



**NOVÉ TECHNOLOGIE
VÝZKUMNÉ CENTRUM
ZÁPADOČESKÉ
UNIVERZITY
V PLZNI**

ODBOR MATERIÁLY A TECHNOLOGIE

AUTORIZOVANÝ SOFTWARE

IPZ

SOFTWARE PRO ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ NANOINDENTAČNÍCH MĚŘENÍ

Autor: *Ing. Pavol Zubko, Ph.D.
Prof. Ing. Ladislav Pešek, CSc.
Doc. Ing. Olga Bláhová, Ph.D.*

Číslo projektu: *2A-ITP/037*

Číslo výsledku: *NTC-SW-09-09*

Odpovědný pracovník: *Doc. Ing. Olga Bláhová, Ph.D.*

Vedoucí odboru: *Doc. RNDr. Pavol Šutta, Ph.D.*

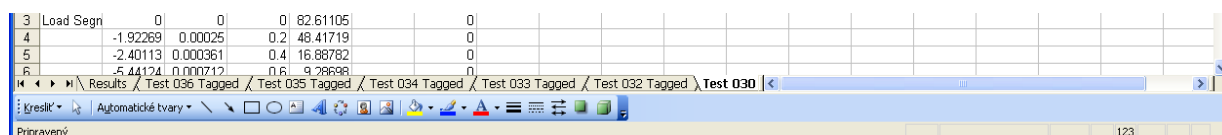
Ředitel centra: *Doc. Dr. RNDr. Miroslav Holeček*

Dokumentace k software

1. Formát zpracovávaných dat

Program IPZ slouží především ke zpracování výsledků naměřených pomocí přístroje Nano Indentor XP. Po měření je nutné převést naměřené výsledky v programu TestWorks do formátu **xls**.

Program pracuje také s daty naměřenými na jakémkoli přístroji pracujícím instrumentovanou vnikací metodou IIT (instrumented indentation testing), data však musí být uložena ve správném formátu, tedy v **xls**. Každé měření musí být uloženo na samostatném listu xls souboru. Název měření, a tedy také název listu musí mít název Test a trojčíferné číslo například **Test 030**. Neplatná měření tj. měření, která nejsou zahrnuta do vyhodnocení, jsou označena např. jako **Test 032 Tagged** (Obr. 1)

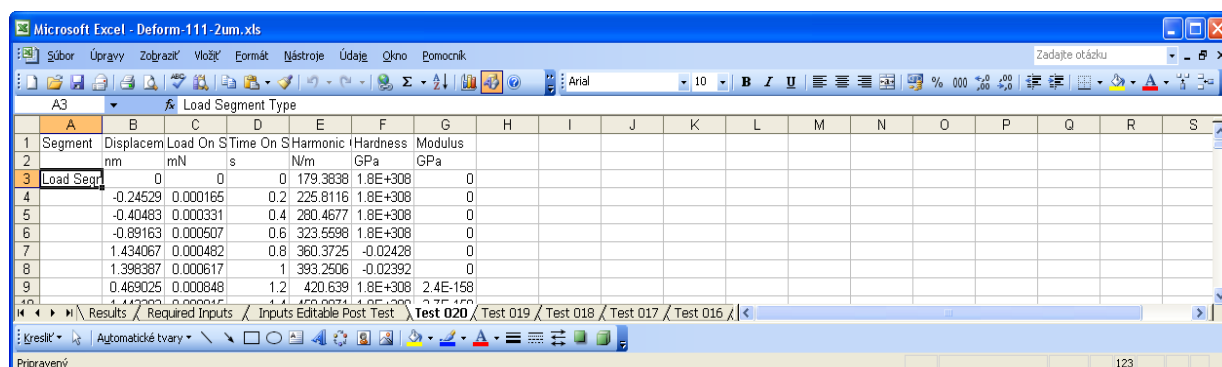


3	Load Segm	0	0	0	82.61105	0														
4		-1.92269	0.00025	0.2	48.41719	0														
5		-2.40113	0.000361	0.4	16.88762	0														
6		-5.44124	0.000712	0.6	9.28668	0														

Obr. 1 Způsob označení listů v xls souboru.

Formát dat v xls souboru musí být následující: V prvním řádku musí být uvedeny naměřené parametry (Obr. 2): **Displacement Into Surface** (hloubka vtisku), **Load On Sample** (zatížení), popř. Time On Sample (čas), Hardness (tvrdost), Modulus (modul) atd. První sloupec prvního řádku musí obsahovat typ segmentu indentační křivky. Mohou být použity následující segmenty: Load Segment Type (zatěžování), Hold Segment Type (prodleva), Unload From Peak Segment Type (odlehčování), Thermal Drift Hold Segment (prodleva), END.

V druhém řádku jsou umístěny jednotky exportovaných parametrů. Druhý řádek prvního sloupce musí zůstat prázdný.



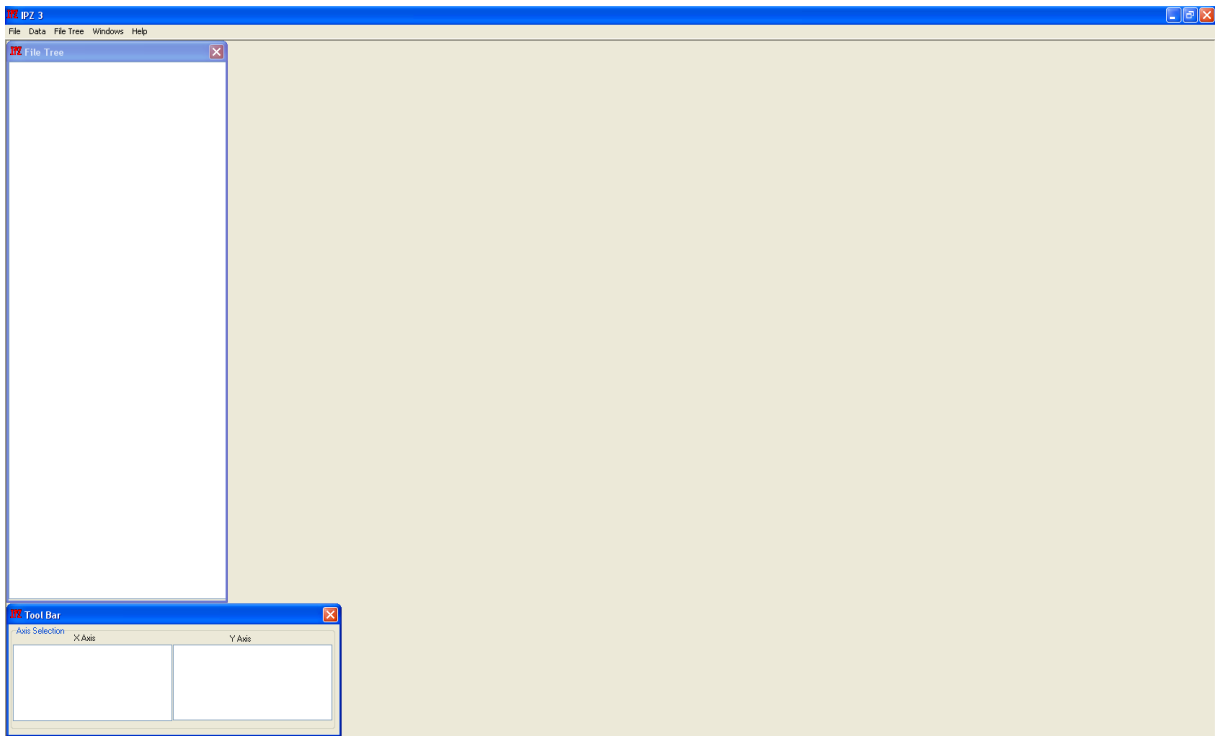
1	Segment	Displacem	Load	On S	Time On S	Harmonic	Hardness	Modulus												
2		nm	mN	s	N/m	GPa	GPa													
3	Load Segm	0	0	0	179.3838	1.8E+308	0													
4		-0.24529	0.000165	0.2	225.8116	1.8E+308	0													
5		-0.40483	0.000331	0.4	280.4677	1.8E+308	0													
6		-0.89163	0.000507	0.6	323.5598	1.8E+308	0													
7		1.434067	0.000482	0.8	360.3725	-0.02428	0													
8		1.398387	0.000617	1	393.2506	-0.02382	0													
9		0.469025	0.000848	1.2	420.639	1.8E+308	2.4E-158													

Obr. 2 Umístění dat a parametrů v xls souboru.

2. Spuštění programu

Spuštění programu IPZ: dvakrát kliknout na **IPZ.exe**.

Po spuštění se zobrazí prostředí programu (Obr. 3), v kterém jsou dvě okna (File Tree a Tool Bar). Program je optimalizován pro obrazovku s rozlišením 1 680 x 1 050. Na menší obrazovce bude prostředí programu zobrazeno v menší podobě.

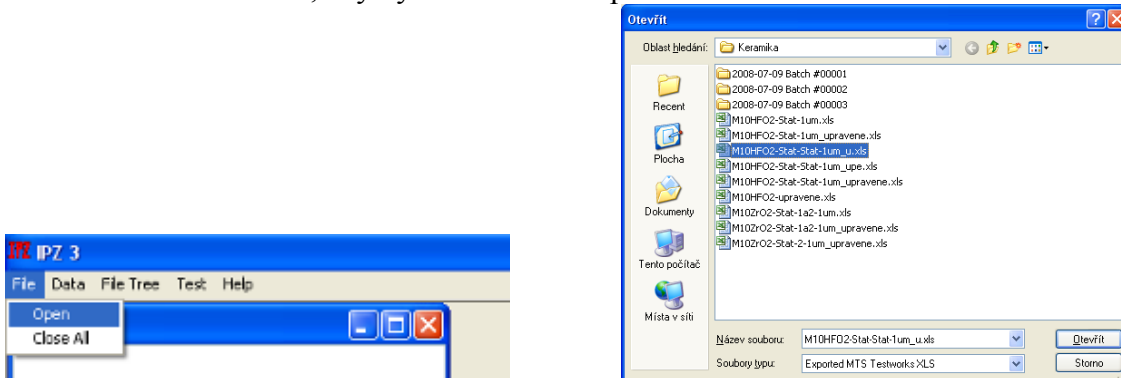


Obr. 3 Prostedí programu IPZ3

3. Načítání dat

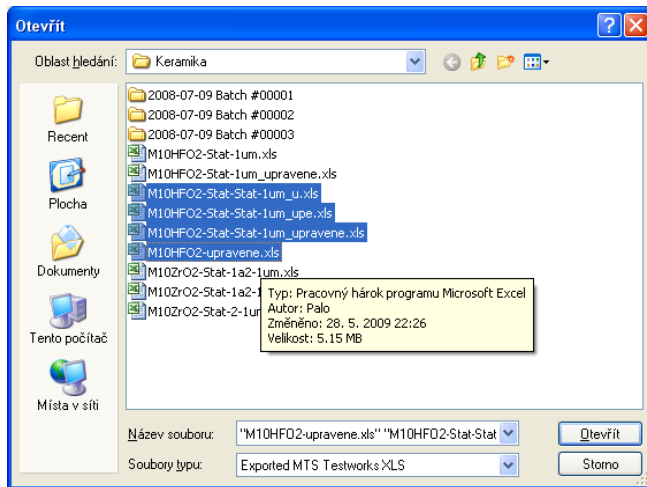
Data převedená do formátu **xls** je možné zobrazit a pracovat s nimi v programu **IPZ** následovně:

- Otevřít samostatně jeden soubor pomocí File/Open a zvolit soubor (Obr. 4). Poté se otevře **xls** soubor. Při menším rozlišení, než je doporučeno, je vhodné si takto otevřený **xls** soubor stáhnout na lištu, aby bylo možné vidět prostředí IPZ .



Obr. 4 Otevření jednoho souboru

- Otevření více souborů najednou, které jsou v jednom adresáři (Obr. 5). Pro vybrání více souborů najednou je nutné přidržet tlačítko Shift, respektive Ctrl.
- Po otevření souborů je možné přidat další soubor pomocí tlačítka Open.

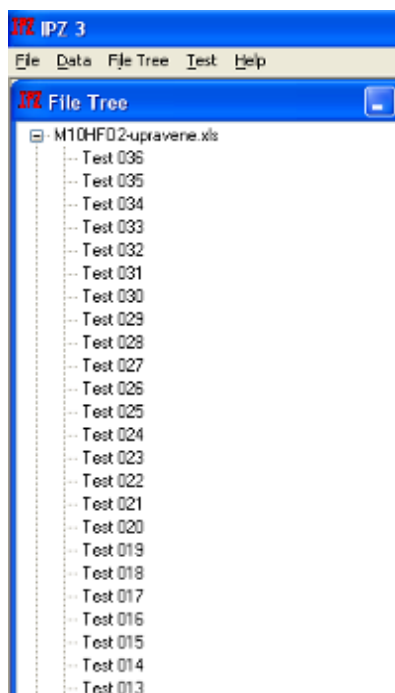


Obr. 5 Otevření více souborů najednou - Ctrl resp. Shift

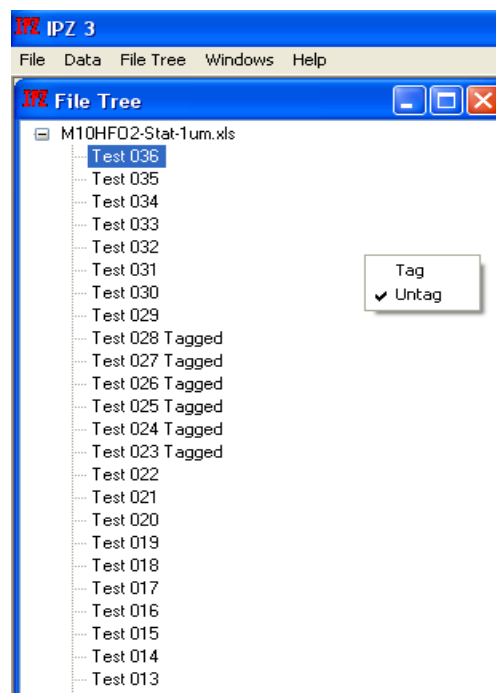
Kliknutím na **Open** se otevřou zvolené **xls** soubory, spustí se aplikace Microsoft Excel a otevřou se jednotlivé sešity se zdrojovými daty.

4. Okno File Tree

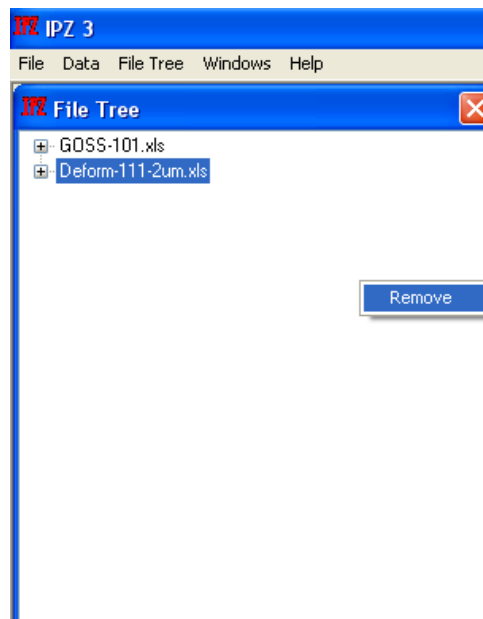
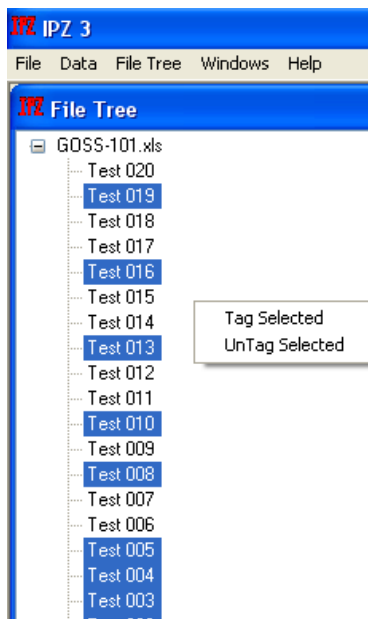
Po otevření se názvy souborů zobrazí v okně **File Tree** (Obr. 6), kde je možné sbalit nebo rozbalit jednotlivé listy v **xls** souboru (souborech) kliknutím na značku + respektive -. Listy jsou označené názvem Test a trojčíferným číslem.



Obr. 6 File Tree



Obr. 7 Tagged - vyloučení nevhodných měření



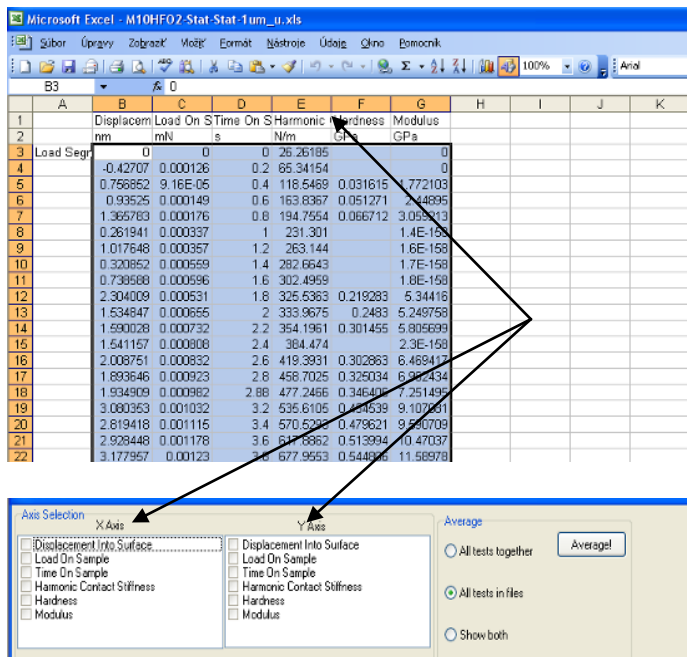
Obr. 8 Vyloučení více nevhodných měření **Obr. 9** Odstranění celého souboru měření

Označením jednoho měření (např. Test 036) a stisknutím PT (pravého tlačítka) myši je možné vyloučit měření z dalšího zpracování (Obr. 7). V okně se zobrazí aktuální stav, který je zaškrtnutý. Pro vyloučení je nutné vybrat nezaškrtnutý stav - měření označené slovem **Test** a trojčíferným číslem (např. Test 036). Po vyloučení je v okně **File tree** soubor označen jako **Test 036 Tagged**.

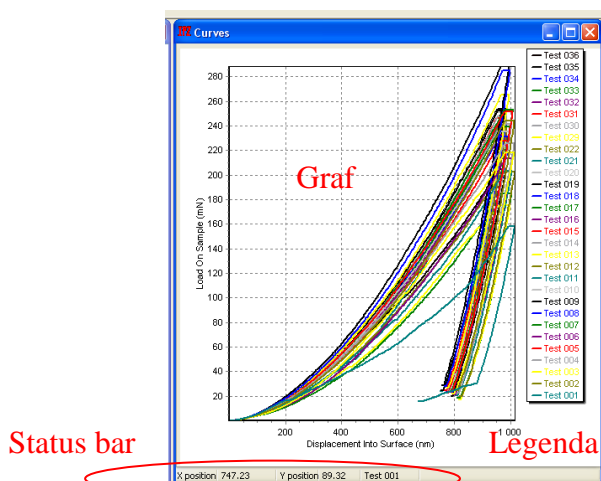
Označením více měření (podržením klávesy Shift nebo Ctrl a kliknutím na měření) je možné vybrat více testů najednou a stisknutím PT myši je možné měření vymazat nebo přidat do vyhodnocení (Obr. 8). Pro odstranění celého souboru měření je nutné ho nejprve označit levým tlačítkem (LT) myši a po kliknutí PT myši na soubor se objeví možnost **Remove** - vymazání souboru (Obr. 9).

5. Zobrazení měření

Program pracuje jen se soubory typu Excel. Listy jsou označeny názvem měření ve formě **Test 001**, resp. **Test 002 Tagged**. V okně **Tool Bar** ve skupině - **Axis Selection** se zobrazí parametry z prvního řádku zpracovávaného souboru **xls** (Obr. 10). V těchto oknech je možné zvolit parametry umístěné na ose **x**, respektive **y**. Po zaškrtnutí požadovaných parametrů se závislost zobrazí v okně **Curves** (křivky). Zobrazí se jen měření, která nejsou vyloučena, tedy nemají v názvu slovo Tagged (Obr. 11).



Obr. 10 Zdroj parametrů pro volbu parametrů na osách



Obr. 11 Okno Curves (křivky) se zvolenou závislostí Load On Sample (zatížení) - Displacement into Surface (hloubka vtisku)

6. Okno Curves

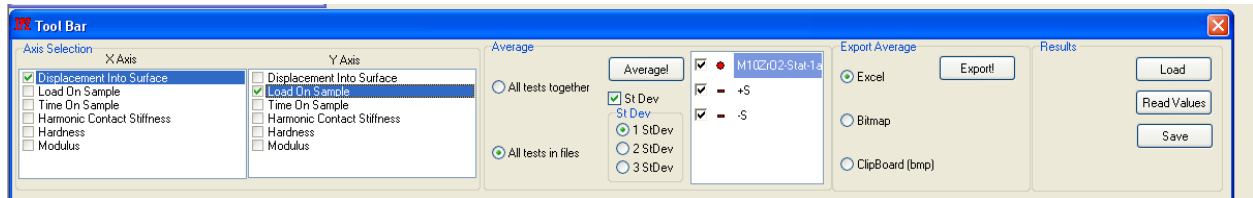
Pro zvolení parametrů v okně **Tool Bar** ve skupině **Axis Selection** se zobrazí **x-y** závislost zvolených parametrů v okně **Curves** (Obr. 11). Okno je možné rozdělit do třech částí:

1. Graf
2. Legenda
3. Status bar

Jednotlivá měření jsou barevně odlišena. Barevně jsou zobrazena také v legendě. Najetím myši na určitou křivku (závislost) je možné identifikovat číslo měření a zjistit polohu myši (souřadnice) ve **Status bar**.

7. Okno Tool Bar

Okno **Tool Bar** (panel nástrojů - Obr. 12) slouží k výběru zobrazení, průměrování, uložení průměrných dat a analýze výsledků.



Obr. 12 Okno Tool Bar

V levé části ve skupině **Axis selection** je možné zvolit parametry, které budou zobrazeny na osách **x** a **y**. Závislost je zobrazena v okně **Curves**.

Skupina **Average**, která obsahuje nástroje umožňující zprůměrovat závislosti zobrazené v okně **Curves**, se zobrazí po zvolení závislosti ve skupině **Axis selection**.

Average box má dvě polohy:

- **All test together** - při načtení měření více souborů v okně **Curves** vytvoří program průměr ze všech měření a výsledek se zobrazí po stlačení tlačítka **Average** v okně Average. Tlačítko **Average** má funkci „Vykonej“.

- **All test in file** - při načtení více souborů v okně **Curves** program zprůměruje měření v každém souboru samostatně. Výsledek se zobrazí v okně **Average**.

Zaškrtnutím políčka **StDev** se zobrazí směrodatné odchylky průměrné hodnoty. Zároveň se zobrazí hodnoty 1, 2, 3 x směrodatná odchylka. Odchylky se zobrazí v okně **Average**. Po každé změně parametrů je nutné stisknout tlačítko Average (Vykonej!). Ve skupině Average je možné zobrazit či skrýt zprůměrovaná data nebo směrodatné odchylky v různé kombinaci.

Ve skupině **Export Average** je možné exportovat:

Excel - zprůměrovaná data se uloží ve formátu **xls**

Bitmap - obrázek ve formátu **bmp**

Clipboard - uložit obrázek do clipboardu (**bmp**)

Skupina **Results** (výsledky) umožňuje načítání výsledků do listu Results. Tyto výsledky se zobrazí v okně Results, které se zobrazí po stlačení tlačítka **Load** (Obr. 13).

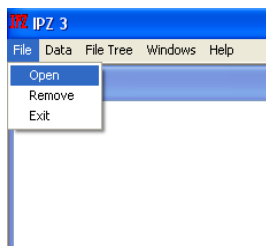
Test	Beta	E Average	H Average	Modulus	Hardness	Drift Correct	Time At Start	Tip Name	Area Coefficient	Area C
M10HFD2-up		GPa	GPa	GPa	GPa	nm/s				
1 Tagged	1.034	240.285	16.159	273.032	10.778	-0.044	0.25118055E8	B2-07-08-14	23.5091	2878.1
2 Tagged	1.034	411.755	17.82	280.342	11.137	-0.044	0.26375	B2-07-08-14	23.5091	2878.1

Obr. 13 Okno Results

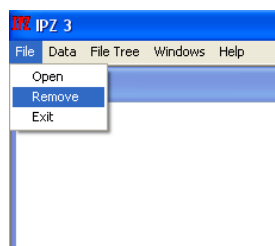
Stlačením tlačítka **Indent Work** v okně **Result**, program vypočítá indentační práci – **Wtotal** - celkovou, definovanou plochou pod zatěžující částí průměrné indentační křivky a **Wel** - elastickou, definovanou plochou pod odlehčující částí průměrné indentační křivky zobrazené v okně **Average**. Při otevření a průměrování více souborů najednou program vypočítá práce pro všechny průměrné křivky. Výsledky se zobrazí ve okně **Results** s odpovídajícími názvy měření. Podmínkou pro tento výpočet je, že v okně **Tool Bar** jsou zaškrtnuté na ose **x Displacement into the surface** a na ose **y Load on Sample**.

8. Hlavní menu

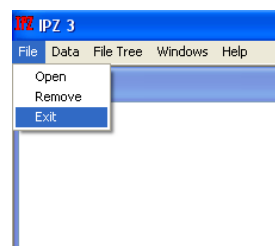
Hlavní menu obsahuje položky **File**, **Data**, **File Tree**, **Windows** a **Help**. Z menu **File** a podmenu **Open** je možné otevřít a načítat **xls** soubory pro další zpracování (Obr. 14). Pomocí podmenu **Remove** je možné odstranit zvolený **xls** soubor z vyhodnocování (Obr. 15). Podmenu **Exit** zavře celý program (Obr. 16).



Obr. 14 Hlavní menu: otevření souboru dat, načítání dat (LT myši)



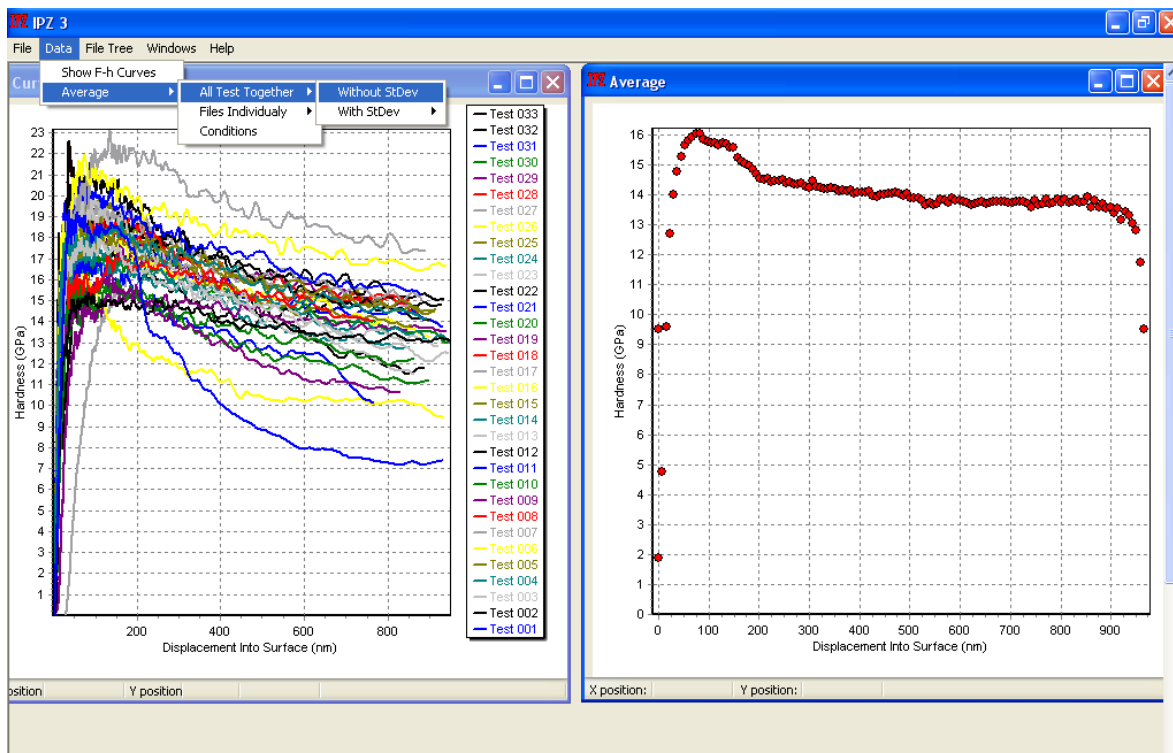
Obr. 15 Odstranění označeného souboru



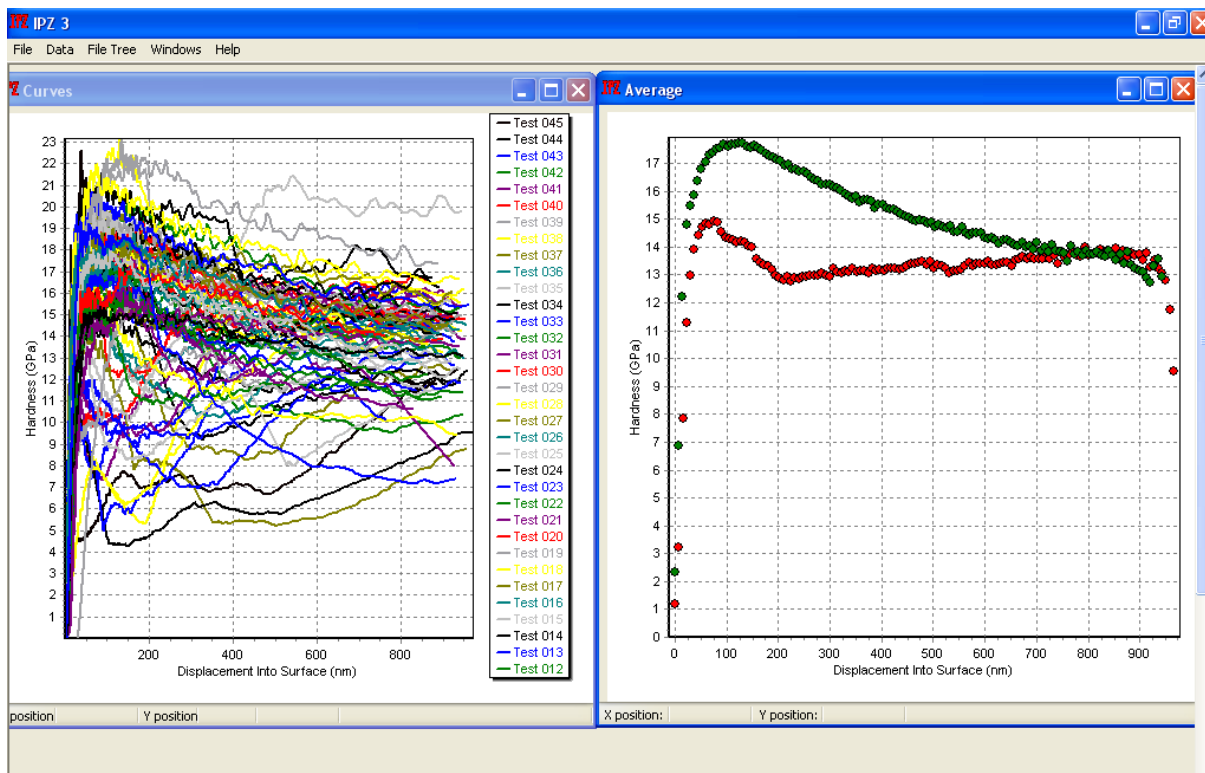
Obr. 16 Zavření souboru

Menu **Data** obsahuje nástroje na zpracování načtených dat. Submenu **Show F-h Curves** po otevření a načtení požadovaných dat otevře okno **Curves** a načte závislost zátěžné síly na hloubce vtisku (Obr. 11).

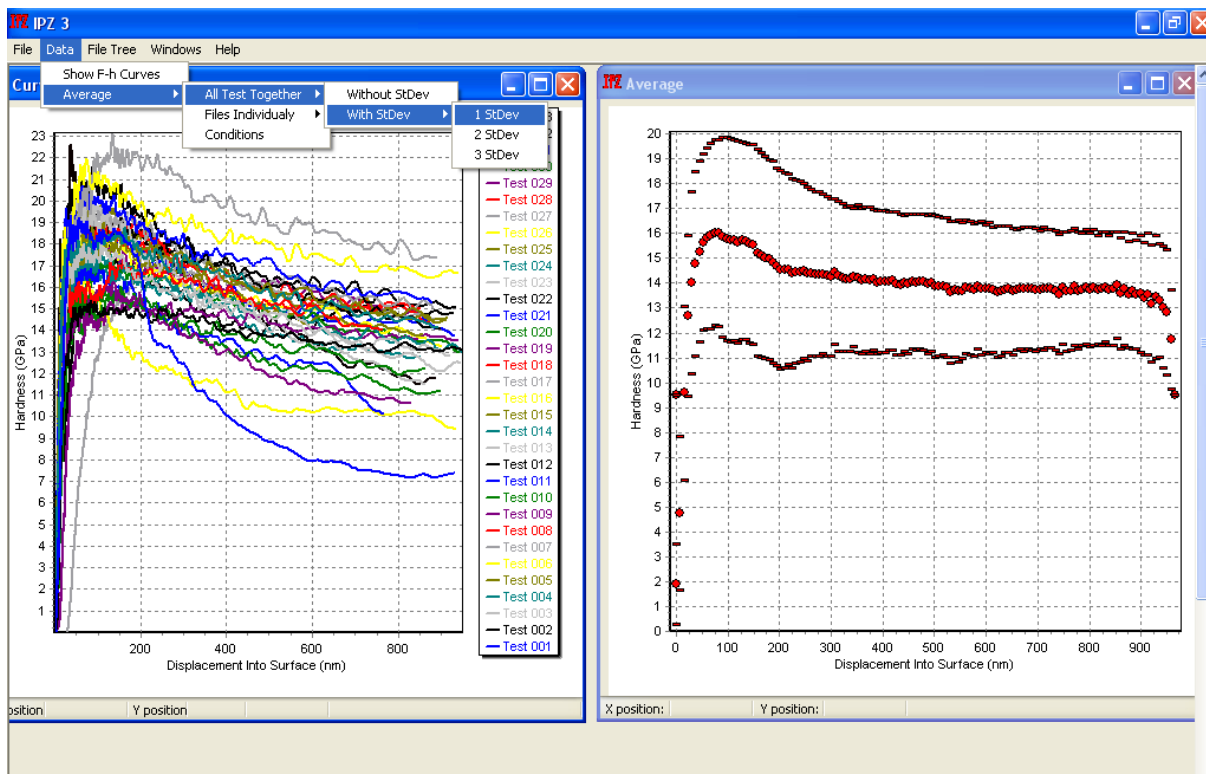
Submenu **Average** umožňuje zprůměrovat data zobrazená v okně **Curves**. Výsledné závislosti se zobrazují v okně **Average**. Je možné zprůměrovat všechna měření ze všech souborů do jedné závislosti (**All Test Together**, Obr. 17) nebo jednotlivá měření v souborech (**Files Individually**, Obr. 18). Závislosti zobrazené v okně **Curves** je možné vyhodnotit a zobrazit také se směrodatnými odchylkami **StDev** (Obr. 19, 20). Při zobrazení průměru se směrodatnou odchylkou je možné si zvolit zobrazení průměrná hodnota $\pm 1, 2$ nebo 3 **StDev**.



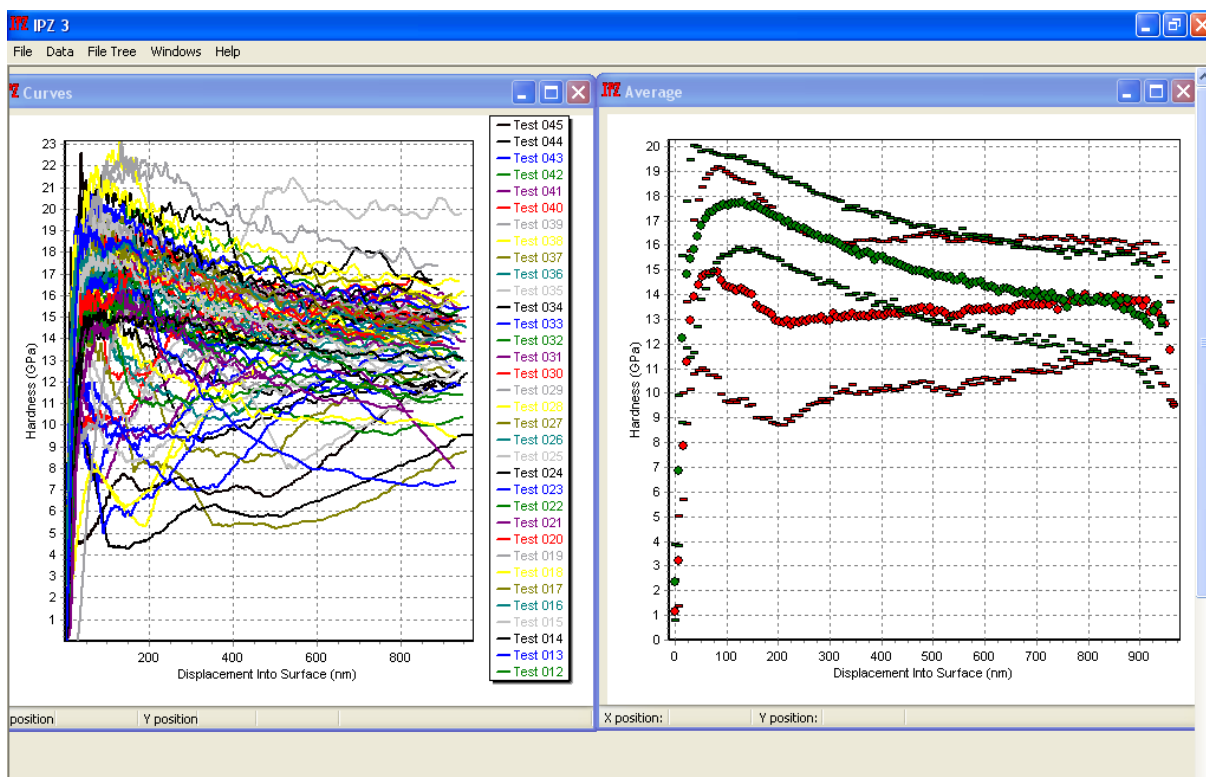
Obr. 17 Naměřené závislosti tvrdost - hloubka vtisku (**Curves**) a průměrná křivka těchto závislostí (**Average**)



Obr. 18 Dva soubory měření zobrazené v okně **Curves** a průměrné křivky zobrazené v okně **Average**

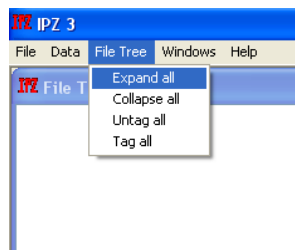


Obr. 19 Závislosti tvrdost - hloubka vtisku (**Curves**) a průměrná závislost se směrodatnými odchylkami **StDev** (**Average**)

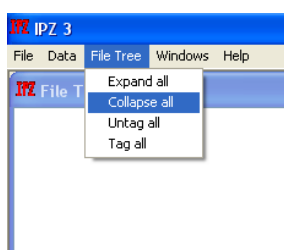


Obr. 21 Dva soubory měření zobrazené v okně **Curves** a průměrné křivky zobrazené v okně **Average** s odchylkami **StDev**

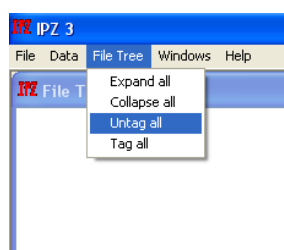
Menu **File Tree** slouží k práci s obsahem načtených souborů. Podmenu **Expand all** rozbali všechna měření načtena ve **File tree** (Obr. 22). **Collapse all** měření zpět sbalí (Obr. 23). **Untag all** přidá všechna načtená měření do vyhodnocení (Obr. 24). **Tag all** vyloučí všechna měření z vyhodnocení (Obr. 25).



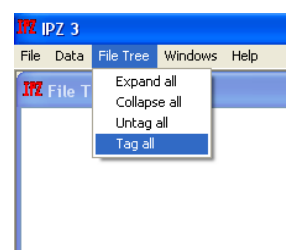
Obr. 22 Hlavní menu: rozbalení všech souborů měření z vyhodnocení



Obr. 23 Hlavní menu: sbalení všech souborů měření



Obr. 24 Hlavní menu: výběr všech měření pro vyhodnocení



Obr. 25 Hlavní menu: vyloučení všech měření