

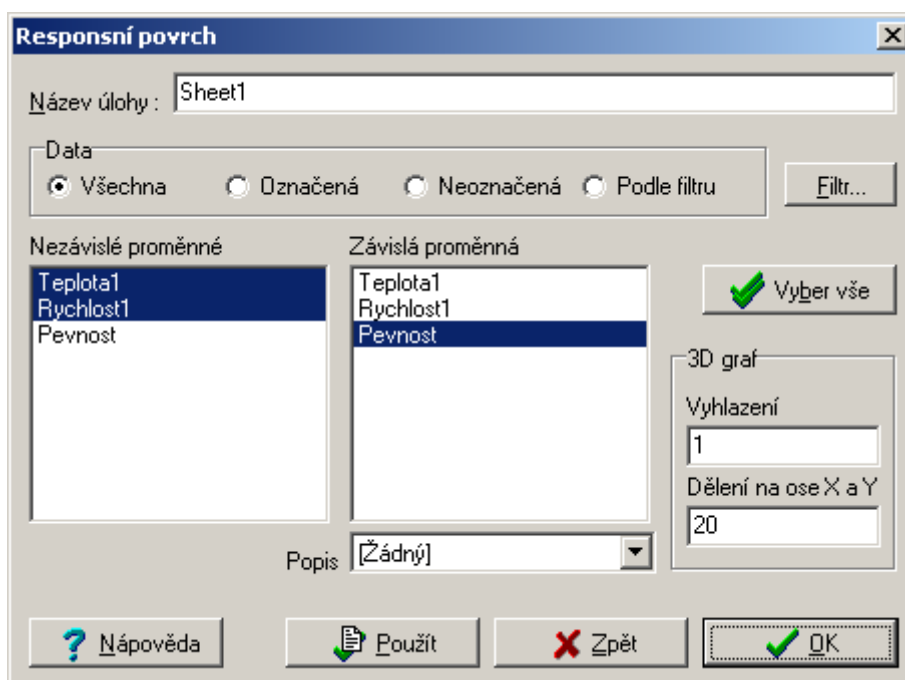
## Analýza responsního povrchu

Menu: QCExpert Responsní povrch

Tento modul je určen k odhadu optimálních hodnot technologických nebo jiných (nezávisle) proměnných na základě experimentálně zjištěných hodnot nějaké výstupní (závisle) proměnné. Předpokladem je, že **a)** hledané optimální hodnoty proměnných, například teplota, tlak, doba sušení odpovídají maximum nebo minimum výstupní závisle proměnné, charakterizující kvalitu nebo ztráty například na čistotě, pevnosti, spotřebě energie či surovin, **b)** nezávisle proměnné byly nezávisle na sobě nastavovány na různé hodnoty a při těchto hodnotách byly stanoveny hodnoty závisle proměnné, **c)** existuje minimum nebo maximum závisle proměnné v oblasti zadaných hodnot nezávisle proměnné nebo v její blízkosti. Modul *Optimalizace* proloží těmito daty optimalizační model - úplný Taylorův polynom druhého stupně a pokusí se určit jeho extrém jako stacionární bod (bod s nulovými prvními parciálními derivacemi). Pokud tento extrém (minimum nebo maximum) existuje, je v protokolu uveden jeho bodový i intervalový odhad. Nemá-li optimalizační model extrém, je stacionárním bodem tzv. sedlový bod a optimální hodnoty nezávisle proměnných nelze určit. Optimální hodnoty nezávisle proměnné mohou ležet i mimo oblast experimentálních dat, jejich odhad však pak bývá méně přesný.

### Data a parametry

Data jsou uspořádána ve sloupcích. Sloupce pro výpočet musí obsahovat stejný počet platných dat. V panelu *Optimalizace*, viz Obrázek 1, se vyberou sloupce obsahující nezávisle proměnné a závisle proměnnou.



Obrázek 1 Zadání podmínek výpočtu optimalizace ztráty

### Protokol

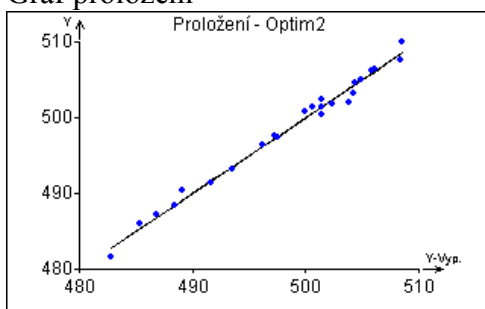
Počet proměnných	Počet nezávislých proměnných, tedy optimalizovaných veličin.
Počet dat	Počet řádků vstupních dat.
Stupňů volnosti	Rozdíl počtu dat a celkového počtu parametrů optimalizačního kvadratického modelu. Na poměru počtu stupňů volnosti k celkovému počtu dat závisí přesnost a spolehlivost odhadu optimálních hodnot proměnných. Počet dat by měl být řádově srovnatelný s počtem stupňů volnosti.
Typ stacionárního	Minimum, maximum, nebo sedlový bod, podle nalezeného typu stacionárního

bodů	<p>bodů. V případě sedlového bodu se nejedná o extrém, nelze tedy určit optimální hodnoty. Příčina sedlového bodu může být v ① úzkém, nebo jinak nevhodně nastaveném rozsahu optimalizovaných proměnných v datech, ② příliš velké chybě měření, ③ neexistenci optimálních hodnot proměnných v proměřené oblasti.</p>
Stacionární bod	
X0	Bylo-li nalezeno minimum nebo maximum, X0 udává vypočtenou optimální hodnotu jednotlivých proměnných.
dolní mez	Dolní mez 95% intervalu spolehlivosti optimální hodnoty.
horní mez	Horní mez 95% intervalu spolehlivosti optimální hodnoty.
Odhad hodnoty	Hodnota závisle proměnné odpovídající stacionárnímu bodu.
Interval spolehlivosti	Spodní a horní mez spolehlivosti hodnoty ve stacionárním bodě.
Průměrná chyba	Průměrná absolutní odchylka naměřené závisle proměnné od optimalizačního kvadratického modelu.
Reziduální součet čtverců	Součet čtverců odchylek naměřené závisle proměnné od optimalizačního kvadratického modelu.
Rozptyl reziduí	Rozptyl odchylek naměřené závisle proměnné od optimalizačního kvadratického modelu.
Číslo podmíněnosti plánu	Diagnostická hodnota pro určení vhodnosti zvolených hodnot nezávisle proměnných (plánu). Je-li příliš vysoká, objeví se slovní upozornění „Plán je špatně podmíněný“. Znamená to, že nezávisle proměnné jsou silně lineárně závislé a je třeba je doplnit o kombinace, které tuto závislost sníží. Intenzitu závislosti lze předem ověřit v modulu Korelace.
Korelační koeficient	Koeficient vícenásobné korelace charakterizující těsnost proložení optimalizačního modelu.
Determinant	Determinant charakteristické matice optimalizačního modelu.

## Grafy

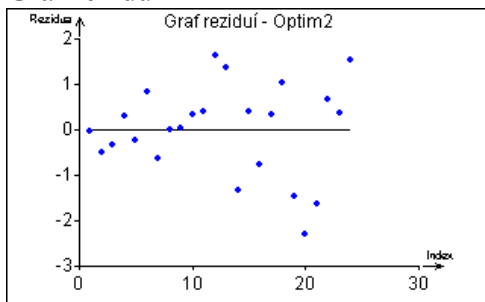
Grafy jsou generovány pouze v případě použití kvadratické metody.

Graf proložení



Znázorňuje těsnost proložení experimentálních dat. Na ose y jsou naměřené hodnoty závisle proměnné, na ose x jsou odpovídající hodnoty vypočítané podle optimalizačního modelu. Čím leží body blíže ideální přímce  $y = x$ , tím je proložení optimalizačním modelem těsnější a lze očekávat spolehlivější výsledky. Tvoří-li body náhodný mrak, nebude pravděpodobně možné určit optimum.

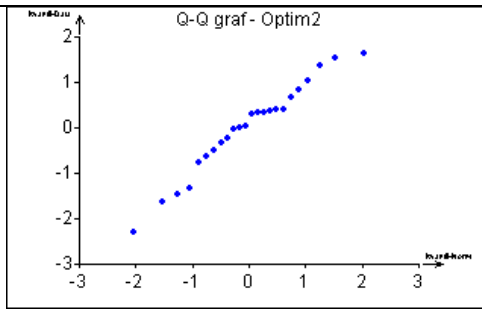
Graf reziduí



Normovaná rezidua, tedy odchylky naměřených dat od optimalizačního modelu. Na ose y jsou hodnoty reziduí vydělené svou směrodatnou odchylkou. Hodnoty přesahující  $\pm 3$  odpovídají hodnotám, které nevyhovují dobře použitému kvadratickému modelu. Na ose x je číslo měření ve vstupních datech. Mají-li body tvar náhodného mraku, je proložení rovnoměrné. Mají-li body tvar nenáhodný nebo nelineární, neodpovídá kvadratický model zadaným datům.

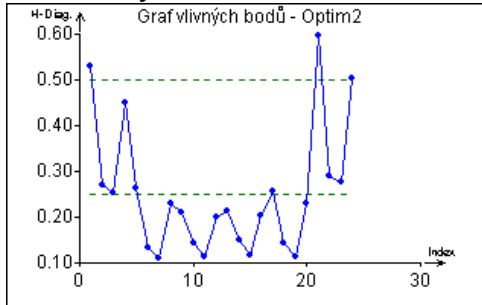
QQ-graf

Je určen pro diagnostiku normality reziduí. Je doplňkem



grafu reziduí a má podobný význam jako QQ-graf v *Základní statistice*. Mají-li body tvar přímky, je rozdělení odchylek od modelu normální.

### Graf vlivných hodnot

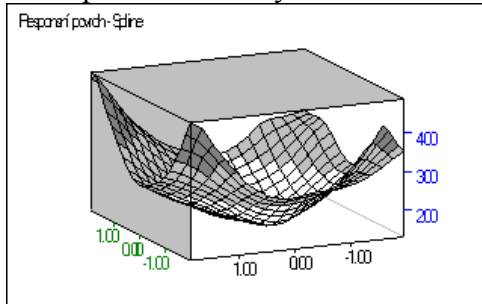


Upozorňuje na data, která mají ve srovnání s ostatními daty velký vliv na tvar optimalizačního modelu a tím i na výsledky optimalizace a odhady optimálních hodnot. Tato zároveň obvykle zpřesňují výsledky. Vzhledem k tomu je třeba body s velkým vlivem zpětně ověřit a v případě, že nemůžeme potvrdit jejich správnost a přesnost, je možné uvažovat o jejich vyloučení nebo přeměření.

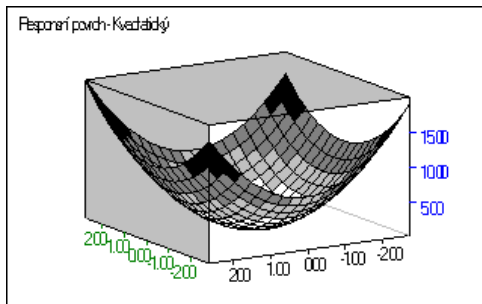
### 3D-graf responsního povrchu:

V případě dvou nezávisle proměnných (faktorů) se zobrazuje ještě graf neparametrického vyhlazení naměřených dat spline a analytický tvar proložené plochy druhého řádu (paraboloid). Podle tvaru paraboloidu lze rozhodnout o přítomnosti optimálního bodu a jeho typu, zda se jedná o minimum, maximum, nebo sedlový bod.

#### A. Neparametrické vyhlazení



#### B. Kvadratická plocha: Paraboloid s minimem



#### C. Kvadratická plocha se sedlovým bodem

