,18477	6,3961	-0,00047	6,3961	-0,00421
66,41774	6,3962	-0,00036	6,3962	-0,00326
61,96994	6,396067	-0,00033	6,396067	-0,00298
57,82	6,396333	-0,00032	6,396333	-0,0029
53,94797	6,3964	-0,0006	6,3964	-0,00541
50,33523	6,396967	-0,00028	6,396967	-0,00255
46,96443	6,396767	-0,00064	6,396767	-0,00572
43,81937	6,396667	-0,00054	6,396667	-0,00483
40,88491	6,396733	-0,00061	6,396733	-0,00543
38,14697	6,3969	-0,00052	6,3969	-0,00463
35,59238	6,397133	-0,0004	6,397133	-0,0036
33,20887	6,397233	-0,00058	6,397233	-0,00518
30,98497	6,397267	-0,00052	6,397267	-0,00467
28,91	6,3973	-0,00063	6,3973	-0,00564
26,97398	6,3975	-0,00037	6,3975	-0,00335

střední hodnota fumatech_500_GDL				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
175,2775	6,501967	0,000158	6,501967	0,001397
163,5397	6,502	0,000397	6,502	0,003476
152,5879	6,503867	-0,00182	6,503867	-0,01608
142,3695	6,503133	0,00044	6,503133	0,003874
132,8355	6,5025	-6,1E-05	6,5025	-0,00052
123,9399	6,502433	8,85E-05	6,502433	0,000779
115,64	6,502467	2,41E-05	6,502467	0,000228
107,8959	6,502733	-0,00021	6,502733	-0,00186
100,6705	6,502333	0,000142	6,502333	0,001245
93,92887	6,503233	-6E-05	6,503233	-0,00052
87,63873	6,503167	-0,00029	6,503167	-0,00255
81,76983	6,5034	-0,00028	6,5034	-0,00247
76,29394	6,5034	-0,00018	6,5034	-0,00162
71,18477	6,503733	-8,8E-05	6,503733	-0,00078
66,41774	6,503833	-0,00053	6,503833	-0,00467
61,96994	6,504333	-0,00031	6,504333	-0,00269
57,82	6,504267	-0,00042	6,504267	-0,00373
53,94797	6,504467	-0,00042	6,504467	-0,00367
50,33523	6,5054	0,000135	6,5054	0,001108
46,96443	6,505333	-0,00078	6,505333	-0,00685
43,81937	6,505533	-0,00067	6,505533	-0,00594
40,88491	6,5056	-0,00067	6,5056	-0,00585
38,14697	6,505667	-0,00067	6,505667	-0,00588
35,59238	6,506067	-0,00034	6,506067	-0,00299
33,20887	6,506267	-0,00074	6,506267	-0,00651
30,98497	6,5066	-0,00057	6,5066	-0,005
28,91	6,506833	-0,00062	6,506833	-0,00542
26,97398	6,506833	-0,00039	6,506833	-0,00347

Naměřené hodnoty první difuzní vrstvy MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_GDL				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
25,16762	6,397633	-0,00066	6,397633	-0,00592
23,48222	6,397633	-0,00085	6,397633	-0,00763
21,90968	6,397833	-0,00051	6,397833	-0,00457
20,44246	6,397433	-0,00046	6,397433	-0,00409
19,07349	6,397933	-0,00038	6,397933	-0,00342
17,79619	6,397833	-0,0003	6,397833	-0,00267
16,60443	6,397933	-0,0002	6,397933	-0,00177
15,49249	6,3982	-0,00025	6,3982	-0,00224
14,455	6,398233	-0,00048	6,398233	-0,00428
13,48699	6,398467	-6,7E-05	6,398467	-0,0006
12,58381	6,398633	-0,00015	6,398633	-0,00135
11,74111	6,398667	-1,2E-05	6,398667	-0,0001
10,95484	6,398667	-9,5E-05	6,398667	-0,00085
10,22123	6,3988	3,42E-05	6,3988	0,000306
9,53674	6,3986	-0,00012	6,3986	-0,00112
8,8981	6,398767	8,03E-05	6,398767	0,000713
8,30222	6,398867	0,000125	6,398867	0,001119
7,74624	6,3989	0,000207	6,3989	0,001857
7,2275	6,399	0,000346	6,399	0,003099
6,7435	6,3989	0,000364	6,3989	0,003257
6,2919	6,3992	0,000314	6,3992	0,00281
5,87055	6,399133	0,000458	6,399133	0,004102
5,47742	6,399033	0,00059	6,399033	0,005286
5,11061	6,399267	0,00052	6,399267	0,004658
4,76837	6,398567	0,000624	6,398567	0,005599
4,44905	6,399033	0,000816	6,399033	0,007309
4,15111	6,399133	0,000593	6,399133	0,005312
3,87312	6,399233	0,000704	6,399233	0,006313

střední hodnota fumatech_500_GDL				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
25,16762	6,507167	-0,00062	6,507167	-0,00549
23,48222	6,507433	-0,00061	6,507433	-0,0054
21,90968	6,507667	-0,00039	6,507667	-0,00345
20,44246	6,507867	-0,00048	6,507867	-0,00424
19,07349	6,508133	-0,00062	6,508133	-0,00546
17,79619	6,508267	-0,00014	6,508267	-0,00126
16,60443	6,5087	-0,0004	6,5087	-0,00356
15,49249	6,509	-0,00025	6,509	-0,00223
14,455	6,509567	-0,00025	6,509567	-0,00218
13,48699	6,509667	2,22E-05	6,509667	0,000181
12,58381	6,509867	-0,0003	6,509867	-0,00262
11,74111	6,509867	1,64E-05	6,509867	0,000148
10,95484	6,510267	-0,00016	6,510267	-0,0014
10,22123	6,510433	6,64E-06	6,510433	6,27E-05
9,53674	6,510833	6,9E-05	6,510833	0,000608
8,8981	6,510833	0,000144	6,510833	0,001284
8,30222	6,5111	0,000365	6,5111	0,003221
7,74624	6,511633	3,63E-05	6,511633	0,000326
7,2275	6,511533	0,000329	6,511533	0,0029
6,7435	6,511833	0,000342	6,511833	0,003015
6,2919	6,5122	0,000416	6,5122	0,003676
5,87055	6,512233	0,000468	6,512233	0,004109
5,47742	6,5124	0,000491	6,5124	0,004318
5,11061	6,512733	0,00055	6,512733	0,004836
4,76837	6,5129	0,000522	6,5129	0,004601
4,44905	6,513	0,000826	6,513	0,007282
4,15111	6,513233	0,000712	6,513233	0,006275
3,87312	6,5132	0,000695	6,5132	0,006065

Naměřené hodnoty první difuzní vrstvy MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_GDL				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
3,61375	6,3991	0,000856	6,3991	0,007658
3,37175	6,398967	0,000715	6,398967	0,006399
3,14595	6,399367	0,000615	6,399367	0,005504
2,93528	6,399467	0,00059	6,399467	0,005285
2,73871	6,399467	0,000822	6,399467	0,007355
2,55531	6,399767	0,001024	6,399767	0,009163
2,38419	6,3996	0,000643	6,3996	0,005752
2,22452	6,399967	0,000543	6,399967	0,004856
2,07555	6,399733	0,00073	6,399733	0,006539
1,93656	6,4	0,000649	6,4	0,00581
1,80688	6,400167	0,000545	6,400167	0,004888
1,68587	6,400333	0,000638	6,400333	0,00571
1,57298	6,400467	0,000589	6,400467	0,005261
1,46764	6,4003	0,000916	6,4003	0,008191
1,36936	6,401267	0,000592	6,401267	0,005288
1,27765	6,400667	0,00069	6,400667	0,006175
1,19209	6,4007	0,000439	6,4007	0,003928
1,11226	6,4008	0,000446	6,4008	0,003991
1,03778	6,4008	0,000582	6,4008	0,005204
0,96828	6,400967	0,000695	6,400967	0,006223
0,90344	6,401467	0,000674	6,401467	0,006054
0,84294	6,401067	0,000494	6,401067	0,00442
0,78649	6,401133	0,000679	6,401133	0,006085
0,73382	6,4012	0,000713	6,4012	0,00638
0,68468	6,401167	0,000457	6,401167	0,00409
0,63883	6,4006	0,0006	6,4006	0,005372
0,59605	6,4012	0,000573	6,4012	0,005135
0,55613	6,401767	0,000608	6,401767	0,005445

střední hodnota fumatech_500_GDL				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
3,61375	6,5136	0,000898	6,5136	0,007913
3,37175	6,513733	0,000874	6,513733	0,007693
3,14595	6,513867	0,000808	6,513867	0,007106
2,93528	6,514667	0,000792	6,514667	0,006927
2,73871	6,5143	0,000775	6,5143	0,00683
2,55531	6,514533	0,000658	6,514533	0,005782
2,38419	6,514733	0,000811	6,514733	0,007135
2,22452	6,515067	0,000805	6,515067	0,007095
2,07555	6,515133	0,00081	6,515133	0,007124
1,93656	6,5153	0,000553	6,5153	0,004832
1,80688	6,515533	0,000706	6,515533	0,006215
1,68587	6,5155	0,000633	6,5155	0,005554
1,57298	6,515933	0,000783	6,515933	0,006885
1,46764	6,5162	0,000766	6,5162	0,006726
1,36936	6,516367	0,000785	6,516367	0,006912
1,27765	6,516433	4,1E-05	6,516433	0,000356
1,19209	6,516733	0,000785	6,516733	0,006909
1,11226	6,517567	0,000783	6,517567	0,006888
1,03778	6,517867	0,00079	6,517867	0,006934
0,96828	6,518067	0,000404	6,518067	0,003543
0,90344	6,518533	0,000489	6,518533	0,004283
0,84294	6,518933	0,000964	6,518933	0,008475
0,78649	6,519267	0,000339	6,519267	0,002948
0,73382	6,519533	0,000374	6,519533	0,003294
0,68468	6,5199	0,001202	6,5199	0,010518
0,63883	6,520467	0,00072	6,520467	0,006339
0,59605	6,521533	0,000352	6,521533	0,00306
0,55613	6,5216	0,00094	6,5216	0,008263

střední hodnota fumapem_100_GDL				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
0,51889	6,401867	0,000657	6,401867	0,005882
0,48414	6,402067	0,000513	6,402067	0,004567
0,45172	6,402	0,000428	6,402	0,003834
0,42147	6,401967	0,000684	6,401967	0,00612
0,39324	6,402533	7,59E-05	6,402533	0,000684
0,36691	6,402533	0,000698	6,402533	0,006256
0,34234	6,4027	0,000553	6,4027	0,004944
0,31941	6,402767	0,000866	6,402767	0,007745
0,29802	6,402733	0,000606	6,402733	0,005426
0,27807	6,402767	0,000846	6,402767	0,007568
0,25944	6,4034	0,000465	6,4034	0,004168
0,24207	6,4037	0,000783	6,4037	0,007003
0,22586	6,403933	0,000804	6,403933	0,007184
0,21073	6,4038	0,000559	6,4038	0,00501
0,19662	6,404	0,000683	6,404	0,006118
0,18345	6,4046	0,000224	6,4046	0,002008
0,17117	6,405033	0,00065	6,405033	0,005823
0,15971	6,405633	0,000323	6,405633	0,002878
0,14901	6,406	0,00113	6,406	0,01011
0,13903	6,406433	0,000523	6,406433	0,004676
0,12972	6,406433	0,000752	6,406433	0,006741
0,12104	6,407533	0,000938	6,407533	0,008386
0,11293	6,407867	0,00066	6,407867	0,00591
0,10537	6,408333	0,000741	6,408333	0,006641
0,1	6,409133	0,000738	6,409133	0,006604

střední hodnota fumatech_500_GDL				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
0,51889	6,522133	0,000967	6,522133	0,008425
0,48414	6,522433	0,000542	6,522433	0,004767
0,45172	6,523267	0,000546	6,523267	0,004768
0,42147	6,5239	0,000441	6,5239	0,003911
0,39324	6,524967	0,001013	6,524967	0,008897
0,36691	6,525367	0,000314	6,525367	0,002726
0,34234	6,5268	0,000513	6,5268	0,004511
0,31941	6,5278	0,000442	6,5278	0,00388
0,29802	6,528633	0,000713	6,528633	0,006276
0,27807	6,529867	0,000388	6,529867	0,003412
0,25944	6,530867	0,000601	6,530867	0,00532
0,24207	6,5317	0,000606	6,5317	0,005317
0,22586	6,5329	0,000745	6,5329	0,006509
0,21073	6,5343	0,000546	6,5343	0,004756
0,19662	6,535467	0,000539	6,535467	0,00466
0,18345	6,537133	0,000651	6,537133	0,005734
0,17117	6,538867	0,000845	6,538867	0,00737
0,15971	6,540267	0,000866	6,540267	0,007572
0,14901	6,542333	0,000664	6,542333	0,005802
0,13903	6,5444	0,00034	6,5444	0,002934
0,12972	6,545933	0,000978	6,545933	0,008578
0,12104	6,548833	0,000986	6,548833	0,008647
0,11293	6,551933	0,000751	6,551933	0,006558
0,10537	6,555133	0,000325	6,555133	0,002822
0,1	6,557867	0,000395	6,557867	0,003446

## Naměřené hodnoty druhé difuzní vrstvy MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_GDL_2				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
20000000	0,070531	0,031459	0,077229	24,03933
18660660	0,018105	0,002954	0,018356	9,265933
17411010	0,039942	-0,0357	0,053575	-41,7943
16245050	0,056283	-0,03785	0,067827	-33,9207
15157170	0,07287	-0,04076	0,083494	-29,2193
14142140	0,080487	-0,03155	0,086452	-21,4073
13195080	0,076872	-0,02979	0,082442	-21,1837
12311440	0,069458	-0,04429	0,08238	-32,526
11486980	0,080809	-0,08775	0,119293	-47,3587
10717740	0,167513	-0,11045	0,200647	-33,399
10000000	0,217177	-0,03402	0,219827	-8,90303
9330330	0,201143	0,01548	0,20174	4,4007
8705506	0,183357	0,036987	0,18705	11,40467
8122524	0,169183	0,049333	0,176227	16,256
7578583	0,15561	0,056671	0,165607	20,011
7071068	0,14461	0,05794	0,155783	21,83433
6597540	0,13655	0,057673	0,14823	22,89733
6155722	0,130353	0,056672	0,142143	23,497
5743492	0,124397	0,054635	0,135867	23,71067
5358868	0,121767	0,050982	0,13201	22,71833
5000000	0,12012	0,050061	0,130133	22,62433
4665165	0,11792	0,05136	0,12862	23,53533
4352753	0,108957	0,05224	0,120833	25,616
4061262	0,102817	0,052493	0,11544	27,04667
3789292	0,092873	0,041627	0,101773	24,14233
3535534	0,091754	0,031162	0,096901	18,759
3298770	0,085175	0,018911	0,087249	12,518
3077861	0,070473	-0,04603	0,084181	-33,1527

střední hodnota fumapem_500_GDL_2				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
20000000	0,069928	0,034085	0,077793	25,985
18660660	0,014423	0,004488	0,015105	17,28533
17411010	0,038413	-0,03665	0,053091	-43,6523
16245050	0,05602	-0,03818	0,067795	-34,2773
15157170	0,073381	-0,0408	0,083961	-29,0747
14142140	0,080653	-0,03145	0,086568	-21,303
13195080	0,077138	-0,02959	0,082618	-20,9863
12311440	0,069857	-0,04402	0,082567	-32,215
11486980	0,081513	-0,08734	0,119463	-46,976
10717740	0,168277	-0,10932	0,200667	-33,0087
10000000	0,21709	-0,03274	0,219547	-8,57733
9330330	0,200837	0,016361	0,2015	4,657367
8705506	0,183163	0,037603	0,186983	11,60133
8122524	0,169093	0,049873	0,176293	16,433
7578583	0,155663	0,057175	0,16583	20,168
7071068	0,144587	0,058565	0,156	22,05067
6597540	0,13648	0,058176	0,148363	23,08667
6155722	0,130363	0,056961	0,142263	23,60267
5743492	0,124537	0,054961	0,136127	23,813
5358868	0,122017	0,051503	0,132443	22,88433
5000000	0,120097	0,050638	0,130337	22,86233
4665165	0,117457	0,051674	0,12832	23,74667
4352753	0,10908	0,051676	0,1207	25,34933
4061262	0,1034	0,052031	0,11575	26,71133
3789292	0,09389	0,041471	0,10264	23,831
3535534	0,093675	0,031518	0,098835	18,59667
3298770	0,088362	0,022303	0,091134	14,166
3077861	0,06986	-0,03232	0,076974	-24,8273

## Naměřené hodnoty druhé difuzní vrstvy MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_GDL_2				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
2871746	0,28173	-0,23271	0,365417	-39,5553
2679434	3,129967	0,89554	3,255633	15,96833
2500000	3,2452	1,561733	3,601433	25,70033
2332583	4,773133	3,015	5,649	31,81933
2176377	5,545567	3,202967	6,404167	30,01133
2030631	5,713	2,880267	6,398067	26,75733
1894646	5,8513	2,577733	6,393967	23,777
1767767	5,978433	2,307233	6,408233	21,10467
1649385	6,100333	2,0928	6,449333	18,93667
1538931	6,2009	1,9277	6,493633	17,27067
1435873	6,2831	1,802433	6,536567	16,008
1339717	6,341967	1,713233	6,569333	15,11833
1250000	6,3563	1,658633	6,569167	14,62633
1166291	6,320133	1,6047	6,5207	14,248
1088188	6,252567	1,4976	6,429467	13,471
1015316	6,233833	1,368067	6,3822	12,379
947322,9	6,237633	1,2611	6,363867	11,431
883883,5	6,2434	1,173433	6,3527	10,64567
824692,4	6,246	1,095933	6,341433	9,953067
769465,3	6,245067	1,025	6,328633	9,321833
717936,5	6,239967	0,958633	6,3132	8,734867
669858,4	6,233133	0,89589	6,2972	8,179967
625000	6,224833	0,835037	6,2806	7,6412
583145,6	6,2168	0,77591	6,265033	7,114967
544094,1	6,209233	0,719373	6,250767	6,6093
507657,8	6,203833	0,662137	6,239067	6,092933
473661,4	6,201133	0,6089	6,230967	5,608567
441941,8	6,201	0,5606	6,2263	5,166367

střední hodnota fumapem_500_GDL_2				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
2871746	0,24618	-0,21968	0,32995	-41,744
2679434	2,959833	0,762173	3,0564	14,44067
2500000	3,102	1,390767	3,3995	24,14933
2332583	3,392633	1,7075	3,798067	26,71633
2176377	5,486567	2,8958	6,203867	27,82533
2030631	5,671233	2,589467	6,234467	24,54167
1894646	5,816833	2,294367	6,252967	21,52633
1767767	5,9563	2,0368	6,294967	18,879
1649385	6,089	1,835067	6,359533	16,772
1538931	6,1984	1,682233	6,422633	15,18467
1435873	6,288367	1,569467	6,4813	14,014
1339717	6,353233	1,493267	6,526367	13,227
1250000	6,375133	1,453067	6,538667	12,84
1166291	6,3441	1,410767	6,4991	12,53767
1088188	6,2815	1,313333	6,417333	11,80933
1015316	6,268233	1,195033	6,381133	10,79433
947322,9	6,277033	1,0996	6,372633	9,936267
883883,5	6,286633	1,0226	6,369267	9,2392
824692,4	6,292067	0,95487	6,3641	8,629467
769465,3	6,2937	0,893383	6,3568	8,079333
717936,5	6,2905	0,836757	6,345933	7,577133
669858,4	6,2858	0,781627	6,3342	7,088433
625000	6,279533	0,7289	6,3217	6,621167
583145,6	6,2723	0,676893	6,308733	6,1596
544094,1	6,266	0,62737	6,297367	5,717733
507657,8	6,261633	0,578463	6,2883	5,278267
473661,4	6,260233	0,528637	6,2825	4,826933
441941,8	6,2615	0,48603	6,280333	4,438633



### Naměřené hodnoty druhé difuzní vrstvy MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_GDL_2				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
412346,2	6,202567	0,51756	6,224133	4,770433
384732,6	6,204933	0,477487	6,223267	4,400867
358968,3	6,2092	0,441243	6,2249	4,065233
334929,2	6,2114	0,408357	6,2248	3,7618
312500	6,214733	0,378763	6,226267	3,488033
291572,8	6,218433	0,352177	6,228433	3,2418
272047,1	6,2216	0,327687	6,230233	3,015267
253828,9	6,223767	0,305627	6,231267	2,8117
236830,7	6,225533	0,285917	6,2321	2,629867
220970,9	6,226333	0,267373	6,232067	2,4592
206173,1	6,227267	0,250747	6,232333	2,306133
192366,3	6,227967	0,23455	6,232367	2,157033
179484,1	6,228	0,219493	6,2319	2,0187
167464,6	6,228	0,205807	6,2314	1,8929
156250	6,227867	0,192143	6,230833	1,767333
145786,4	6,227733	0,180203	6,230333	1,6576
136023,5	6,227867	0,169187	6,230133	1,556333
126914,4	6,2282	0,15922	6,230233	1,4646
118415,4	6,228	0,14953	6,2298	1,375533
110485,4	6,2281	0,13984	6,229667	1,2864
103086,6	6,2275	0,130747	6,228867	1,2029
96183,16	6,226733	0,122323	6,227933	1,125533
89742,06	6,226633	0,11471	6,2277	1,055567
83732,3	6,226	0,10803	6,2269	0,994153
78125	6,225267	0,101447	6,226067	0,933713
72893,2	6,224733	0,094782	6,225433	0,87249
68011,76	6,224767	0,089386	6,2254	0,822783
63457,22	6,2247	0,082763	6,225233	0,761853

střední hodnota fumapem_500_GDL_2				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
412346,2	6,2628	0,447103	6,278767	4,083567
384732,6	6,265967	0,411617	6,279467	3,758533
358968,3	6,270133	0,379947	6,281667	3,467767
334929,2	6,273667	0,35136	6,2835	3,205633
312500	6,277367	0,325517	6,2858	2,968533
291572,8	6,280933	0,302313	6,2882	2,755733
272047,1	6,284933	0,281237	6,291233	2,562267
253828,9	6,287067	0,262483	6,292567	2,3908
236830,7	6,2894	0,245363	6,294167	2,234167
220970,9	6,2903	0,229843	6,2945	2,0927
206173,1	6,2916	0,215027	6,295267	1,957467
192366,3	6,291867	0,202033	6,2951	1,8392
179484,1	6,292167	0,188823	6,295	1,718933
167464,6	6,2921	0,17729	6,2946	1,614033
156250	6,292233	0,16577	6,294433	1,509167
145786,4	6,291633	0,155693	6,293567	1,4176
136023,5	6,291767	0,146533	6,293467	1,3342
126914,4	6,291933	0,13767	6,293433	1,2535
118415,4	6,291967	0,129067	6,293267	1,1752
110485,4	6,291833	0,121267	6,293033	1,1042
103086,6	6,291667	0,11356	6,292667	1,034067
96183,16	6,291033	0,106677	6,291933	0,971493
89742,06	6,2907	0,100131	6,2915	0,911947
83732,3	6,289967	0,093468	6,290667	0,85137
78125	6,2895	0,088129	6,2901	0,802827
72893,2	6,289033	0,082751	6,289533	0,753873
68011,76	6,288667	0,077903	6,289167	0,709757
63457,22	6,288967	0,071798	6,289367	0,654107

## Naměřené hodnoty druhé difuzní vrstvy MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_GDL_2				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
59207,68	6,225933	0,077947	6,226433	0,717367
55242,72	6,225067	0,072928	6,225467	0,671287
51543,28	6,223933	0,068309	6,224333	0,628887
48091,58	6,224733	0,065041	6,225033	0,5987
44871,03	6,223867	0,060283	6,224167	0,555
41866,15	6,2233	0,057393	6,2236	0,528433
39062,5	6,222467	0,053442	6,222667	0,492147
36446,6	6,2226	0,050027	6,2228	0,460683
34005,88	6,222033	0,046613	6,222233	0,429277
31728,61	6,222067	0,04394	6,222267	0,404653
29603,84	6,2222	0,04159	6,2223	0,383023
27621,36	6,222033	0,039014	6,222133	0,35929
25771,64	6,222033	0,036654	6,222133	0,337593
24045,79	6,222267	0,033821	6,222367	0,31147
22435,52	6,221733	0,031535	6,221833	0,290443
20933,07	6,222367	0,029854	6,222467	0,274937
19531,25	6,221567	0,027943	6,221667	0,25736
18223,3	6,221867	0,026567	6,221967	0,244667
17002,94	6,222033	0,025067	6,2221	0,230863
15864,3	6,221467	0,023526	6,221467	0,21669
14801,92	6,221533	0,022227	6,221533	0,204703
13810,68	6,221267	0,020477	6,221267	0,18861
12885,82	6,221833	0,019116	6,221833	0,176047
12022,89	6,221833	0,018084	6,221833	0,16656
11217,76	6,221567	0,01697	6,221567	0,1563
10466,54	6,221767	0,015919	6,221767	0,146607
9765,625	6,2215	0,015031	6,2215	0,13844
9111,65	6,2218	0,013928	6,2218	0,12828

střední hodnota fumapem_500_GDL_2				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
59207,68	6,289033	0,068336	6,289433	0,62258
55242,72	6,288733	0,063968	6,289033	0,582803
51543,28	6,287767	0,059634	6,288067	0,543407
48091,58	6,288133	0,056639	6,2884	0,516093
44871,03	6,287067	0,052642	6,287267	0,479743
41866,15	6,286933	0,050336	6,287133	0,45875
39062,5	6,286167	0,046605	6,286367	0,424793
36446,6	6,2855	0,043835	6,2857	0,399587
34005,88	6,2854	0,04115	6,2855	0,375123
31728,61	6,285433	0,038235	6,285533	0,34855
29603,84	6,2855	0,036354	6,2856	0,331397
27621,36	6,285133	0,034249	6,285233	0,31223
25771,64	6,2856	0,032164	6,2857	0,293203
24045,79	6,285033	0,029764	6,285133	0,271327
22435,52	6,284967	0,027656	6,285067	0,252133
20933,07	6,284933	0,026131	6,285033	0,23824
19531,25	6,2848	0,024697	6,2848	0,225157
18223,3	6,284767	0,023178	6,284767	0,21131
17002,94	6,284	0,021878	6,284	0,19949
15864,3	6,284367	0,020676	6,284367	0,188517
14801,92	6,284	0,019378	6,284	0,176687
13810,68	6,2837	0,018095	6,2837	0,16499
12885,82	6,283933	0,017027	6,283933	0,155253
12022,89	6,2838	0,015835	6,2838	0,144383
11217,76	6,2839	0,015076	6,2839	0,13747
10466,54	6,2838	0,014019	6,2838	0,12783
9765,625	6,283933	0,013256	6,283933	0,120863
9111,65	6,283967	0,012359	6,283967	0,11269

## Naměřené hodnoty druhé difuzní vrstvy MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_GDL_2				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
8501,47	6,221767	0,013095	6,221767	0,120607
7932,152	6,221767	0,012228	6,221767	0,11262
7400,96	6,2216	0,011488	6,2216	0,105807
6905,34	6,221633	0,010877	6,221633	0,100174
6442,91	6,222267	0,010179	6,222267	0,09374
6011,447	6,2225	0,009501	6,2225	0,087491
5608,879	6,222733	0,008961	6,222733	0,082525
5233,269	6,222433	0,008345	6,222433	0,076849
4882,813	6,222567	0,007692	6,222567	0,07083
4555,825	6,222833	0,007454	6,222833	0,06865
4250,735	6,2228	0,006874	6,2228	0,063291
3966,076	6,223033	0,006401	6,223033	0,058942
3700,48	6,222933	0,00595	6,222933	0,0548
3452,67	6,222867	0,005591	6,222867	0,051488
3221,455	6,223233	0,005265	6,223233	0,048474
3005,724	6,2231	0,004932	6,2231	0,045423
2804,439	6,222967	0,004576	6,222967	0,04213
2616,635	6,223167	0,004476	6,223167	0,041214
2441,406	6,223133	0,003929	6,223133	0,036171
2277,913	6,2235	0,003736	6,2235	0,034395
2125,368	6,223333	0,003524	6,223333	0,032445
1983,038	6,223733	0,003341	6,223733	0,030752
1850,24	6,223767	0,003342	6,223767	0,030826
1726,335	6,223733	0,002926	6,223733	0,026951
1610,727	6,223967	0,002662	6,223967	0,024508
1502,862	6,2238	0,002583	6,2238	0,0238
1402,22	6,224167	0,002416	6,224167	0,022248
1308,317	6,2243	0,002117	6,2243	0,019486

střední hodnota fumapem_500_GDL_2				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
8501,47	6,283967	0,011658	6,283967	0,106297
7932,152	6,283833	0,010795	6,283833	0,098429
7400,96	6,283867	0,010248	6,283867	0,093447
6905,34	6,284	0,00954	6,284	0,086986
6442,91	6,284233	0,008843	6,284233	0,080627
6011,447	6,283933	0,008595	6,283933	0,078375
5608,879	6,284133	0,007762	6,284133	0,070776
5233,269	6,283967	0,007404	6,283967	0,06751
4882,813	6,284333	0,006783	6,284333	0,061846
4555,825	6,284	0,006492	6,284	0,059197
4250,735	6,2841	0,006108	6,2841	0,055692
3966,076	6,284467	0,005656	6,284467	0,051576
3700,48	6,284467	0,005308	6,284467	0,0484
3452,67	6,284367	0,004938	6,284367	0,045027
3221,455	6,2841	0,004583	6,2841	0,041784
3005,724	6,2844	0,00439	6,2844	0,040029
2804,439	6,284	0,004151	6,284	0,037853
2616,635	6,284033	0,003844	6,284033	0,035048
2441,406	6,2841	0,003554	6,2841	0,032405
2277,913	6,2843	0,003486	6,2843	0,031784
2125,368	6,284367	0,003248	6,284367	0,029617
1983,038	6,2843	0,002863	6,2843	0,026102
1850,24	6,285167	0,002536	6,285167	0,023099
1726,335	6,284233	0,002549	6,284233	0,023243
1610,727	6,284433	0,002334	6,284433	0,021282
1502,862	6,2842	0,002328	6,2842	0,021227
1402,22	6,2844	0,002089	6,2844	0,019047
1308,317	6,2847	0,00174	6,2847	0,015859

## Naměřené hodnoty druhé difuzní vrstvy MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_GDL_2				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
1220,703	6,224333	0,001977	6,224333	0,018203
1138,956	6,224067	0,00182	6,224067	0,016758
1062,684	6,224433	0,001803	6,224433	0,016594
991,519	6,2246	0,001584	6,2246	0,014577
925,12	6,224567	0,001493	6,224567	0,013745
863,1675	6,224667	0,001468	6,224667	0,013515
805,3637	6,2251	0,001399	6,2251	0,012872
751,4309	6,225067	0,001923	6,225067	0,017722
701,1098	6,2253	0,001097	6,2253	0,010103
654,1586	6,2259	0,00102	6,2259	0,00938
610,3516	6,225867	0,000836	6,225867	0,0077
569,4781	6,2261	0,000887	6,2261	0,008146
531,3419	6,226167	0,000868	6,226167	0,007986
495,7595	6,226233	0,000755	6,226233	0,006947
462,56	6,226467	0,000628	6,226467	0,005781
431,5837	6,2265	0,000867	6,2265	0,007982
402,6819	6,226333	0,000513	6,226333	0,004718
375,7155	6,227833	-0,00016	6,227833	-0,00163
350,5549	6,2266	-0,00026	6,2266	-0,00237
327,0793	6,227233	0,000492	6,227233	0,004513
305,1758	6,227033	0,000391	6,227033	0,003598
284,7391	6,227467	0,000819	6,227467	0,007529
265,671	6,227333	0,000906	6,227333	0,008344
247,8798	6,229233	-0,00116	6,229233	-0,01077
231,28	6,2272	0,000147	6,2272	0,001345
215,7919	6,227267	-2,7E-05	6,227267	-0,00026
201,3409	6,227033	-3,7E-05	6,227033	-0,00038
187,8577	6,227033	0,00037	6,227033	0,003411

střední hodnota fumapem_500_GDL_2				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
1220,703	6,2849	0,00176	6,2849	0,016041
1138,956	6,2849	0,001685	6,2849	0,015363
1062,684	6,285167	0,001487	6,285167	0,013558
991,519	6,285467	0,0015	6,285467	0,013673
925,12	6,2856	0,00135	6,2856	0,012299
863,1675	6,2857	0,001258	6,2857	0,011467
805,3637	6,285567	0,00117	6,285567	0,010663
751,4309	6,286033	0,0005	6,286033	0,004538
701,1098	6,285733	0,000982	6,285733	0,00895
654,1586	6,286267	0,000791	6,286267	0,007216
610,3516	6,2864	0,000918	6,2864	0,008361
569,4781	6,286533	0,000906	6,286533	0,008258
531,3419	6,2865	0,000875	6,2865	0,007975
495,7595	6,2864	0,000739	6,2864	0,006731
462,56	6,286233	0,000829	6,286233	0,007559
431,5837	6,286467	0,000682	6,286467	0,006219
402,6819	6,286633	0,000541	6,286633	0,004936
375,7155	6,286067	-0,00065	6,286067	-0,00595
350,5549	6,287767	0,000864	6,287767	0,007893
327,0793	6,287267	0,000552	6,287267	0,005036
305,1758	6,287067	0,000391	6,287067	0,003565
284,7391	6,2875	0,000819	6,2875	0,007464
265,671	6,287267	0,000599	6,287267	0,005449
247,8798	6,285167	-0,00048	6,285167	-0,0044
231,28	6,286967	0,000507	6,286967	0,004624
215,7919	6,2869	0,000214	6,2869	0,001944
201,3409	6,286733	0,00017	6,286733	0,00153
187,8577	6,286967	0,00033	6,286967	0,003001

## Naměřené hodnoty druhé difuzní vrstvy MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_GDL_2				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
175,2775	6,227467	0,000262	6,227467	0,002435
163,5397	6,227167	-3,2E-05	6,227167	-0,00026
152,5879	6,2275	-0,00104	6,2275	-0,00947
142,3695	6,227633	6,2E-06	6,227633	9,81E-05
132,8355	6,2275	-0,00029	6,2275	-0,00262
123,9399	6,227367	-0,00013	6,227367	-0,00122
115,64	6,227533	-8,7E-05	6,227533	-0,00078
107,8959	6,228	8,21E-05	6,228	0,000779
100,6705	6,2283	0,000176	6,2283	0,001636
93,92887	6,228167	-0,00034	6,228167	-0,00309
87,63873	6,2282	-0,00031	6,2282	-0,00288
81,76983	6,228167	-0,00015	6,228167	-0,00137
76,29394	6,228333	-0,00032	6,228333	-0,00291
71,18477	6,228233	-0,00062	6,228233	-0,0057
66,41774	6,2285	-0,00048	6,2285	-0,00448
61,96994	6,2288	-0,00049	6,2288	-0,00451
57,82	6,228933	-0,00049	6,228933	-0,00452
53,94797	6,228967	-0,0006	6,228967	-0,00551
50,33523	6,229733	-0,00053	6,229733	-0,0048
46,96443	6,229167	-0,00081	6,229167	-0,00751
43,81937	6,229333	-0,00065	6,229333	-0,006
40,88491	6,229567	-0,00061	6,229567	-0,00557
38,14697	6,2297	-0,00038	6,2297	-0,00349
35,59238	6,229833	-0,00076	6,229833	-0,00696
33,20887	6,230133	-0,00065	6,230133	-0,006
30,98497	6,2302	-0,00067	6,2302	-0,00622
28,91	6,2304	-0,00066	6,2304	-0,0061
26,97398	6,2306	-0,00064	6,2306	-0,00594

střední hodnota fumapem_500_GDL_2				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
175,2775	6,286933	0,00015	6,286933	0,001356
163,5397	6,286567	9,75E-05	6,286567	0,000905
152,5879	6,2883	0,000124	6,2883	0,001121
142,3695	6,2871	0,000446	6,2871	0,004076
132,8355	6,287	-0,00026	6,287	-0,00235
123,9399	6,287267	2,62E-05	6,287267	0,000237
115,64	6,287133	8,38E-05	6,287133	0,000769
107,8959	6,287333	-0,00032	6,287333	-0,00287
100,6705	6,287433	-0,00066	6,287433	-0,00603
93,92887	6,287467	-0,00027	6,287467	-0,00243
87,63873	6,287333	-3,7E-05	6,287333	-0,00034
81,76983	6,2874	-0,00021	6,2874	-0,00194
76,29394	6,287367	-0,00021	6,287367	-0,00194
71,18477	6,287333	-0,00041	6,287333	-0,00371
66,41774	6,287367	-0,00017	6,287367	-0,00157
61,96994	6,287467	-0,00044	6,287467	-0,00399
57,82	6,287667	-0,00028	6,287667	-0,0026
53,94797	6,2875	-0,00066	6,2875	-0,00605
50,33523	6,286867	0,000423	6,286867	0,003845
46,96443	6,288533	-0,00016	6,288533	-0,00146
43,81937	6,2883	-0,00041	6,2883	-0,00375
40,88491	6,288167	-0,00056	6,288167	-0,00508
38,14697	6,288333	-0,00065	6,288333	-0,00594
35,59238	6,288567	-0,00063	6,288567	-0,0057
33,20887	6,288467	-0,00049	6,288467	-0,00443
30,98497	6,2888	-0,00058	6,2888	-0,00525
28,91	6,2887	-0,00056	6,2887	-0,00507
26,97398	6,288933	-0,00052	6,288933	-0,00478

## Naměřené hodnoty druhé difuzní vrstvy MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_GDL_2				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
25,16762	6,230767	-0,0005	6,230767	-0,00462
23,48222	6,230933	-0,00066	6,230933	-0,00612
21,90968	6,231067	-0,00066	6,231067	-0,00609
20,44246	6,231467	-0,00062	6,231467	-0,00571
19,07349	6,231567	-0,00064	6,231567	-0,00586
17,79619	6,2317	-0,00037	6,2317	-0,00343
16,60443	6,231933	-0,00032	6,231933	-0,00296
15,49249	6,232133	-0,00046	6,232133	-0,00419
14,455	6,232333	-0,00033	6,232333	-0,00308
13,48699	6,232567	-0,0003	6,232567	-0,00271
12,58381	6,232633	-0,00018	6,232633	-0,0017
11,74111	6,232933	-0,00015	6,232933	-0,00138
10,95484	6,233133	-0,00021	6,233133	-0,00196
10,22123	6,2332	9,38E-05	6,2332	0,000852
9,53674	6,2334	-7,4E-05	6,2334	-0,00068
8,8981	6,2334	0,000112	6,2334	0,001022
8,30222	6,2338	0,000221	6,2338	0,002043
7,74624	6,233633	0,000203	6,233633	0,001869
7,2275	6,233733	0,000293	6,233733	0,002689
6,7435	6,2338	0,000315	6,2338	0,002879
6,2919	6,234	0,000381	6,234	0,003512
5,87055	6,2342	0,000457	6,2342	0,004189
5,47742	6,234367	0,000452	6,234367	0,004158
5,11061	6,2344	0,000474	6,2344	0,004351
4,76837	6,234467	0,000312	6,234467	0,00287
4,44905	6,2346	0,000445	6,2346	0,004079
4,15111	6,235067	0,000382	6,235067	0,003502
3,87312	6,234967	0,000628	6,234967	0,005773

střední hodnota fumapem_500_GDL_2				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
25,16762	6,289133	-0,00056	6,289133	-0,00507
23,48222	6,2892	-0,00053	6,2892	-0,00487
21,90968	6,289467	-0,00065	6,289467	-0,00588
20,44246	6,289467	-0,00049	6,289467	-0,00442
19,07349	6,2895	-0,00045	6,2895	-0,00406
17,79619	6,2896	-0,00037	6,2896	-0,0034
16,60443	6,289733	-0,00029	6,289733	-0,00267
15,49249	6,289767	-0,00028	6,289767	-0,00258
14,455	6,289933	-0,00044	6,289933	-0,00397
13,48699	6,289933	-0,00021	6,289933	-0,00188
12,58381	6,289833	-0,00011	6,289833	-0,00099
11,74111	6,290133	-6E-05	6,290133	-0,00055
10,95484	6,290133	-0,0002	6,290133	-0,0018
10,22123	6,290367	7,62E-05	6,290367	0,000697
9,53674	6,290233	-9,2E-05	6,290233	-0,00084
8,8981	6,290367	5,12E-05	6,290367	0,000475
8,30222	6,290467	0,000113	6,290467	0,001024
7,74624	6,290233	0,000226	6,290233	0,002063
7,2275	6,290533	0,000287	6,290533	0,002613
6,7435	6,2907	0,00036	6,2907	0,003282
6,2919	6,2909	0,000361	6,2909	0,003275
5,87055	6,291067	0,000359	6,291067	0,003271
5,47742	6,2911	0,000432	6,2911	0,003937
5,11061	6,2912	0,00068	6,2912	0,006195
4,76837	6,2911	0,000484	6,2911	0,004411
4,44905	6,2912	0,000807	6,2912	0,007345
4,15111	6,2915	0,000453	6,2915	0,004125
3,87312	6,291167	0,000725	6,291167	0,006601

## Naměřené hodnoty druhé difuzní vrstvy MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_GDL_2				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
3,61375	6,235	0,000578	6,235	0,0053
3,37175	6,235267	0,000534	6,235267	0,004916
3,14595	6,235467	0,000649	6,235467	0,005983
2,93528	6,235467	0,000566	6,235467	0,0052
2,73871	6,2359	0,000795	6,2359	0,007318
2,55531	6,236267	0,000661	6,236267	0,006068
2,38419	6,2362	0,000655	6,2362	0,006008
2,22452	6,2364	0,000447	6,2364	0,004102
2,07555	6,236267	0,000625	6,236267	0,005744
1,93656	6,236733	0,000401	6,236733	0,00366
1,80688	6,2367	0,000758	6,2367	0,006956
1,68587	6,236833	0,000697	6,236833	0,006402
1,57298	6,236967	0,000659	6,236967	0,006045
1,46764	6,2373	0,001125	6,2373	0,010304
1,36936	6,2374	0,000678	6,2374	0,00623
1,27765	6,237333	0,000616	6,237333	0,005655
1,19209	6,238	0,000452	6,238	0,004146
1,11226	6,237833	0,000196	6,237833	0,001786
1,03778	6,238567	0,000465	6,238567	0,004278
0,96828	6,2387	0,00054	6,2387	0,004966
0,90344	6,2388	0,000255	6,2388	0,002404
0,84294	6,2394	0,000509	6,2394	0,004677
0,78649	6,239233	0,000587	6,239233	0,005394
0,73382	6,239633	0,000399	6,239633	0,003669
0,68468	6,239733	0,000497	6,239733	0,00456
0,63883	6,2402	0,000501	6,2402	0,004588
0,59605	6,2408	0,000545	6,2408	0,00498
0,55613	6,2411	0,000511	6,2411	0,004682

střední hodnota fumapem_500_GDL_2				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
3,61375	6,291233	0,000596	6,291233	0,005428
3,37175	6,291467	0,000704	6,291467	0,006411
3,14595	6,291933	0,000721	6,291933	0,006568
2,93528	6,2915	0,000646	6,2915	0,005887
2,73871	6,291567	0,000747	6,291567	0,006797
2,55531	6,291433	0,000945	6,291433	0,008616
2,38419	6,291567	0,00067	6,291567	0,006105
2,22452	6,291567	0,000705	6,291567	0,006427
2,07555	6,2916	0,000759	6,2916	0,006913
1,93656	6,2917	0,000643	6,2917	0,005861
1,80688	6,291767	0,000556	6,291767	0,005058
1,68587	6,291733	0,000729	6,291733	0,006631
1,57298	6,292167	0,000589	6,292167	0,005361
1,46764	6,291633	0,000983	6,291633	0,00897
1,36936	6,2922	0,000635	6,2922	0,005784
1,27765	6,292467	0,000193	6,292467	0,001761
1,19209	6,292233	0,000668	6,292233	0,006089
1,11226	6,2924	0,000811	6,2924	0,007387
1,03778	6,292667	-6,5E-06	6,292667	-4,1E-05
0,96828	6,292433	0,000348	6,292433	0,003171
0,90344	6,292733	0,000601	6,292733	0,005477
0,84294	6,292433	0,000987	6,292433	0,008982
0,78649	6,292933	0,000295	6,292933	0,002678
0,73382	6,2931	0,000635	6,2931	0,005777
0,68468	6,293033	0,00054	6,293033	0,004919
0,63883	6,293233	0,000533	6,293233	0,004854
0,59605	6,293833	0,000915	6,293833	0,008335
0,55613	6,293233	0,00058	6,293233	0,005281

## Naměřené hodnoty druhé difuzní vrstvy MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_GDL_2				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
0,51889	6,2416	0,000412	6,2416	0,003795
0,48414	6,241733	0,00076	6,241733	0,006974
0,45172	6,242133	0,000424	6,242133	0,0039
0,42147	6,242433	0,000455	6,242433	0,004168
0,39324	6,2434	0,00043	6,2434	0,003975
0,36691	6,243233	0,00056	6,243233	0,005148
0,34234	6,244667	0,000546	6,244667	0,004981
0,31941	6,244567	0,000744	6,244567	0,006825
0,29802	6,244967	0,000804	6,244967	0,00735
0,27807	6,245567	0,000814	6,245567	0,00745
0,25944	6,246367	0,000487	6,246367	0,004448
0,24207	6,247033	0,000584	6,247033	0,005372
0,22586	6,248133	0,00083	6,248133	0,007625
0,21073	6,248533	0,000597	6,248533	0,005484
0,19662	6,249867	0,000361	6,249867	0,003316
0,18345	6,251	0,000605	6,251	0,005552
0,17117	6,252267	0,000655	6,252267	0,005989
0,15971	6,253567	0,001117	6,253567	0,01029
0,14901	6,2545	0,000559	6,2545	0,0051
0,13903	6,2557	0,000327	6,2557	0,002982
0,12972	6,256367	0,000809	6,256367	0,00744
0,12104	6,258433	0,000982	6,258433	0,008968
0,11293	6,260133	0,000654	6,260133	0,005965
0,10537	6,261933	0,000426	6,261933	0,003889
0,1	6,263433	0,000367	6,263433	0,003322

střední hodnota fumapem_500_GDL_2				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
0,51889	6,293333	0,001167	6,293333	0,010611
0,48414	6,294	0,000865	6,294	0,00789
0,45172	6,293867	0,000665	6,293867	0,006057
0,42147	6,294233	0,000525	6,294233	0,004777
0,39324	6,294533	0,000192	6,294533	0,001742
0,36691	6,2947	0,000367	6,2947	0,003346
0,34234	6,2953	0,000844	6,2953	0,007678
0,31941	6,295067	0,000775	6,295067	0,007053
0,29802	6,2951	0,000653	6,2951	0,005956
0,27807	6,295433	0,00078	6,295433	0,007109
0,25944	6,295667	0,000537	6,295667	0,004889
0,24207	6,296067	0,000841	6,296067	0,007658
0,22586	6,2965	0,000513	6,2965	0,004676
0,21073	6,2963	0,000923	6,2963	0,008391
0,19662	6,296833	0,000464	6,296833	0,004214
0,18345	6,297233	0,000232	6,297233	0,002104
0,17117	6,2972	0,001031	6,2972	0,009383
0,15971	6,297733	0,000783	6,297733	0,007127
0,14901	6,298267	0,000648	6,298267	0,005898
0,13903	6,2992	0,000563	6,2992	0,005107
0,12972	6,298933	0,000483	6,298933	0,004397
0,12104	6,299567	0,000554	6,299567	0,005037
0,11293	6,299933	0,00057	6,299933	0,005177
0,10537	6,300567	0,000777	6,300567	0,00707
0,1	6,301333	0,000686	6,301333	0,006239



## Naměřené hodnoty membrány MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_membrane				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
20000000	0,068323	0,031594	0,075276	24,81233
18660660	0,016407	0,00195	0,016567	6,9056
17411010	0,039979	-0,03664	0,054233	-42,5113
16245050	0,056433	-0,03803	0,068051	-33,976
15157170	0,073497	-0,04055	0,083941	-28,8863
14142140	0,080444	-0,03123	0,086293	-21,216
13195080	0,076735	-0,02943	0,082186	-20,9847
12311440	0,069269	-0,04379	0,081949	-32,2993
11486980	0,080244	-0,08699	0,11835	-47,3097
10717740	0,16628	-0,11032	0,199547	-33,562
10000000	0,216377	-0,03416	0,21906	-8,9726
9330330	0,20051	0,015276	0,20109	4,356567
8705506	0,182763	0,036539	0,18638	11,30567
8122524	0,16862	0,0487	0,17551	16,10933
7578583	0,155323	0,05579	0,16504	19,75733
7071068	0,144423	0,057197	0,155337	21,60533
6597540	0,13648	0,0571	0,147943	22,70333
6155722	0,13031	0,056088	0,141867	23,288
5743492	0,12444	0,054186	0,135727	23,53
5358868	0,121793	0,050592	0,13188	22,55733
5000000	0,1202	0,049434	0,129967	22,35567
4665165	0,11845	0,051169	0,129027	23,364
4352753	0,109297	0,052343	0,121183	25,58967
4061262	0,103027	0,052051	0,11543	26,804
3789292	0,0944	0,041935	0,103293	23,95167
3535534	0,093104	0,033859	0,099071	19,98433
3298770	0,080749	0,024076	0,084274	16,60833
3077861	0,048311	-0,05213	0,071095	-47,2697

střední hodnota fumapem_500_membrane				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
20000000	0,070123	0,03204	0,077099	24,55333
18660660	0,016217	0,00427	0,016779	14,78367
17411010	0,038617	-0,03645	0,053104	-43,3493
16245050	0,055908	-0,03843	0,067844	-34,5057
15157170	0,073347	-0,04113	0,084094	-29,2843
14142140	0,08064	-0,03179	0,086679	-21,513
13195080	0,077098	-0,02994	0,082709	-21,2253
12311440	0,069717	-0,04426	0,082581	-32,4107
11486980	0,081209	-0,08761	0,119457	-47,172
10717740	0,167957	-0,10985	0,20069	-33,1863
10000000	0,216877	-0,03352	0,21945	-8,78643
9330330	0,20079	0,01605	0,201433	4,570133
8705506	0,182977	0,037441	0,186767	11,56433
8122524	0,168703	0,049684	0,17587	16,40967
7578583	0,15522	0,057068	0,16538	20,18633
7071068	0,14429	0,058342	0,15564	22,01533
6597540	0,136333	0,057991	0,148153	23,04333
6155722	0,13021	0,056981	0,142133	23,63433
5743492	0,12428	0,054976	0,135897	23,86267
5358868	0,12186	0,051603	0,132333	22,951
5000000	0,119947	0,050867	0,13029	22,981
4665165	0,1174	0,051572	0,12823	23,715
4352753	0,109097	0,051639	0,1207	25,32967
4061262	0,103263	0,051925	0,115583	26,69467
3789292	0,093982	0,041314	0,102663	23,73033
3535534	0,093132	0,031831	0,098422	18,87033
3298770	0,084653	0,022168	0,087507	14,67467
3077861	0,058267	-0,04071	0,071106	-34,9497

## Naměřené hodnoty membrány MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_membrane				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
2871746	2,744467	-1,292	3,033833	-25,1887
2679434	3,8972	0,40525	3,9201	5,965867
2500000	7,289767	3,7617	8,2054	27,318
2332583	7,507767	3,365833	8,230033	24,17367
2176377	7,756967	2,9516	8,301867	20,86033
2030631	7,9756	2,578933	8,384567	17,94833
1894646	8,138767	2,214533	8,437	15,25167
1767767	8,2999	1,8912	8,5149	12,868
1649385	8,461567	1,637367	8,6207	10,9834
1538931	8,601833	1,452933	8,725867	9,619967
1435873	8,722533	1,313433	8,823033	8,596533
1339717	8,818833	1,217667	8,904667	7,8958
1250000	8,876967	1,162153	8,9549	7,4944
1166291	8,8865	1,124673	8,9596	7,250567
1088188	8,850967	1,044767	8,9146	6,771333
1015316	8,848933	0,93756	8,900567	6,088233
947322,9	8,8671	0,844643	8,909233	5,481467
883883,5	8,886533	0,770147	8,921767	4,993633
824692,4	8,901233	0,70412	8,930967	4,563967
769465,3	8,911633	0,6451	8,9368	4,181833
717936,5	8,919633	0,58985	8,940933	3,8254
669858,4	8,924	0,537913	8,941933	3,491633
625000	8,928133	0,487243	8,9431	3,1662
583145,6	8,930967	0,437837	8,943333	2,8495
544094,1	8,934	0,389333	8,944067	2,5385
507657,8	8,9399	0,343113	8,948067	2,24135
473661,4	8,947867	0,29903	8,9544	1,957633
441941,8	8,9594	0,258688	8,9646	1,69758

střední hodnota fumapem_500_membrane				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
2871746	0,247277	-0,27184	0,36748	-47,7073
2679434	3,353667	0,612753	3,409233	10,357
2500000	3,596433	1,349733	3,841433	20,575
2332583	6,202733	3,297167	7,024767	27,99667
2176377	6,424733	2,926133	7,0598	24,49
2030631	6,634767	2,600367	7,1262	21,405
1894646	6,794933	2,282467	7,168133	18,57033
1767767	6,947467	2,003167	7,230533	16,08633
1649385	7,096033	1,783567	7,3168	14,111
1538931	7,223	1,6192	7,4023	12,63733
1435873	7,323933	1,5	7,476	11,57667
1339717	7,4016	1,419067	7,536433	10,855
1250000	7,437233	1,377933	7,5638	10,49833
1166291	7,419767	1,3436	7,540467	10,26567
1088188	7,3638	1,258	7,4705	9,696167
1015316	7,349967	1,148533	7,4392	8,8828
947322,9	7,358233	1,057167	7,4338	8,1771
883883,5	7,3679	0,982243	7,4331	7,594733
824692,4	7,374333	0,91816	7,431267	7,098367
769465,3	7,375767	0,85918	7,425633	6,6453
717936,5	7,3738	0,80419	7,417567	6,225067
669858,4	7,3709	0,748587	7,4088	5,8
625000	7,363567	0,696787	7,396467	5,4065
583145,6	7,357533	0,64721	7,385967	5,0279
544094,1	7,352133	0,598583	7,376433	4,655267
507657,8	7,347267	0,550907	7,367933	4,2888
473661,4	7,345867	0,506873	7,363333	3,947833
441941,8	7,346667	0,46525	7,3614	3,6242

## Naměřené hodnoty membrány MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_membrane				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
412346,2	8,971833	0,223027	8,976033	1,4677
384732,6	8,985533	0,190578	8,988933	1,258939
358968,3	8,9987	0,161076	9,001467	1,069261
334929,2	9,012833	0,135276	9,015133	0,90352
312500	9,026567	0,112692	9,0285	0,75877
291572,8	9,040833	0,092428	9,042467	0,629003
272047,1	9,0532	0,073634	9,054667	0,509077
253828,9	9,065867	0,057882	9,067167	0,408523
236830,7	9,0775	0,043802	9,078667	0,31886
220970,9	9,088167	0,031362	9,089267	0,23982
206173,1	9,098433	0,019919	9,0994	0,16707
192366,3	9,1081	0,009195	9,109033	0,099156
179484,1	9,116933	-0,00076	9,117833	0,035836
167464,6	9,125733	-0,00971	9,1266	-0,02061
156250	9,133633	-0,01783	9,134467	-0,07222
145786,4	9,142867	-0,02538	9,1437	-0,11977
136023,5	9,1518	-0,03187	9,152567	-0,16084
126914,4	9,1608	-0,03689	9,1616	-0,19284
118415,4	9,168433	-0,04328	9,1692	-0,23332
110485,4	9,176633	-0,04846	9,1774	-0,26584
103086,6	9,184233	-0,05388	9,184967	-0,30017
96183,16	9,1916	-0,05836	9,192367	-0,32831
89742,06	9,198533	-0,06229	9,1993	-0,35342
83732,3	9,205933	-0,0666	9,2067	-0,38019
78125	9,2127	-0,07005	9,213433	-0,40216
72893,2	9,219067	-0,07274	9,2198	-0,41934
68011,76	9,226033	-0,07623	9,2268	-0,44132
63457,22	9,236333	-0,0842	9,237167	-0,49033

střední hodnota fumapem_500_membrane				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
412346,2	7,349567	0,42736	7,362	3,3284
384732,6	7,351867	0,39323	7,3624	3,062167
358968,3	7,3558	0,362477	7,364733	2,821633
334929,2	7,3601	0,33377	7,367667	2,596933
312500	7,3639	0,308903	7,370367	2,402467
291572,8	7,367667	0,286203	7,3732	2,224933
272047,1	7,371767	0,265477	7,376567	2,062867
253828,9	7,3743	0,2467	7,3784	1,916433
236830,7	7,3766	0,22961	7,3802	1,783167
220970,9	7,378233	0,214627	7,381367	1,666467
206173,1	7,379367	0,20033	7,3821	1,5553
192366,3	7,380567	0,186993	7,382933	1,451633
179484,1	7,3812	0,173907	7,383233	1,349933
167464,6	7,3813	0,162147	7,383067	1,258633
156250	7,380667	0,15081	7,382233	1,1708
145786,4	7,381033	0,140843	7,382367	1,093367
136023,5	7,3817	0,13194	7,382867	1,0242
126914,4	7,3829	0,122637	7,3839	0,951823
118415,4	7,382667	0,11446	7,383567	0,888417
110485,4	7,382467	0,106547	7,383233	0,827003
103086,6	7,3822	0,098314	7,382833	0,76314
96183,16	7,3829	0,091684	7,3835	0,711613
89742,06	7,382933	0,084438	7,383433	0,655393
83732,3	7,382	0,077856	7,3824	0,604343
78125	7,381767	0,071998	7,382133	0,558933
72893,2	7,381567	0,066754	7,381867	0,518253
68011,76	7,381833	0,061126	7,3821	0,47451
63457,22	7,383633	0,057652	7,383833	0,44743

## Naměřené hodnoty membrány MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_membrane				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
59207,68	9,243733	-0,08672	9,244567	-0,50575
55242,72	9,250467	-0,0894	9,2513	-0,52273
51543,28	9,257133	-0,09269	9,257967	-0,54332
48091,58	9,2637	-0,09482	9,264533	-0,5567
44871,03	9,269933	-0,09721	9,2708	-0,57162
41866,15	9,276367	-0,09814	9,277233	-0,57747
39062,5	9,281167	-0,10153	9,282033	-0,59886
36446,6	9,287533	-0,10352	9,288433	-0,611
34005,88	9,294167	-0,10591	9,295067	-0,62582
31728,61	9,300167	-0,10814	9,301067	-0,63966
29603,84	9,3079	-0,11059	9,3088	-0,65468
27621,36	9,313967	-0,11313	9,3149	-0,6703
25771,64	9,320367	-0,11493	9,3213	-0,68137
24045,79	9,327033	-0,11661	9,327967	-0,69175
22435,52	9,333767	-0,11841	9,334733	-0,70254
20933,07	9,340267	-0,12044	9,341233	-0,71504
19531,25	9,346467	-0,1228	9,347433	-0,72955
18223,3	9,352733	-0,12449	9,3537	-0,73967
17002,94	9,359467	-0,12604	9,360433	-0,74893
15864,3	9,366333	-0,12875	9,367333	-0,76518
14801,92	9,372833	-0,13065	9,373867	-0,77673
13810,68	9,3798	-0,13275	9,380867	-0,78929
12885,82	9,386133	-0,13505	9,3872	-0,80331
12022,89	9,393233	-0,13757	9,3943	-0,81808
11217,76	9,400167	-0,14022	9,401267	-0,83397
10466,54	9,4076	-0,14242	9,408733	-0,84703
9765,625	9,4147	-0,14492	9,415833	-0,86177
9111,65	9,420967	-0,14758	9,422133	-0,87776

střední hodnota fumapem_500_membrane				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
59207,68	7,3835	0,053652	7,3837	0,416387
55242,72	7,3847	0,049258	7,3849	0,38225
51543,28	7,3845	0,043994	7,3846	0,341373
48091,58	7,3845	0,040946	7,3846	0,317737
44871,03	7,384233	0,036548	7,384333	0,283633
41866,15	7,384867	0,032786	7,384967	0,25441
39062,5	7,384633	0,029225	7,384733	0,22681
36446,6	7,385133	0,025004	7,385133	0,194027
34005,88	7,3852	0,022097	7,3852	0,17147
31728,61	7,3851	0,018794	7,3851	0,145823
29603,84	7,386233	0,015961	7,386233	0,12385
27621,36	7,386467	0,012637	7,386467	0,098047
25771,64	7,3869	0,009657	7,3869	0,074935
24045,79	7,387567	0,006429	7,387567	0,0499
22435,52	7,388333	0,003522	7,388333	0,027348
20933,07	7,3886	0,001314	7,3886	0,010218
19531,25	7,389033	-0,00146	7,389033	-0,01134
18223,3	7,389	-0,00391	7,389	-0,03032
17002,94	7,3896	-0,00632	7,3896	-0,04903
15864,3	7,390333	-0,00862	7,390333	-0,06679
14801,92	7,3908	-0,01148	7,3908	-0,08904
13810,68	7,391733	-0,0137	7,391733	-0,10616
12885,82	7,3925	-0,0167	7,3925	-0,12939
12022,89	7,393533	-0,01895	7,393533	-0,14679
11217,76	7,395033	-0,02184	7,395033	-0,16924
10466,54	7,396467	-0,0245	7,396467	-0,18981
9765,625	7,3971	-0,02694	7,397133	-0,20864
9111,65	7,398533	-0,02996	7,398633	-0,23198

## Naměřené hodnoty membrány MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_membrane				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
8501,47	9,428767	-0,15025	9,429933	-0,89349
7932,152	9,4357	-0,15291	9,436933	-0,90935
7400,96	9,443467	-0,15594	9,4447	-0,92715
6905,34	9,451233	-0,15897	9,452833	-0,94496
6442,91	9,458867	-0,16211	9,4605	-0,96348
6011,447	9,466433	-0,16478	9,4681	-0,97907
5608,879	9,4745	-0,16782	9,4762	-0,9968
5233,269	9,482733	-0,17153	9,484467	-1,0185
4882,813	9,4907	-0,17475	9,492467	-1,03734
4555,825	9,498467	-0,17794	9,500267	-1,05607
4250,735	9,506833	-0,18186	9,508667	-1,07881
3966,076	9,514567	-0,18578	9,516467	-1,10173
3700,48	9,523033	-0,18961	9,525	-1,12406
3452,67	9,531467	-0,19369	9,533433	-1,14789
3221,455	9,54	-0,19763	9,542033	-1,17069
3005,724	9,548967	-0,20238	9,551067	-1,19827
2804,439	9,557667	-0,20666	9,5598	-1,22308
2616,635	9,5665	-0,21158	9,569033	-1,25166
2441,406	9,5753	-0,2161	9,5779	-1,2778
2277,913	9,584	-0,22159	9,586667	-1,30967
2125,368	9,593833	-0,22672	9,5966	-1,33923
1983,038	9,6029	-0,23196	9,605733	-1,3695
1850,24	9,6126	-0,23675	9,6155	-1,39693
1726,335	9,622033	-0,24391	9,625067	-1,43837
1610,727	9,6314	-0,24999	9,634833	-1,4734
1502,862	9,641333	-0,25641	9,6449	-1,51037
1402,22	9,652133	-0,26331	9,6558	-1,55007
1308,317	9,661867	-0,2706	9,665667	-1,5918

střední hodnota fumapem_500_membrane				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
8501,47	7,3996	-0,03267	7,3997	-0,25296
7932,152	7,4008	-0,03534	7,4009	-0,27357
7400,96	7,402	-0,03835	7,4021	-0,29681
6905,34	7,403367	-0,0414	7,403467	-0,3204
6442,91	7,404233	-0,04449	7,404333	-0,34432
6011,447	7,4061	-0,04764	7,4063	-0,36859
5608,879	7,4075	-0,05123	7,4077	-0,39621
5233,269	7,408967	-0,05462	7,409167	-0,42239
4882,813	7,4103	-0,05835	7,4105	-0,45119
4555,825	7,411833	-0,06194	7,412133	-0,47885
4250,735	7,412933	-0,06575	7,413233	-0,50821
3966,076	7,414233	-0,06964	7,414533	-0,53816
3700,48	7,4158	-0,07419	7,4162	-0,57322
3452,67	7,4174	-0,07843	7,4178	-0,60581
3221,455	7,418967	-0,08338	7,419467	-0,64393
3005,724	7,420767	-0,08819	7,421267	-0,68093
2804,439	7,422933	-0,09343	7,423533	-0,72111
2616,635	7,424933	-0,09883	7,425633	-0,76261
2441,406	7,4267	-0,10477	7,4274	-0,80826
2277,913	7,429233	-0,11053	7,430033	-0,85239
2125,368	7,431767	-0,11708	7,432667	-0,90259
1983,038	7,4339	-0,124	7,4349	-0,95566
1850,24	7,436267	-0,13022	7,4374	-1,00327
1726,335	7,438467	-0,1391	7,439767	-1,07133
1610,727	7,441967	-0,14707	7,443433	-1,1322
1502,862	7,4439	-0,15553	7,4455	-1,197
1402,22	7,446967	-0,16488	7,448767	-1,26843
1308,317	7,449867	-0,17458	7,4519	-1,34243

## Naměřené hodnoty membrány MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_membrane				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
1220,703	9,672267	-0,2786	9,6762	-1,6377
1138,956	9,6816	-0,2883	9,686	-1,69357
1062,684	9,6934	-0,29469	9,697933	-1,72993
991,519	9,705033	-0,30372	9,709733	-1,78127
925,12	9,7149	-0,31347	9,720133	-1,8372
863,1675	9,7268	-0,32323	9,732233	-1,89287
805,3637	9,738567	-0,33236	9,7442	-1,94507
751,4309	9,7497	-0,3466	9,756	-2,02653
701,1098	9,759967	-0,3569	9,766467	-2,0844
654,1586	9,774167	-0,36763	9,780933	-2,14563
610,3516	9,782733	-0,38108	9,790167	-2,22253
569,4781	9,797067	-0,39466	9,805167	-2,29907
531,3419	9,806367	-0,41857	9,815333	-2,43557
495,7595	9,824933	-0,42371	9,834133	-2,4627
462,56	9,838433	-0,4401	9,8481	-2,55557
431,5837	9,850267	-0,45681	9,860733	-2,64947
402,6819	9,859567	-0,47786	9,871233	-2,7687
375,7155	9,877533	-0,49669	9,889967	-2,87507
350,5549	9,898133	-0,51217	9,911333	-2,9578
327,0793	9,9146	-0,53243	9,928833	-3,0715
305,1758	9,925333	-0,55544	9,940667	-3,20177
284,7391	9,946467	-0,58038	9,963567	-3,33823
265,671	9,965033	-0,60473	9,9833	-3,47263
247,8798	9,984167	-0,62351	10,00347	-3,57407
231,28	9,996267	-0,65975	10,018	-3,7766
215,7919	10,01683	-0,68317	10,0401	-3,90417
201,3409	10,01443	-0,74828	10,04247	-4,26673
187,8577	10,05677	-0,74258	10,08417	-4,23257

střední hodnota fumapem_500_membrane				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
1220,703	7,4533	-0,18485	7,4556	-1,4208
1138,956	7,4547	-0,19622	7,457267	-1,50797
1062,684	7,4595	-0,20731	7,4624	-1,59207
991,519	7,463333	-0,21977	7,466567	-1,6868
925,12	7,4675	-0,23301	7,471133	-1,7873
863,1675	7,471	-0,24664	7,475067	-1,89097
805,3637	7,476	-0,26137	7,480567	-2,0025
751,4309	7,479067	-0,2779	7,484233	-2,1281
701,1098	7,484833	-0,29527	7,490633	-2,2593
654,1586	7,490733	-0,31102	7,4972	-2,37777
610,3516	7,493967	-0,32943	7,5012	-2,5173
569,4781	7,4995	-0,34926	7,507633	-2,6666
531,3419	7,5123	-0,37484	7,521633	-2,8568
495,7595	7,514033	-0,39202	7,524233	-2,98683
462,56	7,5215	-0,41566	7,532967	-3,16343
431,5837	7,528233	-0,43985	7,541067	-3,34417
402,6819	7,540667	-0,46965	7,555267	-3,56397
375,7155	7,547067	-0,49472	7,563267	-3,75083
350,5549	7,5553	-0,52522	7,573533	-3,9772
327,0793	7,565567	-0,55603	7,586	-4,20383
305,1758	7,581133	-0,58743	7,603867	-4,4312
284,7391	7,594867	-0,62318	7,6204	-4,6913
265,671	7,6079	-0,65853	7,636333	-4,94773
247,8798	7,620767	-0,69616	7,6525	-5,21993
231,28	7,635567	-0,73943	7,6713	-5,53193
215,7919	7,656467	-0,78367	7,696467	-5,84497
201,3409	7,6436	-0,85537	7,6915	-6,38147
187,8577	7,693667	-0,87208	7,742967	-6,46783

## Naměřené hodnoty membrány MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_membrane				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
175,2775	10,07603	-0,77957	10,10637	-4,43023
163,5397	10,09637	-0,81848	10,1297	-4,64137
152,5879	10,12477	-0,85476	10,16067	-4,83153
142,3695	10,14473	-0,89314	10,18417	-5,03977
132,8355	10,1742	-0,93176	10,21697	-5,24347
123,9399	10,19207	-0,97713	10,23887	-5,48757
115,64	10,2231	-1,01222	10,27317	-5,66917
107,8959	10,28187	-1,0863	10,33913	-6,0473
100,6705	10,35567	-1,21683	10,42783	-6,66883
93,92887	10,30087	-1,18913	10,36953	-6,60063
87,63873	10,34983	-1,23697	10,42353	-6,82687
81,76983	10,3811	-1,28943	10,46117	-7,10183
76,29394	10,41483	-1,35083	10,5021	-7,41227
71,18477	10,45243	-1,4138	10,5476	-7,72723
66,41774	10,48947	-1,48043	10,59383	-8,05957
61,96994	10,52963	-1,5515	10,64383	-8,40963
57,82	10,57003	-1,6226	10,6939	-8,7575
53,94797	10,61627	-1,69923	10,7517	-9,12757
50,33523	10,66183	-1,7771	10,8095	-9,4987
46,96443	10,71123	-1,87337	10,87413	-9,9564
43,81937	10,7622	-1,96197	10,94013	-10,3688
40,88491	10,81437	-2,0546	11,00867	-10,799
38,14697	10,8698	-2,15263	11,08133	-11,2467
35,59238	10,92857	-2,2597	11,16067	-11,7283
33,20887	10,98893	-2,36403	11,241	-12,1917
30,98497	11,05433	-2,47677	11,32967	-12,6817
28,91	11,12	-2,59617	11,42067	-13,1983
26,97398	11,18933	-2,7203	11,51633	-13,7257

střední hodnota fumapem_500_membrane				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
175,2775	7,718533	-0,92431	7,773733	-6,82957
163,5397	7,7393	-0,97459	7,800467	-7,17837
152,5879	7,769333	-1,03317	7,837767	-7,5756
142,3695	7,788133	-1,0871	7,863667	-7,9473
132,8355	7,821067	-1,15077	7,9053	-8,37133
123,9399	7,8473	-1,2135	7,9406	-8,79167
115,64	7,8787	-1,28087	7,982133	-9,23473
107,8959	7,9164	-1,3474	8,030267	-9,65953
100,6705	8,048267	-1,43563	8,1755	-10,1139
93,92887	8,003367	-1,5084	8,1443	-10,674
87,63873	8,054133	-1,56377	8,204567	-10,9883
81,76983	8,0893	-1,64763	8,2554	-11,5133
76,29394	8,139967	-1,73297	8,322433	-12,0197
71,18477	8,193933	-1,82113	8,393933	-12,5317
66,41774	8,2494	-1,91303	8,468333	-13,057
61,96994	8,310467	-2,0064	8,549267	-13,5743
57,82	8,374867	-2,10373	8,635067	-14,1017
53,94797	8,445667	-2,2026	8,7282	-14,6183
50,33523	8,519633	-2,30637	8,826367	-15,1483
46,96443	8,587433	-2,41867	8,9216	-15,731
43,81937	8,667867	-2,52983	9,029567	-16,2717
40,88491	8,753567	-2,63943	9,142867	-16,7803
38,14697	8,841267	-2,75717	9,261233	-17,3213
35,59238	8,933533	-2,8753	9,3849	-17,842
33,20887	9,029367	-3,006	9,516667	-18,4143
30,98497	9,129267	-3,1328	9,6519	-18,9417
28,91	9,234067	-3,2715	9,7965	-19,5097
26,97398	9,343133	-3,41033	9,946167	-20,0537

## Naměřené hodnoty membrány MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_membrane				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
25,16762	11,263	-2,85503	11,62067	-14,289
23,48222	11,34033	-2,987	11,729	-14,8257
21,90968	11,421	-3,1314	11,84467	-15,4057
20,44246	11,503	-3,28283	11,965	-16,0073
19,07349	11,591	-3,44087	12,094	-16,6167
17,79619	11,68433	-3,60433	12,23133	-17,2333
16,60443	11,77867	-3,77713	12,373	-17,8733
15,49249	11,879	-3,9557	12,52467	-18,5177
14,455	11,981	-4,14607	12,68333	-19,1917
13,48699	12,088	-4,3451	12,851	-19,8803
12,58381	12,19967	-4,55017	13,02733	-20,5703
11,74111	12,31633	-4,76413	13,21367	-21,2703
10,95484	12,43667	-4,98963	13,40933	-21,9893
10,22123	12,56133	-5,22557	13,61533	-22,722
9,53674	12,68933	-5,47697	13,83267	-23,4857
8,8981	12,82267	-5,73377	14,06	-24,237
8,30222	12,957	-6,01313	14,29967	-25,0437
7,74624	13,09467	-6,29933	14,54867	-25,8427
7,2275	13,23867	-6,60193	14,81367	-26,6593
6,7435	13,38667	-6,92167	15,09333	-27,4983
6,2919	13,538	-7,25683	15,38567	-28,3487
5,87055	13,69567	-7,615	15,69933	-29,2287
5,47742	13,85367	-7,99027	16,02533	-30,126
5,11061	14,01933	-8,38873	16,37333	-31,0397
4,76837	14,18767	-8,8112	16,74067	-31,9793
4,44905	14,361	-9,26577	17,13433	-32,956
4,15111	14,543	-9,7355	17,54867	-33,9143
3,87312	14,72533	-10,2353	17,98567	-34,9023

střední hodnota fumapem_500_membrane				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
25,16762	9,458067	-3,5499	10,10247	-20,574
23,48222	9,577433	-3,69423	10,26567	-21,094
21,90968	9,699	-3,84703	10,434	-21,6367
20,44246	9,825	-4,00877	10,61167	-22,1977
19,07349	9,958467	-4,16603	10,79467	-22,7037
17,79619	10,0957	-4,33253	10,98633	-23,2283
16,60443	10,23633	-4,50777	11,185	-23,7693
15,49249	10,38233	-4,6893	11,39267	-24,3097
14,455	10,53533	-4,87153	11,60733	-24,8187
13,48699	10,68933	-5,06647	11,82933	-25,3627
12,58381	10,848	-5,27033	12,06067	-25,9157
11,74111	11,014	-5,4778	12,30133	-26,4467
10,95484	11,181	-5,69827	12,54967	-27,0093
10,22123	11,359	-5,92257	12,81067	-27,5417
9,53674	11,537	-6,16347	13,081	-28,117
8,8981	11,72033	-6,41493	13,36167	-28,698
8,30222	11,91333	-6,67133	13,655	-29,2533
7,74624	12,10833	-6,9443	13,95967	-29,84
7,2275	12,31333	-7,22963	14,28	-30,4233
6,7435	12,523	-7,5291	14,61367	-31,0197
6,2919	12,73767	-7,84837	14,96333	-31,643
5,87055	12,96367	-8,18043	15,331	-32,2563
5,47742	13,196	-8,53107	15,716	-32,8847
5,11061	13,43867	-8,89653	16,11933	-33,5063
4,76837	13,691	-9,28383	16,545	-34,141
4,44905	13,95533	-9,6982	16,99833	-34,7957
4,15111	14,23133	-10,1255	17,46967	-35,4287
3,87312	14,52367	-10,576	17,97067	-36,0567



## Naměřené hodnoty membrány MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_membrane				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
3,61375	14,916	-10,7743	18,45733	-35,924
3,37175	15,10967	-11,3453	18,956	-36,9643
3,14595	15,319	-11,9417	19,48933	-37,9787
2,93528	15,52633	-12,584	20,05533	-39,0427
2,73871	15,74733	-13,268	20,66533	-40,1093
2,55531	15,98833	-13,9963	21,32667	-41,1683
2,38419	16,23267	-14,7717	22,029	-42,2453
2,22452	16,49767	-15,5977	22,78833	-43,3123
2,07555	16,769	-16,4673	23,59033	-44,3723
1,93656	17,044	-17,3933	24,442	-45,4477
1,80688	17,36	-18,371	25,368	-46,464
1,68587	17,674	-19,423	26,35533	-47,5197
1,57298	18,02033	-20,5297	27,41267	-48,5237
1,46764	18,38033	-21,7183	28,54833	-49,5413
1,36936	18,82933	-22,9577	29,79033	-50,4043
1,27765	19,20233	-24,2523	31,02933	-51,379
1,19209	19,691	-25,6737	32,45267	-52,25
1,11226	20,11067	-27,149	33,88167	-53,1967
1,03778	20,665	-28,6637	35,43133	-53,9267
0,96828	21,219	-30,309	37,093	-54,719
0,90344	21,781	-32,078	38,86533	-55,5377
0,84294	22,40067	-33,8977	40,71933	-56,254
0,78649	23,07833	-35,838	42,713	-56,9323
0,73382	23,75433	-37,8987	44,811	-57,6347
0,68468	24,539	-40,079	47,07367	-58,243
0,63883	25,33833	-42,3543	49,43167	-58,8327
0,59605	26,25033	-44,7953	51,99367	-59,3573
0,55613	27,20567	-47,2757	54,616	-59,8157

střední hodnota fumapem_500_membrane				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
3,61375	14,82367	-11,0497	18,49333	-36,6943
3,37175	15,14867	-11,5423	19,04967	-37,296
3,14595	15,47433	-12,0647	19,62667	-37,931
2,93528	15,834	-12,618	20,252	-38,5377
2,73871	16,21033	-13,192	20,90533	-39,1227
2,55531	16,611	-13,8003	21,60133	-39,7017
2,38419	17,035	-14,4347	22,33433	-40,2563
2,22452	17,47967	-15,0967	23,10233	-40,7943
2,07555	17,95467	-15,7857	23,913	-41,2983
1,93656	18,45033	-16,5043	24,761	-41,7893
1,80688	18,98667	-17,244	25,65467	-42,22
1,68587	19,541	-18,03	26,594	-42,6703
1,57298	20,12833	-18,8463	27,58	-43,0883
1,46764	20,775	-19,6767	28,61933	-43,4173
1,36936	21,461	-20,5337	29,70733	-43,7067
1,27765	22,151	-21,425	30,82167	-44,0177
1,19209	22,91733	-22,3287	32,001	-44,2267
1,11226	23,68833	-23,309	33,237	-44,512
1,03778	24,527	-24,2597	34,50167	-44,6597
0,96828	25,41267	-25,283	35,851	-44,8267
0,90344	26,338	-26,308	37,22967	-44,943
0,84294	27,30367	-27,3707	38,66333	-45,0473
0,78649	28,31	-28,4837	40,162	-45,1523
0,73382	29,368	-29,588	41,69067	-45,193
0,68468	30,48333	-30,7367	43,29133	-45,2197
0,63883	31,648	-31,9127	44,94633	-45,2223
0,59605	32,86667	-33,1107	46,65467	-45,1983
0,55613	34,16267	-34,3093	48,41767	-45,1113

## Naměřené hodnoty membrány MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_membrane				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
0,51889	28,11833	-49,925	57,36733	-60,35
0,48414	29,17233	-52,8207	60,40433	-60,839
0,45172	30,36467	-55,7423	63,535	-61,1847
0,42147	31,472	-58,8563	66,8	-61,6323
0,39324	32,84133	-62,1637	70,35667	-61,9353
0,36691	34,15833	-65,5087	73,92833	-62,2523
0,34234	35,648	-69,2413	77,92067	-62,5683
0,31941	37,12133	-72,938	81,88233	-62,8407
0,29802	38,82267	-76,993	86,25967	-63,0793
0,27807	40,47367	-81,1183	90,68833	-63,3273
0,25944	42,50633	-85,5593	95,56167	-63,4443
0,24207	44,29633	-90,2653	100,5707	-63,7397
0,22586	46,42333	-94,9253	105,6887	-63,8237
0,21073	48,778	-100,132	111,3947	-63,9353
0,19662	50,94933	-105,543	117,2067	-64,1563
0,18345	53,406	-111,139	123,3133	-64,2673
0,17117	56,13567	-116,96	129,74	-64,3127
0,15971	58,941	-123,233	136,6067	-64,403
0,14901	61,94367	-129,83	143,8533	-64,465
0,13903	64,93967	-136,757	151,3933	-64,581
0,12972	68,26633	-143,763	159,15	-64,608
0,12104	71,85633	-151,157	167,3733	-64,5973
0,11293	75,855	-159,057	176,22	-64,531
0,10537	79,73233	-167,43	185,45	-64,5757
0,1	82,62267	-173,773	192,4233	-64,619

střední hodnota fumapem_500_membrane				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
0,51889	35,47	-35,498	50,18267	-45,014
0,48414	36,81533	-36,7957	52,051	-44,9767
0,45172	38,29867	-38,1153	54,033	-44,858
0,42147	39,735	-39,3483	55,921	-44,7163
0,39324	41,23733	-40,7233	57,95633	-44,641
0,36691	42,81867	-41,996	59,976	-44,4437
0,34234	44,367	-43,4313	62,08667	-44,394
0,31941	46,05833	-44,7773	64,237	-44,1943
0,29802	47,70533	-46,263	66,45433	-44,129
0,27807	49,44967	-47,6527	68,67367	-43,9463
0,25944	51,186	-49,164	70,97367	-43,855
0,24207	52,94667	-50,6997	73,30767	-43,77
0,22586	54,80833	-52,231	75,711	-43,6297
0,21073	56,649	-53,8883	78,18867	-43,583
0,19662	58,489	-55,5833	80,69	-43,5553
0,18345	60,387	-57,2053	83,18333	-43,464
0,17117	62,363	-59,023	85,869	-43,4387
0,15971	64,32633	-60,9467	88,618	-43,4717
0,14901	66,218	-62,904	91,33767	-43,5483
0,13903	68,268	-64,8453	94,16	-43,543
0,12972	70,385	-66,9723	97,161	-43,594
0,12104	72,396	-69,3087	100,2303	-43,7723
0,11293	74,43633	-71,664	103,338	-43,9367
0,10537	76,44967	-74,1147	106,4867	-44,132
0,1	78,04	-76,0163	108,9533	-44,267

## Naměřené hodnoty celé MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_MEA				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
20000000	0,070162	0,033077	0,077568	25,241
18660660	0,015517	0,004112	0,016057	14,85167
17411010	0,039128	-0,03673	0,053668	-43,1913
16245050	0,056364	-0,03822	0,068099	-34,1383
15157170	0,07366	-0,04076	0,084186	-28,9593
14142140	0,080712	-0,03138	0,086598	-21,2457
13195080	0,07704	-0,02958	0,082522	-21,0027
12311440	0,069647	-0,0441	0,082437	-32,3437
11486980	0,081067	-0,0875	0,119277	-47,184
10717740	0,16781	-0,10998	0,200637	-33,2403
10000000	0,217167	-0,03355	0,219743	-8,78087
9330330	0,20094	0,016112	0,201587	4,584333
8705506	0,183023	0,037405	0,186807	11,55067
8122524	0,16887	0,049594	0,176003	16,367
7578583	0,15552	0,056902	0,165603	20,09667
7071068	0,144483	0,058318	0,155807	21,98033
6597540	0,13652	0,058077	0,14836	23,04533
6155722	0,130403	0,056954	0,1423	23,59333
5743492	0,124597	0,054891	0,13615	23,776
5358868	0,122103	0,051274	0,132433	22,77867
5000000	0,120443	0,050328	0,130537	22,67767
4665165	0,118377	0,051426	0,129063	23,48133
4352753	0,109733	0,052133	0,121487	25,412
4061262	0,103993	0,052312	0,116407	26,70367
3789292	0,094432	0,041822	0,10328	23,888
3535534	0,09354	0,032055	0,098881	18,917
3298770	0,086036	0,021486	0,088679	14,02367
3077861	0,066075	-0,041	0,077762	-31,8217

střední hodnota fumapem_500_MEA				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
20000000	0,06724	0,032512	0,07469	25,80633
18660660	0,015515	0,000962	0,015555	3,5104
17411010	0,039521	-0,03705	0,05417	-43,1523
16245050	0,056369	-0,0385	0,068261	-34,3317
15157170	0,073467	-0,0409	0,084085	-29,106
14142140	0,08041	-0,0316	0,086398	-21,457
13195080	0,076731	-0,02983	0,082325	-21,243
12311440	0,069288	-0,04428	0,082229	-32,5827
11486980	0,080518	-0,08761	0,11899	-47,416
10717740	0,16704	-0,11044	0,200243	-33,4703
10000000	0,216523	-0,03424	0,21921	-8,9852
9330330	0,20066	0,015471	0,201253	4,408733
8705506	0,182797	0,036866	0,186477	11,40233
8122524	0,16858	0,049117	0,17559	16,24367
7578583	0,155057	0,056446	0,16501	20,00333
7071068	0,14411	0,057808	0,155273	21,85733
6597540	0,13624	0,057537	0,147893	22,89533
6155722	0,130197	0,05665	0,141987	23,51433
5743492	0,124217	0,054745	0,135747	23,78433
5358868	0,121673	0,051325	0,132053	22,87133
5000000	0,119437	0,050826	0,129803	23,052
4665165	0,116467	0,051438	0,12732	23,829
4352753	0,108067	0,050941	0,11947	25,23867
4061262	0,102743	0,051067	0,114733	26,429
3789292	0,093659	0,040592	0,102077	23,43233
3535534	0,093037	0,031003	0,098067	18,42967
3298770	0,085755	0,020716	0,088222	13,581
3077861	0,064038	-0,04287	0,077069	-33,7977

## Naměřené hodnoty celé MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_MEA				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
2871746	0,262033	-0,2452	0,358907	-43,0963
2679434	3,225967	0,724573	3,306867	12,65467
2500000	3,376067	1,485533	3,688467	23,75067
2332583	5,761833	3,461967	6,7219	30,99933
2176377	5,9518	3,089433	6,705867	27,43267
2030631	6,141	2,765333	6,7349	24,24233
1894646	6,294067	2,450233	6,7542	21,27033
1767767	6,439767	2,172467	6,796333	18,64233
1649385	6,576233	1,954133	6,8604	16,54967
1538931	6,692633	1,7895	6,927733	14,97
1435873	6,783233	1,665067	6,984633	13,792
1339717	6,851067	1,5788	7,030633	12,977
1250000	6,876933	1,528833	7,044833	12,53367
1166291	6,850367	1,484567	7,0094	12,228
1088188	6,788933	1,388267	6,929433	11,557
1015316	6,772367	1,268667	6,890167	10,61033
947322,9	6,778633	1,169867	6,878833	9,791767
883883,5	6,7861	1,088067	6,872767	9,1092
824692,4	6,790367	1,016633	6,866067	8,514933
769465,3	6,7908	0,951027	6,857067	7,972267
717936,5	6,787067	0,890593	6,845267	7,4756
669858,4	6,7814	0,8322	6,832267	6,9963
625000	6,773733	0,776177	6,818067	6,536867
583145,6	6,767067	0,717887	6,805	6,055633
544094,1	6,759833	0,664833	6,792433	5,617067
507657,8	6,754767	0,613697	6,7826	5,1913
473661,4	6,752733	0,565243	6,776367	4,784867
441941,8	6,7522	0,520023	6,7722	4,403967

střední hodnota fumapem_500_MEA				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
2871746	0,26932	-0,24963	0,367213	-42,8273
2679434	3,202833	0,710423	3,2807	12,507
2500000	3,4124	1,400667	3,6887	22,317
2332583	5,877633	3,3244	6,752667	29,493
2176377	6,079833	2,9607	6,762433	25,96533
2030631	6,272767	2,640667	6,805967	22,83033
1894646	6,4218	2,334167	6,832867	19,97567
1767767	6,563967	2,059	6,8793	17,416
1649385	6,6983	1,846433	6,948133	15,41167
1538931	6,8134	1,684833	7,018667	13,89
1435873	6,904967	1,566433	7,080433	12,78233
1339717	6,9745	1,486967	7,131267	12,03567
1250000	6,998333	1,4428	7,145533	11,64967
1166291	6,974	1,402533	7,113633	11,37133
1088188	6,9127	1,309733	7,035667	10,729
1015316	6,897733	1,194367	7,000367	9,8239
947322,9	6,904767	1,100433	6,9919	9,055567
883883,5	6,912867	1,022167	6,988033	8,411367
824692,4	6,918	0,955517	6,9837	7,864233
769465,3	6,9182	0,894037	6,975733	7,363733
717936,5	6,915267	0,836437	6,9657	6,896933
669858,4	6,910233	0,781653	6,9543	6,4538
625000	6,903433	0,724707	6,941367	5,993
583145,6	6,896933	0,672513	6,929633	5,569433
544094,1	6,890433	0,621917	6,918433	5,157567
507657,8	6,887733	0,573307	6,911533	4,7582
473661,4	6,888567	0,52664	6,908667	4,3719
441941,8	6,8923	0,483463	6,909233	4,012533

## Naměřené hodnoty celé MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_MEA				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
412346,2	6,754533	0,478983	6,7715	4,056233
384732,6	6,757	0,44112	6,7714	3,735167
358968,3	6,760567	0,407747	6,772867	3,4515
334929,2	6,7641	0,376927	6,7746	3,1895
312500	6,7676	0,349127	6,7766	2,953167
291572,8	6,771167	0,324233	6,7789	2,741467
272047,1	6,774433	0,301373	6,781133	2,547233
253828,9	6,777633	0,28046	6,783433	2,369567
236830,7	6,778967	0,26172	6,784	2,210967
220970,9	6,780667	0,24515	6,785067	2,0706
206173,1	6,781033	0,229253	6,784933	1,936333
192366,3	6,782567	0,21441	6,785967	1,810667
179484,1	6,782333	0,200647	6,7853	1,694533
167464,6	6,782333	0,187317	6,784933	1,582
156250	6,782067	0,175637	6,784367	1,483467
145786,4	6,781467	0,16449	6,783467	1,389467
136023,5	6,782067	0,154167	6,783833	1,3022
126914,4	6,7827	0,14446	6,7842	1,220133
118415,4	6,7825	0,135213	6,783833	1,142067
110485,4	6,7821	0,12637	6,7833	1,0675
103086,6	6,781567	0,118487	6,782567	1,00097
96183,16	6,781467	0,110573	6,782367	0,934143
89742,06	6,7807	0,103023	6,7815	0,870467
83732,3	6,780433	0,096652	6,781133	0,816673
78125	6,778867	0,090472	6,779467	0,764637
72893,2	6,7791	0,084827	6,7796	0,716907
68011,76	6,7787	0,078951	6,7792	0,66729
63457,22	6,778633	0,074724	6,779033	0,631577

střední hodnota fumapem_500_MEA				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
412346,2	6,8933	0,444537	6,907633	3,689833
384732,6	6,894133	0,409437	6,906267	3,398833
358968,3	6,898133	0,37735	6,908433	3,1312
334929,2	6,9015	0,34836	6,9103	2,889667
312500	6,905467	0,322453	6,913	2,673567
291572,8	6,909033	0,299453	6,915533	2,481867
272047,1	6,9124	0,27799	6,918	2,303067
253828,9	6,915467	0,259493	6,920333	2,149033
236830,7	6,916867	0,242947	6,921133	2,0117
220970,9	6,918	0,227207	6,921733	1,881167
206173,1	6,918667	0,21249	6,921933	1,7592
192366,3	6,919667	0,199037	6,922533	1,647633
179484,1	6,919433	0,18599	6,921967	1,5398
167464,6	6,9189	0,174247	6,921067	1,442733
156250	6,9181	0,16286	6,920033	1,348633
145786,4	6,9179	0,152467	6,919567	1,262633
136023,5	6,917933	0,143283	6,9194	1,1866
126914,4	6,9183	0,13517	6,919633	1,119367
118415,4	6,9188	0,125847	6,919933	1,042133
110485,4	6,917433	0,11768	6,918433	0,9747
103086,6	6,917467	0,10997	6,918333	0,91086
96183,16	6,916867	0,102833	6,917633	0,851833
89742,06	6,916333	0,096282	6,917	0,79764
83732,3	6,915367	0,090408	6,915967	0,749093
78125	6,915067	0,084437	6,915567	0,699653
72893,2	6,914467	0,078895	6,9149	0,65379
68011,76	6,913767	0,073374	6,914167	0,60813
63457,22	6,914867	0,069912	6,915233	0,579273

## Naměřené hodnoty celé MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_MEA				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
59207,68	6,779267	0,070821	6,779667	0,598537
55242,72	6,7792	0,06575	6,7795	0,555687
51543,28	6,778633	0,061144	6,778933	0,516803
48091,58	6,777933	0,058078	6,7782	0,490943
44871,03	6,7777	0,053447	6,7779	0,451813
41866,15	6,777467	0,05066	6,777667	0,42827
39062,5	6,776367	0,046869	6,776567	0,396283
36446,6	6,7762	0,043905	6,7763	0,371237
34005,88	6,7758	0,040285	6,7759	0,340643
31728,61	6,775833	0,037453	6,775933	0,3167
29603,84	6,776367	0,035029	6,776467	0,296173
27621,36	6,775633	0,032483	6,775733	0,274683
25771,64	6,775867	0,030355	6,775967	0,256673
24045,79	6,7763	0,027741	6,7764	0,23456
22435,52	6,776467	0,025296	6,776467	0,213877
20933,07	6,776167	0,023416	6,776167	0,19799
19531,25	6,776633	0,022182	6,776633	0,18755
18223,3	6,777033	0,020535	6,777033	0,17361
17002,94	6,777833	0,018663	6,777833	0,157767
15864,3	6,778767	0,017393	6,778767	0,147013
14801,92	6,7792	0,015822	6,7792	0,133723
13810,68	6,7809	0,014544	6,7809	0,122897
12885,82	6,781667	0,012636	6,781667	0,106757
12022,89	6,782767	0,011645	6,782767	0,098362
11217,76	6,783833	0,010295	6,783833	0,086947
10466,54	6,783767	0,009068	6,783767	0,076589
9765,625	6,783567	0,008087	6,783567	0,068306
9111,65	6,784	0,007113	6,784	0,060079

střední hodnota fumapem_500_MEA				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
59207,68	6,914667	0,065882	6,914967	0,545917
55242,72	6,914567	0,061368	6,914867	0,508503
51543,28	6,914533	0,05759	6,914733	0,477207
48091,58	6,9139	0,05412	6,9141	0,44849
44871,03	6,9136	0,050226	6,9138	0,41626
41866,15	6,912267	0,04739	6,912467	0,392817
39062,5	6,912167	0,043931	6,912267	0,364167
36446,6	6,912033	0,040668	6,912133	0,337117
34005,88	6,911467	0,038054	6,911567	0,315473
31728,61	6,911667	0,035378	6,911767	0,293267
29603,84	6,911767	0,032708	6,911867	0,27114
27621,36	6,9118	0,030572	6,9119	0,253437
25771,64	6,911633	0,028503	6,911733	0,236283
24045,79	6,911733	0,026399	6,911767	0,21884
22435,52	6,912133	0,024372	6,912133	0,202023
20933,07	6,911767	0,022464	6,911767	0,186217
19531,25	6,9121	0,02111	6,9121	0,175
18223,3	6,911767	0,019335	6,911767	0,160283
17002,94	6,911133	0,018171	6,911133	0,150643
15864,3	6,911433	0,016686	6,911433	0,138333
14801,92	6,9116	0,015241	6,9116	0,126347
13810,68	6,9119	0,013867	6,9119	0,11496
12885,82	6,9121	0,01245	6,9121	0,1032
12022,89	6,912433	0,011524	6,912433	0,095527
11217,76	6,9121	0,010163	6,9121	0,084243
10466,54	6,912267	0,008963	6,912267	0,0743
9765,625	6,912067	0,007942	6,912067	0,065829
9111,65	6,912533	0,006841	6,912533	0,056701

## Naměřené hodnoty celé MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_MEA				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
8501,47	6,783833	0,006051	6,783833	0,051104
7932,152	6,7841	0,005092	6,7841	0,043001
7400,96	6,784133	0,004324	6,784133	0,036513
6905,34	6,784367	0,003376	6,784367	0,028505
6442,91	6,784	0,002547	6,784	0,021506
6011,447	6,7852	0,001674	6,7852	0,01413
5608,879	6,7852	0,001152	6,7852	0,009723
5233,269	6,7855	0,000196	6,7855	0,001654
4882,813	6,7859	-0,00033	6,7859	-0,00282
4555,825	6,786033	-0,00113	6,786033	-0,00954
4250,735	6,7866	-0,00177	6,7866	-0,01496
3966,076	6,786333	-0,00223	6,786333	-0,01885
3700,48	6,786467	-0,00299	6,786467	-0,02528
3452,67	6,786833	-0,00349	6,786833	-0,02948
3221,455	6,786867	-0,00424	6,786867	-0,03576
3005,724	6,787067	-0,00458	6,787067	-0,0387
2804,439	6,787967	-0,00522	6,787967	-0,04409
2616,635	6,7883	-0,00573	6,7883	-0,04834
2441,406	6,788633	-0,00619	6,788633	-0,05224
2277,913	6,788567	-0,00666	6,788567	-0,05622
2125,368	6,789	-0,00716	6,789	-0,06045
1983,038	6,789333	-0,00777	6,789333	-0,0656
1850,24	6,788967	-0,00768	6,788967	-0,06485
1726,335	6,790233	-0,00887	6,790233	-0,07481
1610,727	6,790833	-0,00915	6,790833	-0,07718
1502,862	6,7911	-0,00957	6,7911	-0,08071
1402,22	6,7916	-0,01011	6,7916	-0,0853
1308,317	6,791967	-0,0108	6,791967	-0,09112

střední hodnota fumapem_500_MEA				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
8501,47	6,912767	0,006007	6,912767	0,049795
7932,152	6,913067	0,005022	6,913067	0,041622
7400,96	6,913233	0,004398	6,913233	0,036445
6905,34	6,913467	0,003359	6,913467	0,027838
6442,91	6,913433	0,00224	6,913433	0,018573
6011,447	6,914367	0,001848	6,914367	0,015315
5608,879	6,914133	0,000899	6,914133	0,007451
5233,269	6,914867	-1,4E-05	6,914867	-0,00012
4882,813	6,915567	-0,00058	6,915567	-0,00476
4555,825	6,915567	-0,00134	6,915567	-0,01107
4250,735	6,915633	-0,00206	6,915633	-0,01709
3966,076	6,916033	-0,00259	6,916033	-0,02145
3700,48	6,916167	-0,00329	6,916167	-0,02726
3452,67	6,9161	-0,00403	6,9161	-0,03342
3221,455	6,9165	-0,00487	6,9165	-0,04035
3005,724	6,917067	-0,00524	6,917067	-0,04343
2804,439	6,917133	-0,00579	6,917133	-0,04792
2616,635	6,917433	-0,00632	6,917433	-0,05234
2441,406	6,917867	-0,00698	6,917867	-0,05783
2277,913	6,917933	-0,00769	6,917933	-0,06373
2125,368	6,9187	-0,0084	6,9187	-0,06959
1983,038	6,919	-0,00905	6,919	-0,07494
1850,24	6,920267	-0,01014	6,920267	-0,08398
1726,335	6,920167	-0,01033	6,920167	-0,08553
1610,727	6,920533	-0,0109	6,920533	-0,09022
1502,862	6,9213	-0,01152	6,9213	-0,09539
1402,22	6,921633	-0,01237	6,921633	-0,10239
1308,317	6,922067	-0,01295	6,922067	-0,1072

## Naměřené hodnoty celé MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_MEA				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
1220,703	6,7921	-0,01143	6,7921	-0,09639
1138,956	6,7933	-0,01246	6,7933	-0,10507
1062,684	6,793433	-0,01221	6,793433	-0,103
991,519	6,793967	-0,01283	6,793967	-0,10817
925,12	6,794533	-0,01345	6,794533	-0,11345
863,1675	6,793933	-0,01409	6,793933	-0,11885
805,3637	6,7946	-0,01464	6,7946	-0,12345
751,4309	6,796867	-0,01443	6,796867	-0,12168
701,1098	6,797967	-0,01379	6,797967	-0,11625
654,1586	6,7964	-0,01627	6,7964	-0,13719
610,3516	6,797533	-0,01651	6,797533	-0,13913
569,4781	6,7981	-0,01742	6,7981	-0,14686
531,3419	6,8011	-0,01906	6,801133	-0,16046
495,7595	6,799433	-0,01984	6,799433	-0,16724
462,56	6,800433	-0,02004	6,800433	-0,1688
431,5837	6,7975	-0,02115	6,7975	-0,17825
402,6819	6,8052	-0,026	6,805233	-0,21894
375,7155	6,803067	-0,0221	6,803067	-0,18613
350,5549	6,802267	-0,02475	6,802333	-0,20839
327,0793	6,805633	-0,02249	6,805633	-0,18931
305,1758	6,8054	-0,02571	6,805433	-0,21651
284,7391	6,805267	-0,02607	6,8053	-0,21946
265,671	6,805833	-0,02761	6,805933	-0,23248
247,8798	6,813467	-0,02789	6,8135	-0,23453
231,28	6,808533	-0,02923	6,8086	-0,24605
215,7919	6,810467	-0,03234	6,810567	-0,27208
201,3409	6,8113	-0,03472	6,8117	-0,29542
187,8577	6,807133	-0,03722	6,807267	-0,3133

střední hodnota fumapem_500_MEA				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
1220,703	6,922667	-0,01374	6,922667	-0,11373
1138,956	6,922867	-0,01447	6,922867	-0,11976
1062,684	6,923733	-0,01508	6,923733	-0,12479
991,519	6,924467	-0,01587	6,924467	-0,13127
925,12	6,925	-0,01665	6,925	-0,13774
863,1675	6,925767	-0,01746	6,925767	-0,14446
805,3637	6,926567	-0,01849	6,926567	-0,15294
751,4309	6,9263	-0,0182	6,9263	-0,15052
701,1098	6,927933	-0,02	6,927933	-0,1654
654,1586	6,928733	-0,02074	6,928733	-0,1715
610,3516	6,929733	-0,02205	6,929733	-0,18235
569,4781	6,930767	-0,02278	6,930767	-0,18833
531,3419	6,930833	-0,02396	6,930833	-0,19808
495,7595	6,932033	-0,02473	6,932033	-0,20438
462,56	6,932733	-0,02588	6,932733	-0,21387
431,5837	6,9334	-0,02684	6,9335	-0,22185
402,6819	6,934167	-0,02813	6,934267	-0,23242
375,7155	6,934567	-0,03009	6,934667	-0,24864
350,5549	6,9351	-0,03019	6,9352	-0,2494
327,0793	6,9376	-0,03208	6,9377	-0,26498
305,1758	6,9382	-0,03352	6,9383	-0,27685
284,7391	6,9399	-0,03451	6,94	-0,28493
265,671	6,940667	-0,03617	6,940767	-0,29863
247,8798	6,939533	-0,03816	6,939633	-0,315
231,28	6,943133	-0,03872	6,943233	-0,31957
215,7919	6,944167	-0,04111	6,944267	-0,33921
201,3409	6,9446	-0,04303	6,9447	-0,35499
187,8577	6,9462	-0,04417	6,9463	-0,36432



## Naměřené hodnoty celé MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_MEA				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
175,2775	6,8093	-0,03594	6,8094	-0,30237
163,5397	6,808167	-0,03611	6,808267	-0,30384
152,5879	6,8107	-0,03801	6,8108	-0,31977
142,3695	6,811267	-0,03993	6,811367	-0,33589
132,8355	6,813433	-0,04364	6,813567	-0,36711
123,9399	6,8195	-0,0426	6,8196	-0,35786
115,64	6,8178	-0,04824	6,818	-0,40546
107,8959	6,829567	-0,04679	6,829733	-0,39262
100,6705	6,8389	-0,03973	6,839533	-0,32211
93,92887	6,825833	-0,05726	6,8261	-0,48085
87,63873	6,823433	-0,05544	6,823667	-0,46555
81,76983	6,8183	-0,05748	6,8185	-0,48299
76,29394	6,825767	-0,06226	6,826067	-0,5226
71,18477	6,828133	-0,06372	6,828433	-0,53471
66,41774	6,829633	-0,06714	6,829967	-0,56326
61,96994	6,831533	-0,06969	6,8319	-0,58452
57,82	6,8317	-0,07395	6,8321	-0,62016
53,94797	6,837433	-0,07735	6,8379	-0,64826
50,33523	6,8354	-0,0803	6,835867	-0,67315
46,96443	6,840467	-0,08367	6,840967	-0,70072
43,81937	6,843467	-0,08617	6,844	-0,72149
40,88491	6,845833	-0,09058	6,846433	-0,75807
38,14697	6,848067	-0,0944	6,848733	-0,78976
35,59238	6,850467	-0,1005	6,851233	-0,84052
33,20887	6,8537	-0,10145	6,854433	-0,84809
30,98497	6,8573	-0,10443	6,8581	-0,87256
28,91	6,858433	-0,11065	6,8593	-0,9243
26,97398	6,8624	-0,11404	6,863333	-0,9521

střední hodnota fumapem_500_MEA				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
175,2775	6,947467	-0,04709	6,947667	-0,38841
163,5397	6,948467	-0,04856	6,948667	-0,40039
152,5879	6,950433	-0,05197	6,950633	-0,42842
142,3695	6,951333	-0,05322	6,951533	-0,43867
132,8355	6,9519	-0,05614	6,9521	-0,46271
123,9399	6,953233	-0,05839	6,953467	-0,48119
115,64	6,954467	-0,06148	6,954767	-0,50649
107,8959	6,956	-0,06434	6,9563	-0,52998
100,6705	6,9571	-0,06709	6,9574	-0,55248
93,92887	6,959	-0,07037	6,959367	-0,57939
87,63873	6,960533	-0,07434	6,960933	-0,61194
81,76983	6,9624	-0,07794	6,962833	-0,64143
76,29394	6,9639	-0,08162	6,9644	-0,67155
71,18477	6,965667	-0,08568	6,966167	-0,7048
66,41774	6,967467	-0,09021	6,968067	-0,74182
61,96994	6,969433	-0,09478	6,970067	-0,77919
57,82	6,971567	-0,09992	6,972267	-0,82116
53,94797	6,9737	-0,10507	6,9745	-0,86324
50,33523	6,9751	-0,11083	6,976	-0,9104
46,96443	6,977767	-0,11595	6,978733	-0,95209
43,81937	6,980567	-0,12235	6,981633	-1,00419
40,88491	6,9831	-0,1288	6,984267	-1,05677
38,14697	6,985933	-0,13595	6,987267	-1,11493
35,59238	6,988867	-0,14328	6,990333	-1,1745
33,20887	6,992	-0,151	6,993633	-1,23727
30,98497	6,995367	-0,15904	6,997167	-1,30247
28,91	6,998833	-0,16782	7,000833	-1,37367
26,97398	7,002567	-0,17706	7,0048	-1,44847

## Naměřené hodnoty celé MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_MEA				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
25,16762	6,865	-0,12052	6,866033	-1,00576
23,48222	6,867767	-0,12627	6,868933	-1,05337
21,90968	6,870733	-0,12971	6,871967	-1,08153
20,44246	6,873733	-0,14056	6,875167	-1,1715
19,07349	6,876467	-0,14301	6,877933	-1,19143
17,79619	6,879267	-0,15272	6,880967	-1,27183
16,60443	6,882633	-0,15661	6,884433	-1,30357
15,49249	6,8855	-0,16302	6,887467	-1,3563
14,455	6,888633	-0,17284	6,890833	-1,43733
13,48699	6,891967	-0,18004	6,894333	-1,49643
12,58381	6,8946	-0,18739	6,897167	-1,55693
11,74111	6,8981	-0,19663	6,900933	-1,6328
10,95484	6,9009	-0,20789	6,904033	-1,7256
10,22123	6,904233	-0,21701	6,907667	-1,80027
9,53674	6,907533	-0,22934	6,911333	-1,90167
8,8981	6,910867	-0,23885	6,915	-1,97947
8,30222	6,913967	-0,25602	6,9187	-2,12073
7,74624	6,916867	-0,26908	6,9221	-2,22783
7,2275	6,920767	-0,2847	6,926633	-2,35573
6,7435	6,924167	-0,29906	6,9306	-2,47317
6,2919	6,9274	-0,31714	6,934667	-2,6213
5,87055	6,9306	-0,33387	6,938633	-2,7581
5,47742	6,933833	-0,3555	6,942933	-2,9351
5,11061	6,9382	-0,37444	6,9483	-3,08917
4,76837	6,941867	-0,39646	6,9532	-3,26877
4,44905	6,946467	-0,42002	6,959133	-3,46027
4,15111	6,951267	-0,44455	6,965467	-3,6593
3,87312	6,955433	-0,47287	6,9715	-3,8894

střední hodnota fumapem_500_MEA				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
25,16762	7,006467	-0,18649	7,008967	-1,5248
23,48222	7,010867	-0,1968	7,013667	-1,60803
21,90968	7,015167	-0,20728	7,018267	-1,69253
20,44246	7,020067	-0,21841	7,023467	-1,78213
19,07349	7,025567	-0,23037	7,029333	-1,8782
17,79619	7,031333	-0,24269	7,035533	-1,97693
16,60443	7,037733	-0,25579	7,042367	-2,08163
15,49249	7,044667	-0,26943	7,0498	-2,1904
14,455	7,053367	-0,28368	7,059067	-2,30327
13,48699	7,061433	-0,29859	7,067733	-2,4214
12,58381	7,069133	-0,31439	7,076133	-2,54653
11,74111	7,076467	-0,33065	7,0842	-2,6753
10,95484	7,0845	-0,34801	7,093033	-2,81233
10,22123	7,092867	-0,36576	7,102267	-2,95207
9,53674	7,101767	-0,38473	7,112167	-3,10097
8,8981	7,111333	-0,4044	7,1228	-3,25487
8,30222	7,120433	-0,42495	7,1331	-3,41547
7,74624	7,130233	-0,44632	7,144233	-3,5819
7,2275	7,140833	-0,46881	7,1562	-3,75627
6,7435	7,1515	-0,49235	7,168433	-3,93843
6,2919	7,162633	-0,51691	7,181233	-4,12787
5,87055	7,1745	-0,54274	7,195033	-4,32617
5,47742	7,186533	-0,56983	7,2091	-4,53367
5,11061	7,1984	-0,59814	7,223233	-4,75013
4,76837	7,211	-0,62799	7,2383	-4,97737
4,44905	7,226233	-0,6599	7,2563	-5,21787
4,15111	7,238667	-0,69305	7,2718	-5,46917
3,87312	7,252433	-0,72796	7,288867	-5,732

## Naměřené hodnoty celé MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_MEA				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
3,61375	6,956967	-0,50251	6,9751	-4,13147
3,37175	6,959933	-0,53079	6,980133	-4,36123
3,14595	6,962767	-0,56462	6,9856	-4,6362
2,93528	6,966567	-0,59971	6,992367	-4,92027
2,73871	6,972367	-0,63723	7,001433	-5,22207
2,55531	6,978167	-0,67835	7,011067	-5,5524
2,38419	6,984533	-0,72144	7,0217	-5,89733
2,22452	6,991533	-0,76792	7,0336	-6,26817
2,07555	6,996667	-0,81776	7,0443	-6,66653
1,93656	6,9967	-0,87564	7,0513	-7,13367
1,80688	7,004033	-0,92524	7,0649	-7,52543
1,68587	7,0091	-0,99493	7,079367	-8,0793
1,57298	7,013933	-1,0609	7,093733	-8,60133
1,46764	7,021	-1,13237	7,111767	-9,16213
1,36936	7,033733	-1,2073	7,1366	-9,7398
1,27765	7,0425	-1,2811	7,1581	-10,31
1,19209	7,047633	-1,36383	7,1784	-10,9527
1,11226	7,0604	-1,4589	7,209567	-11,6753
1,03778	7,064733	-1,55437	7,2337	-12,4087
0,96828	7,078267	-1,65743	7,2698	-13,179
0,90344	7,0884	-1,76933	7,305933	-14,0157
0,84294	7,097667	-1,88747	7,344367	-14,8923
0,78649	7,107233	-2,0148	7,387367	-15,8273
0,73382	7,122667	-2,1534	7,441133	-16,822
0,68468	7,137133	-2,29987	7,498633	-17,861
0,63883	7,1403	-2,43973	7,5457	-18,8643
0,59605	7,184433	-2,6058	7,6426	-19,936
0,55613	7,189567	-2,77677	7,707233	-21,1173

střední hodnota fumapem_500_MEA				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
3,61375	7,264267	-0,76507	7,304467	-6,01237
3,37175	7,276833	-0,80401	7,3211	-6,30513
3,14595	7,289333	-0,84555	7,338233	-6,6168
2,93528	7,304067	-0,88975	7,358067	-6,94547
2,73871	7,319733	-0,9364	7,379367	-7,29033
2,55531	7,335167	-0,98626	7,401167	-7,65803
2,38419	7,355833	-1,04003	7,429	-8,04783
2,22452	7,3722	-1,09667	7,453333	-8,4613
2,07555	7,388733	-1,15697	7,4788	-8,89957
1,93656	7,399333	-1,22807	7,500567	-9,4237
1,80688	7,417933	-1,29273	7,529767	-9,88587
1,68587	7,432567	-1,36937	7,557667	-10,439
1,57298	7,453867	-1,44787	7,5932	-10,9927
1,46764	7,470267	-1,5316	7,625667	-11,5867
1,36936	7,4941	-1,6223	7,6677	-12,2147
1,27765	7,515567	-1,7121	7,708133	-12,8333
1,19209	7,535567	-1,8087	7,749633	-13,4973
1,11226	7,554333	-1,9217	7,794933	-14,2723
1,03778	7,5761	-2,03237	7,844033	-15,0167
0,96828	7,604667	-2,15433	7,903967	-15,817
0,90344	7,624467	-2,2903	7,9611	-16,72
0,84294	7,650133	-2,42967	8,026767	-17,6203
0,78649	7,675267	-2,57747	8,096533	-18,5633
0,73382	7,7053	-2,73647	8,176867	-19,552
0,68468	7,736633	-2,90533	8,264267	-20,583
0,63883	7,756367	-3,07897	8,345167	-21,652
0,59605	7,812667	-3,25737	8,4646	-22,6333
0,55613	7,821267	-3,46143	8,553133	-23,8727

## Naměřené hodnoty celé MEA Fumapem

střední hodnota fumapem_100_MEA				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
0,51889	7,205	-2,98333	7,7983	-22,493
0,48414	7,249067	-3,17537	7,914267	-23,655
0,45172	7,253433	-3,37593	8,000667	-24,9577
0,42147	7,288233	-3,62863	8,1418	-26,468
0,39324	7,310733	-3,84473	8,260433	-27,7387
0,36691	7,3404	-4,12197	8,418667	-29,316
0,34234	7,374533	-4,3795	8,5773	-30,7023
0,31941	7,398467	-4,69217	8,7611	-32,3833
0,29802	7,445333	-4,98717	8,9617	-33,813
0,27807	7,472433	-5,3422	9,1859	-35,5613
0,25944	7,518833	-5,6689	9,416633	-37,0123
0,24207	7,568133	-6,07187	9,703533	-38,737
0,22586	7,615167	-6,46327	9,9884	-40,3217
0,21073	7,666333	-6,89857	10,31367	-41,9783
0,19662	7,718933	-7,35257	10,66133	-43,6043
0,18345	7,7798	-7,84517	11,049	-45,2383
0,17117	7,838567	-8,3653	11,46433	-46,857
0,15971	7,925767	-8,9077	11,924	-48,3333
0,14901	8,023967	-9,51127	12,44467	-49,845
0,13903	8,068933	-10,175	12,98667	-51,581
0,12972	8,147833	-10,796	13,52633	-52,9533
0,12104	8,279933	-11,4817	14,15633	-54,1983
0,11293	8,392167	-12,279	14,87333	-55,6447
0,10537	8,451833	-13,1193	15,607	-57,2043
0,1	8,5309	-13,7307	16,166	-58,1413

střední hodnota fumapem_500_MEA				
Freq	Z' (a)	Z'' (b)	Mag	Phase
0,51889	7,858967	-3,70947	8,690533	-25,2673
0,48414	7,917767	-3,93453	8,841533	-26,424
0,45172	7,951267	-4,1562	8,972267	-27,597
0,42147	7,981533	-4,4486	9,137667	-29,133
0,39324	8,052233	-4,6989	9,3232	-30,2663
0,36691	8,063833	-5,0264	9,5023	-31,9353
0,34234	8,1606	-5,30897	9,735733	-33,0463
0,31941	8,167333	-5,69543	9,9573	-34,889
0,29802	8,270167	-6,0032	10,21967	-35,9747
0,27807	8,3024	-6,44903	10,513	-37,8377
0,25944	8,362867	-6,78753	10,771	-39,0627
0,24207	8,457	-7,28233	11,16067	-40,7307
0,22586	8,481167	-7,72457	11,472	-42,3243
0,21073	8,611767	-8,18443	11,88067	-43,541
0,19662	8,673567	-8,78943	12,34867	-45,3783
0,18345	8,7183	-9,2969	12,74567	-46,8373
0,17117	8,861733	-9,85753	13,256	-48,043
0,15971	8,9642	-10,5697	13,85967	-49,696
0,14901	9,032867	-11,2343	14,41567	-51,197
0,13903	9,174633	-11,9103	15,03467	-52,3903
0,12972	9,3191	-12,7023	15,75433	-53,732
0,12104	9,4016	-13,5577	16,499	-55,2567
0,11293	9,534133	-14,3743	17,24933	-56,4407
0,10537	9,7259	-15,273	18,10767	-57,5073
0,1	9,849467	-16,0573	18,83767	-58,4727